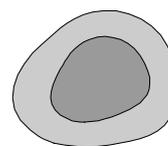




CEPHEUS - gefördertes Projekt:
EUROPÄISCHE KOMMISSION
DIRECTORATE-GENERAL XVII, ENERGY
THERMIE
Projekt-Nummer: **BU / 0127 / 97**



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 26

4

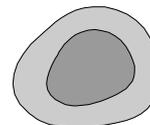


Einfamilienhaus Dornbirn - Knie





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



Energieinstitut Vorarlberg

CEPHEUS-Projektinformation Nr. 26

CEPHEUS



cost efficient passive houses as european standards

Einfamilienhaus Dornbirn - Knie

<p>Autoren: Helmut Krapmeier, Eva Müller</p> <p>unter Mitwirkung von: Drexel Christof, Otto Köck, Martin Ploss</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	PROJEKTBSCHREIBUNG	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	12
3.3	Beschreibung der Bauweise	12
3.4	Regelquerschnitte der Außenbauteile	12
3.5	Darstellung von Anschlussdetails	15
4	LÜFTUNGSKONZEPT	15
4.1	Zu-, Abluft, Überströmzonen	16
4.2	Angaben zu den technischen Parametern	16
4.2.1	Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals	16
4.2.2	Auslegungsluftvolumenströme	16
4.2.3	Druckverluste	16
4.2.4	Filter	17
4.2.5	Zuluftventile	17
4.2.6	Abluftventile	17
4.3	Beschreibung des Wärmetauschers	18
4.4	Regelmöglichkeiten	18
4.5	Beschreibung des Erdreichwärmetauschers	18
5	KONZEPT DER RAUMWÄRMEVERSORGUNG	18
5.1	Heizwärmeverteilung	19
5.2	Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung	19
6	KONZEPT DER WARMWASSERVERSORGUNG	19
6.1	Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung	19
6.2	Auslegungsdaten	19

6.3	Beschreibung der Solaranlage	19
7	AUSSTATTUNG MIT ELEKTRISCHEN HAUSHALTSGERÄTEN UND BELEUCHTUNG	19
8	KOSTEN UND MEHRKOSTEN	20
9	BESCHREIBUNG DES BAUABLAUFS	22
9.1	Zeitliche Daten	22
9.2	Beteiligte und Organisation des Bauablaufs	22
9.3	Baudurchführung im Detail	22
9.4	Erfahrungen mit Beteiligten bzw. den geplanten technischen Lösungen hinsichtlich der Realisierung der Qualitätsanforderungen	22
10	ERGEBNISSE QUALITÄTSSICHERNDER MAßNAHMEN	23
10.1	PHPP-Berechnung	23
10.2	Berechnungen der Wärmebrücken	25
10.3	Ergebnisse der Luftdichtheitstests	25
10.4	Ergebnisse der Thermografien	26
11	ANGABEN ZU ERWERBERN/BAUHERREN BZW. MIETERN	30
11.1	Durchgeführte Einweisungen	30
12	MESSERGEBNISSE	31
12.1	Energieverbrauch	32
12.2	Thermischer Komfort	34
12.3	Heizlasten	37
13	AKTIVITÄTEN ZUR INFORMATIONSVERBREITUNG	38
14	FOTODOKUMENTATION	39
15	CEPHEUS-PUBLIKATIONEN	40
16	QUELLEN	42

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.

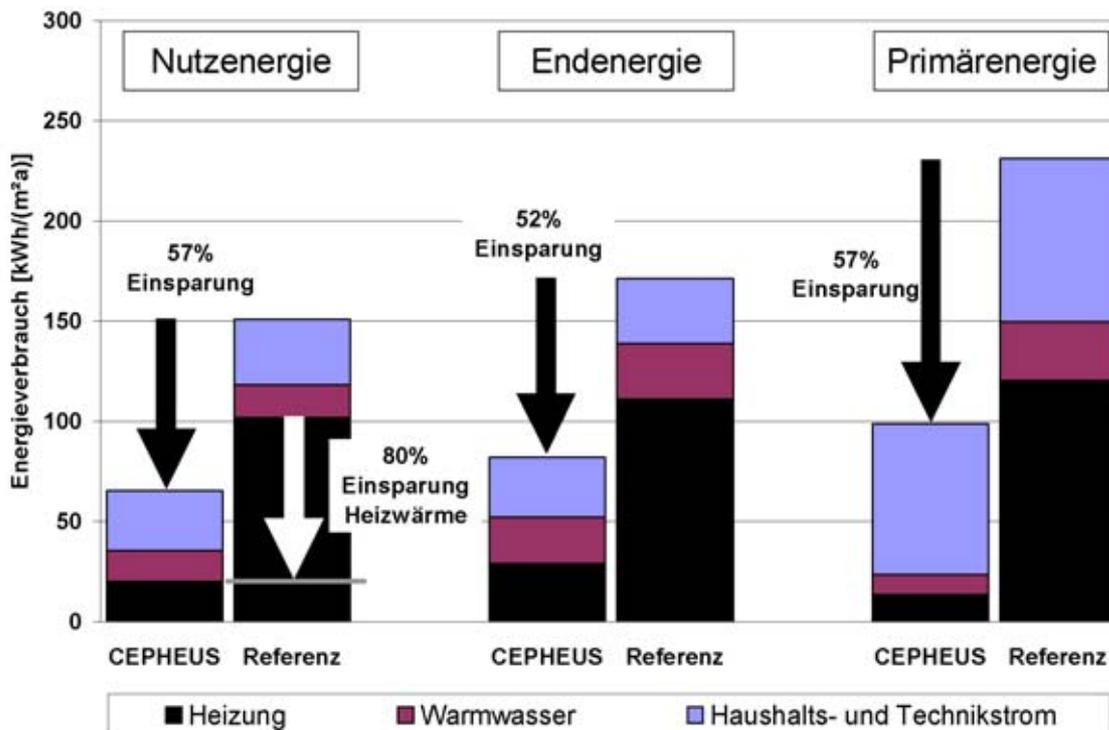


Abbildung 2: Erreichte Energieeinsparungen im Vergleich zu Referenzgebäuden

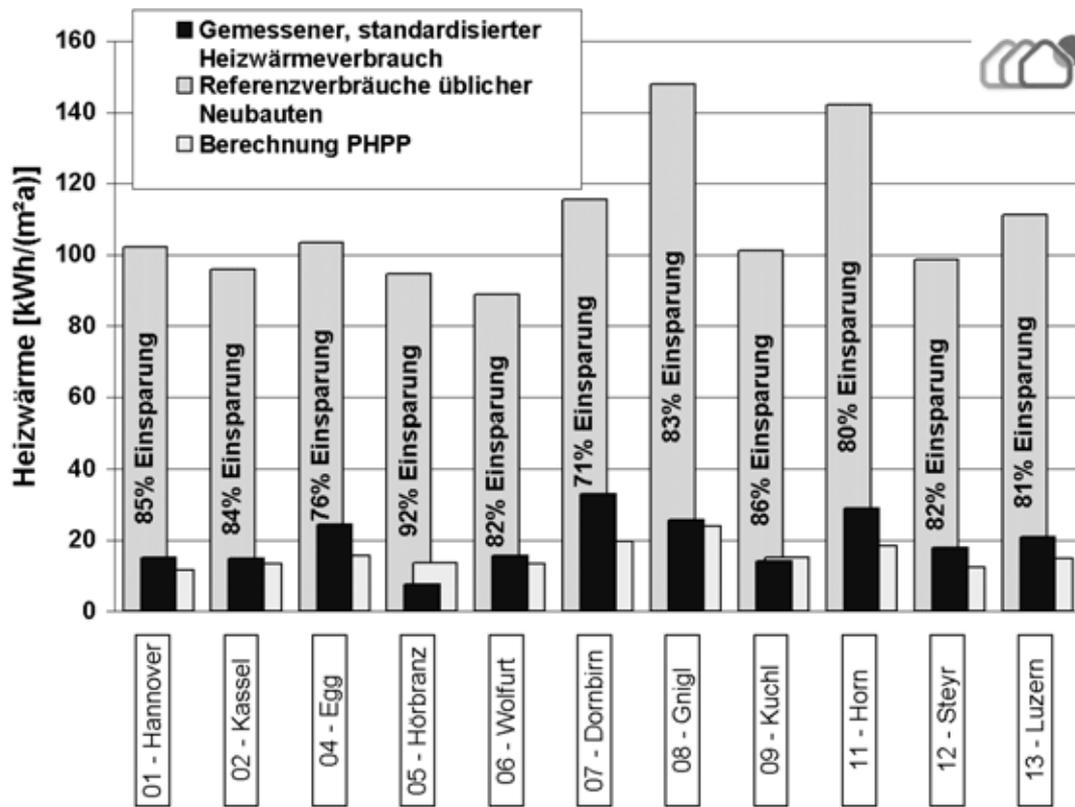


Abbildung 3: Berechneter und gemessener Heizwärmeverbrauch aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

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%.

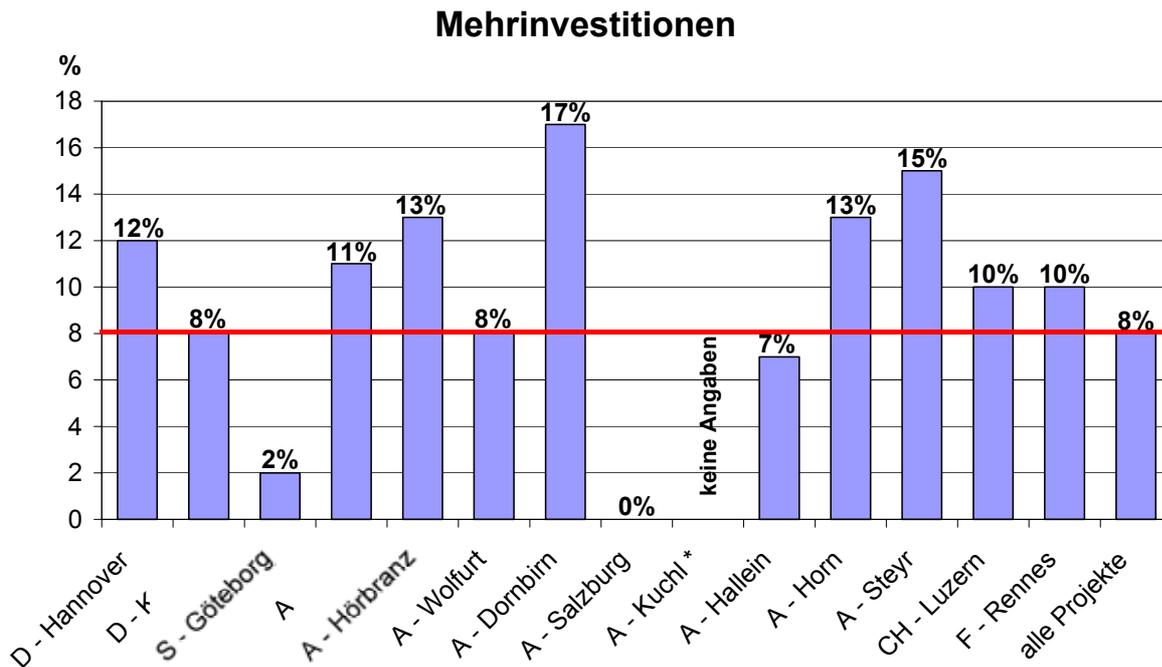


Abbildung 4: Mehrkosten in % aller Projekte im Vergleich zu Referenzgebäuden

Passivhäuser sind behaglich:

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

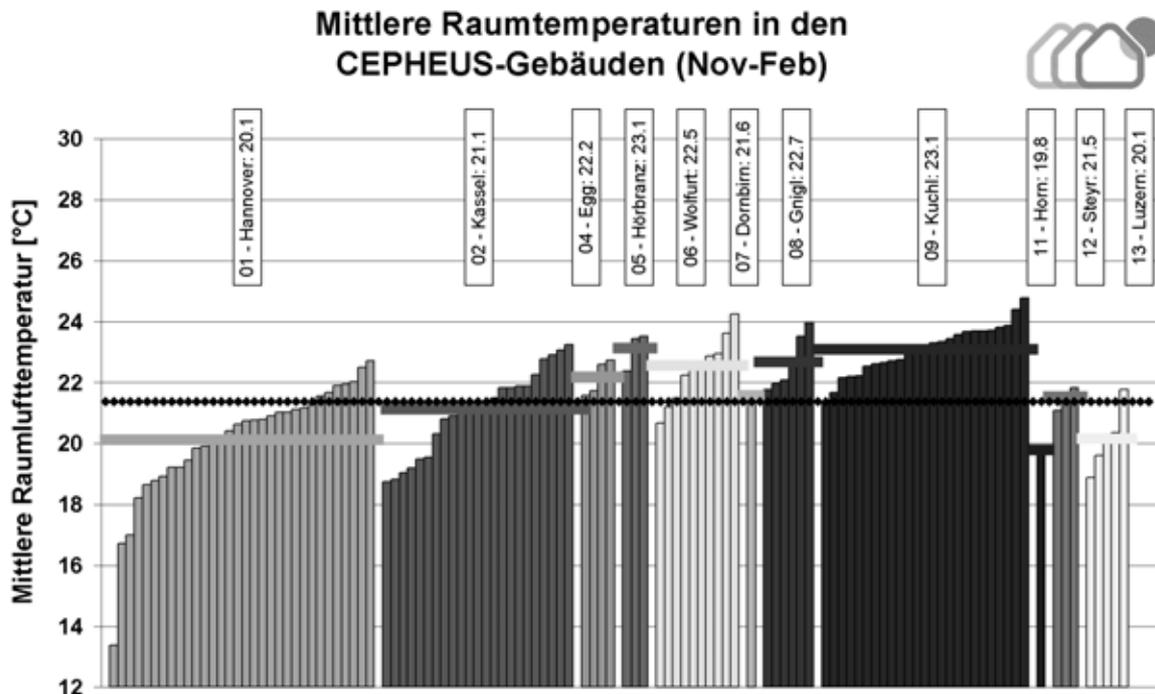


Abbildung 5: Gemessene Innenraum-Temperaturen aller Projekte

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.

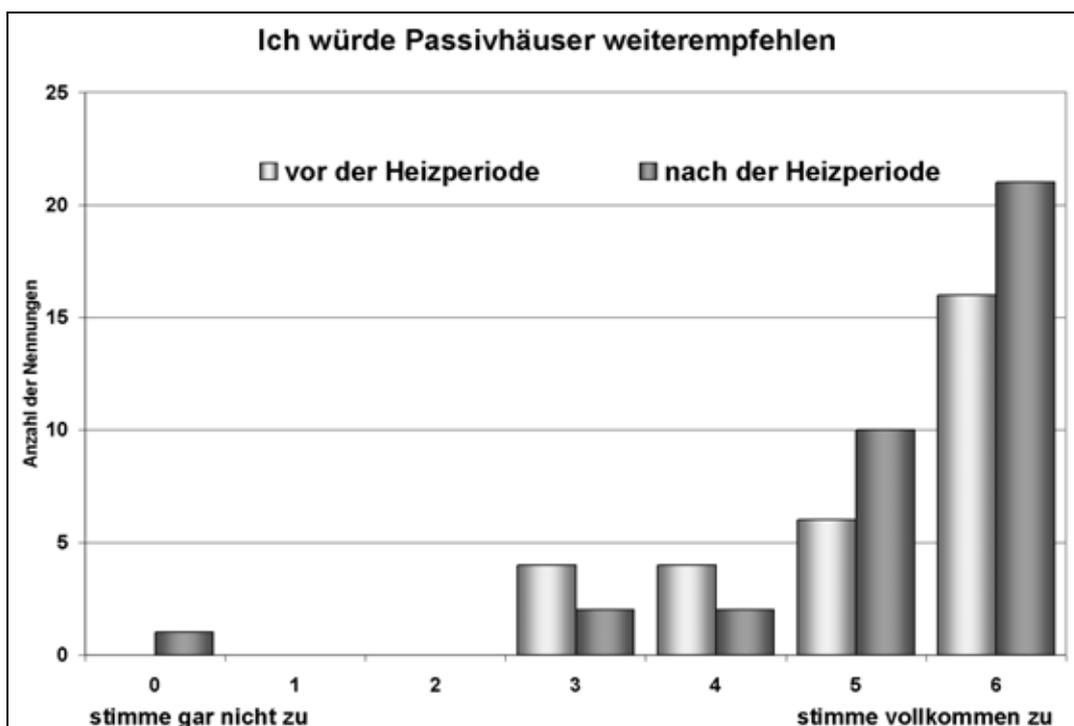


Abbildung 6: Ergebnis einer Bewohnerbefragung

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 Dornbirn, Vorarlberg - genau beschrieben.

2 Standortinformationen

Dornbirn ist mit ca. 45.000 Einwohnern die größte Stadt des Bundeslandes Vorarlberg. Das Passivhaus-Projekt liegt in Dornbirn-Knie, einem oberhalb des Stadtzentrums gelegenen Stadtteil mit sehr geringer Bebauungsdichte. Das Grundstück liegt in etwa 550 m Meereshöhe.

2.1 Übersichtskarten und Pläne



Abbildung 7: Dornbirn im Bundesland Vorarlberg

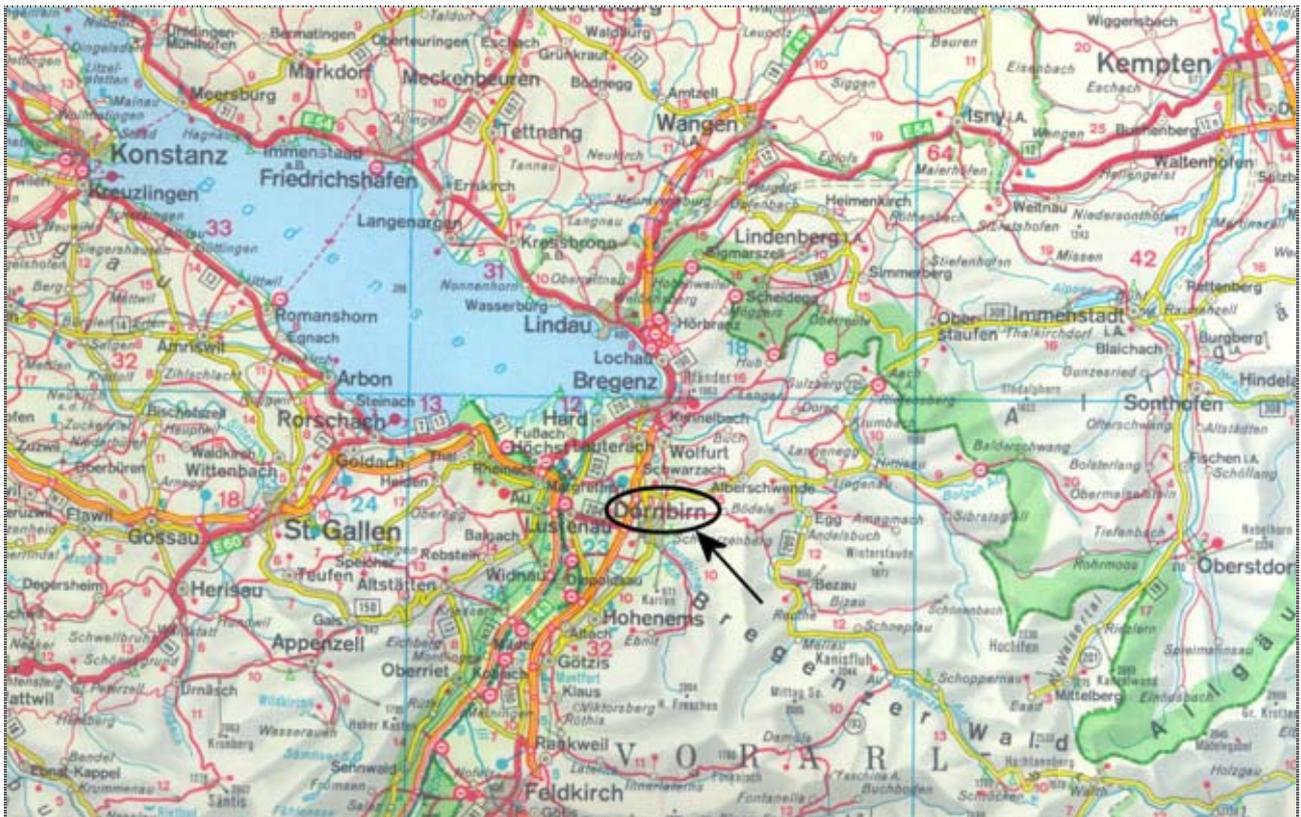


Abbildung 8: Die Lage von Dornbirn im Bodensee-Raum



Abbildung 9: Lage des Baugrundstücks

2.2 Geografische und klimatische Daten

Dornbirn:	Geographische Länge:	9° 45'
	Geographische Breite:	47° 25'
Meereshöhe (Postamt):		440 m ü.M.
Meereshöhe (Projektstandort)		548 m ü.M.

Monat/Jahr	Mittlere Außentemp.	Heizgradtage (12°/20°)	Mittlere tägliche Globalstrahlung auf horizontale Fläche
	[C°]	[Kd]	[Wh/m²d]
Januar	-1,4	664	942
Februar	0	558	1.653
März	3,7	502	2.733
April	8,1	327	3.855
Mai	12,4	153	4.713
Juni	15,7	48	5.127
Juli	17,5	17	5.041
August	16,9	15	4.355
September	13,7	86	3.187
Oktober	8,7	317	1.941
November	3,6	488	1.061
Dezember	-0,1	624	734
Jahr	8,2	3.799	2.945

Tabelle 2: Langjährige Mittelwerte der wichtigsten Klimadaten [Klimadatenkatalog]

3 Baubeschreibung

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein freistehendes, zweigeschossiges Einfamilienhaus mit Flachdach. Das Gebäude ist als Musterhaus für ein neuentwickeltes, Bausystem mit hohem Vorfertigungsgrad und hoher Flexibilität konzipiert. Das System soll nicht nur für Einfamilien- und Reihenhäuser, sondern auch für den Geschosswohnbau einsetzbar sein. Die Gebäudehauptfassade des Passivhaus-Projekts in Knie ist nach süd-west-west orientiert, der Eingang befindet sich im Nord-Osten des Gebäudes. Der einfache Kubus wird durch auskragende Balkone unterschiedlicher Tiefe gegliedert.

3.1 Grundrisse, Gebäudeschnitte und Ansichten

Im Erdgeschoss befindet sich der Wohn-, Ess- und Küchenbereich. Dieser kann je nach Bauherrenwunsch offen gestaltet oder durch leichte Trennwände unterteilt werden. Die Erschließung erfolgt von der Nordostseite des Hauses. Neben dem Eingang liegt das Gäste-WC und ein Vorraum mit Garderobe, in dem auch das Kompaktaggregat für Heizung und Lüftung untergebracht sind. Im Obergeschoss befinden sich drei Zimmer und das Bad sowie ein großzügig dimensionierter Gang. Im Nord-Osten des Gebäudes befindet sich eine Garage. Der Keller des Gebäudes liegt unter der Garage und wird über eine separate, außerhalb der thermischen Hülle befindlichen Treppe erschlossen. Der Gang zwischen Haus und Kellertreppe ist mit einem Glasdach überdeckt.

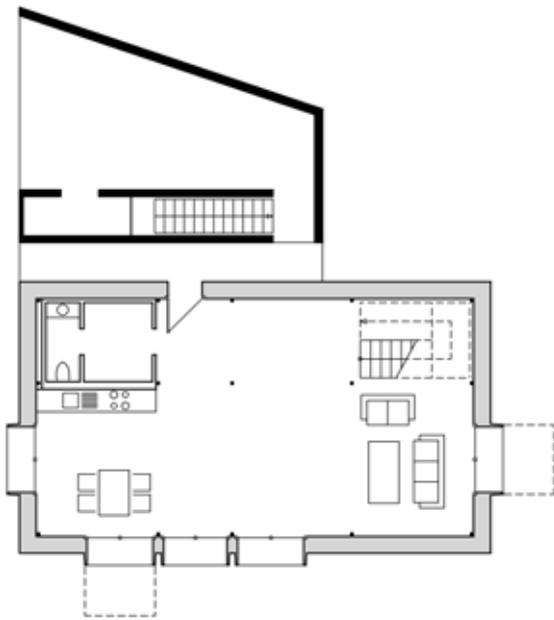


Abbildung 10: Grundriss Erdgeschoss

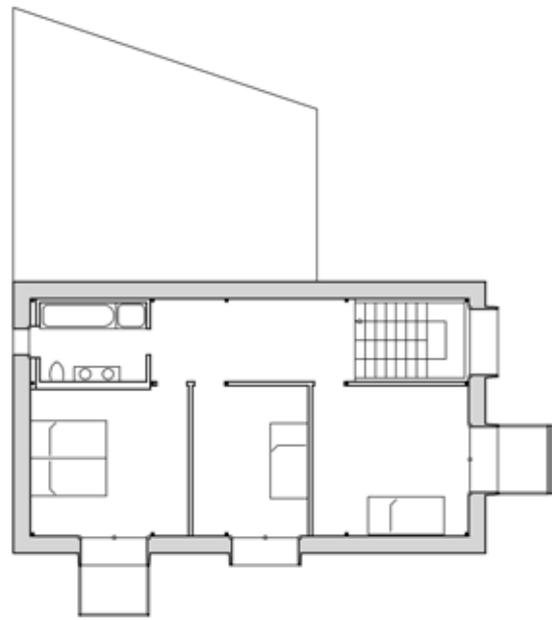


Abbildung 11: Grundriss Obergeschoss

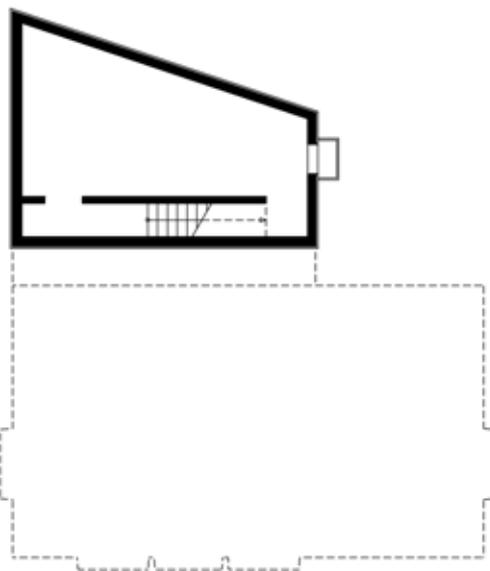


Abbildung 12: Grundriss Kellergeschoss

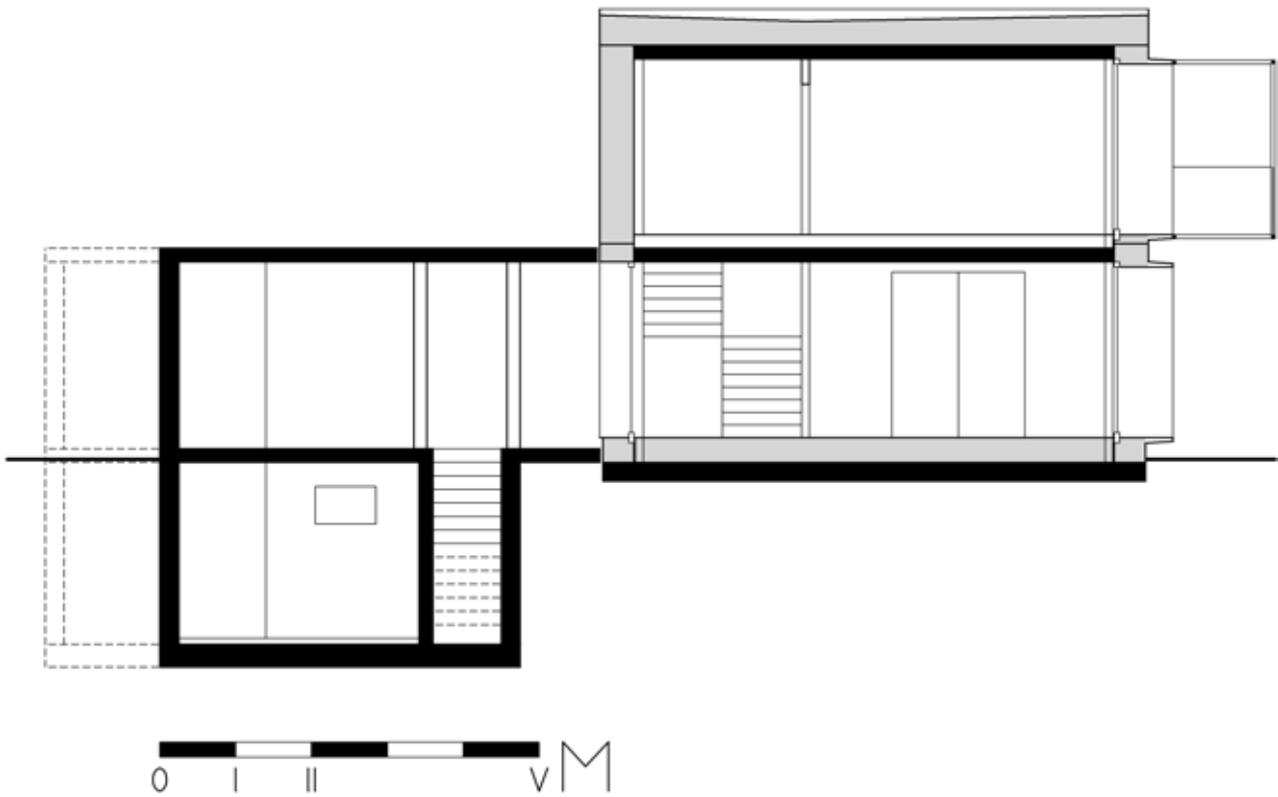


Abbildung 13: Schnitt quer



Abbildung 14: Ansicht Nordwest

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	133	125

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

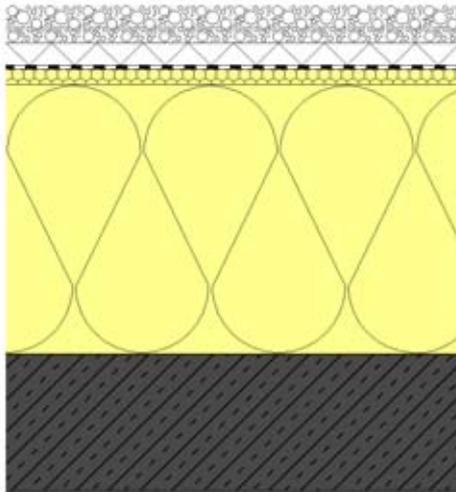
Das am Passivhaus Knie erstmals ausgeführte, neuentwickelte Bausystem ist eine Mischbauweise. Die Primärkonstruktion besteht aus Massivdecken auf Stahlstützen, an dieser Konstruktion sind außenseitig hochwärmegedämmte Leichtbau-Wandelemente befestigt.

3.4 Regelquerschnitte der Außenbauteile

Abbildung 15 zeigt die Regelquerschnitte der hochwärmegedämmten Gebäudehülle. Die U-Werte der opaken Bauteile liegen zwischen 0,09 und 0,14 W/(m²K), der mittlere U-Wert der Fenster bei 0,89 W/(m²K). Im Projekt wurden Holzfenster der Fa. Fussenegger & Rümmele eingesetzt, die Rahmen sind nicht gedämmt. Als Verglasung wurde eine dreifach-Wärmeschutzverglasung mit Argon-Füllung gewählt. Die Scheibenzwischenräume betragen 18 mm. Der U-Wert der Verglasung liegt lt. Deutschem Bundesanzeiger bei 0,7 W/(m²K), der g-Wert bei 0,53. Eingesetzt wurde der thermisch getrennte „Thermix“-Abstandhalter. Die vorgefertigten Wandelemente sind mit 36 cm Steinwolle gedämmt, diese wurde mehrlagig eingebracht. In Teilbereichen wurde die Außenwand zusätzlich mit einer 10 cm dick gedämmten Innenschale ausgeführt. Das Dach ist mit 36 cm Steinwolle und 2 cm Polystyrol, die Bodenplatte oberseitig mit 26 cm Polystyrol gedämmt.

Dach

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



Außen/kalt	
Kies	5,0 cm
Drainschicht	3,0 cm
Abdichtung	-----
Polystyrol	2,0 cm
Steinwolle	36,0 cm
Stahlbetondecke	18,0 cm
Innenputz	0,3 cm
Innen / warm	

Bodenplatte

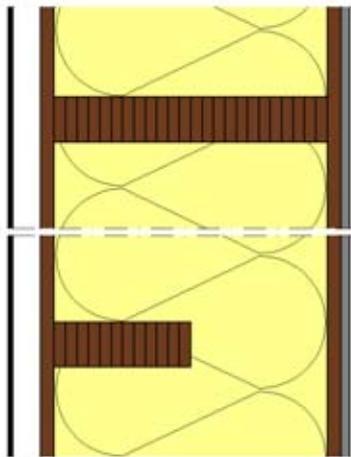
$$U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



Innen / warm	
Parkett	1,1 cm
Estrich	5,8 cm
Polystyrol	26,0 cm
Stahlbetondecke	25,0 cm
Erdreich	

Außenwand 1

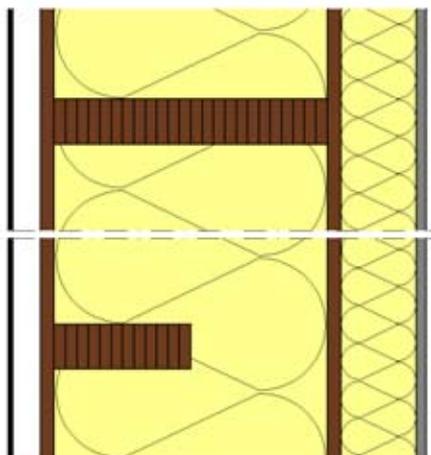
U = 0,12 W/(m²K)



Außen / kalt	
Max-Compaktplatten geklebt	0,6 cm
Konterlattung	3,7/6 bzw 10
OSB-Platte	1,8 cm
Konstruktion Brettschichtholz	6/36
jeder zweite Steher BSH	6/18
Steinwolle	2x 18 cm
OSB-Platte Stösse abgeklebt	1,8 cm
Gipskartonplatte	1,25 cm
Innen / warm	

Außenwand 2 (Bad, Technik, Stiege)

U = 0,09 W/(m²K)



Außen / kalt	
Max-Compaktplatten geklebt	0,6 cm
Konterlattung	3,7/6 bzw 10
OSB-Platte	1,8 cm
Konstruktion Brettschichtholz	6/36
jeder zweite Steher BSH	6/18
Steinwolle	2x 18 cm
OSB-Platte Stösse abgeklebt	1,8 cm
Steinwolle	10,0 cm
Gipskartonplatte	1,25 cm
Innen / warm	

Fenster

U = 0,89 W/(m²K)
(Mittel aller Fensterflächen)



Rahmen	
Hersteller	Füssenegger und Rümmele
Material	Holz
U-Wert	$U_{\text{Rahmen}} = 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Verglasung	
Abstände	Unitop 0,6 4 / 18 / 4 / 18 / 4 mm
Gasfüllung	Argon
Randverbund	Kunststoff (Thermix)
U-Wert	$U_{\text{Glas}} = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
g-Wert	$g = 53\%$

Abbildung 15: 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 Dornbirn 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.

Anschlussdetails für das Projekt in Dornbirn-Knie können im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht dargestellt werden. Die Projektplaner Rümmele Simon jun. und Ströhle Gerhard, Studenten an den technischen Universitäten Wien und Innsbruck, reklamierten für sich das alleinige Veröffentlichungsrecht. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichtes konnte über die Art der Präsentation keine Einigung erzielt werden.

4 Lüftungskonzept

Das Lüftungskonzept kann als dezentral bezeichnet werden. Die Konzeptüberlegungen der Fachplaner konzentrierten sich von Anfang an auf eine dezentrale Frischluftheizung. Die Lüftungsanlage sollte die Funktionen Frischluftzufuhr als auch Raumwärmezufuhr gemeinsam bereitstellen. Die Durchführung in Form eines Lüftungsgerätes mit nachgeschalteter elektrischer Luft/Luft-Wärmepumpe in Kombination mit einer zentralen Luftansaugung über einen zentralen Erdreichwärmetauscher stand aufgrund des Baukonzeptes von Anfang an fest. Abbildung 16 zeigt ein Schema der Haustechnik.

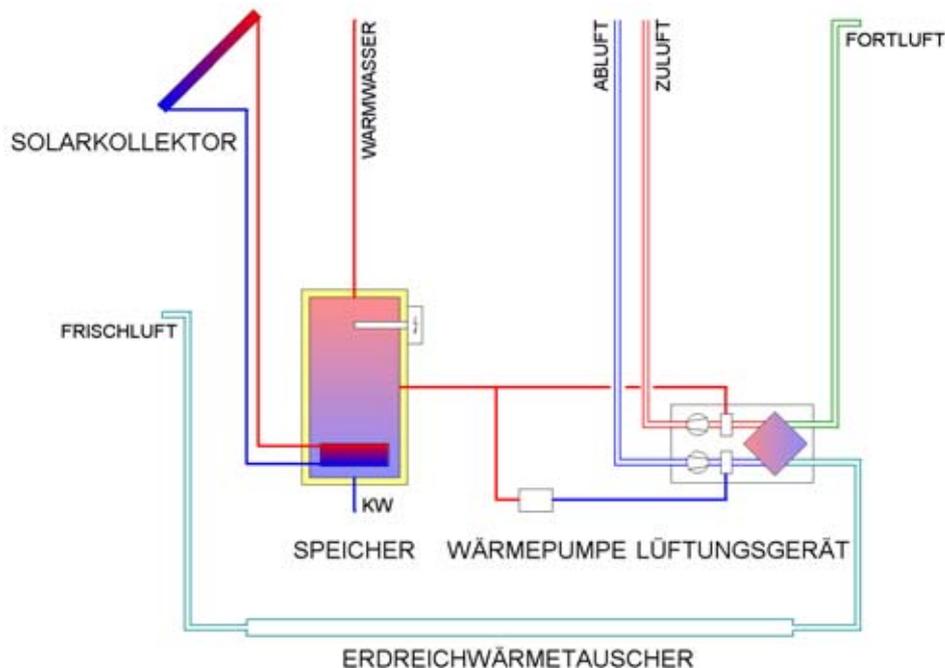


Abbildung 16: Schemazeichnung der Haustechnik

4.1 Zu-, Abluft, Überströmzonen

Die Zuluft wird im Wohn-Essbereich und in den Schlafräumen über Fußbodenauslässe im Fensterbereich eingeblasen.

Die Abluft wird über Decken-/Wandauslässe in der Küche und im Bad sowie im Gäste-WC abgesaugt und zum Luft/Luft-Wärmetauscher geführt. Die Überströmung der Luft erfolgt über 15 mm hohe Schlitze zwischen Boden und Türblatt.

4.2 Angaben zu den technischen Parametern

4.2.1 Regelquerschnitt des Zu- und Abluftkanals

Die Rohre des Erdreichwärmetauschers bestehen aus PE (Polyethylen) und haben einen Querschnitt von 200 mm. Innerhalb des Gebäudes 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 150 m³/h.

Aufteilung der Zuluftmenge:

Wohn-/Essraum	80 m ³ /h
Schlafzimmer	30 m ³ /h
Zimmer1	20 m ³ /h
Zimmer2	20 m ³ /h

Aufteilung der Abluftmenge:

Küche	70 m ³ /h
Bad	60 m ³ /h
Gäste-WC	20 m ³ /h

Die Nennluftmenge (Stufe 2) ist von ca. 7:00 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 <2m/s; Druckverlust gerade Leitung etwa 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	40
	Ausblasdüsen	10
Gesamt druckseitig		50
Gesamt extern		85

Tabelle 4: Druckverluste Zuluft

Abluftstrang		Druckverlust in Pa
Saugseitig	Abluftventil	15
	Verteilungen und Schalldämpfer	35
Gesamt saugseitig		50
	Fortluftleitung durch Erdreich	10
	Ausblasbogen	15
Gesamt druckseitig		25
Gesamt extern		75

Tabelle 5: Druckverluste Abluft

4.2.4 Filter

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

4.2.5 Zuluftventile

Die Zuluft wird ausschließlich über Bodenventile eingebracht.



Abbildung 17: Bodenventil zur Zuluft einbringung

4.2.6 Abluftventile



Abbildung 18: Abluftventil

4.3 Beschreibung des Wärmetauschers

Das Lüftungsgerät besteht aus einem Kreuz-Gegenstromwärmer, den Zu- und Abluftventilatoren, zwei integrierten Filtern und einer Regelung zur Einstellung der Volumenströme. Das Gerät ist ein Produkt der Fa. Drexel Solarlufttechnik in Österreich-Bregenz, Type AEREX HR 160 (jetzt Maico-AEREX). Die trockene Rückwärmezahl des Kreuz-Gegenstromplattentauschers beträgt 78%; die Leistungsaufnahme der beiden Gleichstromventilatoren beträgt inklusive Umwandlungsverlusten ca. 60 W. Die Anlage ist so geregelt, dass die Lufttemperatur am Nachheizregister 55°C nicht übersteigt, um geruchsintensive und gesundheitlich bedenkliche Staubverschmelzung zu vermeiden.

Abmessungen:	LxBxH=600x600x1420
Kanalmaterial:	Stahlblech verzinkt
Kanalanschlüsse:	Bundkragen DN 160 mit Lippendichtung
Ventilatoren:	Radial-Gleichstromventilatoren, Fabrikat ebm
Leistungsaufnahme (Gesamtgerät):	max. 100 W
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)

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

Ein Rohr aus Polyethylen (PE) mit einem Nenndurchmesser von 200 mm und einer Länge von je 30 m wurde rund um das Haus in einer Tiefe von ca. 1 bis 1,5 Meter in einem Abstand von ca. 0,5 m bis 1 m vor der Hauskante verlegt. Der Luftansaugstutzen befindet sich auf der Südostseite der Garage. An dieser Stelle befindet sich der Revisionsschacht und der tiefste Punkt des Erdreichwärmetauschers zur Kondensatableitung.

5 Konzept der Raumwärmeversorgung

Die Verringerung der maximalen Heizlast auf Werte unter 10 W/m² 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/m² 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].

Die Beheizung des Passivhauses in Dornbirn-Knie erfolgt ausschließlich über die Zuluft mit Ausnahme des Bades, wo aus Komfortgründen ein elektrisch betriebener Handtuchheizkörper montiert ist.

5.1 Heizwärmeverteilung

Die Wärmeverteilung erfolgt über das Lüftungssystem. Die Zuluftrohre werden vom MAICO-AEREX-Kompaktaggregat im Fußbodenaufbau zu den Luftauslässen vor den Fenstern geführt.

5.2 Wärmeversorgung für Warmwasser und Heizung

Die Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung erfolgt durch das Wärmepumpenkompaktaggregat (MAICO-AEREX) mit einem Beistellspeicher für die Warmwasserbereitung.

6 Konzept der Warmwasserversorgung

Die Warmwasserbereitung erfolgt durch das Wärmepumpenkompaktaggregat ergänzt um eine Solaranlage. Wärmequelle für die Wärmepumpe ist der Abluftstrang nach dem Wärmetauscher.

6.1 Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung

Das Kompaktaggregat und der Warmwasserspeicher stehen innerhalb des beheizten Gebäudevolumens im Garderobe-Vorraum zum Gäste-WC. Diese Lage wurde gewählt, um möglichst kurze Leitungen zu den Zapfstellen und damit geringe Verteilverluste zu erreichen (siehe Grundriss, Abbildung 10). Der Speicher fasst 190 Liter und ist mit Zellulose gedämmt (100-150mm). Die Übertragung der Abluft-Wärmepumpe auf das Trinkwasser erfolgt mittels eines Sicherheitswärmetauschers, der in den Speicher integriert ist. Als Notheizung steht ein Elektro-Einschraubheizkörper zur Verfügung, der regeltechnisch nur dann aktiviert wird, wenn die Wärmepumpe zu 100% für die Raumheizung benötigt wird.

6.2 Auslegungsdaten

Die Warmwasserbereitung und die Solaranlage wurden für einen 4-Personenhaushalt ausgelegt.

6.3 Beschreibung der Solaranlage

Die Kollektoren wurden in zwei Reihen aufgeständert auf dem Flachdach des Gebäudes angebracht. Die Neigung beträgt 45°, die Orientierung ist süd-ost-süd.

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.

Das Projekt in Dornbirn-Knie war ursprünglich als Musterhaus für eine geplante, bereits genehmigte Wohnanlage mit 32 Wohneinheiten vorgesehen. Im Laufe der Projektdurchführung entschied der Bauträger jedoch, das Passivhaus Knie zu verkaufen. Da das Energieinstitut Vorarlberg von diesem Verkauf erst nachträglich erfuhr, konnten die Käufer nicht zum Thema Energieeffizienz von Haushaltsgeräten beraten werden. Verwendet werden daher Haushaltsgeräte und Beleuchtungen üblicher Art.

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		7: Dornbirn-Knie	CEPHEUS gesamt
Anzahl der Wohneinheiten (WE)		1	223
Energiebezugsfläche (TFA)	[m ²]	125	19.674
TFA / WE	[m ²]	125	88
Bauwerkskosten (inkl. Kosten f. Energieeffizienz + ern. Energie)	[€]	241.598	20.210.704
	%	100%	100%
Bauwerkskosten / m ²	[€/m ²]	1.939	1.184
Bauwerkskosten / WE	[€/WE]	241.598	110.441
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.) und erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	37.614	1.908.352
	%	16%	9%
Investitionskosten f. Energieeffizienz u. ern. Energie / m ²	[€/m ²]	302	97
Investitionskosten. f. Energieeffizienz u. ern. Energie / WE	[€/WE]	37.614	8.558
Investitionskosten für Energieeffizienz (Wärmedämmung, Lüftung, Fenster etc.)	[€]	33.254	1.715.705
	%	14%	8%
Investitionskosten f. Energieeffizienz / m ²	[€/m ²]	264	87
Investitionskosten f. Energieeffizienz / WE	[€/WE]	33.254	7.694
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie (Solarkollektoren)	[€]	4.360	196.996
	%	2%	1%
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / m ²	[€/m ²]	35	10
Investitionskosten nur für erneuerbare Energie / WE	[€/WE]	4.360	883

Tabelle 6: Kostenzusammenstellung

Die angeführten Kosten basieren auf Angaben des Bauträgers. Da viele Leistungen vom Bauträger, der selbst ein Bauunternehmen hat/ist, erbracht wurden, dürften die Angaben über Kosten teilweise interne Kalkulationen bzw. Verkaufspreiskalkulationen sein. Über Investitionskosten für Energieeffizienz und erneuerbare Energie wurden keine Angaben gemacht. Die Auflistung der Kosten erfolgte nach Bauteilen. Die Bauwerkskosten (Kostenbereich 2-4) wurden vom Energieinstitut Vorarlberg aus diesen Listen herausgefiltert.

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

Dornbirn-Knie weist Bauwerkskosten aus, die weit über dem Durchschnitt der CEPHEUS – Projekte liegen. Außer Ungenauigkeiten in den Kostenangaben könnte ein Grund für diese auffällig hohen Bauwerkskosten in der Entwicklung eines Bausystems liegen. Dieses System hat aber nichts mit dem Passivhaus zu tun. Da über das System und dessen Konstruktion, Funktion und Vorteile auch keine Informationen vorliegen, kann der Kostenanteil an den Bauwerkskosten nicht genannt werden. Die auffällig hohen Investitionskosten für Energieeffizienz sind sicherlich in der Ungenauigkeit der dem Energieinstitut Vorarlberg zur Verfügung gestellten Kostenaufstellung begründet.

9 Beschreibung des Bauablaufs

9.1 Zeitliche Daten

Baubeginn:	März 1999
Rohbau:	Herbst 1999
Fertigstellung:	Dezember 1999
Bezug:	Dezember: 2000

9.2 Beteiligte und Organisation des Bauablaufs

Bauträger und Bauherr:	Fussenegger & Rümmele GmbH, Dornbirn
Architekten:	Simon Rümmele, Gerhard Ströhle, Dornbirn
Haustechnik:	Drexel Solarlufttechnik und Lüftungsbau GmbH, Bregenz
Bauphysik:	Dipl.-Ing. Dr. Lothar Künz, Hard
Planung Solaranlage:	Hermann Mühlburger HKS GmbH, Rankweil

9.3 Baudurchführung im Detail

Informationen über die Bauausführung im Detail können für das Projekt in Dornbirn-Knie im Rahmen dieser Veröffentlichung nicht dargestellt werden. Die Projektplaner Rümmele Simon jun. und Ströhle Gerhard, Studenten an den technischen Universitäten Wien und Innsbruck, reklamierten für sich das alleinige Veröffentlichungsrecht. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichtes konnte über die Art der Präsentation keine Einigung erzielt werden.

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

Siehe 8.3.

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-Projektierungs-Paket (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.

Projektspezifische Eingabedaten und wichtige Annahmen für die PHPP-Berechnungen:

- Energiebezugsfläche: 124,6 m²
- Außentemperaturen: regionale Klimadaten mit 81 kWh/a
- Solarstrahlung: orientierungsabhängige Werte für den Berechnungszeitraum von 225 Tagen aus langjährigen Mittelwerten für Dornbirn [Krec] berechnet
- Luftdichtheit: Annahme des Zielwertes n₅₀ von 0,60 LW/h für die Berechnung
- Wärmebereitstellungsgrad WRG: 75%
- Wärmebereitstellungsgrad EWT: 33%
- Mittlerer Luftwechsel: projektspezifisch ermittelt zu 140 m³/h, entsprechend 0,48 LW/h

Der berechnete spezifische Heizwärmebedarf liegt bei 19,7 kWh/(m²a). Der Passivhausgrenzwert von 15 kWh/(m²a) wird damit nicht erreicht. 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 Knie ein weit schlechteres A/V-Verhältnis als die übrigen Projekte. Ein weiterer Grund ist die Orientierung der Hauptfassade nach süd-west-west. Die maximale Heizlast liegt im Mittel des Hauses bei 14,9 W/m², der Passivhausgrenzwert von 10 W/m² wird deutlich verfehlt.

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

Passivhaus-Projektierung ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:	Deutschland								
Objekt:	Flex-Bausystem, EFH Knie					Gebäudetyp/Nutzung:	EFH		
Standort:	Dornbirn					Energiebezugsfläche A _{EB} :	124,6	m ²	
						Standard-Personenbelegung:	4	Pers	

Bauteile	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Reduktionsfaktor ξ	G _T kWh/a	=	kWh/a			
1 Außenwand 1	125,9	0,121	1,0	81	=	1234			
2 Außenwand 2	64,2	0,091	1,0	81	=	473			
3 Dach	89,7	0,101	1,0	81	=	734			
4 Kellerdecke	89,7	0,143	0,5	81	=	519			
5					=				
6					=				
7					=				
8 Fenster	42,3	0,894	1,0	81	=	3064			
Transmissionswärmeverluste Q_T						Summe	6025	kWh(m ² a)	48,3

Lüftungsanlage:	wirksames Luftvolumen V _L	A _{EB} m ²	lichte Raumhöhe m	=	m ³
		124,6	2,33	=	290
Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers	η_{WRG}	75%	Wärmebereitstellungsgrad		1/h
Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers	η_{EWT}	33%	energetisch wirksamer Luftwechsel n _L		1/h
			$n_{L,Anlage} \cdot (1 - \Phi_{WRG}) + n_{L,infiltr.}$		1/h
			0,482 * (1 - 0,83) + 0,042	=	0,123
	V _L m ³	n _L 1/h	c _{Luft} Wh/(m ³ K)	G _T kWh/a	kWh/a
	290	0,123	0,33	81	953
Lüftungswärmeverluste Q_L					7,6

Summe Wärmeverluste Q_V	Q _T kWh/a	+	Q _L kWh/a	* Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend- absenkung	=	kWh/a
	6025	+	953	* 1,0	=	6977
Summe Wärmeverluste Q_V						56,0

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	=	kWh/a			
1 Ost	0,53	0,53	16,0	201	=	912			
2 Süd	0,57	0,53	20,2	351	=	2144			
3 West	0,53	0,53	4,1	201	=	230			
4 Nord	0,53	0,53	2,0	143	=	81			
5 Horizontal	0,45	0,53	0,0	354	=	0			
Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S						Summe	3367	kWh(m ² a)	27,0

Interne Wärmequellen Q_I	kWh/d	Länge Heizzeit d/a	spezif. Leistung q _I Wh/m ²	A _{EB} m ²	=	kWh/a		
	0,024	225	2,1	124,6	=	1413		
Interne Wärmequellen Q_I						11,3		
Freie Wärme Q_F					Q _S + Q _I	4780	kWh(m ² a)	38,4
Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten					Q _F / Q _V	0,685		
Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G					$(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6)$	0,947		
Wärmegewinne Q_G					$\eta_G * Q_F$	4527	kWh(m ² a)	36,3
Heizwärmebedarf Q_H					Q _V - Q _G	2451	kWh(m ² a)	19,7

Abbildung 19: 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].

Als Ergebnis der Berechnungen gemäß ÖNORM EN ISO 10211-1 ergeben sich für das Projekt in Dornbirn-Knie die folgenden außenmaßbezogenen Wärmebrückenkoeffizienten Ψ [Künz 7]. Berechnungszeitpunkt war Jänner 1999, einige Details wurden letztendlich anders ausgeführt als sie berechnet wurden.

Nummer	Bezeichnung Detail	Ψ [W/mK]
1	Fensteranschluss seitlich/oben	-0,029
2	Fensteranschluss seitlich	-0,008
3	Fensteranschluss unten/oben	-0,046
4	Außenwanddecke	-0,066

Tabelle 7: Psi-Werte der berechneten Wärmebrücken

Nicht rechnerisch untersucht wurde der Anschluss Stahlstütze – Bodenplatte. Konstruktionsbedingt tritt bei diesem Detail eine punktuelle Wärmebrücke auf.

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 Projekt wurden mehrere Luftdichtheitstest durchgeführt, die festgestellten Mängel konnten nur zum Teil behoben werden. Beim abschließenden Test am 6.3.2001 wurde ein n_{50} -Wert von $1,1 \text{ h}^{-1}$ im Mittel zwischen Unterdruck- und Überdrucktest bestimmt (Unterdruck $1,1 \text{ h}^{-1}$, Überdruck $1,2 \text{ h}^{-1}$) [Künz 8]. Dieser Wert liegt deutlich unter dem Wert üblicher Neubauten, der Passivhausgrenzwert von $0,6 \text{ h}^{-1}$ wird jedoch deutlich verfehlt. Die größten Leckagen waren an folgenden Stellen zu finden:

- zwischen Glashalteleiste und Fensterrahmen
- Steckdosen
- Anschluss Fußboden zur Außenwand im Abstellraum

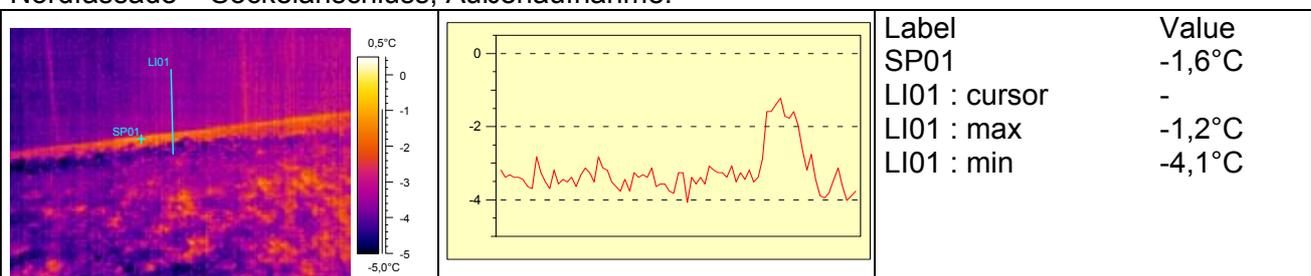
Die detaillierte Darstellung und Interpretation der Ergebnisse der Luftdichtheitstests erfolgt in Kapitel 9.4, da einige Undichtheiten mit Hilfe der Thermographie visualisiert werden konnten.

10.4 Ergebnisse der Thermografien

Die Ausführungsqualität der Gebäudehülle der CEPHEUS-Projekte wurde durch Infrarot-thermographische Aufnahmen gemäß ÖNORM EN 13187 überprüft. Die Ergebnisse sind in [Künz 9] dokumentiert.

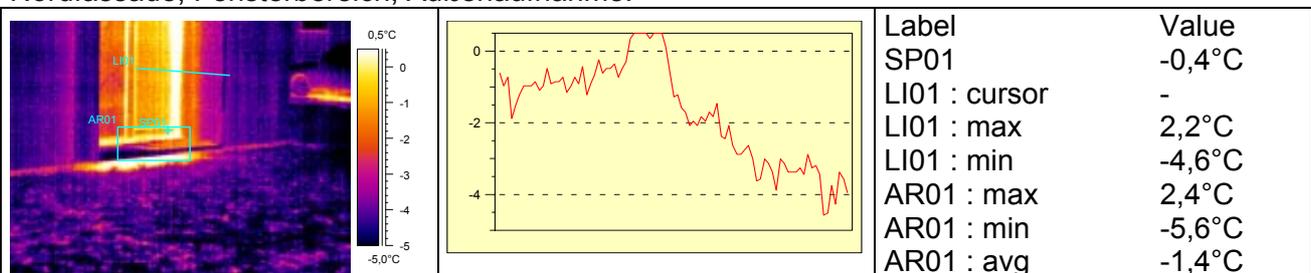
Die Außenlufttemperatur zum Zeitpunkt der Aufnahmen am 6.3.2001 lag zwischen 0°C und +3°C. Die Raumlufttemperatur im Erdgeschoss lag bei 19,6°. Es wurden sowohl Innen- als auch Außenthermografien durchgeführt. Um Undichtheiten besser orten zu können, wurde das Gebäude zeitweise unter Unterdruck gesetzt. Folgende Schwachstellen wurden gefunden:

Nordfassade – Sockelanschluss, Außenaufnahme:



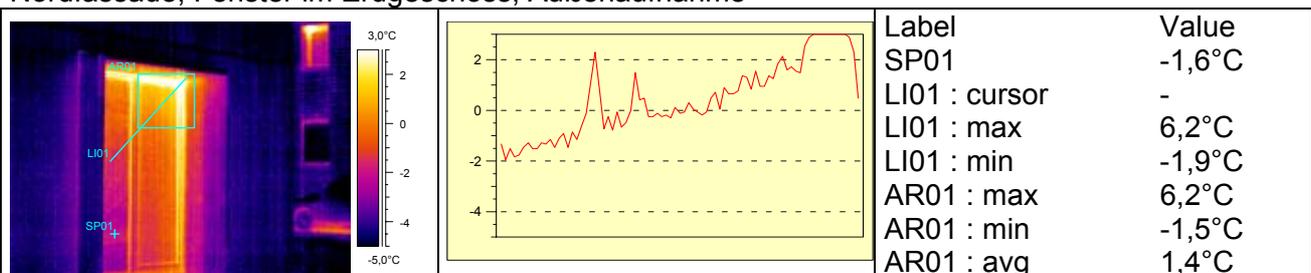
Die Abbildung zeigt den Sockelbereich der Nordfassade. Die Temperatur im unteren Wandbereich liegt um etwa 2K über der Temperatur im ungestörten Wandbereich. Ursache ist vermutlich die Wärmebrückenwirkung der Schwelle.

Nordfassade, Fensterbereich, Außenaufnahme:



Die Aufnahme zeigt ein Fenster auf der Nordseite des Gebäudes. Die höchsten Temperaturen treten im seitlichen Rahmenbereich auf. Die Wärmeverluste aufgrund des Wärmebrückeneffekts des Fensterrahmens, des Abstandshalters und der Einbausituation werden vermutlich durch Undichtheiten verstärkt.

Nordfassade, Fenster im Erdgeschoss, Außenaufnahme



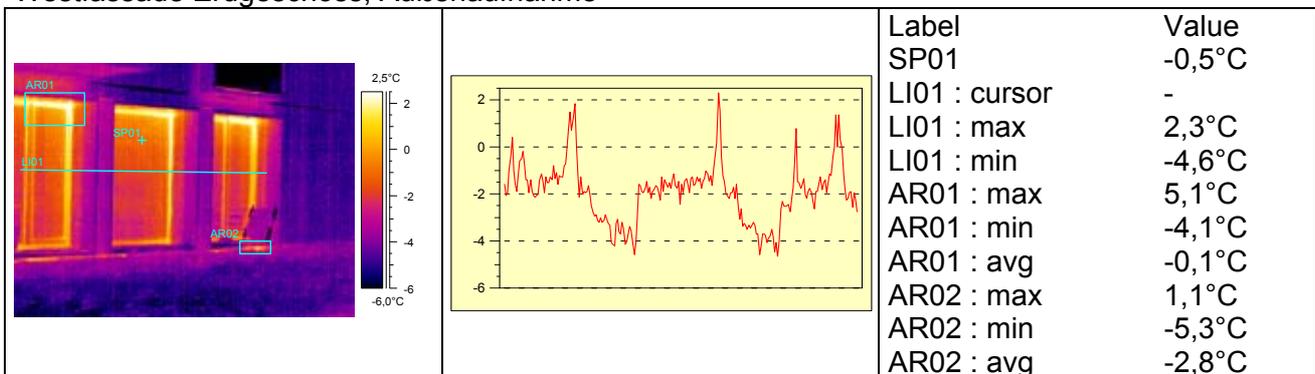
Die im oberen Bereich des Fensters auftretenden hohen Temperaturen sind vermutlich auf ein nicht gut schließendes Fenster zurückzuführen.

Westfassade, Obergeschoss mit Balkon, Außenaufnahme:



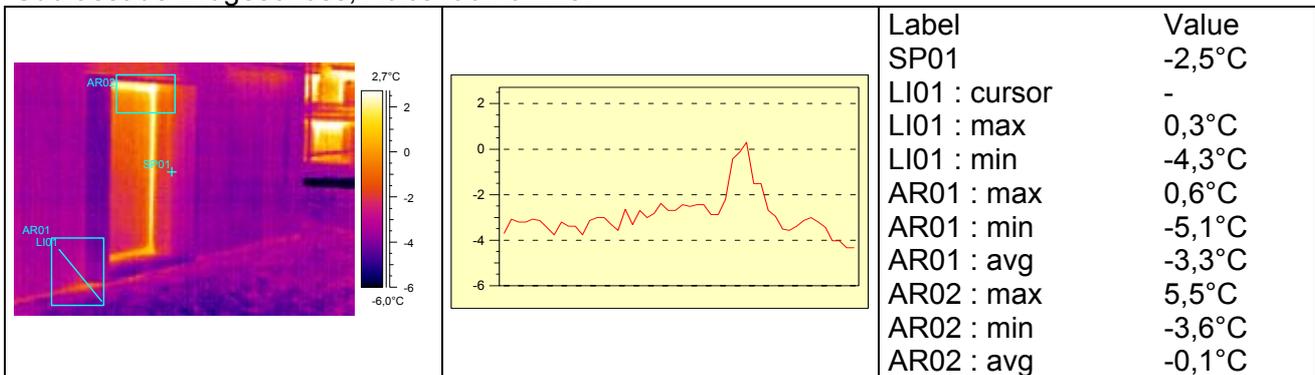
Die Abbildung zeigt einen Teil der Westfassade des Gebäudes. Die im oberen Bereich der Fenster auftretenden hohen Temperaturen sind vermutlich auf nicht gut schließende Fenster zurückzuführen.

Westfassade Erdgeschoss, Außenaufnahme



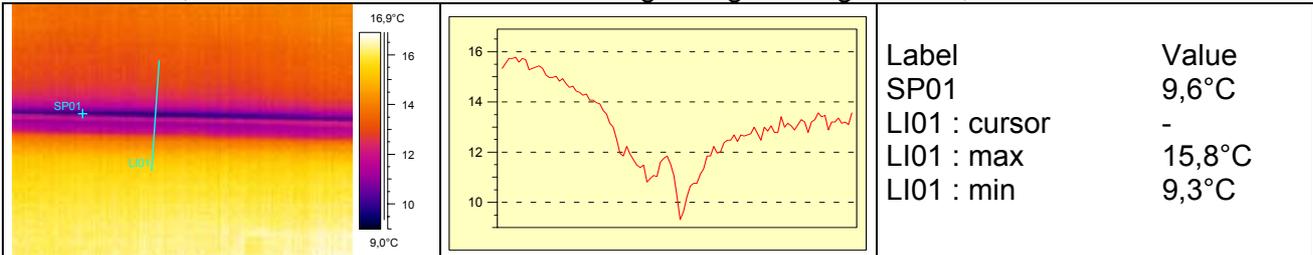
Die Außenaufnahme zeigt einen Ausschnitt der Westfassade des Erdgeschosses. Sichtbar sind erhöhte Temperaturen am unteren Abschluss der Außenwand. Mögliche Ursachen sind die Wärmebrückenwirkung der Schwelle und Undichtheiten am Fußpunkt der Außenwand.

Südfassade Erdgeschoss, Außenaufnahme:



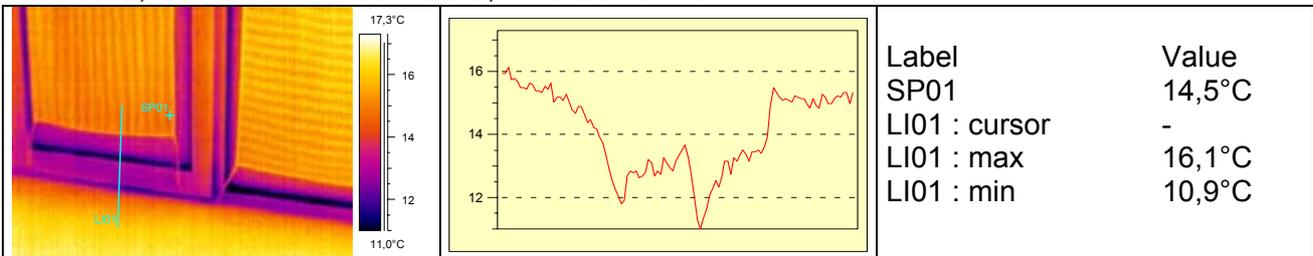
Die Abbildung zeigt einen Fassadenausschnitt der Südfassade. Sichtbar sind erhöhte Temperaturen am unteren Abschluss der Außenwand. Mögliche Ursachen sind die Wärmebrückenwirkung der Schwelle und Undichtheiten am Fußpunkt der Außenwand.

Westfassade, unterer Fensterrahmen der Fixverglasung im Erdgeschoss, Innenaufnahme:



Die Innenaufnahme zeigt den unteren Fensterrahmen der Fixverglasung auf der Westfassade im Erdgeschoss. Die niedrigste Temperatur tritt im Bereich des Abstandshalters auf. Die minimale Oberflächentemperatur von 9,3°C liegt deutlich unterhalb des für Passivhäuser empfohlenen Bereichs: Für Passivhäuser wird gefordert, dass die minimale Oberflächentemperatur bei -10°C Außenlufttemperatur den Wert von 12°C nicht unterschreitet [Feist]. Grund für diese Passivhausanforderung ist das Ziel, an allen Bauteilen die Kondenswasserfreiheit gewährleisten zu können.

Nordseite, Fenster neben der Küche, Innenaufnahme:



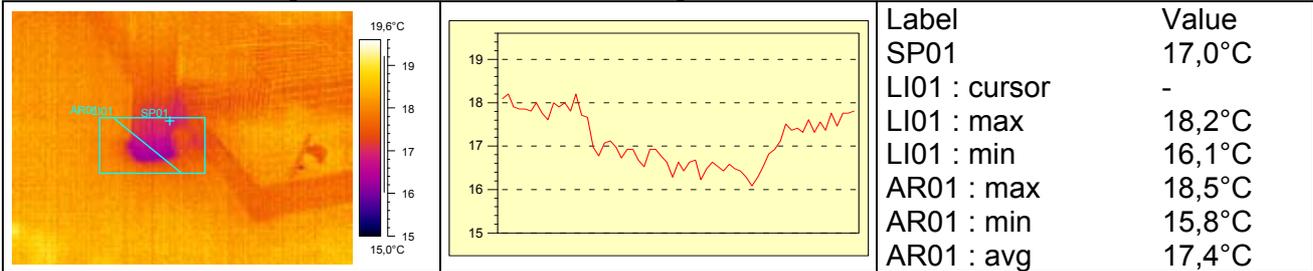
Die Aufnahme zeigt den unteren Teil des Fensters neben der Küche. Die minimale Temperatur tritt mit 10,9°C im Bereich des Abstandshalters auf. Die Passivhausanforderung einer minimalen Temperatur von 12°C wird nicht erreicht.

Ecke Südwest – Fußbereich der Stahlstütze, Innenaufnahme:



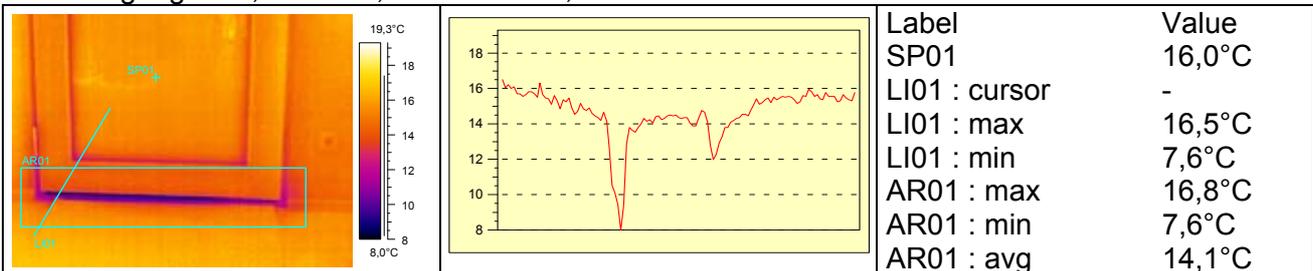
Die Abbildung zeigt den Fußbereich der Stahlstütze in der Süd-West Ecke des Gebäudes. Die minimale Oberflächentemperatur an der Kante Stahlstütze - Fußboden liegt mit 13,1°C um etwa 4K unter den Oberflächentemperaturen der Außenwand und des Fußbodens im ungestörten Bereich. Diese niedrige Oberflächentemperatur verdeutlicht die punktuelle Wärmebrücke am Fußpunkt der Stütze. Bei Außentemperaturen von -10°C würde auch an diesem Punkt die Passivhausanforderung einer Mindest-Oberflächentemperatur von 12°C nicht erreicht.

Stützenfuß beim Stiegenantritt in der Mitte des Erdgeschosses, Innenaufnahme



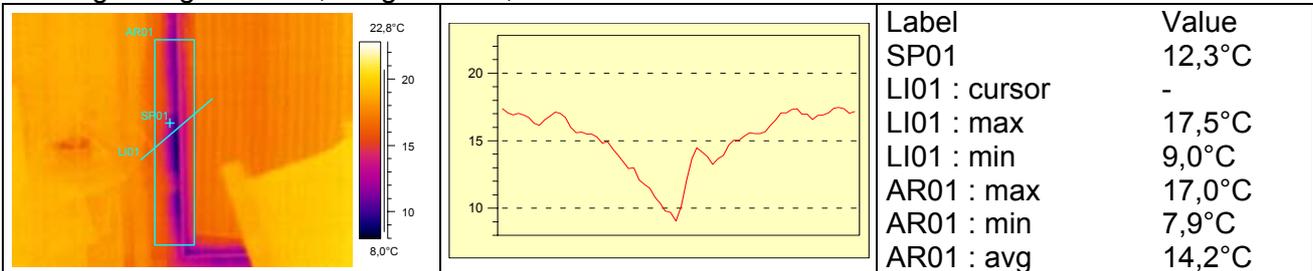
Die Abbildung zeigt den Stützenfuß beim Stiegenantritt in der Mitte. Ähnlich wie in der vorherigen Abbildung treten die geringsten Temperaturen an der Kante Stahlstütze - Fußboden auf. Die minimale Oberflächentemperatur liegt bei 15,8°C.

Hauseingangstüre, Ostseite, unteres Fries, Innenaufnahme



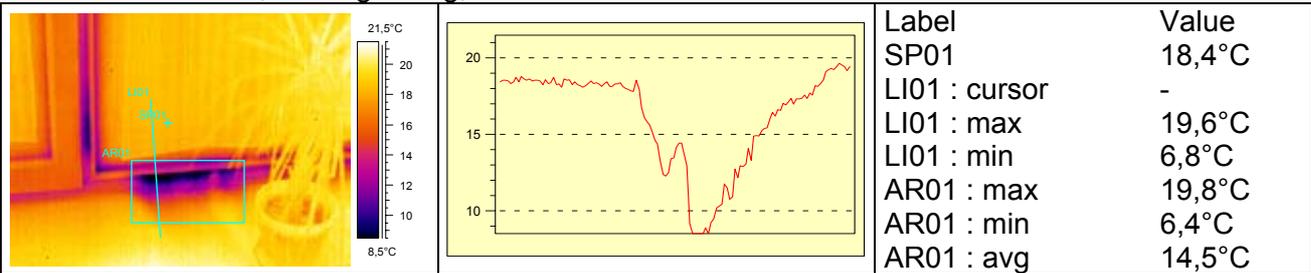
Die Innenthermographie zeigt den unteren Bereich der Hauseingangstüre. Die minimale Oberflächentemperatur liegt bei 7,6°C. Ursache ist der Wärmebrückeneffekt des ungedämmten (und an dieser Stelle vermutlich außen nicht überdämmten) Rahmens.

Fixverglasung Südseite, Erdgeschoss, Innenaufnahme bei Unterdruck



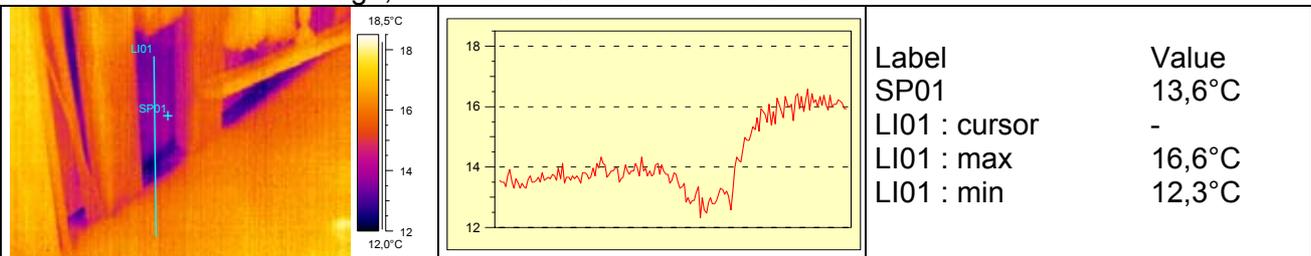
Die bei Unterdruck entstandene Innenthermographie zeigt den seitlichen Bereich einer Fixverglasung an der Südseite des Erdgeschosses. An den niedrigen Temperaturen ist ein Kaltlufteintritt aufgrund von Undichtheiten zu erkennen. Der Lufteintritt erfolgt zwischen Glshalteleiste und Fensterstock.

Arbeitszimmer Süd, Fixverglasung, Innenaufnahme bei Unterdruck



Die bei Unterdruck entstandene Innenthermographie zeigt den unteren Bereich einer Fixverglasung im Arbeitszimmer im Obergeschoss. Erkennbar ist ein Kaltluft eintritt auf beiden Seiten der Glashalteleiste. Dieser ist darauf zurückzuführen, dass die Fixverglasung in einen Blendrahmen statt in einen Fixverglasungsrahmen eingesetzt wurde. Dadurch kann Luft über die Entwässerungsschlitze unter dem Glas in den Raum über die Glashalteleiste eindringen. Diese sind üblicherweise nicht eingedichtet.

Abstellraum unter der Stiege, Innenaufnahme bei Unterdruck



Die Abbildung zeigt die Nordostwand unter der Treppe direkt neben dem Eingang. An dieser Stelle befindet sich der Elektroinstallationskasten. Vom Hauptverteiler in der Garage werden die Elektroleitungen in Leerrohren zu diesem Elektroinstallationskasten geführt. Erkennbar war keine Abdichtung der Leerrohre und der in den Rohren geführten Elektroleitungen. Eine weitere Undichtheit besteht offensichtlich am Anschluss des Fußbodens zur Außenwand. Aufgrund der Undichtheiten traten im Bereich der Kabelkanäle Luftgeschwindigkeiten von 0,6 m/s, am Anschluss Fußboden-Außenwand von 0,84 m/s auf.

11 Angaben zu Erwerberr/Bauherren bzw. Mietern

Das Gebäude wird von zwei Personen bewohnt. Die Kaufentscheidung fiel nicht aufgrund der energetischen Qualität des Gebäudes.

11.1 Durchgeführte Einweisungen

Die Bewohner wurden hinsichtlich der Anlagenfunktion und der Bedienung vom Errichter der Anlage eingewiesen.

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, die von den Berechnungsannahmen abweichen
- 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 während der bewohnten Messperiode (Jan-Mar) für die Gebäudebeheizung beträgt bei der gemessenen mittleren Raumlufttemperatur von 21,6°C 23,8 kWh/m².

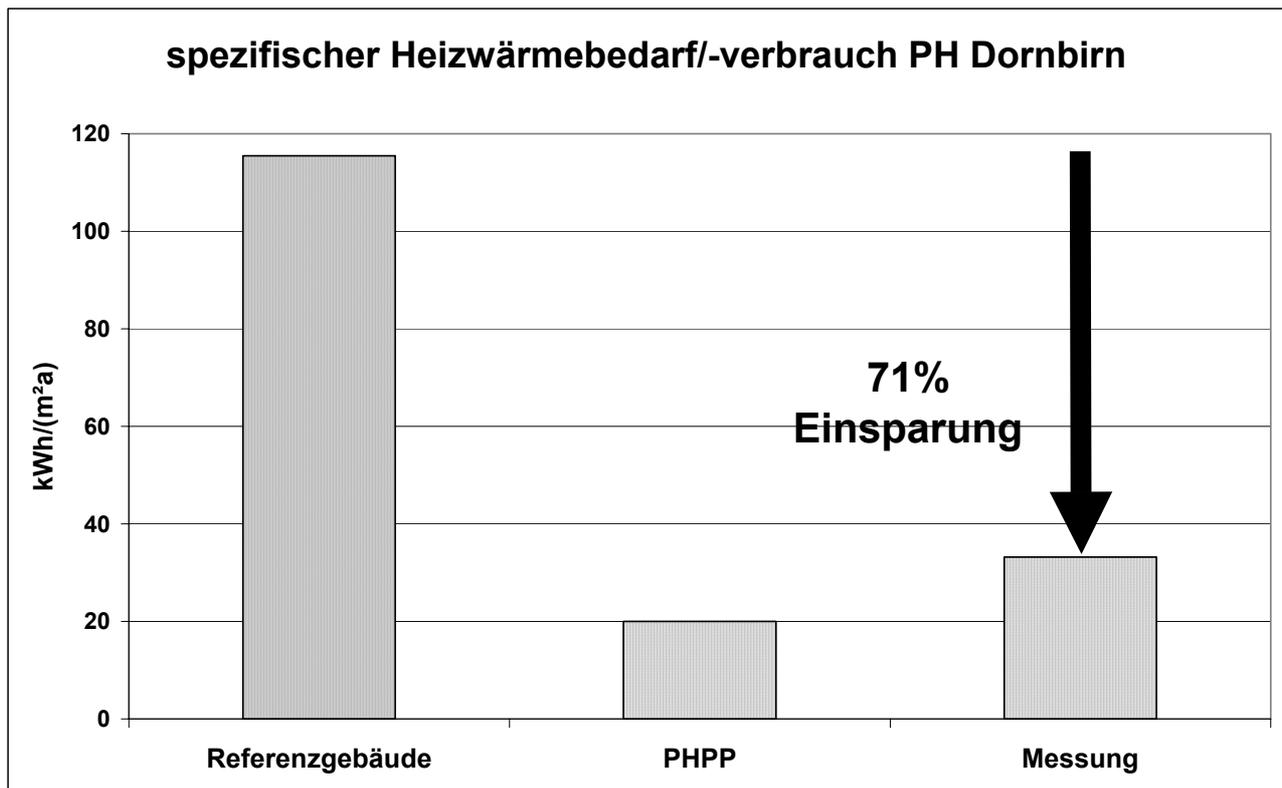


Abbildung 20: Jahresheizwärmeverbrauch berechnet und gemessen im Vergleich zu einem herkömmlichen Gebäude

Der auf Basis der Messungen auf ein Jahr hochgerechnete Jahresheizwärmeverbrauch beträgt 40,71 kWh/m²a (ohne Temperaturkorrektur). Der gemessene, jedoch standardisierte Jahresheizwärmeverbrauch bei Innenlufttemperaturen von 20°C liegt bei 33,2 kWh/(m²a) und damit deutlich höher als das PHPP-Berechnungsergebnis von 19,7 kWh/(m²a). Die Einsparung gegenüber identischen Gebäuden nach Bautechnikverordnung beträgt 71%.

Nutzwärmeverbrauch Warmwasser

Der aus den Messwerten ermittelte Jahres-Nutzwärmeverbrauch Warmwasser beträgt 14,7 kWh/(m²a).

Der auf die Personenzahl (2 Bewohner) bezogene Verbrauch liegt bei 955 kWh/Person und Jahr. Die gemessene Warmwasserverbrauchs-Menge liegt bei knapp 50 Litern pro Person und Tag.

Endenergieverbrauch Heizung

Der von Dezember bis März gemessene Endenergieverbrauch für die Gebäudebeheizung beträgt 18,3 kWh/m², der rechnerisch aus diesem Messergebnis ermittelte Wert für das gesamte Jahr beträgt (ohne Korrektur der mittleren Innenraumtemperatur) 38,6 kWh/(m²a).

Endenergieverbrauch Warmwasser

Der gemessene Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung während der Messperiode beträgt 4,7 kWh/m². Der von der Messperiode von Dezember bis März auf das gesamte Jahr hochgerechnete Verbrauch beträgt 10,3 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 10,1 kWh/m². Der Anteil des Haushaltsstrombedarfs beträgt 5,1 kWh/m². Die durchschnittliche Leistungsaufnahme des Wärmetauscheraggregats beträgt etwa 40 W.

Der hochgerechnete Jahresstromverbrauch für alle Anwendungen beträgt 24,12 kWh/(m²a).

Primärenergieverbräuche

Der aus den Messwerten ermittelte Primärenergiekennwert für Heizung, Warmwasser und alle Stromanwendungen beträgt 182,6 kWh/(m²a). Der Passivhaus-Grenzwert von 120 kWh/(m²a) wird damit um mehr als 50% überschritten. Gegenüber architektonisch identischen Neubauten nach Bautechnikverordnung beträgt die Einsparung 14%.

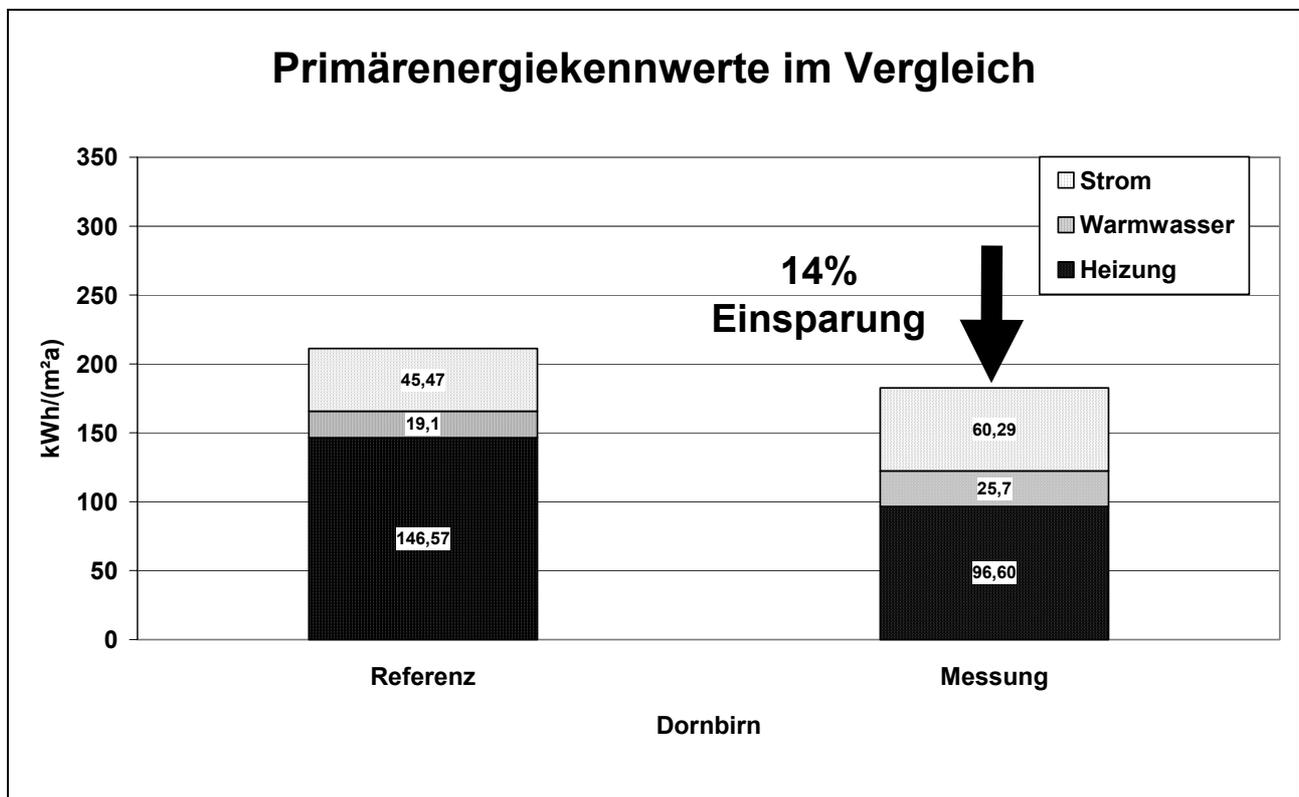


Abbildung 21: Primärenergie nach Bautechnikverordnung und Messwert

12.2 Thermischer Komfort

Mittlere Raumlufftemperatur

Die mittlere Raumlufftemperatur im Wohnzimmer betrug in der gemessenen und bewohnten Periode von Jänner bis März 21,6°C. Auch am kältesten Tag dieser Zeit lag die mittlere Raumtemperatur mit 21,1°C deutlich über der Rechenannahme von 20°C, die Mitteltemperatur am wärmsten Tag (Jan-Mar) lag bei 22,0°. Abbildung 14 zeigt den Verlauf der mittleren Raumlufftemperaturen in den Wohnzimmern (24h-Mittelwerte) während der Messperiode vom 1.10.2000 bis zum 31.3.2001.

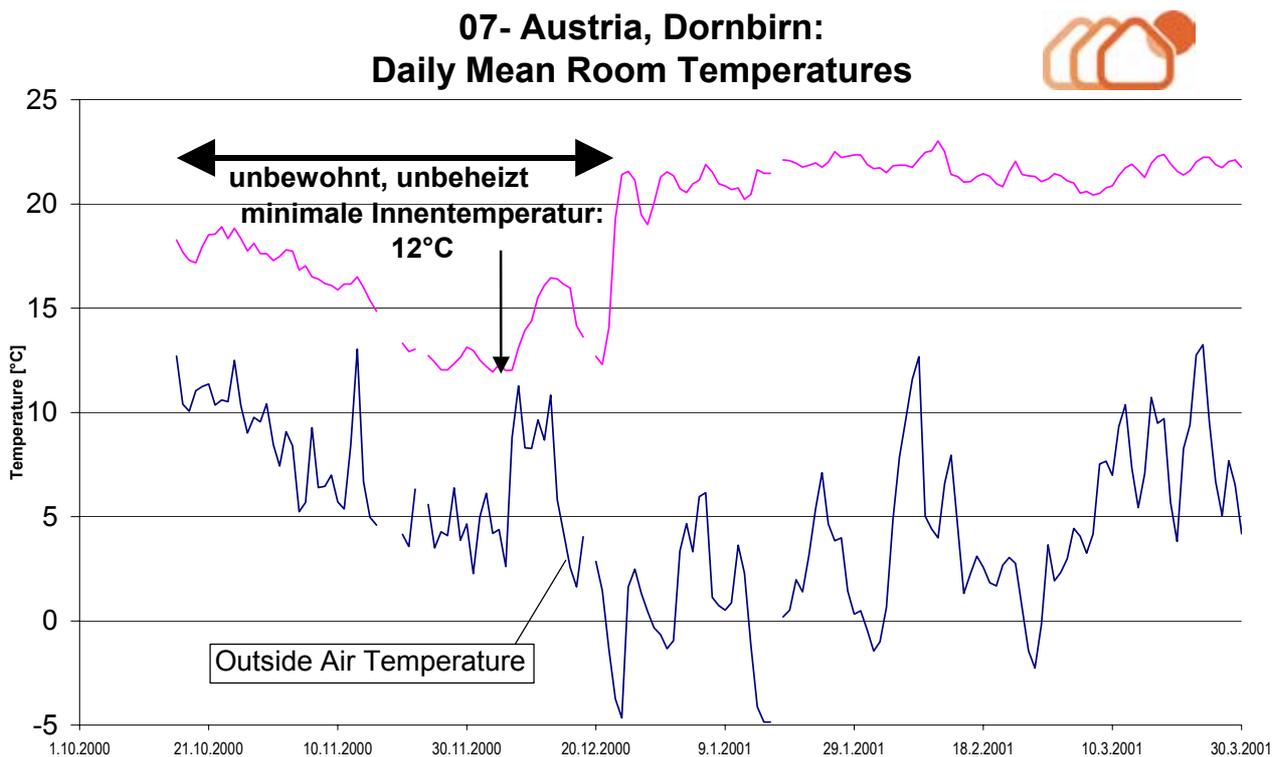


Abbildung 22: Tagesmittelwerte der Raumlufftemperaturen

Das Gebäude war bis Weihnachten 2000 unbewohnt.

Wie Abbildung 22 zeigt, lag die minimale Raumlufftemperatur im unbewohnten und unbeheizten Zustand bei 12°C. Nach dem Bezug steigen die Temperaturen im Wohnraum dann konstant auf über 20°C. Eine Abhängigkeit der Raumlufftemperaturen von der Außenlufttemperatur ist nur ganz gering erkennbar (Schwankungen +/- 1K).

Typische strahlungsarme Winterwoche

Abbildung 23 zeigt den Temperaturverlauf im am Beispiel einer typischen wolkgigen Winterwoche.

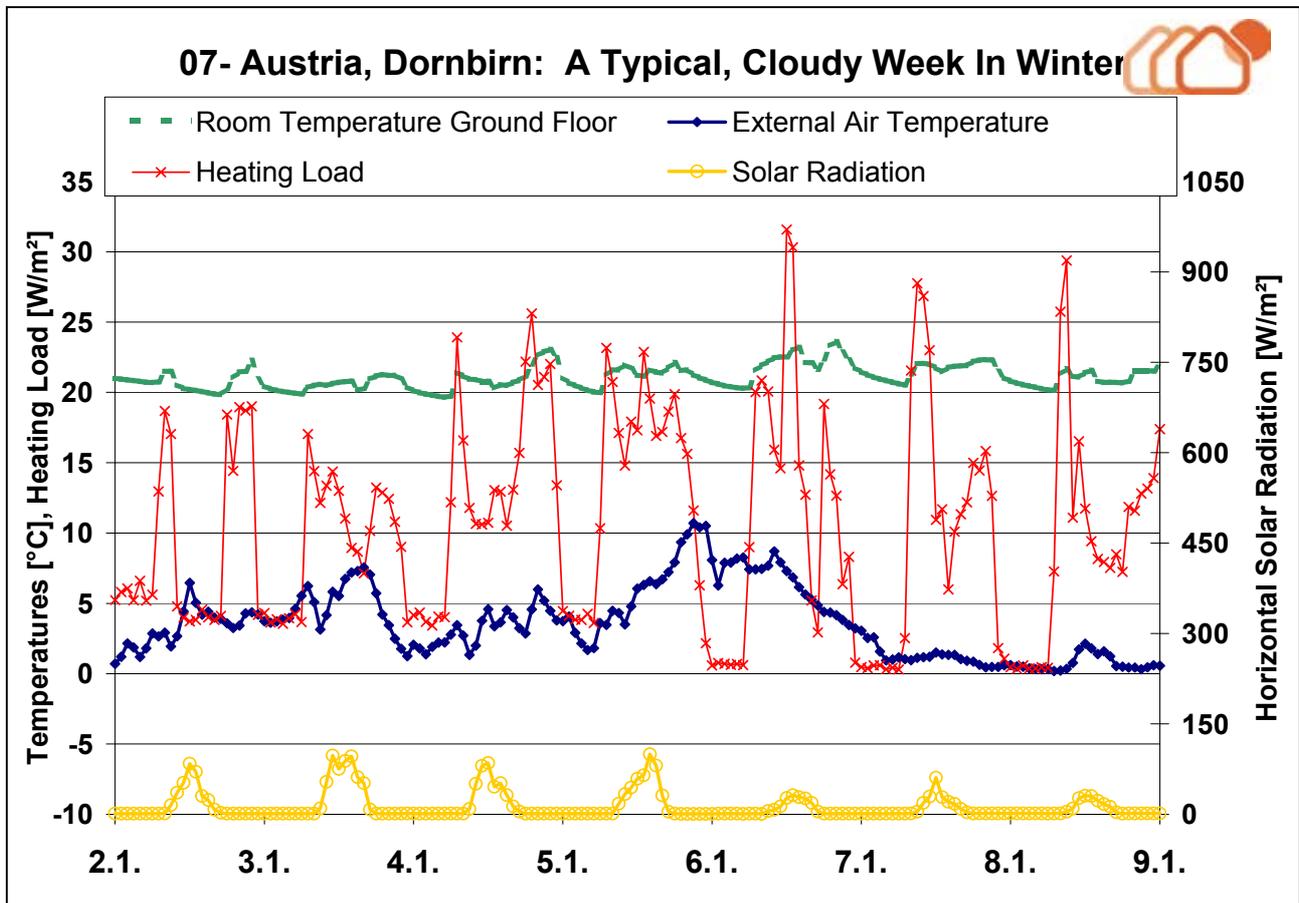


Abbildung 23: Temperaturkurve in einer typischen strahlungsarmen Winterwoche

Wie die Abbildung zeigt, ist der Einfluss der Solarstrahlung auf die Raumlufttemperaturen sehr gering. Es ist lediglich ein leicht zeitverzögerter Temperaturanstieg um maximal 1 K zu beobachten.

Typische kalte und strahlungsreiche Winterwoche

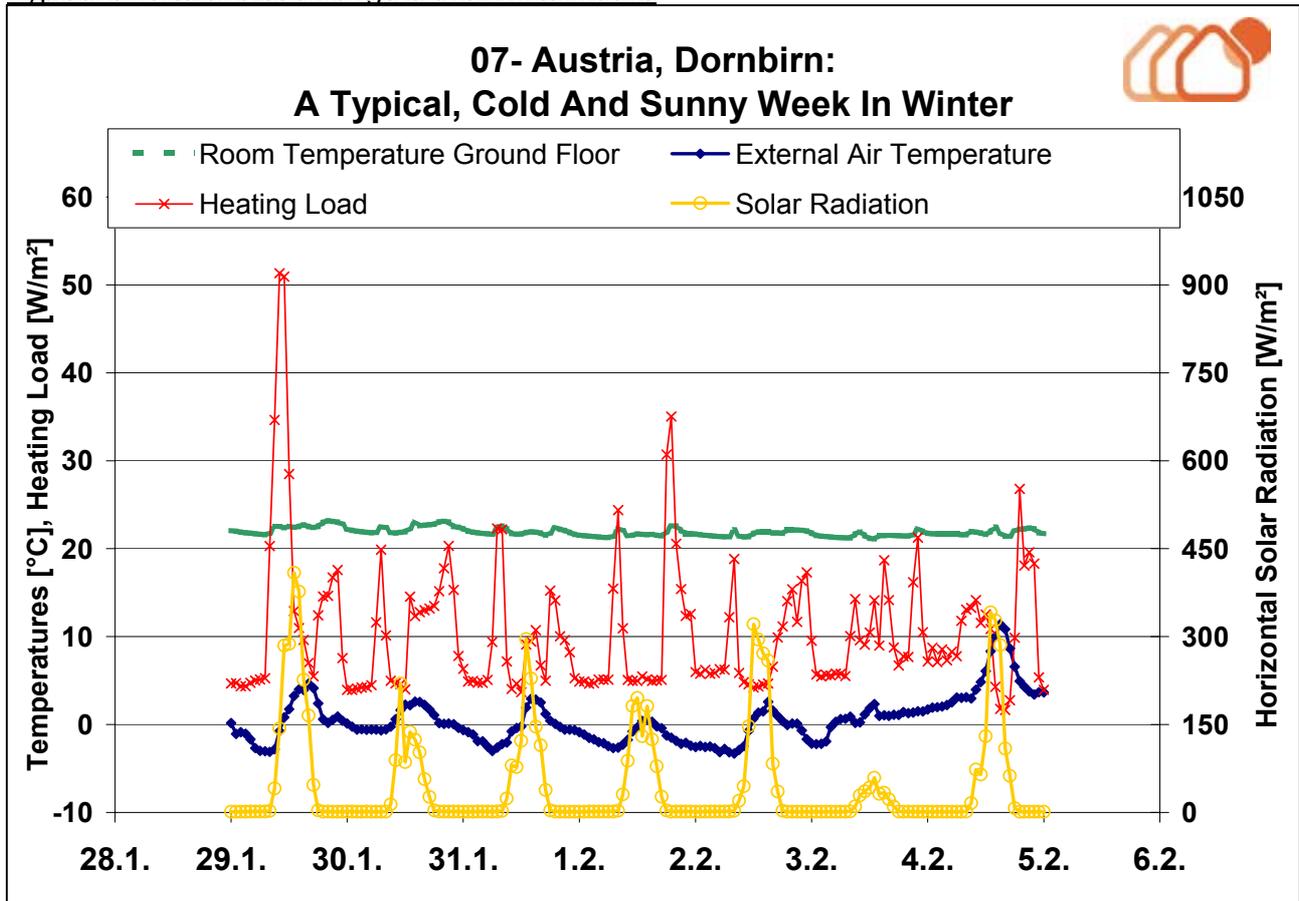


Abbildung 24: Temperaturkurve in einer typischen kalten, strahlungsreichen Winterwoche

Auch während der sonnigen, kalten Winterwoche steigen die Raumlufttemperaturen infolge der Solarstrahlung um maximal 1 K an. Trotz relativ hoher Fensterflächenanteile (Verhältnis Fensterfläche zu WNF: 32%, Durchschnittswert der österreichischen CEPHEUS-Projekte: 27%) und der Orientierung der Hauptfassade nach süd-west-west zeigt das Gebäude im Winter keine Überhitzungsneigung. Offensichtlich genügen die Speichermassen in der STB-Geschossdecke, um Überhitzung zu vermeiden.

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 25 zeigt den Verlauf der rel. Raumluftfeuchte in der Wohnung während der Messperiode von Anfang Oktober bis Ende März. Dargestellt ist auch der jeweilige Verlauf der Innenraum- und Außentemperatur.

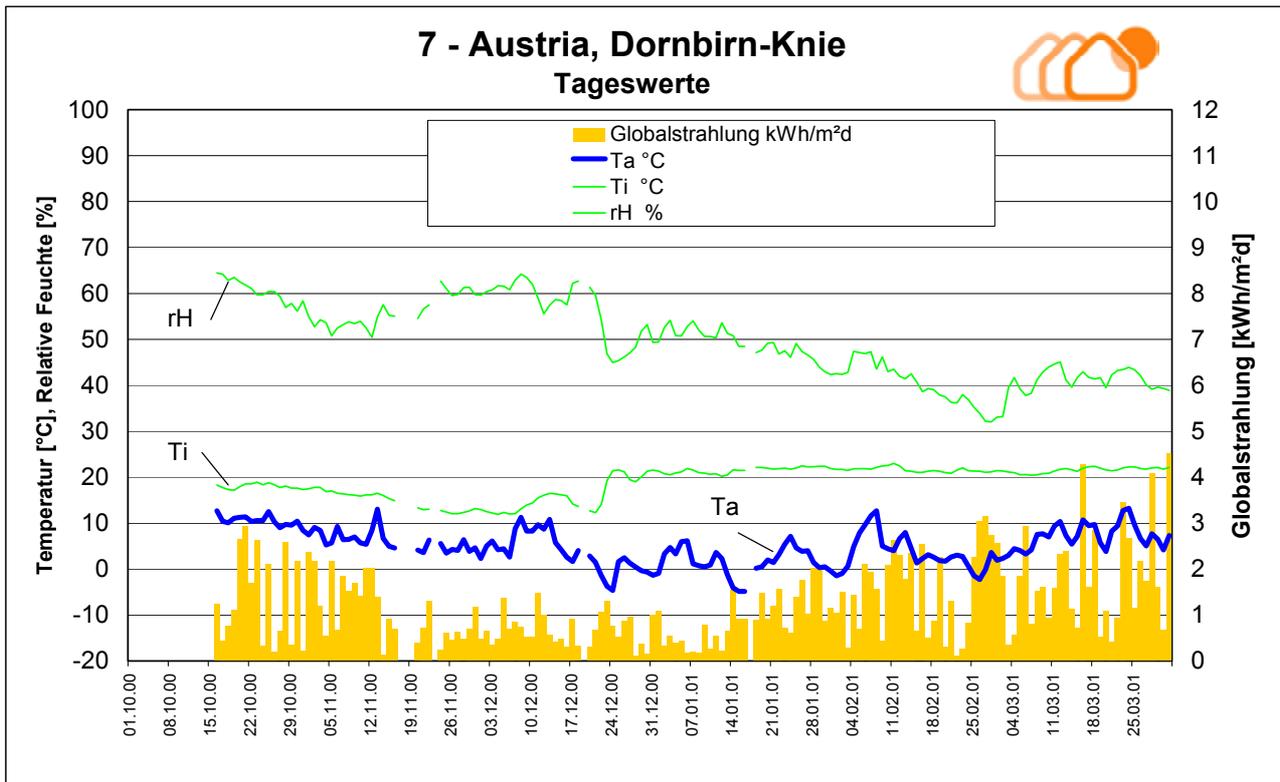


Abbildung 25: Raumlufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeit während der Messperiode

Die relative Luftfeuchte lag nach dem Einzug der Bewohner im Dezember mit Werten zwischen 32 und 52% im angenehmen Bereich.

12.3 Heizlasten

Abbildung 26 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.

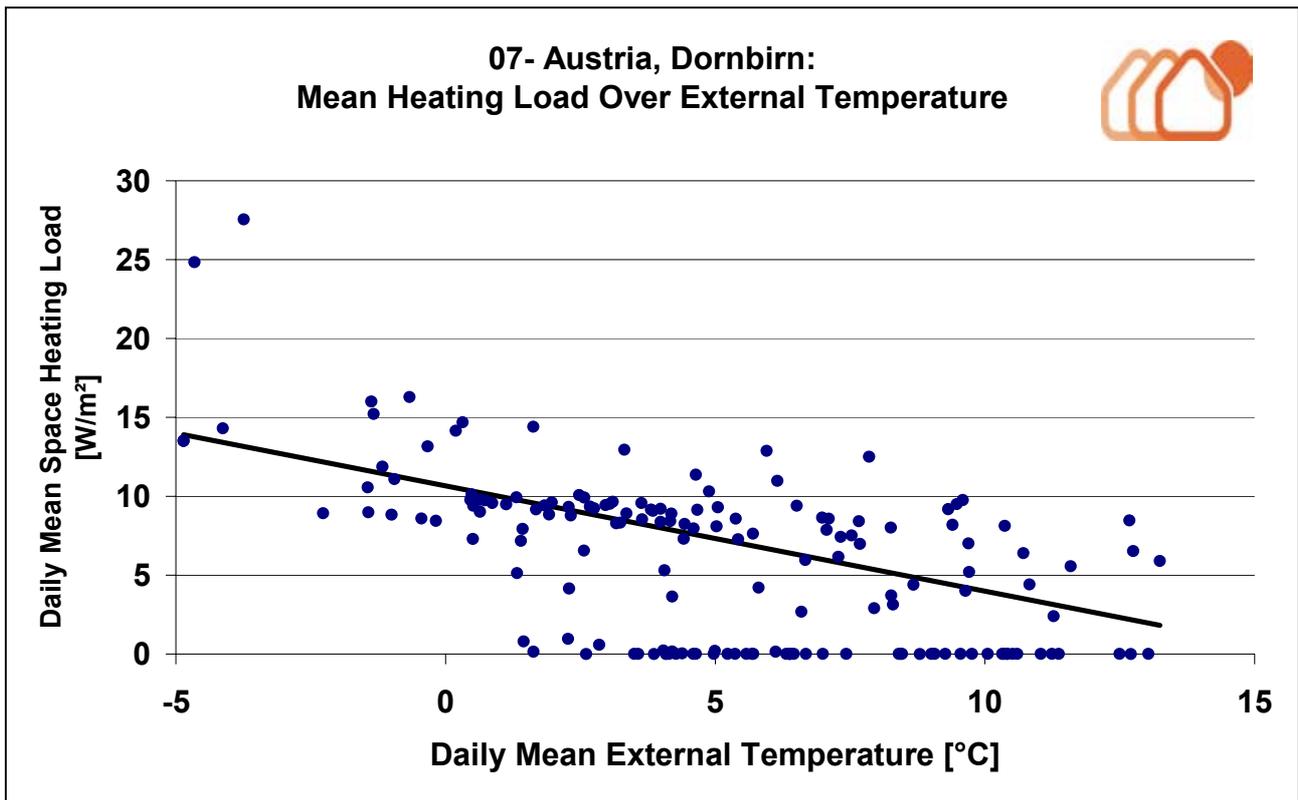


Abbildung 26: Verlauf der mittleren Heizlast

Das höchste gemessene 24-Stunden-Mittel der Heizlast während der Messperiode liegt bei 28 W/m^2 , gefolgt von einem weiteren Spitzenwert mit 25 W/m^2 . Diese extrem hohen Werte wurden an den Tagen des Einzugs erreicht, an denen das gesamte Gebäude von 15°C auf 20°C aufgeheizt werden musste. Nach dieser Einzugsphase pendelten sich die Heizlastwerte im Bereich zwischen 7 und 12 W/m^2 ein und liegen damit im Bereich des Passivhaus-Grenzwerts von 10 W/m^2 und unter dem mit PHPP rechnerisch ermittelten Wert von $14,9 \text{ W/m}^2$, obwohl die mittlere Raumtemperatur der Gebäude in der bewohnten Zeit deutlich über der Rechenannahme von 20°C liegt. Die Beheizbarkeit allein über das Lüftungssystem ist damit auch bei den höheren mittleren Raumlufttemperaturen möglich gewesen.

Weiters auffällig in dieser Abbildung sind die vielen Null-Werte, diese stammen aus der unbewohnten Phase des Gebäudes.

13 Aktivitäten zur Informationsverbreitung

Zur Informationsverbreitung wurde ein Tag der offenen Tür durchgeführt. Das Projekt wurde im Rahmen der CEPHEUS-Präsentation in zahlreichen Veranstaltungen vorgestellt.

14 Fotodokumentation



Ansicht Skelettbau mit bereits eingesetzten Sanitärzellen



Luftdichtheitsmessung über das Lüftungsgerät



Innenansicht Sanitärzelle Bad



Detail Balkon



Ansicht Süd



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	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@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 INTEC] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE
Messkonzept für das EU-Projekt C E P H E U S
Für das Projekt V6 – Dornbirn/Knie
Gleisdorf, Januar 2000
- [AEE INTEC 2] Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie AEE
CEPHEUS Austria
Messdaten Oktober 2000 bis März 2001
Gleisdorf, 25.05.2001
- [PHI 1] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II
Protokollband Nr. 13
Energiebilanzen mit dem Passivhaus Projektierungs Paket
Darmstadt, Dezember 1998
- [PHI 2] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II
Protokollband Nr. 16
Wärmebrückenfreies Konstruieren
Darmstadt, Juni 1999
- [PHI 3] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)
Passiv-Reihenhäuser - über die Zuluft beheizbar?
CEPHEUS Teilbericht Nr. 5
Darmstadt, 1998
- [PHI 4] Dr. Wolfgang Feist (Herausgeber)
Stand der Baupraxis Passivhäuser – Einführung
In: Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II
Protokollband Nr. 12
Das Passivhaus-Baustandard der Zukunft?
Darmstadt, 1998
- [Krec] Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Krec
Klimadaten für 14 Standorte in Österreich
Schönberg, 12. April 1999
- [CEPHEUS 1] Stadtwerke Hannover (Herausgeber)
CEPHEUS – Full Final Technical Report
Hannover, Juli 2001
- [CEPHEUS 2] Stadtwerke Hannover (Herausgeber)
CEPHEUS – Publishable Final Report
Hannover, Juli 2001



-
- [Gemis] Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (Gemis), Version 4.0
Öko-Institut
Darmstadt, 2000
- [NEI] Niedrig-Energie-Institut GbR (Herausgeber)
Strom und Wasser sparen lohnt sich
Besonders Sparsame Haushaltsgeräte 1999
Detmold, 1999
- [Künz 7] Architekt Dipl.-Ing. Dr. Lothar Künz
Wärmebrückenberechnung EFH Knie
Hard, 23. Januar 1999
- [Künz 8] Architekt Dipl.-Ing. Dr. Lothar Künz
Luftdichtigkeitsmessung
Passivhaus Knie 61
Hard, 15.03.2001
- [Künz 9] Architekt Dipl.-Ing. Dr. Lothar Künz
Thermographieaufnahme
Passivhaus Knie
Hard, 13.03.2001
- [Feist] Dr. Wolfgang Feist
Fenster: Schlüsselfunktion für das Passivhaus-Konzept, in:
Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser – Phase II
Protokollband Nr. 14
Passivhaus-Fenster
Darmstadt, Dezember 1998