

PASSIVHÄUSER IN DER PRAXIS

INNOVATIVE BAUKONZEPTE ALS WIRTSCHAFTLICHE CHANCE

Tagung 14. 3. 2002



TAGUNGSBAND



PASSIVHÄUSER IN DER PRAXIS
INNOVATIVE BAUKONZEPTE ALS WIRTSCHAFTLICHE CHANCE

Tagung 14.3.2002

Saal Steiermark in der Wirtschaftskammer Steiermark

Veranstalter:



In Kooperation mit:



Eine Veranstaltung im Rahmen des Projektes **Das Passivhaus in der Praxis** finanziert durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“.

Die Beiträge der Referenten dieser Tagung sind Ausdruck ihrer persönlichen Meinung und müssen nicht mit der Meinung der Veranstalter übereinstimmen.

**STATUS QUO DER PROGRAMMLINIE
"HAUS DER ZUKUNFT"**

Mag. Manuela Schein
A-1020 Wien, Hollandstraße 10/46
Tel.: 0043/1/315 63 93-12, Fax: -22, mail: office@hausderzukunft.at

STATUS QUO DER PROGRAMMLINIE "HAUS DER ZUKUNFT"

Mag. Manuela Schein
A-1020 Wien, Hollandstraße 10/46
Tel.: 0043/1/315 63 93-12, Fax: -22, mail: office@hausderzukunft.at

1 Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“

Das Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ ist ein fünfjähriges Forschungs- und Technologieentwicklungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Es initiiert und unterstützt richtungsweisende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und die Umsetzung modellhafter Pilotprojekte.

Das Programm verfolgt klar definierte inhaltliche Schwerpunkte und ist durch das Ausschreibungsprinzip bei der Auswahl der Projekte, durch die Vernetzung einzelner Forschungsprojekte und durch ein begleitendes Programmmanagement gekennzeichnet.



Programmlinie „Haus der Zukunft“



Programmlinie „Fabrik der Zukunft“

2 Programmlinie „Haus der Zukunft“

2.1 Ausgangslage

Dem Bau-, Wohn- und Sanierungsbereich kommt eine zentrale umweltpolitische Bedeutung zu, weil einerseits Wohnen zu den menschlichen Grundbedürfnissen zählt, andererseits mit der Schaffung neuer Wohnräume (inkl. aller dazugehörigen Dienstleistungen) erhebliche Umweltbelastungen verbunden sind. Diesem ressourcenintensiven Sektor sind

- ca. 25% der mineralischen Stoffflüsse
- ca. 50% des jährlichen Abfallaufkommens (davon ca. 60-70% Bodenaushub) und
- nahezu 40% des Endenergieeinsatzes

zuzuordnen. Hinzu kommt der steigende Flächenbedarf durch Gebäude und die damit einhergehende Landschafts- und Flächenzersiedelung. Ein weiterer Effekt ist der steigende Individualverkehr mit den dadurch verursachten negativen ökologischen Folgewirkungen.

Daraus ergibt sich die logische Schlussfolgerung, dass neue Instrumente für eine nachhaltige Zukunft gefunden werden müssen, die sowohl die energetischen, ökologischen, sozialen als auch die ökonomischen Dimensionen des Bereiches Alt- und Neubau berücksichtigen.

Die Programmlinie „Haus der Zukunft“ ist ein solches Instrument, mit dem versucht wird, durch konzeptgeleitete Ausschreibungen innovative Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte zu unterstützen. Mit Hilfe dieser Projekte soll ein konsensfähiger Strukturwandel im Bereich Bauen herbeigeführt, sollen neue Märkte mit hoher volkswirtschaftlicher Relevanz erschlossen und ein wesentlicher Beitrag für eine nachhaltige Zukunft geleistet werden.

2.2 Impulse für die Zukunft

Mit dem Start der Programmlinie „Haus der Zukunft“ wurde 1999 auf Initiative des bmvit ein erster Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung für den Neu- und Altbau gesetzt.

Ausgangsbasis für das „Haus der Zukunft“ waren die aktuellen Entwicklungen bei den solaren Niedrigenergie- und Passivhäusern, wo es eine beachtliche Zahl an Pilot- und Demonstrationsprojekten¹ gab. Beide Haustypen sind überwiegend energieorientiert. Hingegen fehlte bei den bestehenden Demonstrationsprojekten eine umfassende ökologische und soziale Ausrichtung – wie z.B. hinsichtlich atmosphärischen Emissionen, ökologische Qualität der verwendeten Materialien, Innenraumklima, Reduktion des Materialeinsatzes inkl. Entsorgung, Minimierung der Lebenszykluskosten und Kundenakzeptanz – weitgehend.

Basierend auf den beiden Bauweisen soll mit Hilfe der Programmlinie „Haus der Zukunft“ neue Impulse gesetzt und folgende Ziele erreicht werden:

Neubau:

- erhöhter Einsatz erneuerbarer Energieträger und nachwachsender Rohstoffe
- deutliche Reduzierung des Energie- und Stoffeinsatzes
- gesteigerter Komfort für die NutzerInnen
- hohes Marktpotenzial für innovative Technologien
- vergleichbare Kosten zu herkömmlichen Bauweisen
- Umsetzung modellhafter neuer Bauweisen mit dem Schwerpunkt auf Baubiologie und –ökologie

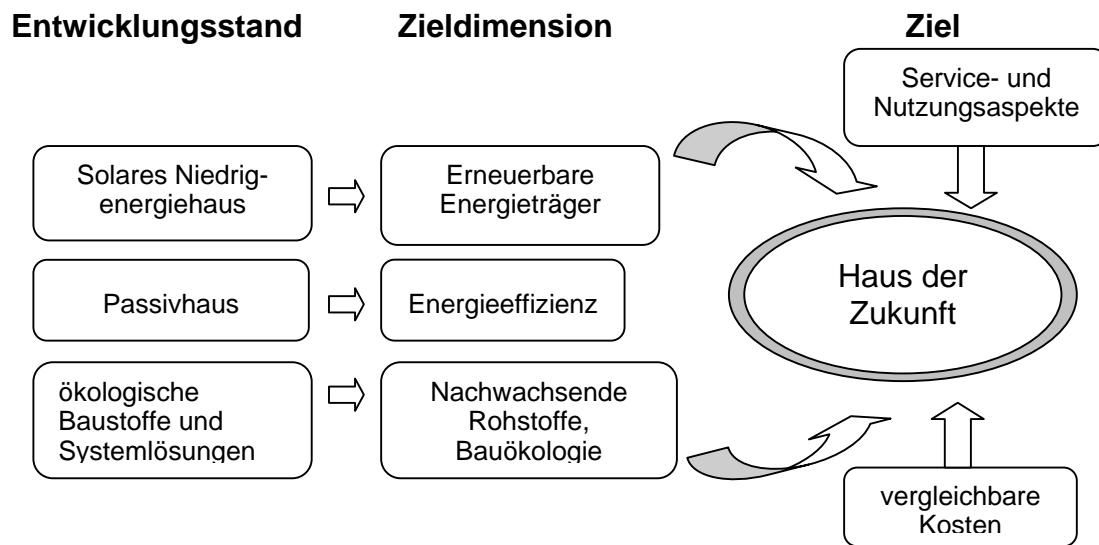
Althausanierung:

- Verbesserung der Wohnqualität und Erhöhung der NutzerInnenzufriedenheit
- Deutliche Reduktion des Energiebedarfs und der Betriebskosten bestehender Gebäude
- Verstärkter Einsatz von Baumaterialien aus erneuerbaren Rohstoffen sowie von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger
- Vermehrte Berücksichtigung baubiologischer Aspekte bei der Althausanierung
- Erhöhung der Flexibilität im Gebäudebestand
- Kostengünstigkeit der Sanierung,

Um die Akzeptanz dieser Bauweisen und „neuen“ Technologien bei den KäuferInnen und NutzerInnen zu stärken und somit eine bessere Marktdiffusion zu erreichen, ist eine zielgerichtete Auf- und Verbreitung von Wissen und Erfahrungen aus

¹ CHEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards): Gebäude im Passivhausstandard wurden geplant, errichtet, messtechnisch untersucht und schließlich dokumentiert. Buchtipp: Krapmeier, Drössler, CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung, www.springer.at

bestehenden Demonstrationsprojekten für Stakeholder und InteressentInnen notwendig.



2.3 Inhalte der Programmlinie

Mit Blickrichtung auf das oben genannte Ziel der Programmlinie wurden folgende Kategorien ausgeschrieben:

- Sozio-ökonomische Grundlagenstudien
- Begleitmaßnahmen
- Technologie- und Komponentenentwicklung
- Wirtschaftbezogene Grundlagenforschung
- Innovative Baukonzepte
- Wettbewerbe für bereits realisierte Pilot und Demonstrationsprojekten

Ziel der **Grundlagenstudien** war vor allem die Untersuchung sozialer und nutzerbezogener Aspekte, um die angestrebten technischen Weiterentwicklungen nachfragebezogen zu lenken. Außerdem sollen Instrumente entwickelt werden, die geeignet sind, die „Nachhaltigkeit“ eines Gebäudes an potentielle Käufer zu kommunizieren (Gebäudeausweis) oder Markthemmnisse für den „nachhaltigen“ Wohnbau zu reduzieren.

Das Ziel der **Begleitmaßnahmen** ist die Stärkung der ökologischen Komponente bei der Umsetzung der „Innovativen Baukonzepte“ bzw. zukünftiger Bauprojekte. Die Bildung eines Informationsknotens zur zielgerichteten Informationsaufbereitung für Planer, Architekten und Bauträger ist in Planung.

Parallel zu den oben genannten Themen wurden konkrete **Technologie- und Komponentenentwicklungen** ausgeschrieben. Insbesondere waren innovative Einzeltechnologien mit breiter Einsetzbarkeit und hohem Marktpotenzial gesucht (z.B. Fassadenkollektoren, Systemkollektoren mit sehr kurzer Montagezeit etc.) Die entwickelten Technologien und Komponenten sollen einen deutlichen

Technologiesprung gegenüber dem state of the art im Gesamtsystems „Gebäude“ aufweisen.

Das Ziel der **Wirtschaftsbezogenen Grundlagenforschung** ist die Stärkung der wissenschaftlichen Basis und die Intensivierung des Know-how-Austausches zwischen Forschern und Unternehmern. Die Forschungsergebnisse bilden die Grundlagen für die Weiterentwicklung von innovativen Technologien und Komponenten wie z.B. Systemtechnische Bauphysikalische Grundlagen für die Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung, Dämmmaterialien aus Nachwachsenden Rohstoffen, etc.

Die **Innovativen Baukonzepte** bilden den Kern der fünfjährigen Programmlinie. Bei diese Projekten sollen nicht nur innovative Bauweisen entsprechend den oben genannten Kriterien geplant und realisiert werden, sondern auch die Ergebnisse der Grundlagenstudien und der Technologie- und Komponentenentwicklungen einfließen. Hier einige Beispiele:



Einfach:Wohnen

Planung und Errichtung eines Wohnprojektes in der Solar City Linz-Pichling in hoher ökologischer Qualität - vom Niedrigenergiehausstandard bis zum Passivhaus

Treberspurg und Partner



Strohballenbau – High Performance at low costs

Innovative Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes

GrAT

Gruppe Angepaßte Technologie an der TU Wien



alpin-stützpunkt

Ein integriertes Gesamtkonzept für eine Alpine Schutzhütte auf Basis von Solarenergie

solar4.alpin

Bei den Projekten der **Wettbewerbe** „Auszeichnung beachtenswerter Pionierleistungen“ im Jahr 2000 und „Altbau der Zukunft“ im Jahr 2001 handelt es sich nicht um Forschungsprojekte, sondern um Pionierprojekte, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung bereits abgeschlossen waren und mit einem Preis bzw. einer Urkunde prämiert wurden. Für beide Wettbewerbe wurde vom bmvit ein Preisgeld von je Euro 14.534 / ATS 200.000,- zur Verfügung gestellt und an die Preisträger vergeben. Das Ziel der Wettbewerbe ist, von Bestehendem zu lernen und die prämierten Projekte als Basis für Weiterentwicklungen heranzuziehen.



Wohnanlage Ölzbündl, Dornbirn
DI Hermann Kaufmann

Preisträger beim Wettbewerb „Auszeichnung beachtenswerter Pionierleistungen“ im Jahr 2000



Ökoeffiziente Gebäudesanierung
Nordpool Steyr
POPPE*PREHAL Architekten

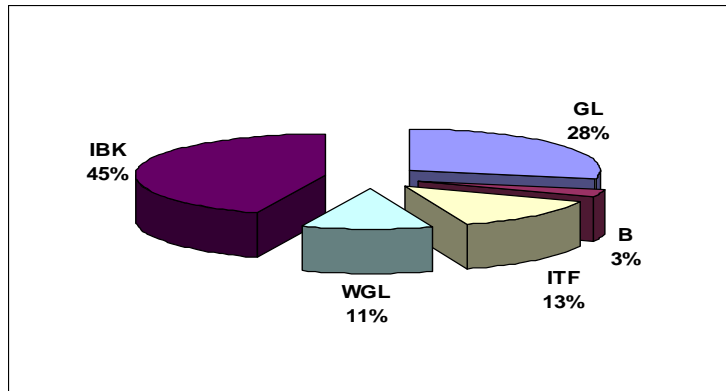
Preisträger beim Wettbewerb „Altbau der Zukunft“ im Jahr 2001

Die Integration von sozialen, ökonomischen und ökologischen Zielvorstellungen ist in hohem Maße anspruchsvoll und birgt Zielkonflikte, für die konsensfähige Lösungen gefunden werden müssen. Andererseits ist die Verknüpfung dieser Anforderungen auch mit erheblichen Chancen verbunden, wobei der Schlüssel zu deren Realisierung in Innovationen liegt – wiederum nicht nur in technologischen, sondern in Kombination mit sozialen, ökonomischen und institutionellen Innovationen. Gerade in dieser Kombination besteht die Chance zur Erreichung von Technologiesprüngen mit hohem Marktpotenzial.

Unter Bedachtnahme auf Landschaftszersiedelung, Flächenverbrauch und Mobilitätsbedarf wurde prioritär der mehrgeschossige Wohn- und Bürobau berücksichtigt.

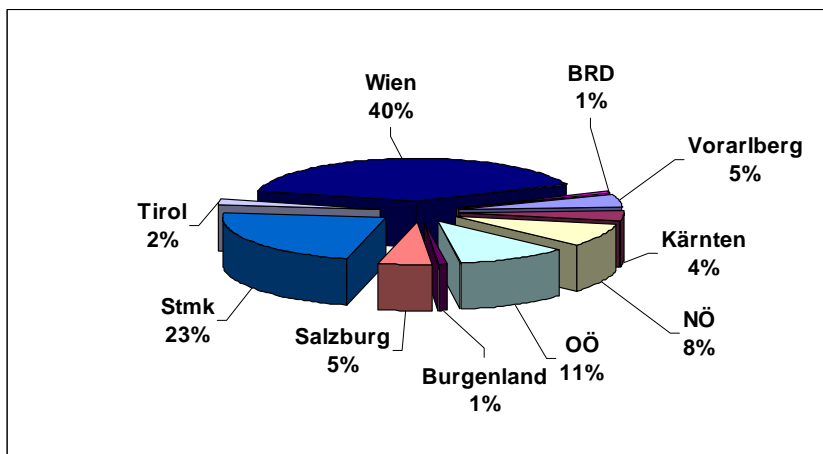
2.4 Bisheriges Fazit aus der 1. und 2. Ausschreibung

Bisher wurden insgesamt 268 Forschungsprojekte eingereicht:



GL Grundlagenstudien
B Begleitmaßnahmen
ITF Technologie- und
Komponentenentwicklungen
WGL Wirtschaftsbezogene
Grundlagenforschung
IBK Innovative Baukonzepte

Die regionale Verteilung der Einreichungen:



Insgesamt wurden 62 Projekte – ausgewählt durch eine internationale Expertenjury - finanziert. Das gesamte Projektvolumen (Eigenkostenanteil + Finanzierung durch bmvit) aller finanzierten Projekte beläuft sich auf ca. 11 Mio. Euro (ca. 150 Mio. ATS)

Die Baukosten für die Realisierung der „Innovativen Baukonzepten“ sind nicht inkludiert. Sie liegen bei ca. 1,7 Mrd. Euro (ca. 124 Mio. ATS).

Die Hebelwirkung der Programmlinie hat bisher konkrete zusätzlich finanzielle Impulse von bis zu 30 % bewirkt. Wie die Baukonzepte zeigen ist noch eine weitere Multiplikatorwirkung zu erwarten.

Ein Grossteil der bisher finanzierten Projekte und Studien ist abgeschlossen. Sie stehen auf der Website www.hausderzukunft.at als pdf-files zum Herunterladen zur Verfügung, bzw. können auch beim Schirmmanagement unter office@hausderzukunft.at bestellt werden.

3 Ausblick

Mit dem Wettbewerb „Altbau der Zukunft“ wurde das Schwerpunktthema Gebäudesanierung eingeleitet.

Von einem Gebäude von morgen wird substantielle Qualität erwartet. Daher sind architektonisch vernetzte und gestaltete Merkmale wie naturnahes Umfeld, thermischer und visueller Komfort, Raumlufteigenschaften, natürliche Materialien und Oberflächen, Flexibilität der Nutzung sowie eine intelligente, nutzerfreundliche Anlagentechnik mit niedrigsten Verbräuchen gefragt, um in das Bewusstsein der NutzerInnen und KäuferInnen zu rücken. Die Gesundheit und das Wohlbefinden der NutzerInnen und die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes werden letztendlich über zukünftige Bauweisen entscheiden.

Von oben genannten Merkmalen ist unser derzeitiger Gebäudebestand weit entfernt. Eine der wichtigsten Anstrengungen der nächsten Jahre wird daher darin bestehen, diese enormen Potenziale anzugehen. Niedrigenergie- und Passivhäuser haben bereits erste dahingehende Schritte geleistet.

Im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ wird gemeinsam mit ForscherInnen, ArchitektInnen, PlanerInnen etc. versucht, innovative technische und gestalterische Lösungen für einen neuen Baustandard zu finden. Den sozialen und ökologischen Aspekten wird dabei besondere Bedeutung beigemessen. Dass jedes Bauvorhaben seine eigenen Spezifika hat, wie Energieverbräuche in den verschiedensten Bereichen, höhere oder niedrige Energiebezugs-, Material- und Personalkosten, Zwänge und Chancen, die zu jeweils individuellen Konzepten und Prioritäten führen, ist allen Beteiligten bewusst. Diese Faktoren motivieren für das Haus von morgen ein Maximum an Synergien zu finden.

An den innovativen Bau- und Sanierungskonzepten, die sich derzeit in der Planungs- bzw. Entwurfsphase befinden, wird sich der Erfolg der Programmlinie zeigen.

GERINGER ENERGIEVERBRAUCH – HOHER KOMFORT
DAS PASSIVHAUS ALS IMPULSGEBER FÜR NEUE WOHNQUALITÄT

Dipl.-Ing. Arch. Helmut Krapmeier
Energieinstitut Vorarlberg, A-6850 Dornbirn, Stadtstraße 33/CCD
Tel.: 0043/5572/31202-80, Fax: - 4, mail: office@cepheus.at
www.energieinstitut.at, www.cepheus.at

GERINGER ENERGIEVERBRAUCH – HOHER KOMFORT

DAS PASSIVHAUS ALS IMPULSGEBER FÜR NEUE WOHNQUALITÄT

Dipl.-Ing. Arch. Helmut Krapmeier
Energieinstitut Vorarlberg, A-6850 Dornbirn, Stadtstraße 33/CCD
Tel.: 0043/5572/31202-80, Fax: - 4, mail: office@cepheus.at
www.energieinstitut.at, www.cepheus.at

1 Die Qualitäten des Passivhauskonzepts

1.1 Behaglichkeit

Die Behaglichkeit ist vielschichtig: physiologisch, psychologisch, visuell, akustisch, haptisch, olfaktorisch, thermisch. Für die Frage des Energiebedarfs ist die thermische Behaglichkeit von zentraler Bedeutung.

Die thermische Behaglichkeit entsteht durch die Einflüsse von:

- Temperatur der Raumluft und der Umschließungsflächen
- Luftgeschwindigkeit und Turbulenzen
- Feuchte der Raumluft
- Schwere der Arbeit
- Bekleidung

Der Mensch reagiert unterschiedlich empfindlich:

Parameter	Empfindlichkeitsschwelle	Beurteilung
Lufttemperatur	+/- 0,5K	sehr empfindlich
Unterschied zwischen Lufttemperatur und Oberflächentemperatur	2K	empfindlich
	4K	sehr empfindlich
Luftbewegung in Hautnähe	0,1m/s	sehr empfindlich
Strahlungswärme	25W/m ²	empfindlich
Relative Luftfeuchte	+/- 15%	wenig empfindlich

In einem Passivhaus sind die Temperaturen der Umschließungsflächen auch bei sehr kalten Außentemperaturen von minus 10°C noch oberhalb der Empfindlichkeitsschwelle. Die Außenwände und Fußböden zum Keller sind nur um 0,5 bis 1 Grad kühler als die Raumlufttemperatur. Passivhausfenster sind um 2 bis 3 Grad kühler als die Raumlufttemperatur. Diese hohe Behaglichkeit wird bei Häusern, die nicht mit dem Energiestandard eines Passivhauses errichtet sind, nur mit Heizkörpern unter dem Fenster einer Außenwandheizung oder einer Fußbodenheizung vor bodentiefen Fenstern erreicht.

1.2 Frische Luft

In einem Passivhaus garantiert eine automatische zugfreie Frischluftzufuhr dafür, dass immer für ausreichend frische Luft gesorgt ist; auch bei längerer Abwesenheit und nachts.

1.3 Sparsamkeit

Erst eine automatische Frischluftzufuhr ermöglicht eine einfache und preiswerte Wärmerückgewinnung der Wärme, die bei der üblichen Fensterlüftung unwiederbringlich verloren geht.

1.4 Hitzetauglichkeit

Durch den hohen Wärmeschutz der Gebäudehülle, durch die Ausstattung mit energieeffizienter Haustechnik und Ausstattung des Haushaltes mit stromsparenden Geräten bleibt es in einem Passivhaus während Hitzeperioden im Vergleich zu anderen Häusern angenehm kühl ohne jedoch eine Kühlanlage installieren zu müssen.

1.5 Krisensicherheit

Nichts hält ewig, alles fällt einmal aus: Die Heizungspumpe, der Ventilator. Im schlimmsten Fall die Energielieferung. Extreme Kälte und ein Heizungsausfall ist bei einem Passivhaus nie ein Problem. Bei extremer Kälte scheint immer die Sonne. Kritisch sind kalte, bewölkte oder neblige Schlechtwetterperioden. In diesem Fall sind die Tagesmittelwerte der Außentemperaturen von 0°C bis minus 8°C. Ein Passivhaus kühlt nur sehr langsam aus: in den ersten Tagen ein paar Grad und dann täglich nur mehr ein halbes Grad. Kälter als 15°C wird es kaum in einem Passivhaus (außer die Fenster stehen offen). Nach dieser kritischen Wetterperiode wird es entweder wärmer und sonniger oder kälter und sonniger. In beiden Fällen ist die kritische Zeit dann vorbei.

1.6 Zukunftsfähig

Der Mehraufwand an Material für ein Passivhaus ist gering. Untersuchungen des Ökologieinstitut in Wien und mit OGIP von Intep in der Schweiz haben gezeigt, dass eine umfassende Ökobilanz von gebauten Passivhäusern positiv ausfällt. Vor allem dann, wenn bei den einzelnen Baumaterialien, Bauteilen und Geräten das jeweilige Produkt mit der geringeren Umweltbelastung gewählt wird.

1.7 Architektonische Neutralität

Einem Passivhaus sieht man nicht zwangsläufig an, dass es ein Passivhaus ist. Das Haus daneben verbraucht vielleicht das 10-fache und das ist von außen nicht erkennbar. Passivhäuser müssen kein anderes Aussehen als gewöhnliche Häuser haben. Sie sind lediglich kompakt – wie es viele Häuser der 20er-Jahre, der 50er-Jahre, der 90er-Jahre waren.

Die Bauform des traditionellen Bregenzer Wälder Hauses oder des Salzburger Bauernhauses war einfach und kompakt. Nichts anderes ist ein Passivhaus: einfach, kompakt, hervorragend gedämmt gegen Wärmeverluste, mit höchster Bauqualität bei Bauteilfugen und Anschlüssen zwischen Bauteilen.

1.8 Exzellentes Kosten/Nutzen Verhältnis

Der Wohnwert wie auch der Gebäudewert eines Passivhauses ist durch die hochwertige Gebäudehüllenqualität deutlich höher als bei konventionellen Häusern. Durch die hohe thermische Qualität der Gebäudehülle ist der Transmissionswärmeverlust sehr klein. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, Heizkörper im Außenwandbereich und unter den Fenstern platzieren zu müssen. Der Lüftungswärmeverlust ist durch die Wärmerückgewinnung ebenfalls sehr klein. Weil die Verluste so klein sind, kann die Wärme den Räumen zusammen mit der frischen Luft zugeführt werden. Die Kosten für die Heizkörper, die Leitungen etc. entfallen.

2 Die Passivhaus-Gebäudehülle

- Voraussetzung für die einfache technische Gebäudeausrüstung eines Passivhaus
- Voraussetzung für das exzellente Kosten/Nutzen Verhältnis
- Voraussetzung für die hervorragende Behaglichkeit

2.1 Das Passivhaus-Fenster

2.1.1 Das Fenster: ein multifunktionaler Bauteil

Bei näherer Betrachtung ist das Fenster der zentrale Faktor für den Entwurf, für die Behaglichkeit und für die Betriebskosten. Es ist das schwächste Glied aller wärmeabgebenden Bauteile. Gleichzeitig werden an das Fenster die höchsten technischen und architektonischen Anforderungen gestellt: tausendfaches Öffnen und Schließen, guter Durchblick, verschattbar im Sommer, im geöffneten Zustand kein Störfaktor im Raum, regendicht, winddicht, u.s.w.

Weil es thermisch das schwächste Teil ist, beeinträchtigt es auch am ehesten die Behaglichkeit der Bewohner. Ein zentraler Faktor für die Behaglichkeit des Menschen ist ein geringer Temperaturunterschied zwischen Flächen, ein geringer Luftzug. In der Anfangszeit der Zentralheizung wurden die gusseisernen Gliederradiatoren an der Innenwand aufgestellt. Das war zwar wegen geringer Leitungslängen billig, entpuppte sich aber als unbehaglich. Das ist der Grund, weshalb bereits vor über 100 Jahren die Heizkörper an der Außenwand und unter dem Fenster aufgestellt wurden.

Bei bodentiefen Fenstern wurden teure Unterflurkonvektoren in den Fußboden eingebaut. Die Reinigung dieser Unterflurkonvektoren ärgert tausende Menschen jährlich. Die im Fensterbereich dichter verlegte Fußbodenheizung ist der Ausweg für Bauleute mit dickerer Brieftasche. Beheizte Glasscheiben für diesen Zweck werden daher ebenfalls von der Industrie angeboten, denn die Behaglichkeit ist den Menschen wichtig. Die Folgekosten dafür sind jedoch nicht unerheblich.

Nach dem Kasten- und Verbundfenster aus zwei Rahmen und zwei Glasscheiben bestehend, erfolgte mit dem einfachen Fensterrahmen und der 2-Scheiben Isolierverglasung ein Rückschritt, was das thermische Verhalten und die Bedingung für Behaglichkeit betrifft.

Während die Glasindustrie mittlerweile mit den beschichteten Gläsern und mit Edelgas befüllten Glaszwischenräumen sehr gute Verbesserungen erreicht hat, hatte sich bei den Fensterrahmenherstellern der Dornröschenschlaf eingestellt.

Für das erste Passivhaus wurde noch in Einzelfertigung durch Architekt Karl-Heinz Fingerling zusammen mit Wolfgang Feist ein konventionelles Fenster verbessert. Es

handelte sich dabei um ein übliches Einfachfenster mit 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung. Durch eine zusätzliche Dämmschale konnte der Wärmeverlust des Rahmens auf weniger als die Hälfte reduziert werden. Das übliche störende und manchmal Schaden verursachende Kondensat am Übergang Glasscheibe Fensterrahmen gibt es nicht mehr. Seit über 10 Jahren hat sich diese thermisch höhere Qualität bewährt. In der Folge haben einige Fensterhersteller hochwärmedämmte Fensterrahmen erzeugt, so dass zum heutigen Zeitpunkt bereits aus dem Angebot von mehr als 20 Fensterherstellern Passivhausfenster ausgewählt werden können.

2.1.2 Behaglichkeit und Passivhausfenster

Durch die Kombination hochwärmdämmender Fensterrahmen, Fenstergläser und eines thermisch verbesserten Randverbundes der Fenstergläser bleibt die Oberflächentemperatur des Fensters auch bei kalten Außentemperaturen von minus 10°C innerhalb des optimalen Behaglichkeitsbereiches. Weder die Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Fenster noch die Geschwindigkeit und Menge der abfallenden kühleren Luft am Fenster werden von Menschen, die sich in unmittelbarer Nähe des Fensters aufhalten, als unangenehm empfunden. Ohne Nachteile kann erstmals auf eine die Kälte ausgleichende wärmeabgebende Fläche im Fensterbereich verzichtet werden.

Das Kriterium für die Behaglichkeit im Fensterbereich ist in diesem Fall:

$$U_w \leq 0,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Das Fenster ist in die Außenwand eingebaut. Dies bedeutet eine Störung des Wärmeflusses. In der Randzone der Wand zum Fenster hin wird mehr Wärme durch die Außenwand fließen als in der ungestörten Mittelzone. Das wird als Wärmebrücke bezeichnet. Bei einem ungünstigen Einbau, z.B. außerhalb der dämmenden Ebene, würde sich dadurch der Wärmeverlust, bezogen auf die Fensteröffnung, erhöhen. Durch eine optimale Einbausituation lässt sich dies vermeiden. Auch das Kondensationsrisiko ist dadurch nicht mehr existent, tausende von Bauschädenprozessen über Schimmel in den Fensterlaibungen sind bei einer derartigen Bauweise nicht mehr notwendig.

--	--

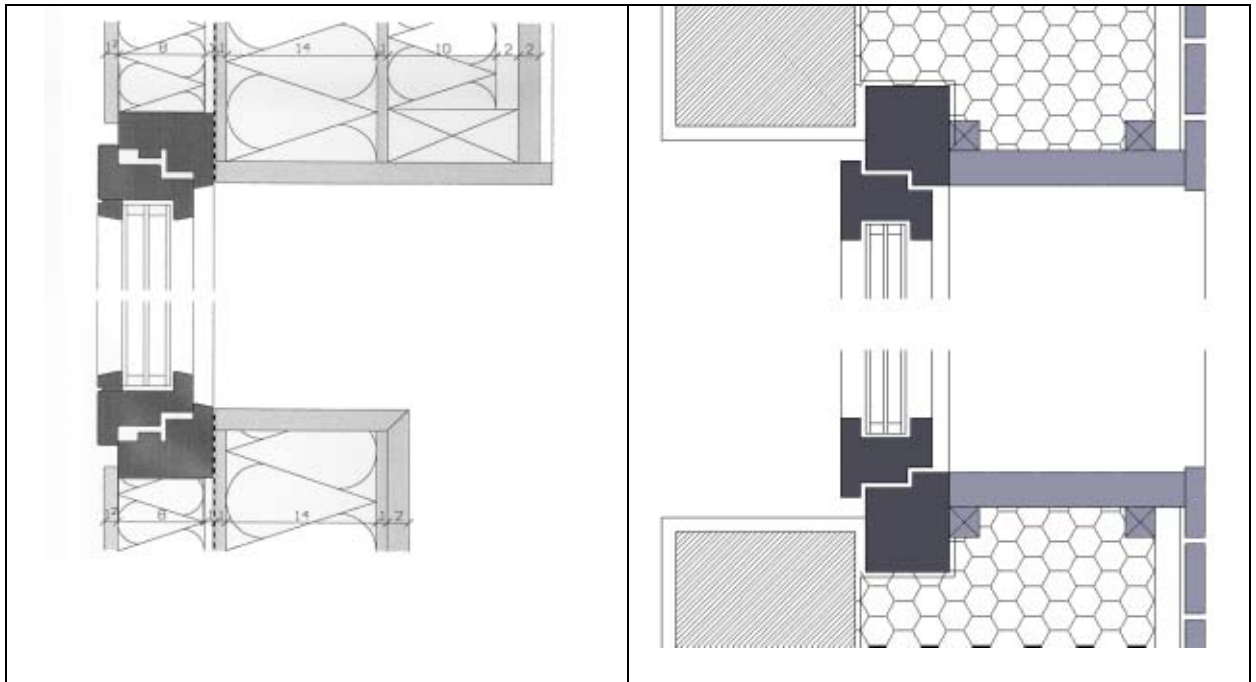


Abbildung 1: Fenstereinbau, links: im Holzleichtbau, rechts im Massivbau

Das vom Passivhausinstitut in Darmstadt empfohlene Kriterium für die Gesamtsituation (der U-Wert des Fensters inklusive aller Wärmebrückenzuschläge bezogen auf die Rohbauöffnung) ist daher:

$$U_{w, \text{eff}} \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

2.1.3 Passivhausfenster und Sonnenenergie

Südorientierte Passivhäuser sind zugleich Solarhäuser. Nach Ausschöpfung der Effizienzpotenziale deckt die passive Nutzung der Sonneneinstrahlung, die durch die für eine ausreichende Belichtung ausgelegten Passivhausfenster hereinkommt, etwa 40% des verbleibenden Wärmeverlustes. Südorientierte Passivhausfenster lassen mehr Sonnenwärme durch die Fenster herein, als durch sie verloren geht. Vorteilhaft für ein Passivhaus ist daher eine Südorientierung der Hauptbelichtungsflächen und Verschattungsfreiheit. Für eine ausreichende Sonnenenergienutzung reichen 30 bis 40% Glasanteil auf der Südfassade. Je größer der Glasanteil wird, um so eher wird es in den Räumen hinter der Südverglasung zur Überwärmung kommen. Im Winter wie im Sommer. Größere Verglasungen können erwünscht sein, weil der Ausblick besonders schön ist, weil der Raum größer erscheinen soll, weil der Bewohner oder der Architekt die Grenze zwischen innen und außen ineinander übergehen lassen will. Ohne einer außenliegenden Verschattung und ohne genügend Speicherfläche in den dahinter liegenden Räumen wird das nur mit Komfortverzicht möglich sein. Je nach Gebäudeart kann der optimale Fensterflächenanteil daher unterschiedlich sein.

2.2 Die Passivhaus-Außenwände, -Decken und -Fußböden

Was für das Fenster hinsichtlich der Behaglichkeit gilt, ist für die Außenwand, das Dach und die Kellerdecke genauso richtig, nur wesentlich leichter zu erreichen. Der hohe Wärmeschutz einer Außenwand mit einem U-Wert von rund $0,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

bewirkt, dass die Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwand unwesentlich unter der Lufttemperatur und damit im Zentrum des Behaglichkeitsfeldes liegt. Dieser hohe Wärmeschutz kann mit allen zur Zeit üblichen Wandkonstruktionen erreicht werden. Die dafür notwendigen Dämmdicken liegen je nach Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes zwischen 25 und 40 cm. Häufig gedachte und geäußerte Bedenken, ob die Primärenergiebilanz bei so viel Dämmstoff noch positiv ist, wurde mehrfach untersucht. Das Ergebnis ist positiv: Ja, der für die Erzeugung, Lieferung und den Einbau notwendige Mehraufwand an Primärenergie wird durch den geringeren Verbrauch an Primärenergie für Heizung innerhalb von wenigen Jahren kompensiert.

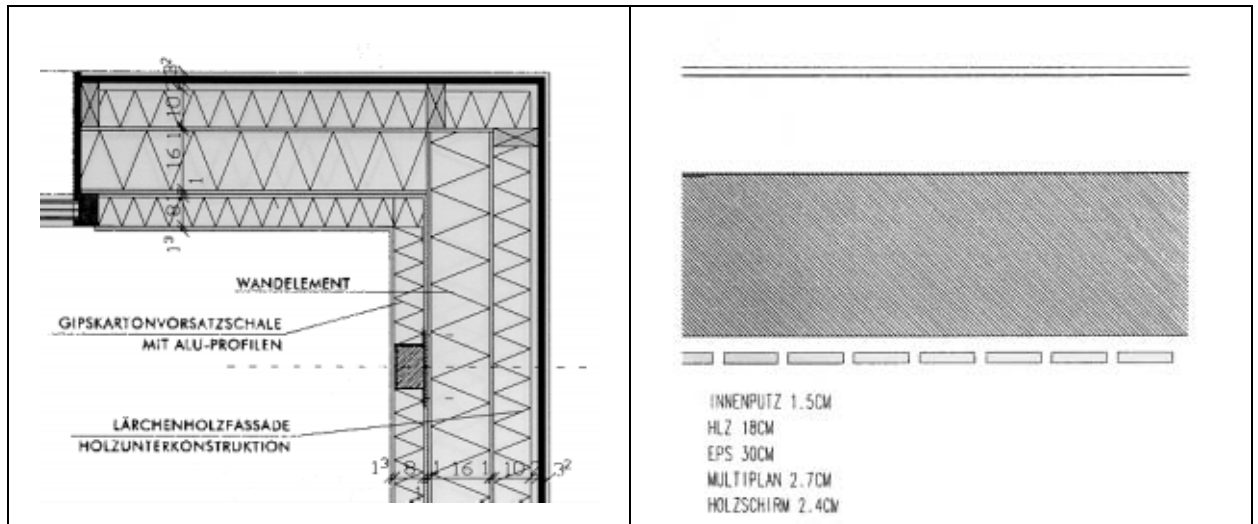


Abbildung 2: Links - Passivhauswand in Holzleichtbauweise, rechts - Passivhauswand in Massivbauweise

2.3 Fugen und Bauteilanschlüsse im Passivhaus

Wie für die Stromerzeugung die Turbine essentiell ist, so ist beim Passivhaus das Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung essentiell. So wie es für die Wasserkraftnutzung wichtig ist, den gesamten Wasserstrom der Turbine zuzuführen, so ist es für die Wärmerückgewinnung wichtig, die gesamte Abluft für die Wärmerückgewinnung zu erhalten. Damit dies möglich ist, sollte keine warme, verbrauchte Luft an der Wärmerückgewinnungsanlage vorbei das Haus verlassen können und keine kalte Frischluft von außen an der Wärmerückgewinnungsanlage vorbei in die Räume gelangen.

Dass die warm-feuchte Luft schon zur Vermeidung von Bauschäden keinesfalls in die Wärmedämmung gelangen darf, ist allgemein bekannt. Dennoch sind die gängigen Ausbaumethoden von Dachgeschossen häufig so, dass dies nicht der Fall ist.

So ist z.B. das übliche Ausschäumen der Fuge zwischen Fenster und Mauer nicht ausreichend. Ein dichter Anschluss mit einer Folie oder ein dichtes Einputzen mit plastoelastischer Verfugung ist notwendig. Die Baustoffindustrie bietet entsprechende Produkte an, um z.B. ein über Dach zu führendes Rohr mit einer vorkonfektionierten Manschette einfach und sicher dicht an die luftdichte flächige Folie im Dachaufbau anzuschließen. Der Putz ist zwar luftdicht, aber die Elektroverrohrung in porösem Mauerwerk muss dann eingeputzt werden. Dies gilt zwar auch für normale

Wohngebäude, wo jedoch die daraus entstehenden Probleme auf Kosten der BewohnerInnen weggeheizt wurden und werden.

Diese Luftdichtheit wird dadurch erreicht, indem die Anschlussstellen zwischen verschiedenen Bauteilen sorgfältig verbunden werden.

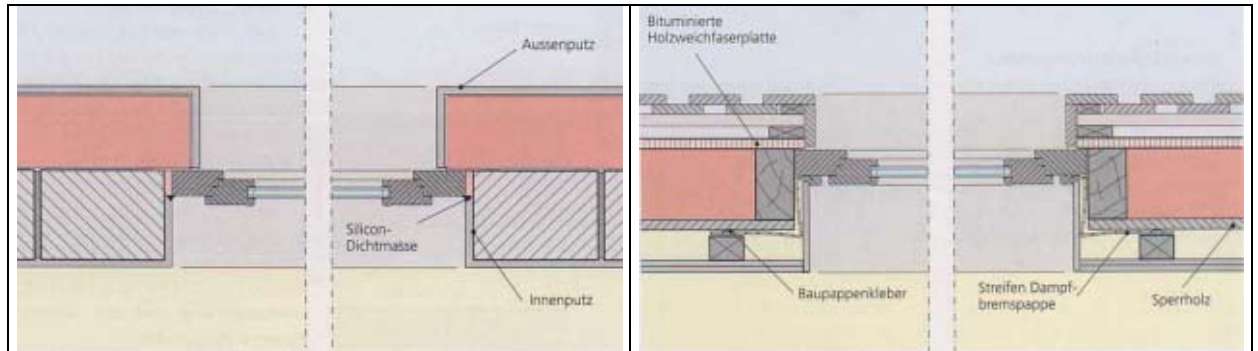


Abbildung 3: Luftdichter Fensteranschluss bei Massivbauweise und Holzleichtbauweise

2.4 Luftdichtheitsmessung

Ob ein Gebäude die entsprechend notwendige Qualität hinsichtlich der Luftdichtheit erreicht hat, kann gemessen werden. Dafür gibt es den sogenannten „n50-Drucktest“. Luftdichtheitsmessungen dieser Art gehören zur gängigen Praxis. Sie sind integrierter Bestandteil der Qualitätsüberwachung beim Bauen. Bei einer Differenzdruckmessung wird im Gebäude ein Unter- oder Überdruck erzeugt (z.B. 50 Pascal, 1 Pascal entspricht 1 N/m^2), und dann die durch den Ventilator strömende Luftmenge gemessen. Das geschieht über die Druckverhältnisse am Gebläse. Die selbe Luftmenge, die durch den Ventilator strömt, muss auch durch die Leckagen der Luftdichtheitsebene des Gebäudes strömen. Diese Luftmenge (als V_{50} bezeichnet) dient als Basis für die weiteren standardisierten Kennzahlen.

Teilt man den Volumenstrom V_{50} durch das Luftvolumen des untersuchten Gebäudes bzw. Gebäudeteiles, erhält man die Luftwechselrate bei 50 Pascal n_{50} . Sie ist 10 bis 25 mal höher als die Luftwechselrate unter natürlichen Bedingungen. Ein Wert von z.B. 3 /1h gibt an, dass das Volumen 3 mal pro Stunde ausgetauscht wird. Der n_{50} -Wert ist die wichtigste Kennzahl im Zusammenhang mit der Luftdichtheit eines Gebäudes.

Zur Durchführung der Messung wird ein elektrisch betriebenes Gebläse in den Rahmen einer geöffneten Außentür oder eines geöffneten Fensters eingespannt. Mit dem Gebläse wird Unterdruck- bzw. Überdruck im Gebäude erzeugt. Es wird die Luftmenge bestimmt, die bei verschiedenen Druckdifferenzen zwischen innen und außen durch die Leckagen der Gebäudehülle strömt.

Gebäudedruck

Die bei der Messung verwendeten Prüfdrucke von 10 bis 60 Pascal entsprechen dem Staudruck auf der Luv-Seite des Hauses bei Windgeschwindigkeiten zwischen 4 und 10 m/s (bzw. 15 bis 35 km/h), also durchaus "normal" starker Wind. 50 Pascal entsprechen 5 mm Wassersäule; auf 1 m^2 Gebäudehüllfläche lasten 5 kg Gewicht.

Hierzu wird im Gebäude ein Unterdruck von ca. 50 Pa erzeugt. Diese Druckdifferenz ist ausreichend, um relevante Leckagestellen in der luftdichten Ebene mit Messgeräten aufzuspüren.

2.4.1.1.1.1.1.1 Ein Passivhaus hat einen n_{50} -Wert von höchstens $0,6/1h$

Dieser Wert ist mittlerweile von vielen hundert Passivhäusern unterschritten worden.

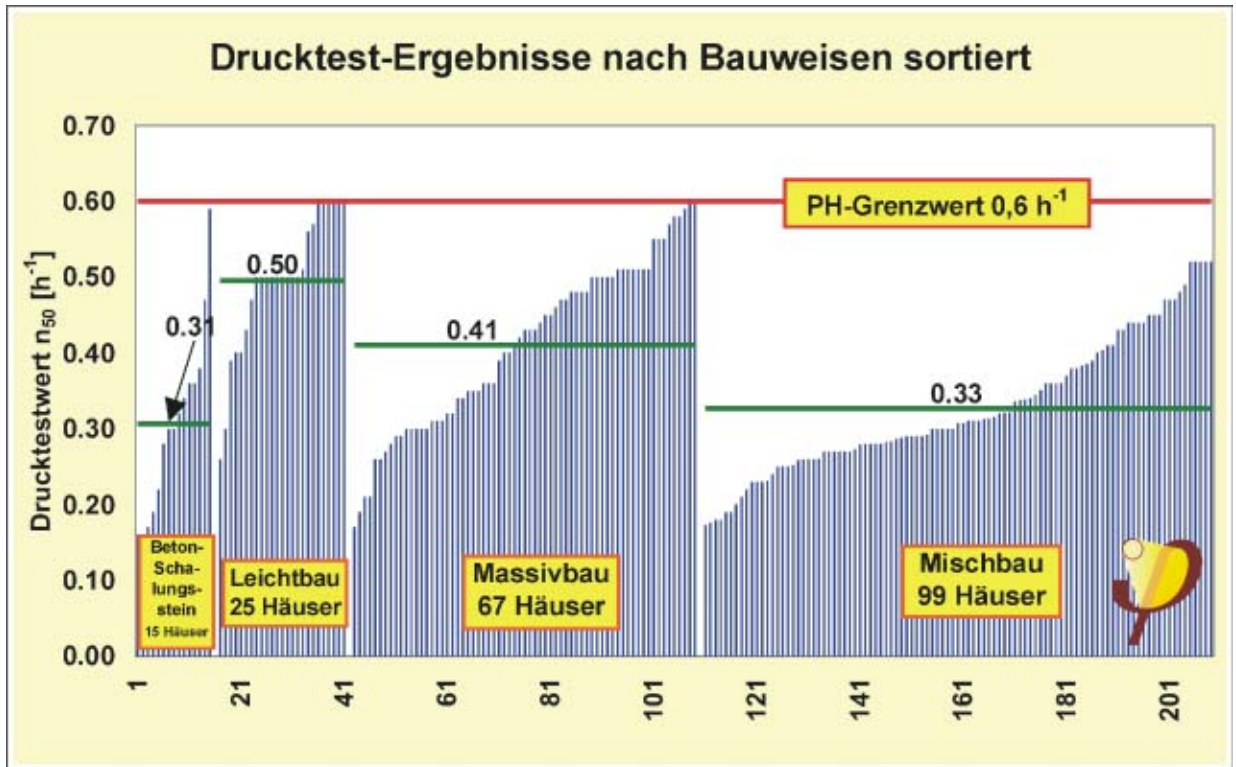


Abbildung 4: gemessene Drucktestwerte nach Bauweisen sortiert

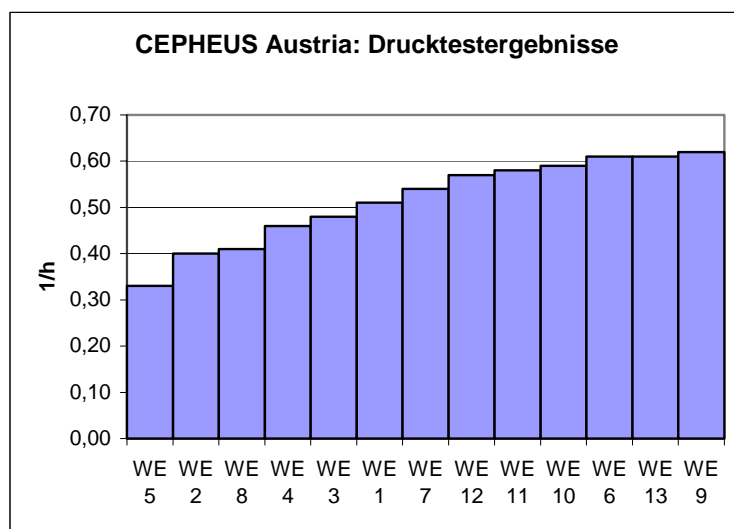


Abbildung 5: Drucktestergebnisse einiger österreichischer CEPHEUS-Projekte

3 Passivhaus – Haustechnik

Da in den folgenden Beiträgen zu dieser Fachtagung auf Detailspekte über Haustechnik im Detail berichtet wird, sind hier nur zum Verständnis des Gesamtkonzeptes die Prinzipien beschrieben.

3.1 Lüftung / Heizung

Luft ist unser wichtigstes Lebensmittel. Ohne Luft können wir nur wenige Minuten leben; täglich macht der Mensch 26.000 Atemzüge und filtert damit 4 bis 7 Liter pro Atemzug.

Lüftung ist primär kein energetisches, sondern ein hygienisches Problem. Die Raumlüftung hat dabei vor allem die folgenden Aufgaben zu erfüllen:

- Begrenzung des CO₂-Gehalts der Raumluft
- Regulierung der relativen Luftfeuchte
- Beseitigung von Gerüchen und Luftschadstoffen

Eine geeignete Indikatorgröße für die Raumluftqualität ist ihr CO₂-Gehalt; der überwiegende Teil der Nutzer empfindet die Raumluftqualität als gut, wenn die CO₂-Konzentration Werte von 0,1 % nicht überschreitet.

Zur Begrenzung des CO₂-Gehalts auf dieses hygienische Höchstmaß ist ein Luftvolumenstrom von 20 m³ Luft pro Person und Stunde ausreichend. In der Übergangsperiode sollte der Luftaustausch auf etwa 30m³/h je Person gesteigert werden, um die Feuchteabfuhr zu gewährleisten. Dies bedeutet - je nach „Bewohnerdichte“ - eine Luftwechselrate von 0,3 bis 0,8 LW/h. (*Quelle: Dipl.-Phys. Johannes Werner, Tagungsband 1. PH-Tagung*)

Ein zuverlässiger Luftaustausch ist nur durch mechanische Lüftungsanlagen zu gewährleisten, da der Luftaustausch bei Fensterlüftung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperaturdifferenzen sowie vom Benutzerverhalten abhängig ist.

Luftwechselraten von 0,5 LW/h verursachen in mechanischen Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung Lüftungswärmeverluste von knapp 40 kWh/m²(WNF)a. Dermaßen hohe Lüftungswärmeverluste können nicht durch Solargewinne und interne Wärmequellen ausgeglichen werden, der spezifische Wärmebedarf ist ohne Wärmerückgewinnung nicht unter 35 kWh/m²(WNF)a zu senken. Soll das Passivhaus-Kriterium von 15 kWh/m²(WNF)a erreicht werden, sind also Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung unerlässlich.

Wie das Beispiel der Lüftungsanlage im Passivhaus Darmstadt-Kranichstein zeigt, können Anlagen, welche die o.g. Kriterien einhalten etwa 8 mal mehr Endenergie einsparen, als für ihren Betrieb nötig sind.

3.2 Raumwärmezufuhr über die Lüftungsanlage (Frischluftheizung)

Auch wenn der Heizwärmebedarf von Passivhäusern um etwa 75% niedriger ist, als in üblichen Neubauten, ist in der Regel während einer kurzen Periode, etwa von November bis März, ein Heizsystem nötig.

Wie die Messwerte aus zahlreichen Passivhäusern belegen, muss dieses Heizsystem nur sehr geringe Heizleistungen von maximal 10 W/m^2 (WNF) erbringen. So reichen beispielsweise für die Beheizung eines 15 m^2 großen Kinderzimmers während kalter und sonnenloser Tage 150 W Heizleistung. Zum Vergleich: Die Heizleistung eines Teelichtes beträgt 30 Watt (Messung Krapmeier). Die Heizung muss also maximal die Wärme von nur 5 Teelichtern für das Kinderzimmer liefern.

Die sehr geringen Wärmemengen, die zur Beheizung von Passivhäusern nötig sind, können ohne separates Wärmeverteilsystem bereitgestellt werden: Heizungsrohre und Heizkörper sind nicht nötig. Statt dessen kann die benötigte Heizwärme über die ohnehin vorhandenen Lüftungsleitungen verteilt werden. Die Zuluft wird dazu an kalten Tagen auf maximal 50°C erwärmt. Ein Teil der Wärme wird von den Lüftungsrohren als Wärmestrahlung an die Räume abgegeben, der Rest als maximal 35°C warme, frische Zuluft.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass zwei Randbedingungen unbedingt eingehalten werden müssen:

- Die von der Luft berührten Wärmetauscherflächen dürfen nicht wärmer als 55°C sein, weil sonst der in der Luft immer vorhandene Staub verschwelt.
- Die dem Raum zugeführte Luftmenge soll nicht mehr als $(20 - 30 \text{ m}^3/(\text{Person} \cdot \text{Stunde}))$ notwendig sein

Eben wegen dieser Randbedingungen müssen die Wärmeverluste der Gebäudehülle so niedrig sein.

3.3 Raumwärmezufuhr über Heizflächen

Selbstverständlich kann die Raumwärmezufuhr auch über die üblichen Heizflächen (Fußboden-, Wand-, Deckenheizung, Plattenheizkörper, Radiatoren, erfolgen. Die Lage der Heizflächen ist aufgrund der hohen thermischen Qualität der Fenster unabhängig vom Fenster. So könnte ein kleiner Plattenheizkörper neben oder über der Zimmertüre platziert sein. Damit werden die Heizleitungen kürzer, der spätere Erneuerungsaufwand geringer.

Vorteil: individuelle Raumtemperaturen sind dadurch möglich

Nachteil: höhere Investitionskosten gegenüber der Wärmezufuhr über die Frischluft

3.4 Die Mini-Heizung

Das Passivhaus-Konzept stellt keinen Anspruch darauf, energieautark zu sein. Denn auch hier gilt die Regel 80:20. Mit 20% Aufwand können 80% des Zieles erreicht werden, für die letzten 20% sind 80% Aufwand nötig. Um diesen kleinen restlichen Energiebedarf zu decken, ist nur noch eine winzige Heizung notwendig, wenn die Sonnenwärme bei kalten Außentemperaturen während einer Schlechtwetterperiode fehlt. Die restlichen Wärmeverluste sind jedoch - kaum vorstellbar - minimal: 6 bis 10 Watt/m^2 maximal notwendige Heizleistung. Das heißt:

$10 \text{ Watt} \times 30 \text{ m}^2$ (Wohnzimmer) = 300 Watt . Das entspricht 3 Stück 100 Watt Glühbirnen.

10 Watt x 100m² (Reihenhaus) = 1.000 Watt bzw. 1 KW Heizleistung bei kalten Außentemperaturen. Wobei es nicht die ganz kalten Außentemperaturen sind, bei denen das Heizsystem notwendig ist. Denn große Kälte geht mit klarem Himmel Hand in Hand. Das bedeutet tagsüber Sonnenenergie. Diese ist um ein vielfaches höher als die Wärmeverluste des Hauses

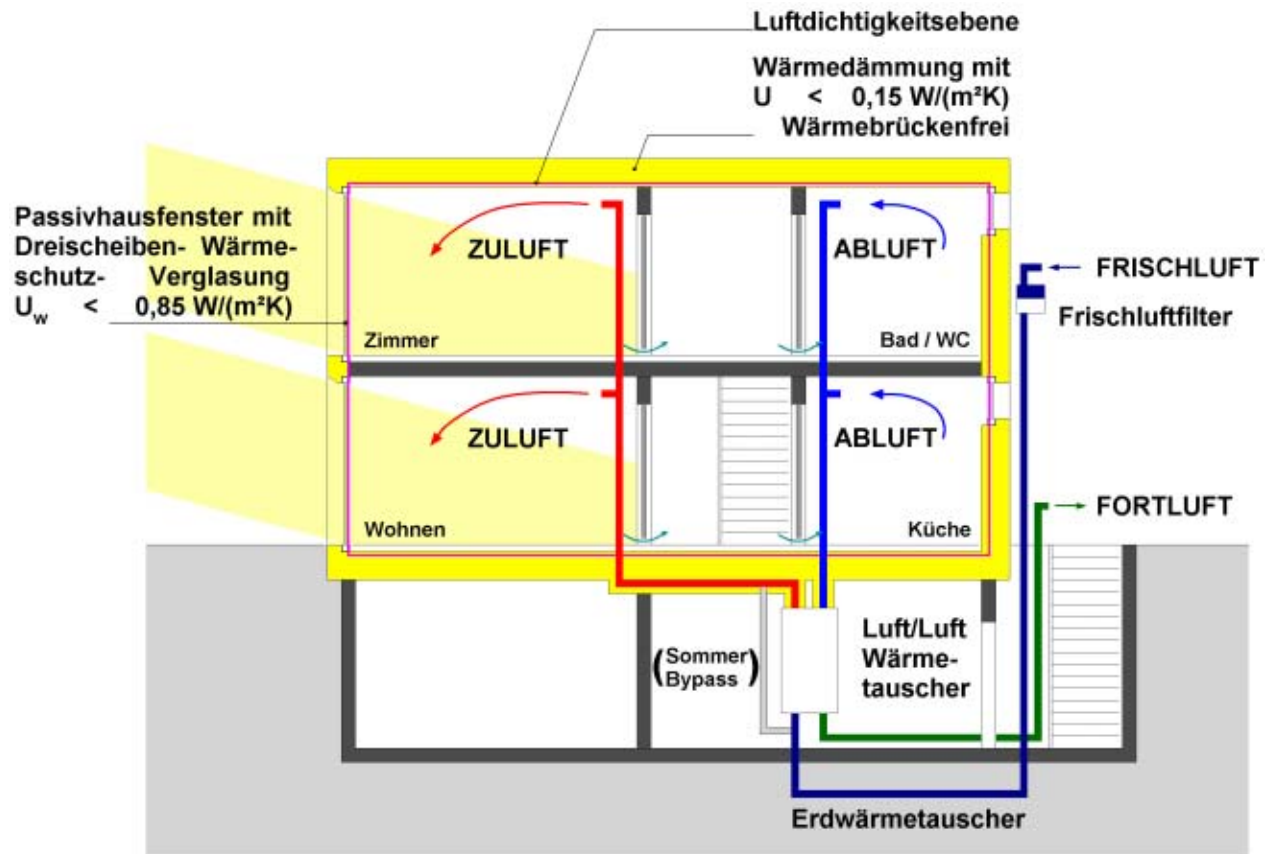


Abbildung 6: Schemazeichnung des Passivhaus - Haustechnik-Konzeptes

Die kalte *Frischluf*t kann in einem *Erdreich-Wärmetauscher* (parallele Kunststoffrohre im Erdreich unter der Bodenplatte) vorgewärmt werden und gelangt zum Lüftungsgerät mit *Luft/Luft-Wärmetauscher* im Keller. Dort gibt der *Abluftstrom* aus Küche und Bad Wärme an die kalte *Frischluf*t ab, die in einem Leitungsnetz als (warme, frische) *Zuluft* in die Aufenthaltsräume verteilt wird. Die im Wärmetauscher abgekühlte *Abluft* wird als *Fortluft* ins Freie geführt.

Die Zuluftmengen können raumweise geregelt werden, die Absaugung der Abluft erfolgt in der Küche, in Bad und WC, eventuell auch in Abstellräumen.

Für den Einsatz in Passivhäusern sind die wenigsten am Markt angebotenen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung geeignet. Bei der Planung der Anlage und der Auswahl der Geräte sollten die folgenden Kriterien beachtet werden:

- die Zulufttemperatur ist auch bei Außentemperaturen zwischen minus 10°C und minus 15°C höher als +16,5°C

- für hohe Raumlufthygiene müssen die Außenluftfilter der Güteklasse F7 und Abluftfilter der Güteklasse G4 eingesetzt werden
- der effektive trockene Wärmebereitstellungsgrad des Wärmerückgewinnungsgerätes muss bei Außentemperaturen zwischen minus 10°C und minus 15°C höher als 75% sein
- möglichst kurzes, unverzweigtes, wenig verzogenes Leitungssystem
- möglichst große Kanalquerschnitte (für Hauptkanäle in Einfamilienhäusern ist mit Rohrdurchmessern von mindestens 150 mm zu rechnen)
- Strömungsgeschwindigkeit im Kanalnetz < 3 m/s
- geringe elektrische Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage: anzustreben sind Werte von max. 0,45 W/(m³ geförderter Zuluftvolumenstrom pro Stunde)
- hohe Luftdichtigkeit des Gerätes, um Vermischung der Luftströme zu vermeiden; der interne und externe Leckagestrom dürfen jeweils 3° des Nenn-Abluftstromes nicht übersteigen
- sehr gute („doppelt dick“) und wärmebrückenfreie Wärmedämmung des Gerätes
- sehr gute („doppelt dick“) Wärmedämmung der (kalten) Frischluft- und Fortluftrohre, sofern diese im beheizten Bereich verlegt werden müssen
- Grundvoraussetzung für den Einsatz der Wärmerückgewinnungsanlage ist, dass die Gebäudehülle luftdicht (n50-Wert kleiner als 0,6 pro Stunde) ausgeführt wird, damit der Luftaustausch tatsächlich über die Anlage stattfindet und nicht durch Ritzen und Fugen
- die Frischluftzufuhr ist kaum hörbar (Schallschutz); in Abhängigkeit vom Grundsollpegel müssen die Werte unter 25 dB(A) oder in sehr ruhigen Wohnlagen noch tiefer sein.

3.5 Warmwasser

Auch für das Warmwasser gilt der Grundsatz des Passivhaus-Konzeptes „doppelter Komfort bei einem Bruchteil des Energieverbrauches“. Die Bewohner brauchen eigentlich kein warmes Wasser, sondern sauberes Geschirr, saubere Kleider, einen sauberen Körper, etc. Außerdem sind individuell unterschiedliche Komfortansprüche zu erfüllen, die teilweise mit der Gebäudehüllenqualität zusammen hängen.

Beispiel: es ist allgemein bekannt, dass ein Duschbad $\frac{1}{4}$ an Wassermenge braucht als ein Wannenbad. In der Fachliteratur (Recknagel-Sprenger-Hönmann: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik) sind 50 Liter bei 40°C bei einer Dauer von 6 Minuten genannt. Die Raumtemperatur im Bad ist mit 24°C beziffert (Ö-Norm). Um diesen Wert einzuhalten wird empfohlen, während des Einseifens den Wasserfluss zu unterbrechen. Die tägliche Praxis der meisten Menschen ist jedoch anders. Der Wasserfluss wird nicht unterbrochen, weil es unkomfortabel wird. Ein tropfnasser Körper braucht eine wesentlich wärmere Umgebung um sich nicht kühl zu fühlen. Aus diesem Grund sind für Schwimmbäder 28°C Raumtemperatur als Sollwert vorgegeben. Daher ist es logisch, dass die Randbedingungen verbessert werden sollten. Wenn für die Zeit des Duschens die Umgebungstemperatur entsprechend angehoben wird, kann und wird Mann und Frau eher den Wasserfluss unterbrechen. Er oder sie wird eher den Duschvorgang beenden, weil es nach dem Abdrehen des warmen Wasser nicht unangenehm kühl ist, sondern behaglich warm. Der Baderaum

braucht nicht mehr (in der Regel) 24 Stunden auf 24°C geheizt werden, es genügt die Empfindungstemperatur von 28°C für einen Zeitraum von Duschen + 3 Minuten. Das sind ca. 10 Minuten pro Tag. Ein (oder besonders hohen Komfort zwei) auf Knopfdruck zeit/bewegungs-gesteuerter Infrarot-Strahler genügt. Der Energiebedarf wird sowohl für warmes Wasser, wie für den warmen Baderaum geringer sein, der Komfort deutlich spürbar höher.

Als Maßnahmen sollten die folgenden, bedarfsreduzierende Maßnahmen umgesetzt werden:

- wassersparende Armaturen
- wärmedämmender Badewannenträger
- Duschkabine nach oben geschlossen, eventuell ergänzt um eine punktuelle Infrarot-Heizung, damit Unterbrechungen ohne Komforttemperaturunterschreitung möglich sind
- Verlegung möglichst aller Warmwasserleitungen innerhalb des beheizten Gebäudeteils.
- kurze Installationswege für das Warmwasserleitungsnetz
- gute („doppelt dick“) Dämmung aller Warmwasserleitungen
- Aufstellung des Warmwasserspeichers im beheizten Bereich, sehr gute Dämmung des Warmwasserspeichers
- Auswahl wassersparender Geräte (Waschmaschine, Spülmaschine), mit Warmwasseranschluss

Durch diese einfachen und relativ günstigen Maßnahmen kann der Bedarf deutlich reduziert werden. Der verbleibende Bedarf sollte in den Sommermonaten durch eine Solaranlage gedeckt werden.

3.6 Deckung des verbleibenden Restenergiebedarfs

3.6.1 dezentral

- Öfchen als Ganzhausheizung (Pellets, Stückholz)
- über ein Kompakt-Aggregat mit Wärmepumpchen zur Lüftungs-, Heizungs- und Warmwasserversorgung
- über (Campingwagen)-Gas- oder Ölheizung, natürlich mit Brennwertechnik

3.6.2 zentral

- Pellets-Heizung und sämtliche anderen bekannten Zentralheizungsvarianten im Keller, jedoch alle mit höchst effizienter Energieumwandlung, mit hochwärmegeprägten Leitungen, Anschlussstücken, etc.)

3.6.3 Mit erneuerbaren Energien

Weil der gesamte Endenergiebedarf für Raumheizung und Warmwasser so gering ist, kann mit wesentlich geringeren Flächen (Solarthermie, Photovoltaik, Windflügel) eine

100%-ige Jahresdeckung erreicht werden. Der Bedarf an Biomasse ist für Passivhäuser so gering, dass diese nachhaltig zur Verfügung steht, was bei der Umstellung eines Ölkessels auf Holz in einem Althaus nicht der Fall ist.

Anmerkung: In den nachfolgenden Tagungsbeiträgen wird dieses Thema detaillierter behandelt.

3.7 Stromeffizienz im Haushalt

Das Grundkonzept des Passivhauses: „Bereitstellung der Dienstleistung mit möglichst niedrigem Gesamt-Energieaufwand“ hat auf für den Haushalt vier zentrale Vorteile:

- Die Stromverbrauchskosten sind auf Dauer der Gerätenutzung um bis zu 80% geringer
- Die Abwärme ist entsprechend niedriger; der dadurch geringere Wärmebeitrag aus elektrischer Abwärme bewirkt kühlere Raumtemperaturen im Sommer
- Bei Stromausfall hält das Tiefkühlgerät länger durch, die Lebensmittel verderben später
- Eine Photovoltaikanlage kann zur Deckung des jährlichen Stromverbrauches wesentlich geringer und damit kostengünstiger dimensioniert werden;

4 Ökonomie und Passivhaus

4.1 Kosten und Mehrkosten

Die Frage nach den Mehrkosten und vor allem nach der Amortisation ist sehr häufig nur unvollständig durchdacht. So wird z.B. nicht nach der Amortisationszeit bei einer Ausführung eines Gebäudes mit erhöhtem Schallschutz gefragt. Auch bei der Mehrinvestition einer Garage gegenüber eines Carports wird nicht die Frage nach der Amortisation, sondern nach der Finanzierbarkeit gestellt.

Um den gleichen hohen Komfort eines Passivhauses in einem normalen Gebäude zu erzielen, müssten folgende Maßnahmen durchgeführt werden:

Kriterium	4.1.1.1.1 Maßnahmen	
	im Normalfall	bei einem Passivhaus
Behaglichkeit an der Außenwand	Eine Außenwandheizung installieren	Eine hochwärmedämmende Außenwand
Behaglichkeit in Fensternähe	Beheizte Glasscheiben einbauen	Passivhausfenster einbauen
Immer frische Luftqualität, auch bei Abwesenheit	Einen Diener für die regelmäßige Fensterlüftung anstellen oder erhöhte Heizkosten in Kauf nehmen	Eine automatische Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung
Sicher für Krisenzeiten sein	Einen 10 Jahres-Heizmittelvorrat anlegen	Das Passivhaus kühlt nie unter 15°C aus und das bei Südorientierung nicht lange
Bei Hitzeperioden sich im Haus wohlfühlen	Eine Kühlanlage im Sommer einbauen und hohe Betriebskosten bezahlen	Der hohe Wärmeschutz der Wände und Fenster, stromsparende Haushaltgeräte und Beleuchtung sowie die Südorientierung genügen
Bei einem mittelfristigen Stromausfall den tiefgekühlten Vorrat retten	Ein Notaggregat für den Fall des Stromausfalls bereitstellen	Kühlgeräte an der Spitze der Energieeffizienzklasse A

Damit relativieren sich die Mehrkosten für die Errichtung eines Passivhauses. Die Mehrkosten können in zwei Teile geteilt werden:

1. Jener Teil, durch welchen ein Mehrwert in Form von höherem Wohnwert und/oder höheren Gebäudewert entsteht. Dieser geht in die Amortisationsrechnung nicht ein.
2. Jener Teil, der dann noch übrig bleibt und der in Form von jährlich eingesparten Energiekosten amortisiert werden soll. Dabei bleibt die Höhe des anzunehmenden durchschnittlichen Energiepreises über den Betrachtungszeitraum oder die Energiepreissteigerung eine Unbekannte und müssen angenommen werden.

4.2 Relation Bauwerkskosten und Energiestandard

Tatsache ist, dass es keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen Bauwerkskosten und Energiestandard des Bauwerkes gibt.

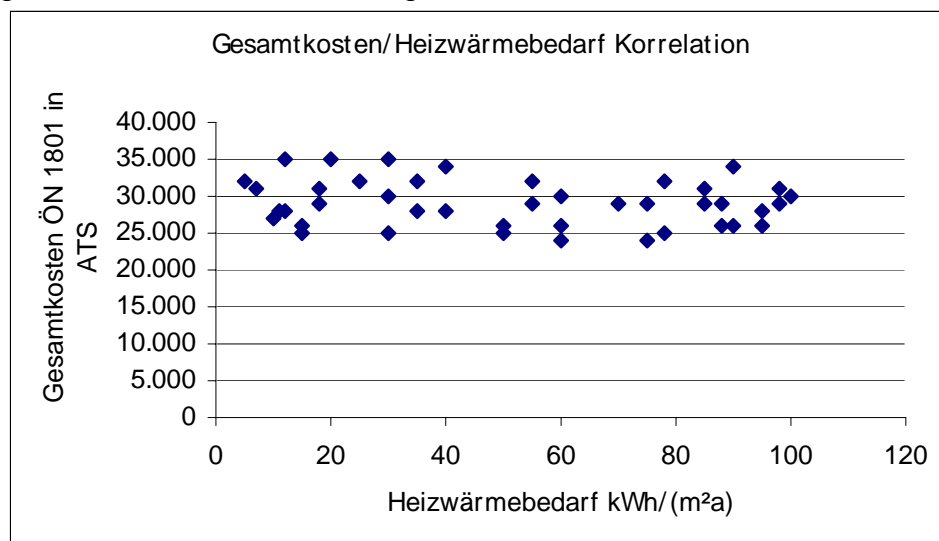


Abbildung 7: Gesamtkosten/Heizwärmebedarf Korrelation

Der Gesetzgeber ist an dieser Stelle wieder einmal aufgefordert, für Passivhäuser keinen Notkamin vorzuschreiben.

4.5 Maximalpreis

Tatsache ist, dass es bisher bereits über 1.000 errichtete und bewohnte Passivhäuser gibt. Bei einigen davon wurde von den Architekten das Konzept des Maximalpreises mit den Bauherren und den Baufrauen verfolgt. Im Rahmen eines vorhandenen Finanzierungsrahmens wurde das Ziel definiert und anschließend eine entsprechende Gebäudeplanung gemacht. Dies erfolgt „soundso“ bei der Errichtung eines Gebäudes, wenn der Errichter gleichzeitig Bauherr ist. Ist der Beschluss gefallen, ein Haus im „Salzburger Stil“ zu errichten, dann wird unter Umständen an einer anderen Stelle, z.B. bei der Ausstattung gespart, wenn aus Finanzierungsgründen Kosten eingespart, aber das primäre Ziel nicht verlassen werden soll.

5 Beispiele gebauter Passivhäuser

5.1 Ist das Pultdach noch zu stoppen?

Das Pultdach und das Passivhaus sind keine siamesischen Zwillinge. Aber es spricht nichts dagegen, ein Passivhaus mit einem Pultdach zu versehen. Es gab in den vergangenen Jahren einige Wettbewerbe, welche den Passivhausstandard als thermisch/energetisch/ökologische Qualität für die jeweilige Bauaufgabe zu Grunde legten. Die Bauaufgaben waren höchst unterschiedlich: freistehende Einfamilienhäuser, Doppelhäuser, Reihenhäuser, Geschoßwohnbau, Bürogebäude, Kindergärten, Schulgebäude. Es gibt Passivhäuser mit Flachdach, mit Satteldach, mit Pultdach, mit Walmdach. Das Passivhaus verlangt keine bestimmte Dachform. Es ist und bleibt eine Frage der Umgebung, des Ortes, des Preises, welche Dachform die geeignete ist. Das sollte die Architektin entscheiden.

Der Begriff Passivhaus beschreibt ein energetisches Niveau, keine Bauweise. Die bereits errichteten Passivhäuser zeigen, dass sämtliche Bauweisen (massive, massive+leichte, leichte Bauweise) möglich sind. Festgelegt wird das (energetische und ökologische) Ziel, nicht der Weg, auf dem es erreicht wird

5.2 Architekten und Passivhaus

Architekten haben in der Vergangenheit gezeigt, dass sie sehr wohl in der Lage sind Passivhäuser zu planen, die anschließend von den diversen ästhetischen Prüfstellen positiv beurteilt wurden (Bauherrenpreise, Architekturpreise, Veröffentlichungen in Architekturzeitschriften, die fast ausschließlich von Architekten gelesen werden).

Architekten haben aber auch gezeigt, dass sie eindimensional denken können: Argumente wie „die dicken Passivhausfenster sind für gute Architektur unzumutbar“ lassen vergessen, dass es bekannte Architekten waren, die in der Vergangenheit breite Fensterprofile extra verwendeten um das Fenster markant in der Fassade zu platzieren. Die Kunst besteht außerdem darin, aus dem zur Verfügung stehenden Material eine materialgerechte Ästhetik zu schaffen.

Auch die Ablehnung des Passivhauskonzeptes mancher Architekten mit der Begründung „soviel Plastik kommt bei mir nicht in Frage“ lässt außer Acht, dass es beim Passivhaus nicht auf die Verwendung von viel Kunststofffolien ankommt,

sondern auf die exakte Planung der Verbindung der sowieso eingebauten Kunststofffolien. Die Elektroverrohrung, die Elektrokabel, die Abwasserrohre, die Verfugung usw. besteht fast ausschließlich aus Kunststoff. Die Menge dieser in fast allen Gebäuden verwendeten Kunststoffe ist ein vielfaches höher als zusätzliche Folie, damit das Fenster luftdicht in die Mauerlaibung eingebaut werden kann.

„30 cm Dämmung ist pervers“. Nachgedacht wurde da nicht. Denn der Primär- und der Sekundärnutzen von so viel Dämmung hat sich immerhin mittlerweile mehrere hunderte Male gezeigt.

Gewohnte Wege müssen verlassen werden. Ausschreibungsunterlagen müssen überarbeitet werden. Neue Checklisten für die Baustellen müssen geschrieben werden.

Architekten haben in der Vergangenheit aber auch gezeigt, dass sie durchaus nicht vergessen haben, was sie selbst als Hauptaufgabe der Architektur bezeichnen: Der Nachwelt eine schön gebaute Umwelt zu hinterlassen. Eine Hinterlassenschaft, die nicht erdrückt.

Die Liste jener Architekten, Fachplaner, Bauphysiker, Sonderfachleute, Bauträger, Bauhandwerker und Investoren, welche zukunftsfähige Gebäude planen und errichten wird von Tag zu Tag länger.

6 CEPHEUS



Abbildung 9: Die CEPHEUS-Teilprojekte und ihre Standorte

6.1 Zusammenfassung

Im Rahmen des EU-Forschungs- und Demonstrationsprojekts CEPHEUS (**C**ost **E**fficient **P**assiv **H**ouses as **E**uropean **S**tandards) wurden im Laufe der Jahre 1999 bis 2001 an 14 Standorten in Europa Passivhäuser unterschiedlicher Bauart mit insgesamt über 221 Wohneinheiten fertiggestellt.

Die zentralen Ergebnisse sind:

- Der Passivhausstandard ist nicht an eine bestimmte Bauweise gebunden. In den an CEPHEUS beteiligten europäischen Ländern wurden nahezu alle Bauweisen verwendet: gedämmter Holzbau, Mischbau, gedämmter Massivbau.
- Auch hinsichtlich der Gebäudeart sind alle Möglichkeiten vertreten: freistehende Häuser mit einer Wohneinheit, Reihenhäuser, Geschosswohnbauten.
- Die Bewohner sind sowohl Eigentümer als auch Mieter mit geringem und durchschnittlichem Einkommen.
- Der angestrebte Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) wurde im Mittel über alle gemessenen Gebäude bereits im ersten Betriebsjahr eingehalten.
- Die Mehrkosten für die Bauvorhaben liegen, verglichen mit anderen Gebäuden, die von den Bauträgern nach den gültigen Bauvorschriften errichtet wurden, im Mittel unter 10%.
- Die noch bestehenden baulichen Mehrkosten lassen sich in absehbarer Zeit so weit reduzieren, dass der Passivhausstandard auch im derzeitigen ökonomischen Rahmen realisierbar sein wird.
- Die Behaglichkeit in den gebauten Wohnungen ist im Winter wie im Sommer ausgezeichnet; wie die Messergebnisse und die Einschätzungen der Nutzer zeigen.
- Die außerordentlich hohe Nutzerakzeptanz des Passivhausstandards ist eine geeignete Basis, um außerhalb des CEPHEUS - Projekts noch anzutreffende Vorbehalte bei Bauträgern und Wohnungsgesellschaften (z.B. hinsichtlich vermeintlicher Kompliziertheit des Ansatzes oder in Deutschland und Österreich hinsichtlich Lüftungssystemen) abzubauen zu helfen.
- Sowohl die Erfahrungen innerhalb von CEPHEUS als auch die gleichzeitige Entwicklung im deutschsprachigen Raum belegen, dass die Qualitätsstandards für Passivhäuser grundsätzlich eingehalten werden können.
- Diese Erfahrungen zeigen jedoch auch, dass noch ein unzureichendes Wissen von Teilaspekten (z. B. Wärmebrücken, Luftdichtheit) bei den Architekten und Planer besteht.
- Das CEPHEUS - Projekt konnte vor allem in Deutschland, Österreich und der Schweiz bedeutende Innovationsimpulse für die (Weiter-) Entwicklung hocheffizienter Bauteile und Technik-Komponenten von Passivhäusern (z.B. Dämmsysteme, Fenster, Lüftungsanlagen, Kompaktheizgeräte) sowie für eine breite Markteinführung von Passivhäusern geben.
- Das Projekt in Rennes hat in Frankreich durch den hohen Wärmedämmstandard und die verwendeten ökologischen Baustoffe für großes publizistisches Aufsehen gesorgt.
- Die im Rahmen von CEPHEUS entwickelten und publizierten Planungsinstrumente für Architekten und Haustechniker sind fachlich wegweisende Grundlagen für eine Verbreitung des Passivhaus - Qualitätsstandards. Durch die Beiträge zu den nationalen und regionalen Passivhaustagungen und durch die zahlreichen Publikationen in Fachzeitschriften fand bereits während der Projektlaufzeit eine große Wissensverbreitung statt.
- An allen 14 Standorten bestand und besteht teilweise noch die Möglichkeit, bewohnte Passivhäuser besichtigen zu können.

- Die hervorragende Eignung des Passivhausstandards für den Neubau von ökonomischen **und** ökologischen Siedlungen konnte am Standort Hannover überzeugend demonstriert werden.
- 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.

In diesem Tagungsband wird CEPHEUS in weiteren Beiträgen präsentiert: der Beitrag von Jürgen Schnieders in diesem Tagungsband gibt einen Überblick über die einzelnen Messergebnisse, der Beitrag von Alexander Thür berichtet über Erfahrungen und Ergebnisse rund um und aus der messtechnischen Begleitung.

6.2 CEPHEUS-Austria

In Österreich wurden in Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg und Vorarlberg von privaten Errichtergemeinschaften, privaten Bauträgern und gemeinnützigen Wohnbaugesellschaften Passivhäuser in unterschiedlicher Form errichtet: freistehende Einfamilienhäuser, Reihenhäuser, Geschößwohnungsbauten; Massivbauweise und Mischbauweise in üblicher und vorgefertigter Bauweise zeigen, dass das Passivhaus ein Konzept ist, welches mit unterschiedlichen Baumaterialien und Bauformen errichtet werden kann. Internet: <http://www.cepheus.at>; E-Mail: office@cepheus.at

6.3 CEPHEUS-Austria wird unterstützt und finanziert von:

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- Verband der Elektrizitätswerke Österreich
- Vorarlberger Kraftwerke AG
- Land Vorarlberg
- Gemeinschaft Dämmstoff-Industrie
- Energieinstitut Vorarlberg

6.4 CEPHEUS Austria – gebaute Passivhäuser

Im Rahmen von CEPHEUS Austria sind in 4 Bundesländern Passivhäuser errichtet worden. Erste messtechnische Untersuchungsergebnisse werden noch in diesem Sommer vorliegen. Bedingt durch Fertigstellung und Bezug der Wohneinheiten im Winter 2000 und bedingt durch die üblichen Nachbesserungsarbeiten und damit untypischem Benutzerverhalten werden diese ersten messtechnischen Ergebnisse nur beschränkt aussagefähig sein. Die interessanten ersten beiden Heizperioden beginnen jedoch erst mit der Heizperiode 2001. Voraussichtlich besteht seitens der CEPHEUS mitfinanzierenden Bundesministerien ein Interesse an den Erkenntnissen und damit an der Fortführung der messtechnischen Untersuchungen.

Detaillierte Berichte über die CEPHEUS-Austria Passivhäuser stehen zur Verfügung. Im Springer Fachbuchverlag ist bereits ein Buch über CEPHEUS und die österreichischen Passivhäuser erschienen. Aktuelle Informationen können aus dem Internet abgerufen werden: www.cepheus.at

Im Schluss dieses Beitrages werden Ihnen die CEPHEUS Passivhäuser in Kurzform präsentiert.

7 Zufriedenheit der BewohnerInnen

Das Institut Wohnen und Umwelt, das Institut für Umweltkommunikation Lüneburg und die Universität Kassel haben sozialwissenschaftliche Begleitstudien zu Passivhausprojekten durchgeführt. Diese Berichte sind öffentlich verfügbar und liefern als Ergebnis: Die Zufriedenheit der BewohnerInnen in Passivhäusern ist sehr hoch. Es sind keine Hinweise zu finden, die auf prinzipielle Mängel des Konzeptes hindeuten. Im Gegenteil, vor allem das thermische Wohlbefinden und die hohe Luftqualität werden von den BewohnerInnen besonders geschätzt.

8 Passivhaus – Zusammenfassung

8.1 Passivhaus Effizienzfaktor 10

Das Passivhaus versucht, wie die Natur es vorzeigt, einen möglichst effizienten Weg zu gehen. Das Haus dient uns als Ort für eine Reihe von Tätigkeiten, für die wir Energiedienstleistungen in Anspruch nehmen. Diese können mit viel oder mit möglichst wenig Energieaufwand erfolgen.

TABELLE ENERGIE- EFFIZIENZ	Durchschnittliches System	Stand der Technik 1999	
	spez. Verbrauch	spez. Verbrauch	Erreichter Effizienzfaktor
8.1.1.1.1.1.1 H eizen	Haus im Bestand 220 kWh/(m ² a)	Passivhaus 10 kWh/(m ² a)	22.0
warmes Trinkwasser	Speicher, Leitungen 30 kWh/(m ² a)	Warmwasser-Wärmerückgew. 12 kWh/(m ² a)	2.5
Wäsche- waschen	Altgerät je Waschgang (Durchschnitt) 2.3 kWh/(5 kg)	Klasse A je Waschgang (Durchschnitt) 0.9 kWh/(5 kg)	2.5
Wäsche- trocknen	Kondensations-Trockner 3.4 kWh/(5 kg)	Trockenschrank 0.4 kWh/(5 kg)	8.5
Kühlen	Altgerät 1.01 kWh/d	Low-Energy-Refrig. 0.25 kWh/d	4.0
Gefrieren	Altgerät 1.23 kWh/d	optimierte Gefriertruhe 0.29 kWh/d	4.25
Geschirr- spülen	Altgerät je Spülgang (Durchschnitt) 2.8 kWh/(12 MG)	Klasse A je Spülgang (Durchschnitt) 1.1 kWh/(12 MG)	2.5
Beleuchtung	Glühlampe z.B. 100 Watt	CFL: Kompakt Fluoreszenz Lampe 20 Watt	5.0

(Quelle: W. Feist, 3. Passivhaustagung, Feb. 99 Bregenz)

Das erste Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein wurde nach dem Konzept von Dr. Wolfgang Feist von den Architekten Bott, Ridder und Westermayer architektonisch umgesetzt. Es handelt sich dabei um ein Wohngebäude mit 4 Reihenhäusern, die von Familien mit Kindern bewohnt werden. Seit dem Jahr 1991 werden fortlaufend messtechnisch die Energieverbrauchsdaten erfasst. Seit 1991 zeigt sich, dass die Verbräuche mit geringen Schwankungen stabil niedrig sind:

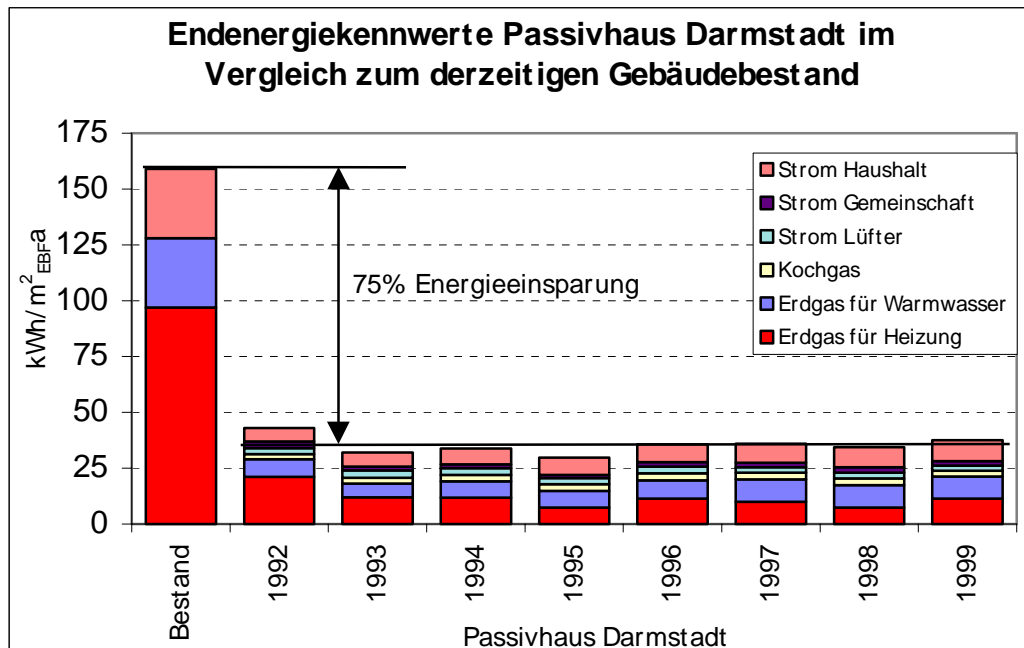


Abbildung 10: Gesamter Endenergieverbrauch im Passivhaus Darmstadt-Kranichstein

Auch die Messergebnisse der ersten deutschen Passivhaus-Wohnanlagen in Wiesbaden und in Hannover-Kronsberg belegen durch messtechnisch erfasste Verbrauchsdaten, dass diese niedrigen Energieverbräuche kein Einzelfall sind, der einmalig für ein Demonstrationsprojekt erreicht wurde:

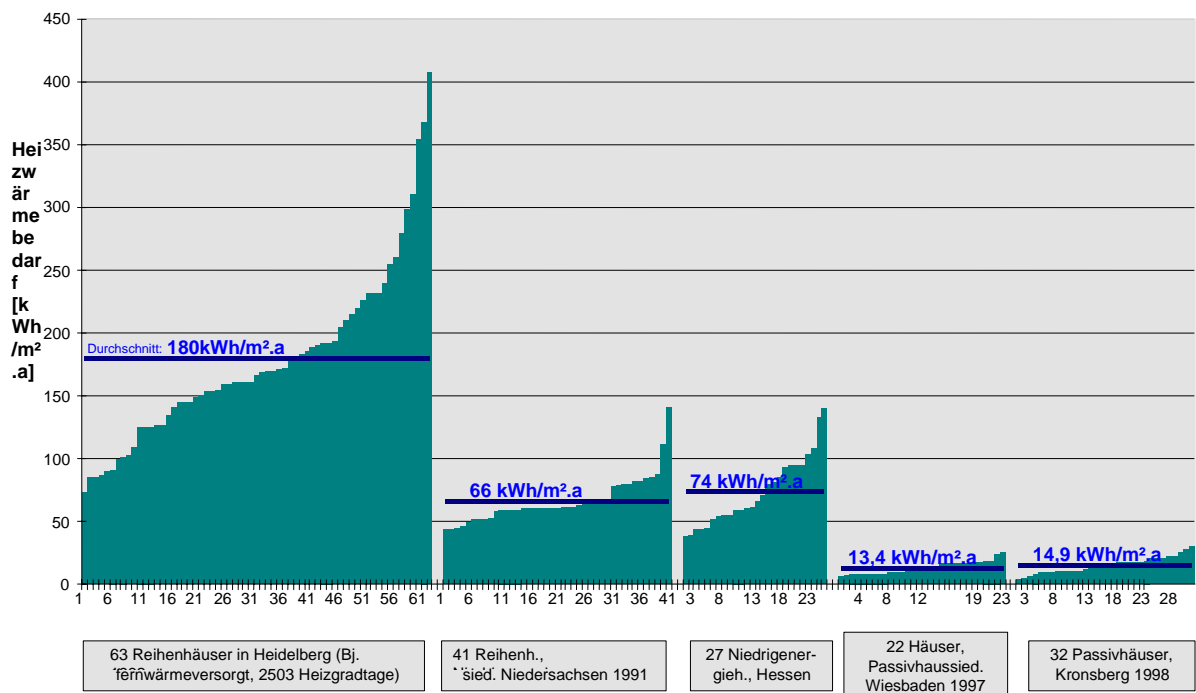


Abbildung 11: Heizwärmeverbräuche Vergleich von Gebäuden aus den 60er Jahren, Niedrigenergiehäusern aus den 90er Jahren und von Passiv-Reihenhäusern

Die messtechnische Datenerfassung zeigt, daß die Bewohner von Passivhäusern immer angenehme Raumtemperaturen haben und haben können. Je nach Bewohner

sind die Häuser manchmal innen auf höhere Temperaturen beheizt, manchmal auf geringeren Temperaturen. Die hervorragende Gebäudehülle garantiert diese Elastizität auch für die Frischluftheizung.

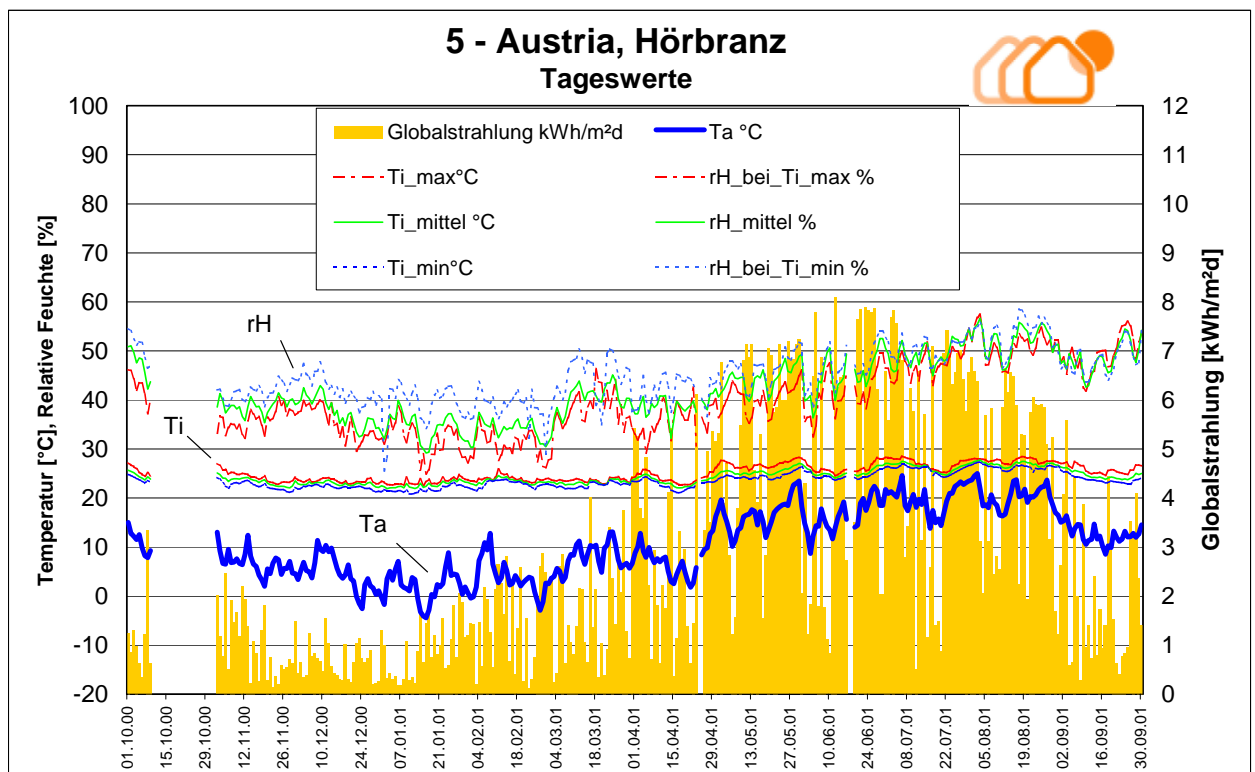


Abbildung 12: Tagesmitteltemperaturen in einer Reihenhauszeile in Österreich-Hörbranz (EG Haus 1 bis 3 vom 1.10.2000 bis zum 30.09.2001)

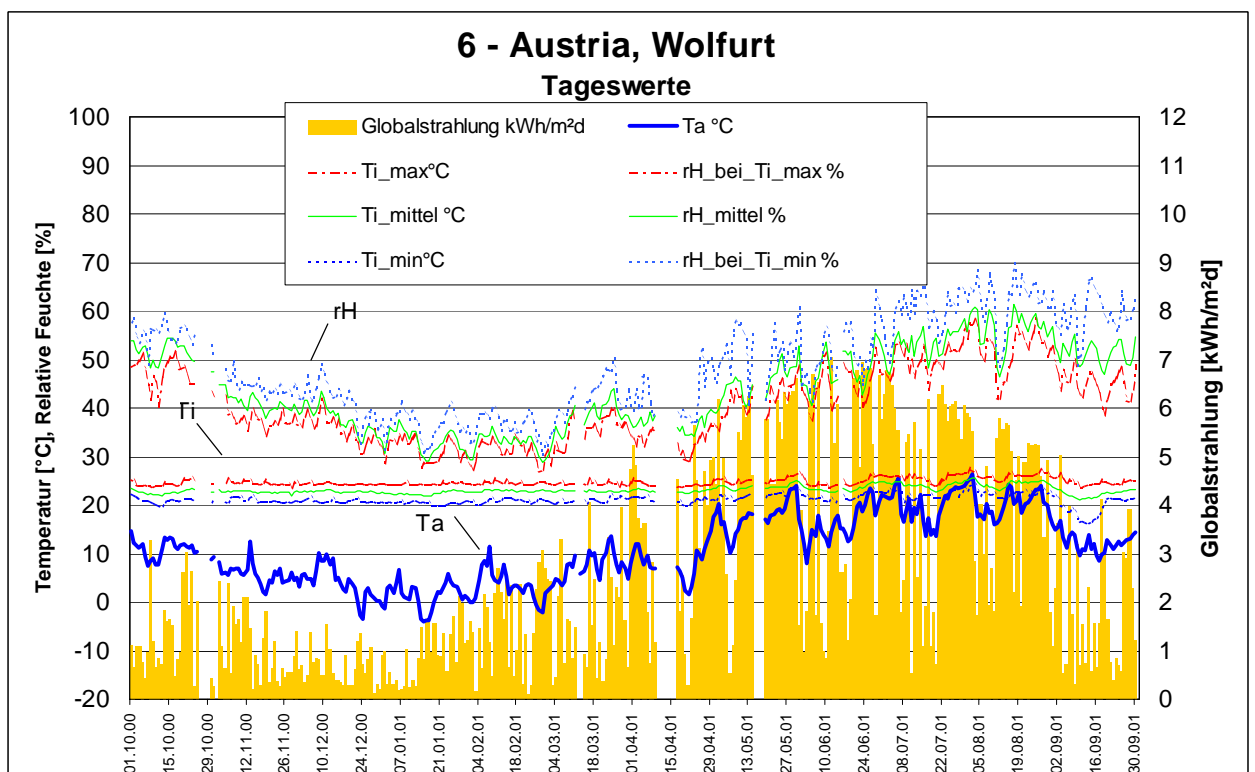


Abbildung 13: Tagesmitteltemperaturen in einem Wohngebäude mit 10 Wohneinheiten in Österreich-Wolfurt Daten vom 1.10.2000 bis zum 30.09.2001)

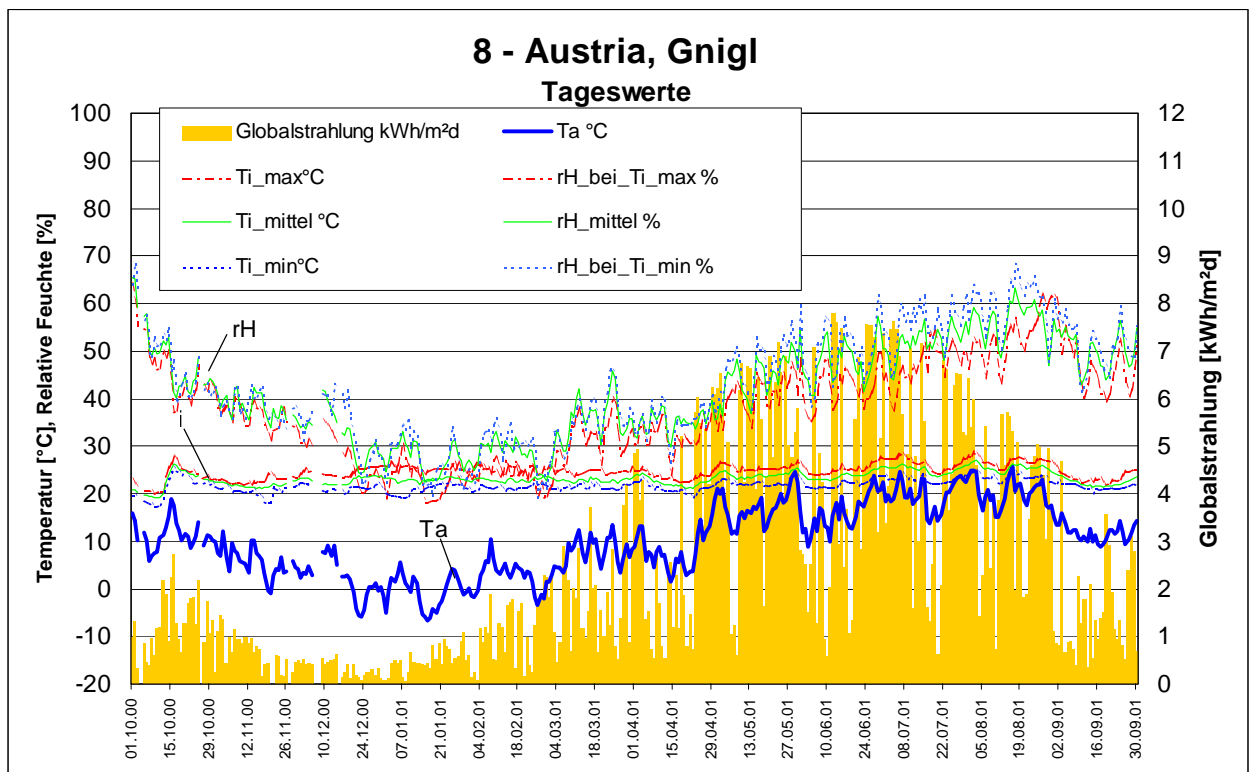


Abbildung 14: Tagesmitteltemperaturen in einem Wohngebäude mit 6 Wohneinheiten in Österreich-Salzburg/Gnigl Daten vom 1.10.2000 bis zum 30.09.2001)

8.2 Passivhaus Kennwerte

Die Kriterien für ein Passivhaus

- Max. 10 W/m² Heizlast
 - Max. 15 kWh/(m²a) spezifischer Heizwärmebedarf
 - Max. 42 kWh/(m²a) spezifischer Gesamt¹-Endenergiekennwert
 - Max. 120 kWh/(m²a) spezifischer Gesamt¹-Primärenergiekennwert
- m² = beheizte Wohnnutzfläche

Die wesentlichsten Grundsätze für den Bau von Passivhäusern:

Guter Wärmeschutz und Kompaktheit der Außenhülle	U ≤ 0,15 W/(m ² K) wärmebrückenfrei
Superverglasung Superfensterrahmen	und U _w ≤ 0,8 W/(m ² K), g-Wert um 50 %
Luftdichtheit	n ₅₀ ≤ 0,6 pro Stunde
Wärmerückgewinnung aus der Abluft	Wärmebereitstellungsgrad ≥ 75 %
Energiespargeräte	Hocheffiziente Stromspargeräte für den Haushalt
Südorientierung und Verschattungsfreiheit	Passive Solarenergienutzung

¹ Gesamt = alle Energiedienstleistungen im Haushalt (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Pumpen, Licht, Kochen und Haushaltgeräte).

Brauchwassererwärmung regenerativ	Solarkollektor oder Wärmepumpe
Passive Luftvorerwärmung	Optional: Erdreichwärmeüberträger, Lufttemp. auch im Winter $\geq 5^{\circ}\text{C}$

8.3 Passivhaus Quo vadis?

Das Passivhaus ist sicherlich nicht der einzige Weg, der zu einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Baukultur führt. Aber Passivhäuser haben bereits heute einen wichtigen Beitrag dazu geleistet: Die durch das Passivhaus induzierten Entwicklungen wie Passivhausfensterrahmen, eine erhöhte Nachfrage nach 3-Scheiben Wärmeschutzverglasungen mit thermisch verbessertem Randverbund, Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, die tatsächlich energieeffizient sind, Kompaktaggregate mit Kleinstwärmepumpchen und hoher Jahresarbeitszahl, wärmebrückenfreie Dickdämmsysteme, Holz-Fertigbauteile.

8.4 Passivhaus und Gebäudebestand

Die meisten dieser Produkte sind auch für andere Gebäudekonzepte und für die Sanierung des Gebäudebestands geeignet. Und gerade darin liegt die große Chance, die von vielen immer wieder gefordert wird: thermische Gebäudesanierung. Leicht gesagt und schwer getan, denn die Tücke liegt im Detail und das ist beim Gebäudebestand meist nicht dokumentiert und tritt erst zu Tage, wenn der Bauchirurg mit Presslufthammer und Bohrmaschine die äußere Haut öffnet.

Wenn jedoch ein altersschwaches Fenster ausgetauscht werden muss,
wenn der alte Putz runter muss,
wenn die Heizung erneuert werden muss,
wenn der Grundriss nicht mehr genügt und Wände niedergerissen werden,
wenn die verrosteten Leitungen ersetzt werden müssen:

Dann sollte jeweils das energieeffizienteste, das ökologisch verträgliche getan werden.

Und dazu können und sollten Produkte, wie sie bei Passivhäusern eingesetzt werden, verwendet werden.

- **Das Wünschenswerte ist möglich.**
- **Das Mögliche ist machbar.**
- **Das Machbare wird bereits gebaut.**

Fachliteratur zum Thema Passivhaus

zu bestellen beim Passivhaus Institut; Darmstadt, Fax: 0049 / 6151 / 82699-11

Fachinformation PHI 1997/1:

Primärenergie- und CO₂-Bilanzen von Passivhäusern ...

Fachinformation PHI 1997/2:

Der Einfluss der Speichermasse von Außenwänden ...

Fachinformation PHI 1997/3:

Effiziente Warmwasserbereitung im Passivhaus.

Fachinformation PHI 1997/4:

Passivhaus Darmstadt-Kranichstein.

Fachinformation PHI 1997/4(E):

The Passive House in Darmstadt-Kranichstein.

Fachinformation PHI 1997/5:

Der Rahmen - schwächster Teil des Fensters.

Fachinformation PHI 1997/6:

Solare Warmwasserbereitung in Passivhäusern.

Fachinformation PHI 1998/2:

Heizung im Niedrigenergiehaus ...

Fachinformation PHI 1998/3:

Wirtschaftlichkeit ausgewählter Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand

Fachinformation PHI 1998/4:

Innovative Haustechnik im Passivhaus.

Fachinformation PHI 1998/5:

CEPHEUS Kostengünstige Passivhäuser ...

Fachinformation PHI 1998/6(E):

CEPHEUS Cost Efficient Passive Houses as ...

Fachinformation PHI 1998/7:

Elektrische Geräte für Passivhäuser ...

Fachinformation PHI 1998/8:

Die Öl-Heizung im Niedrigenergiehaus

Fachinformation PHI 1998/9:

Untersuchg.d.Luftdichtheit in Lummerlund

Fachinformation PHI 1998/10:

Passivhaus Sommerklima Studie

Fachinformation PHI 1998/11:

Sparsames Wäschetrocknen

Fachinformation PHI 1998/12:

Passivhaus-RH: Über die Zuluft beheizbar?

Fachinformation PHI 1999/1:

Das Passivhaus Projektierungs Paket; PHPP'99

Fachinformation PHI 1999/2:

Heizlastauslegung im NEH und PH

Fachinformation PHI 1999/3:

Passivhaus Vorprojektierung; PHVP'99

Fachinformation PHI 1999/4:

Untersuchung d. Luftdichtheit in d. PH-Siedl. H-Kronsberg

Fachinformation PHI 1999/5:

Wärmebrückenfreies Konstruieren

Fachinformation PHI 1999/6:

Luftdichte Projektierung von Passivhäusern

Fachinformation PHI 1999/7:

Luftführung in Passivhäusern

Fachinformation PHI 1999/9:

Für das Passivhaus geeignete Fenster

Fachinformation PHI 1999/11:

Wärmebedarf und Komfort in einer PH-Altenwohnanlage

Fachinformation PHI 2000/3:

Wäschetrocknen im Trockenschrank

Fachinformation PHI 2000/4

Ist Wärmespeicher wichtiger als Wärmedämmen?

Passivhaus-Foliensatz, CD-ROM

Passivhaus-Poster, 11Stk. DIN A1

1. *Passivhaus-Tagung; Nov 96 - 321 S.*

2. *Passivhaus-Tagung; Febr 98 - 353 S.*

3. *Passivhaus-Tagung; Febr 99 - 379 S.*

4. *Passivhaus-Tagung; März 2000 - 686 S.*

Kurzfassung zur 4. Passivhaus-Tagung

Berichte des Arbeitskreises / Kostengünstige Passivhäuser

<i>Fachdokumentation Nr. 3:</i>	Superfenster im Passivhaus
<i>Protokollband Nr. 4:</i>	Lüftung im Passivhaus
<i>Protokollband Nr. 5:</i>	Energiebilanz und Temperaturverhalten
<i>Protokollband Nr. 6::</i>	Haustechnik im Passivhaus
<i>Protokollband Nr. 7:</i>	Stromsparen im Passivhaus
<i>Protokollband Nr. 8:</i>	Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene
<i>Protokollband Nr. 9:</i>	Nutzerverhalten
<i>Protokollband Nr. 10:</i>	Messtechnik und Messergebnisse
<i>Protokollband Nr. 11:</i>	Kostengünstige Passivhäuser
<i>Protokollband Nr. 12:</i>	Das Passivhaus - Baustandard der Zukunft?
<i>Protokollband Nr. 13:</i>	Energiebilanzen mit dem Passivhaus Projektierungs-Paket
<i>Protokollband Nr. 14:</i>	Passivhaus-Fenster
<i>Protokollband Nr. 15:</i>	Passivhaus-Sommerfall
<i>Protokollband Nr. 16:</i>	Wärmebrückenfreies Konstruieren
<i>Protokollband Nr. 17:</i>	Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern <i>Protokollband</i>
<i>Nr. 18:</i>	Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern
<i>Protokollband Nr. 19:</i>	Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäusern
<i>Protokollband Nr. 20:</i>	Passivhaus-Versorgungstechnik

Weitere Fachbücher über Passivhäuser im Buchhandel:

- „**Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser**“ 2001, Dr. Wolfgang Feist, Verlag: Das Beispiel
- „**NiedrigEnergieHäuser und PassivHäuser**“, Ökobuch Verlag u. Versand
- „**Das Passivhaus**“, Dr. Wolfgang Feist, Verlag: Müller (C.F.), Heidelberg
- „**Das Passivhaus, Wohnen ohne Heizung**“, Anton Graf, Verlag, Callwey
- „**CEPHEUS, Wohnkomfort ohne Heizung**“, Springer Verlag, Wien, New York (in beschränkter Auflage um Euro 36,- zu beziehen bei performance Dr. Drössler KEG, Steinebach 3, A 6850 Dornbirn, Tel: +43/5572/228 23-11 Fax: +43/5572/228 23-4 Email: kvoegel@performance.vol.at

Liste von Passivhaus-Baukomponenten:

Eine Liste aller vom Passivhaus Institut Darmstadt zertifizierter Bauteile erhalten Sie bei:

Passivhaus Institut
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt
Tel. 0049 / 6151 / 82699-0, Fax: DW -11
Passivhaus@t-online.de, www.passiv.de

In dieser Liste sind enthalten:

- Schalungssteine
- Dämmsysteme
- Holz-Fertigbauteile
- Transparente Wärmedämmung
- Wärmepumpen
- Fensterrahmen
- Verglasung
- Lüftungstechnik
- Kompaktaggregat
- Solartechnik/Regenwassernutzung
- u.a.

Internet-Links zum Thema Passivhaus

www.energieinstitut.at

www.cepheus.at

www.cepheus.de

www.passiv.de oder www.passivehouse.com

www.passivhaus-info.de

www.passiv.at

www.passivehouse.at

Hinweis: mittlerweile gibt es einige Internet-Adressen mit „Passivhaus...“, welche einzelne Firmeninteressen vertreten und mit Vorsicht zu betrachten sind.

HEIZEN UND KÜHLEN MIT LUFTDURCHSTRÖMTEN ERDREICHWÄRMETAUSCHERN – ERGEBNISSE EINES FORSCHUNGSPROJEKTES

Dipl.-Ing. Ernst Blümel, Ing. Christian Fink

AEE INTEC

Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Institut für Nachhaltige Technologien

Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf

Tel.: +43-3112 / 5886 - 0, Fax: DW -18

E-Mail: e.bluemel@ae.at, c.fink@ae.at

HEIZEN UND KÜHLEN MIT LUFTDURCHSTRÖMTEN ERDREICHWÄRMETAUSCHERN – ERGEBNISSE EINES FORSCHUNGSPROJEKTES

Dipl.-Ing. Ernst Blümel, Ing. Christian Fink
AEE INTEC

Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE
Institut für Nachhaltige Technologien
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43-3112 / 5886 - 0, Fax: DW -18
E-Mail: e.bluemel@aee.at, c.fink@aee.at

1 Einleitung

Ein komfortables Raumklima ist wichtig für das Wohlbefinden der Menschen und stellt in der Regel die Hauptfunktion unserer Gebäude dar. Dabei kann Kühlen genauso wichtig sein wie Heizen. Im Schatten von zahlreichen konventionellen Technologien zur Wärme- bzw. Kälteversorgung von Gebäuden stehen hier zweifelsohne luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher (L-EWT). Dabei bieten L-EWT bei entsprechenden Rahmenbedingungen für die Außenluftkonditionierung (sowohl für den Heiz- als auch für den Kühlfall) in Gebäuden eine gute, energiesparende Alternative. Ein sinnvoller Betrieb eines L-EWT hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab, die in der Planung und Ausführung berücksichtigt werden müssen. Neben energetischen Aspekten (Einsatzbereich, Volumenstrom, Geometrie bzw. Material des L-EWT, Zusammensetzung des Erdreiches, etc.) sind dies auch Aspekte zur Lufthygiene sowie erzielbare Wärme- und Kältepreise. Da diese Zusammenhänge äußerst komplex sind, erfordert dies für die Planung von L-EWT fundierte Auslegungswerkzeuge.

Da kaum Auslegungswerkzeuge für L-EWT verfügbar sind, wurde das EU-Projekt „Planning Tool for Earth-to-Air Heat Exchangers“ (im CRAFT-JOULE Programm) von der AEE INTEC, in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Freiburg, Deutschland), initiiert. Als Projektergebnis stehen für die 13 am Projekt beteiligten Unternehmen (Architekten und technische Büros aus Österreich und Deutschland) Planungstools in Form eines Handbuches und eines validierten Simulationsprogrammes zur Verfügung.



Abb. 1: L-EWT zum Heizen und Kühlen im Bürogebäude „Weizer Energie -und Innovationszentrum W.E.I.Z.“

Weiters arbeitet die AEE INTEC an einem nationalen Projekt (beauftragt von der

Wissenschaftsabteilung des Landes Steiermark und unterstützt vom BMLFUW) zur

wissenschaftlichen Begleitung bei Umsetzung und Monitoring eines L-EWT zur Kühlung des Stadtsaals in Gleisdorf. Die Arbeitsschwerpunkte liegen einerseits in der Analyse des Erdreichverhaltens bei Wärme- bzw. Kälteentzug sowie andererseits in der quantitativen Beurteilung von unterschiedlichen Regelstrategien auf das Betriebsverhalten. Ergebnisse aus diesen beiden Projekten bilden die Basis für die gegenständlichen Ausführungen.

2 Das grundsätzliche Prinzip von luftdurchströmten Erdreichwärmetauschern

Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher (L-EWT) nutzen die saisonale thermische Speicherfähigkeit des Erdreiches zur Konditionierung der Zuluft von Gebäuden. Dabei wird die Luft über im Erdreich verlegte Rohre angesaugt und entsprechend der Temperaturdifferenz zwischen der Umgebungsluft und dem Erdreich im Winterbetrieb erwärmt und im Sommerbetrieb abgekühlt. Abb. 2 zeigt die sich durch die Speicherfähigkeit des Erdreichs einstellende Dämpfung sowie die Phasenverschiebung im Jahresverlauf von Erdtemperaturen in unterschiedlicher Tiefe. Deutlich wird, dass mit zunehmender Tiefe eine größere, nutzbare Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Erdreichtemperatur erreicht werden kann.

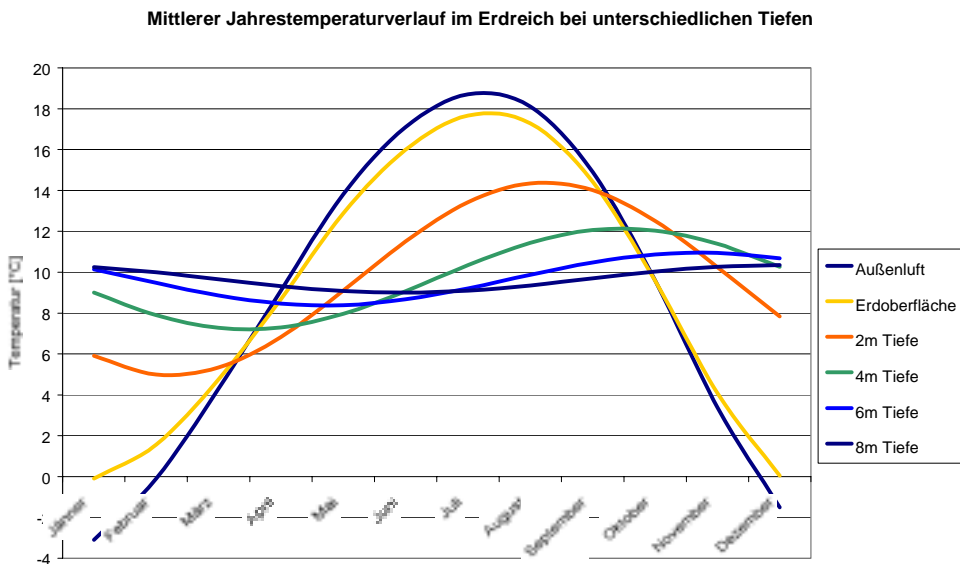


Abb. 2: Jahrestemperaturverlauf der Außenluft, Erdoberfläche und dem Erdreich in verschiedenen Tiefen für den Bodentypen „Kies – trocken“, Standort Graz.

Einerseits können L-EWT als alleinige Komponente zur Konditionierung der Zuluft sowie andererseits als Vorstufe eines Wärme- bzw. Kälteversorgungssystems Verwendung finden. Grundsätzlich sehr gut eignet sich der Einsatz von luftdurchströmten Erdreichwärmetauschern in Systemen, in denen generell Luft als Wärmeträger verwendet wird (Lüftungsanlagen, Luft-Luft, bzw. Luft-Wasser Wärmepumpen, Luftheizungen, etc.).

In der Praxis finden L-EWT häufig zur Vereisungsvermeidung auf der Fortluftseite von Wärmerückgewinnungsaggregaten Verwendung. Dieser Anwendungsfall reicht von Anlagen im Einfamilienhaus (Niedrigenergie- und Passivhäuser) bis hin zu Geschosswohnbauten. Der zweite große Anwendungsbereich für L-EWT liegt in der Kühlung (monovalent oder bivalent) von Büro- und Verwaltungsgebäuden.

3 Energetische Einflussgrößen

Das Funktionsprinzip von L-EWT ist grundsätzlich einfach. Trotzdem existieren zahlreiche Parameter, die einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von L-EWT besitzen. Neben Größen, die unmittelbar den Energieertrag des L-EWT beeinflussen

(Volumenstrom, Rohrlänge, Rohrdurchmesser, Rohrmaterial, Erdreich, Verlegetiefe, etc.), sind das noch zahlreiche indirekte Einflussgrößen (Druckverluste verursacht durch den L-EWT, Auswirkungen des L-EWT auf die Lufthygiene, Investitionskosten des L-EWT, etc.), die auch in der Planung bzw. Ausführung berücksichtigt werden müssen.

Um den Einfluss der wesentlichen energetischen Größen zu verdeutlichen, wurde anhand eines definierten L-EWT (Eckdaten: Einzelrohr, unter freiem Gelände verlegt, 500 m³/h Dauerbetrieb, PVC, DN 200, Länge = 50 m, Verlegetiefe = 2 m, feuchte Erde, Standort Graz) eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Jede der betrachteten Einflussgrößen (Volumenstrom, Querschnitt, Verlegetiefe, Länge, Rohrmaterial und Erdreich) wurde einzeln verändert und die Auswirkungen auf die Energieerträge untersucht. Die hierzu erforderlichen Berechnungen wurden mit dem im CRAFT-JOULE Projekt erstellten dynamischen Simulationsprogramm durchgeführt. Aus Abb. 3 kann gelesen werden, in welchem Ausmaß sich die Veränderung einer Einflussgröße (in Prozent) auf den Energieertrag (ebenfalls in Prozent) auswirkt. Dabei wurde der Energieertrag als Summe aus Heizenergie- und Kühlenergie definiert und die Ergebnisse der Ausgangsvariante (siehe obige Angaben) mit 100% definiert.

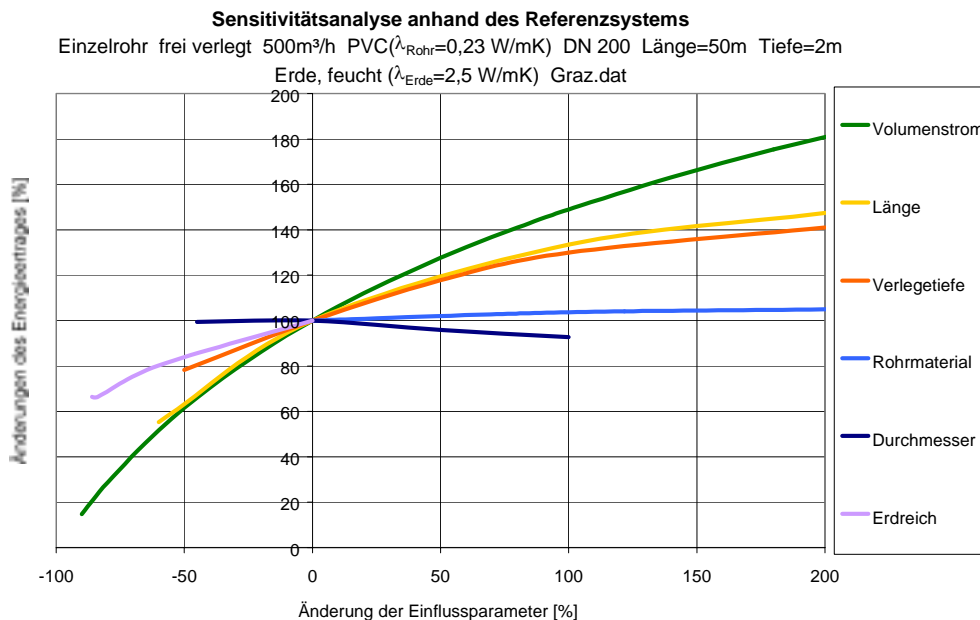


Abb. 3: Änderung des Gesamtenergieertrages [%] beim Referenzsystem in Abhängigkeit der einzelnen Einflussgrößen [%]

Die größte Sensitivität zeigt der Parameter Volumenstrom. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass für einen sinnvollen Betrieb des L-EWT auch der entstehende Druckverlust von entscheidender Bedeutung ist. Weitere Größen mit entscheidender Sensitivität sind die EWT-Länge, die Verlegetiefe sowie die Zusammensetzung des Erdreichs. Als Parameter mit eher geringem Einfluss auf die Energieerträge des Referenzsystems zeigen sich der Querschnitt sowie das Rohrmaterial.

4 Dimensionierung von L-EWT

Sind die baulichen Rahmenbedingungen bekannt (Größe, Form und Lage des für die L-EWT Verlegung zur Verfügung stehenden Areals), so kann die Bestimmung der geometrischen Größen erfolgen. Anhand zahlreicher Simulationsrechnungen konnten

Dimensionierungsgrundlagen in Form von Nomogrammen erstellt werden, die eine rasche Auslegung der entscheidenden L-EWT – Parameter ohne andere Hilfsmittel erlauben.

Für die Auslegung in komplexen L-EWT-Einsatzfällen (z.B. L-EWT-Rohre in mehreren Lagen, L-EWT Rohre mit komplexer Gebäudebeeinflussung, Gebäude mit komplexem Lüftungsfahrplan, etc.) sowie bei einer nötigen Betrachtung von detaillierten Tages- Wochen- bzw. Monats Darstellungen, sollte die Detailauslegung simulationsgestützt erfolgen. Die erarbeiteten Nomogramme können in solchen Fällen aber auch hilfreich bei der Vorauslegung der L-EWT verwendet werden.

In Abb. 4 ist beispielhaft das Ausgangsdiagramm zur L-EWT Auslegung nach der Bezugsgröße „Leistung“ dargestellt. Gleiches ist auch für die Bezugsgrößen „Jahresenergieertrag“ sowie „Maxima der Austrittstemperatur“ möglich.

Gültigkeit hat dieses Diagramm für ein 50 m langes Einzelrohr, das unter freiem Gelände in einer Tiefe von 2 m verlegt ist. Das Rohrmaterial ist PVC, der Standort Graz und das Erdreich wurde als „feucht“ definiert.

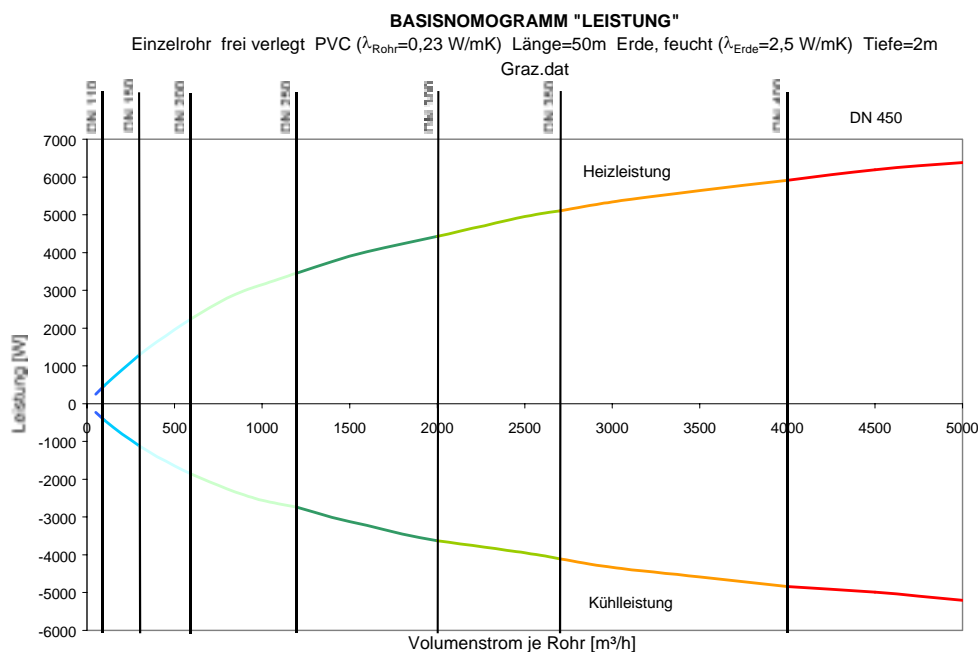


Abb. 4: Basisnomogramm zur Ermittlung der EWT – Leistung und des geeigneten Rohrdurchmessers in Abhängigkeit vom Volumenstrom

Bei vorhandenem Volumenstrom kann beispielsweise der Rohrdurchmesser bestimmt und für die oben definierten Rahmenbedingungen die Leistung des L-EWT abgelesen werden. Beträgt nun die Länge des L-EWT nicht 50 m, kann die Leistungskorrektur mittels eines sogenannten „Längenkorrektur nomogramms“ auf die entsprechende L-EWT-Länge korrigiert werden (siehe Abb. 5). Wiederholt man dieses Umrechnen auf reale Bedingungen auch für andere energetische Einflussgrößen (Verlegetiefe, Erdreichzusammensetzung, etc.), kann somit ein beliebiger L-EWT mit ausreichender Genauigkeit dimensioniert werden.

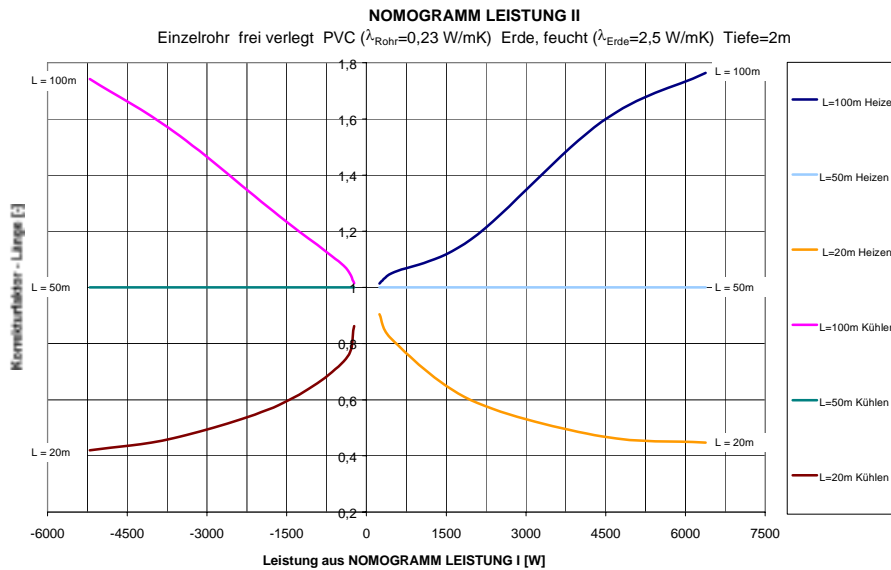


Abb. 5: „Längenkorrekturnomogramm“ zur Ermittlung der Leistung von L-EWT in Abhängigkeit der Einzelrohlänge.

Werden L-EWT für größere Leistungsbereiche benötigt, empfiehlt es sich Einzelrohre in Registerform parallel zu schalten. Um eine Beeinflussung der Einzelrohre untereinander auszuschließen, sollten die Achsabstände mindestens einen Meter betragen.

5 Messprojekte

Innerhalb der beiden von der AEE INTEC durchgeführten Forschungsprojekte wurden zwei L-EWT im Detail vermessen. Sowohl der L-EWT im W.E.I.Z. (Weizer Energie- und Innovationszentrum) als auch der L-EWT für den Stadtsaal Gleisdorf wird schwerpunktmäßig zur sommerlichen Kühlung verwendet.

5.1 L-EWT für das Bürogebäude „Weizer Energie- und Innovationszentrum“

Die Dimensionen des L-EWT für das „Weizer Energie- und Innovationszentrum“ wurde auf Basis der vorhandenen sommerlichen Kühllast und eines maximalen Luftvolumenstroms von $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ festgelegt. Der L-EWT besteht aus 15 parallelen PVC-Rohren, DN 200 und

einer Rohrlänge von jeweils 28 m. Die Anordnung des L-EWT erfolgte unter der Fundamentplatte auf einem Niveau von durchschnittlich $-3,5 \text{ m}$.

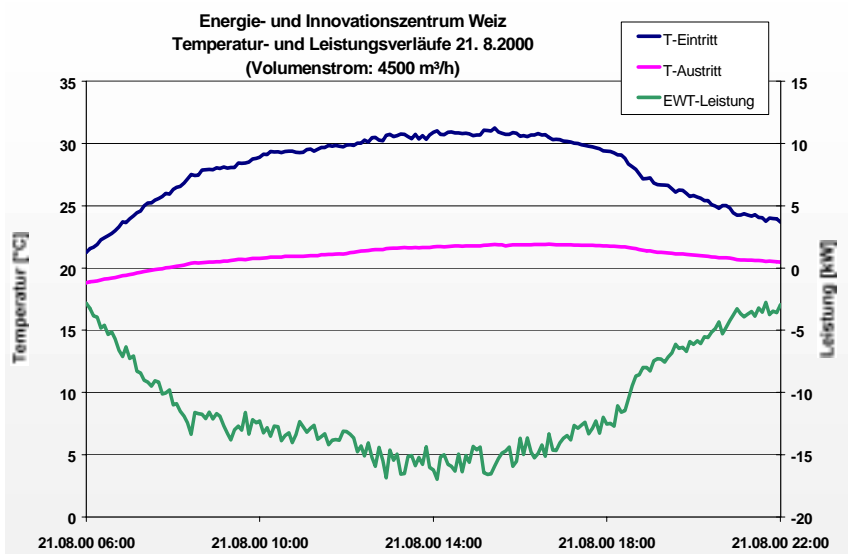


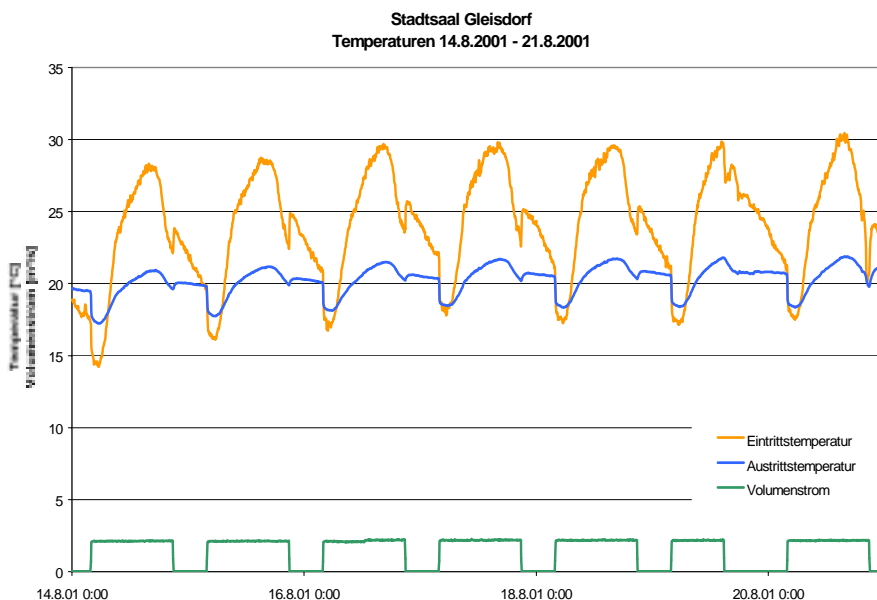
Abb. 6: Verlauf von Ein- bzw. Austrittstemperatur sowie der Leistung am 21.08.2000 für das W.E.I.Z.

Die zwei Sammelschächte aus Beton weisen eine Länge von 10 m auf und sind

begehrbar. Der L-EWT stellt in diesem Projekt ein monovalentes Kühlsystem dar. Am L-EWT für das W.E.I.Z. durchgeführte Messungen zeigten im Sommer 2000 Kühlleistungen bis zu 18 kW. Zusätzlich zur Deckung der sommerlichen Kühllasten wird der L-EWT auch zur Vorwärmung der Zuluft in der Heizperiode, im speziellen zur Vereisungsvermeidung auf der Fortluftseite des Wärmerückgewinnungsaggregates. Dabei bleibt aber zu berücksichtigen, dass der L-EWT in der Heizperiode nur zu Bürozeiten beaufschlagt und außerhalb der Bürozeiten im Umluftbetrieb mit minimalem Frischluftanteil betrieben wird.

5.2 L-EWT für den Stadtsaal - Gleisdorf

Der L-EWT für den Stadtsaal in Gleisdorf dient zur Unterstützung einer konventionellen Kälteanlage. Die Grundlast übernimmt der L-EWT (Spitzenkühlleistungen von 57 kW). Durch den Einsatz des L-EWT zur Kühlung des Stadtsaals konnte bei diesem Projekt neben enormen Einsparungen an Betriebskosten auch eine Reduktion der Investitionskosten für die Kältemaschine erzielt werden. Die messtechnische Untersuchung zum Betriebsverhalten ist derzeit noch im Gang und wird mit Ende des Sommers 2002 abgeschlossen. Erste Messergebnisse sind in *Abb. 7* dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, dass in der Woche vom 14.08.01 bis 20.08.01, bei Außentemperaturen um die 30°C, die



Austrittstemperaturen aus dem L-EWT bei ausgezeichneten 20-22°C liegen. Um dem Erdreich Regenerationszeiten zu ermöglichen sowie Antriebsenergie für den Ventilator einzusparen wird das System alternierend betrieben.

Abb. 7: Messergebnisse zum L-EWT im Stadtsaal Gleisdorf, 14.08.01 bis 20.08.01.

6 Zusammenfassung und Ausblicke

Luftdurchströmte Erdreichwärmetauscher bilden grundsätzlich eine sinnvolle energiesparende Ergänzung - oder auch alleinige Alternative - zu konventionellen Heizungs- und Klimasystemen. Damit sich diese Technologie jedoch in größerem Maße als Möglichkeit zur Außenluftkonditionierung in Gebäuden etabliert, sind einerseits weiterführende Untersuchungen hinsichtlich Regelungsstrategien in Verbindung mit dem zu konditionierenden Gebäude und dem Verhalten unterschiedlicher Erdreichzusammensetzungen bei Dauerbetrieb (Ermüdung) erforderlich. Andererseits bedarf es einer breiteren Umsetzung der Technologie um weitere Praxiserfahrungen sowie standardisierte Verlegeabläufe zu erhalten.

**GEBÄUDEHÜLLE IM PASSIVHAUS
ERFAHRUNGEN UND PROBLEME MIT LUFTDICHTHEIT / DAUERHAFTE
LÖSUNGEN**

Josef Seidl
AEE-NÖWien
Bahngasse 46, A-2700 Wr. Neustadt
josef.seidl@gmx.net

GEBÄUDEHÜLLE IM PASSIVHAUS ERFAHRUNGEN UND PROBLEME MIT LUFTDICHTHEIT / DAUERHAFTE LÖSUNGEN

Josef Seidl
AEE-NÖWien
Bahngasse 46, A-2700 Wr. Neustadt
josef.seidl@gmx.net

Einleitung

Luftdichte Anschlüsse sind aus bauphysikalischer Sicht bei allen beheizten Gebäude wichtig. Durch Ritzen in der Gebäudehülle würde warme Luft auf dem Weg nach außen abkühlen und mit sinkender Temperatur immer weniger Feuchtigkeit „halten“ können. Die Folgen sind Kondensatausfall in Bauteilen und mögliche Bauschäden. Verstärkt wird dieses Problem im konventionellen Bau der letzten Jahren durch zahlreiche zusätzliche Mauerdurchbrüche für Außenanschlüsse für Strom, Wasser, Dunstabzug, usw. Nicht selten drückt es beim oberen Mauerabschluss kalte Luft hinter die punktförmig verklebte Fassadendämmung. Diese verteilt sich meterweit über nicht vermörtelte Stoßfugen, poröse Stellen und entlang unzureichend eingeputzter Installationsleitungen. Die Folge: Es zieht spürbar aus Steckdosen; undichte Kellerabgangstüren und offene Kellerfenster verstärken noch das Problem dieser Form der Zwangsbelüftung. Vor allem bei Dachbodenausbauten sind Undichtheiten in der Gebäudehülle weit verbreitet. Ähnlich unbefriedigend ist die gängige Baupraxis vieler Fertighausanbieter im Holzleichtbau. Das Thema Luftdichtheit von Gebäuden ist daher ein generelles Thema, welches aber erst über die hohen Anforderungen des Passivhauses in ein breiteres Bewusstsein rückte.

Wohnraumkomfortlüftung und Gebäudedichtheit

In Gebäuden mit Wohnraumkomfortlüftung würde eine undichte Gebäudehülle zu zusätzlichen Energieverlusten führen. Dies rührt daher, dass in den Räumen wo die Zuluft aus der Lüftungsanlage einströmt ein leichter Überdruck herrscht, in jenen mit Abluftöffnungen ein entsprechender Unterdruck. Selbst an windstillen Tagen würde dadurch permanent Luft durch Fugen ein- oder ausströmen, vorbei am Wärmetauscher und damit auch vorbei an der Wärmerückgewinnung. Daher gilt für Häuser mit Lüftungsanlage ein erforderlicher n50 Wert von <1,0 LW/h.

Im Passivhaus sind die Dichtheitsanforderungen sehr hoch. Ein Blower-door Test ist zwingen erforderlich und der empfohlene n50 Wertes sollte unter 0,6 LW/h liegen. Die folgende Grafik zeigt, wie wesentlich die Dichtheit für die Erreichung der niedrigen Energiekennzahl eines Passivhaus ist.

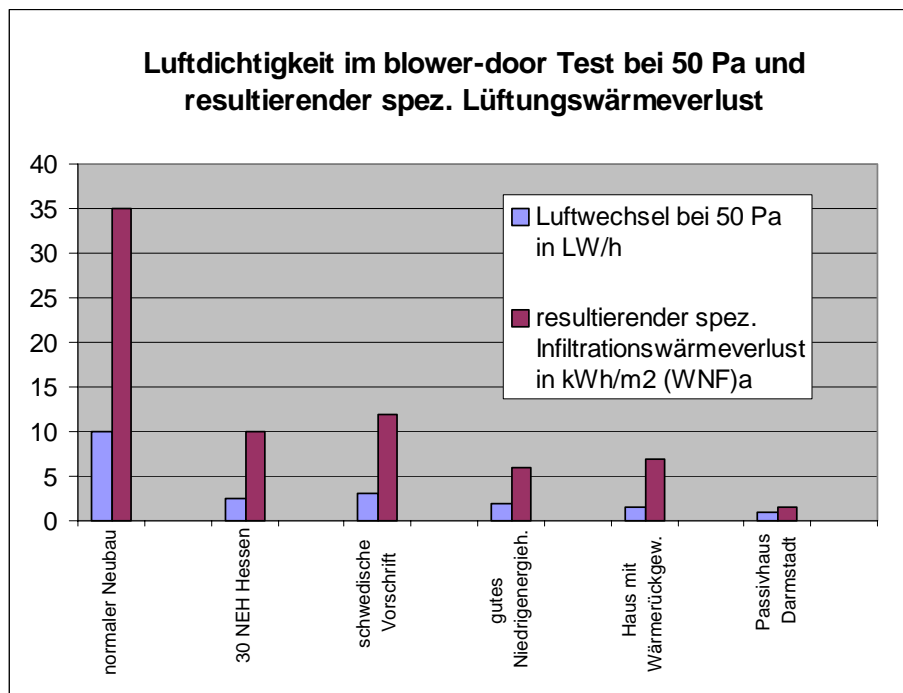


Abbildung 1

Eine Zusammenstellung von Sören Peper, (Passivhausinstitut Darmstadt) über die Dichtheitsstrategien der CEPHEUS Projekte zeigt eine Bandbreite von Möglichkeiten die hier ausgeführt wurden (siehe Tagungsband der 5. Passivhaustagung, Basel). Bis auf wenige Projekte haben alle die Anforderungen der nötigen Luftdichtheit geschafft, wengleich der Aufwand bei all diesen Pionierprojekten erheblich hoch war. Erst über die Planungs- und Bauerfahrung der Folgeprojekte haben sich gängige Dichtheitskonzepte herausgebildet. Die wichtigsten sollen hier kurz dargestellt werden.

Grundsätzliche Regeln zur Gebäudedichtheit

Zeichenstiftregel: Die luftdichte Ebene muss frühzeitig konsequent geplant und in die Ausführungszeichnung eingetragen werden. Dabei muss man zur Kontrolle mit einem Stift jeden Gebäudeschnitt und Grundriss „abfahren“ können ohne dabei abzusetzen (Ausnahme: projektierte Lüftungsöffnungen).

Prinzip der „einen Hülle“: Es kann nur eine einzige luftdichte Ebene geben. Undichtheiten können nicht durch weitere vor oder nachgelagerte Ebenen behoben werden (z. B. Windfangtür als Ergänzung zur nicht ganz luftdichten Haustür).

Reduzierung von Durchstoßungen: Kabel- und Rohrdurchführungen jeglicher Art, welche die Dichtebene durchstoßen, müssen auf ein Minimum reduziert und möglichst auf wenige Punkte konzentriert werden, um sie gut abdichten zu können (Sören Peper).

Das bedeutet u. a: Zählerkästen sollen entweder innerhalb der warmen Gebäudehülle montiert werden oder es wird ein Subverteiler vorgesehen, um die Zahl der Elektroleitungen zwischen warmen und kalten Gebäudeteilen zu minimieren.

Zuleitungen wie Erdreichwärmetauscher, Hauptstromleitung, Abwasser etc. können am leichtesten über die Bodenplatte dicht eingefasst werden.

Strangentlüftungen sollen im warmen Bauteil (WC, Nebenraum) stehen bleiben und werden mit speziellen Töpfen mit Membranklappen versehen.

Dunstabzughauben werden nur mit Umluft geführt um das Fett auszufiltern; die Abluft der Lüftungsanlage wird im Nahbereich der Kochstelle (1-2 m) angesaugt.

Dichtkonzepte im Holz-Leichtbau

Die Dampfbremse bzw. Dampfsperre zur Abdichtung

Auf der Innenseite der Tragekonstruktion (TJI-Träger oder Dämmständer) wird eine geschosshohe Dampfbremse angebracht, welche durch die OSB-Platte abgedeckt und geschützt wird. Die Elektroinstallationen werden davor in eine eigene installationsebene gelegt und mit Gipskarton oder Putzträger abgedeckt. Die Enden der Dampfbremse schauen rundum aus dem Wandbauteil heraus. Die einzelnen Wandbauteile werden an den Stößen der Folien verklebt oder noch besser mit eingelegten Kompribändern oder Siliconen zueinander verpresst. Zwischen EG und OG ragt oft die Geschossdecke in die Außenwände zwecks Auflage hinein, welche mit der Folie umfasst wird, damit vor allem an dieser sensiblen Stelle eine lückenlose Abdichtung zwischen EG und OG erreicht wird.

Die OSB-Platte als Dichtebene

Bei dieser Methode werden die Stöße der OSB-Platten mit dafür geprüften Klebebändern verklebt. Zwischen Fundament und aufgehender Wand, als auch zwischen EG und OG-übernehmen in der Regel Kompribänder die Dichtfunktion. Die Elektroinstallation liegt wiederum in einer 3,5 bis 5 cm dicken Installationsebene. Wer ganz auf Nummer sicher gehen möchte kann auf diese Klebestelle eine gehobelte Latte aufschrauben, wodurch die Klebestelle dauerhaft angedrückt wird.



Die Gipskartonplatte als Dichtebene

Aus Platz- und Kosteneinspargründen sind einige Holzbauer dazu übergegangen, die Installationsebene einzusparen. Elektrodosen an den Außenwänden werden so weit wie möglich reduziert und dort wo sie erforderlich sind werden passivhaustaugliche Leerdosen und Schläuche eingepasst. Auf der inneren OSB-Platte wird direkt die Gipskartonplatte verschraubt. An den Stößen und Ecken werden entsprechende Klebe- und Dichtfugen ausgebildet bzw. übernimmt die Spachtelung die Abdichtung. Im Aufstandsbereich zur

Bodenplatte steht die Gipskartonplatte auf einer Siliconfuge und ähnlich wird im Anschluss zum Dach und zu den Fensterstöcken auf Druck abgedichtet. Der Vorteil dieser Methode liegt neben der Kostenersparnis in der jederzeitigen Kontrollierbarkeit der meisten Anschlussfugen.

Diese Methode lässt sich auch als zusätzliche Dichtmaßnahme eines Holzdaches auf einem Massivbau anwenden. Die Gipskartonplatte drückt auf eine Siliconfuge am angrenzenden Putz des Mauerwerkes. Allfällige Elektroschläuche werden beim Plattendurchbruch rundum abgedichtet. (Ein Verkleben der darunter liegenden OSB-Plattenstöße kann auch hier nicht schaden.)

Im Holzleichtbau werden Fensteranschlüsse meist mit Butylklebebändern verklebt. Ein andere Methode wäre, die aus dem angrenzenden Wandelement herausragende Dampfbremse mit Silicon am Stock zu verkleben und die Gipskartonplatte der Fensterlaibung an den Stock anzupressen.

Im Holzbau eignet sich Putz nur bedingt als alleinige Dichtebene, weil der Putzträger darunter aus Schilf oder Heraklithplatten eine sehr poröse Schicht darstellt.

Eine spezielle Herausforderung ist die Abdichtung des Kaminanschlussrohres durch eine Holz-Außenwand. Hier geht es um einen möglichst wärmebrückenfreien Durchgang, Brandschutz und Materialdehnungen bei hohen Oberflächentemperaturen. Wird der Kamin nicht verwendet, so empfiehlt sich eine Dämmung bzw. ein Abdichten mit einem Steinwollpfropfen und einer Gipskartonplatte.

Luftdichtheit im Massivbau

Im Massivbau stellt der Lehmputz oder herkömmliche Putz die Dichtebene dar. Diese Putzschicht ist bis an die Bodenplatte bzw. Rohdecke zu ziehen. Elektroboxen und ca. 15 cm der angrenzenden Verrohrung sind satt in Gips einzudrücken, damit dahinter keine Hohlräume entstehen.

Die Fensteranschlüsse können im Massivbau mit Putzleisten abgedichtet werden. Bei Klebebändern zwischen Fensterstock und Mauerwerk ist vor dem Verkleben eine entsprechend glatte Oberfläche in der Fensterlaibung herzustellen. Es gibt Klebebänder am Markt, auf denen Putz haftet.

Beton- oder Leichtbeton Fertigteile können passgenaue Fensteröffnungen (1,5 cm Einbauluft) haben. Hier reicht eine Siliconfuge hinter der Abdeckleiste zwischen Fensterstock und Mauerwerk.

Installationschächte zwischen kaltem und warmen Gebäudeteil

Steht das Lüftungsgerät außerhalb der warmen Gebäudehülle (Keller), dann sind entsprechend Durchbrüche nicht zu vermeiden. Einige Firmen betonieren Gasbetonsteine mit ein, welche dann leicht gebohrt werden können.

Weiters bieten sich Materialien aus der Brandabschottung für die Dichtheit an.

Schlussfolgerungen

Um zu vermeiden, dass die dicht übergebene Gebäudehülle von nachfolgenden Professionisten durchbrochen wird, sollen alle Durchbrüche auf einer Planskizze vermerkt werden. Nach der fertigen Elektroinstallation ist Rund um das Kabel der Schlauch mit Silicon abzudichten (säurefreies Acrylsilikon).

Weiters sollte der Elektriker und gegebenenfalls der Installateur beim Blower-door Test anwesend sein.

In der Praxis zeigt sich, dass ein eingespieltes Dichtsystem sehr schnell zum gewünschten Erfolg führt. Bei den von mir persönlich betreuten 10 Passivhäusern war der erste n50 Wert (jeweils vor der Optimierung) bei 1,2, der zweite bei 0,8, der 3. bei 0,44 und ab dann zwischen 0,4 und 0,25. die Hälfte dieser Gebäude ist in Holzbau, die andere Hälfte in Massivbau errichtet worden.

PASSIVHÄUSER - WANDEL IN DER BAUKULTUR

Bmstr. Ing. Heribert Hegedys
Haus der Baubiologie Verein biologisches und ökologisches Bauen
Conrad von Hötendorfstraße 72, 8010 Graz
Tel.: 0316 / 47 53 63 E-Mail: haus-der-baubiologie@aon.at

PASSIVHÄUSER - WANDEL IN DER BAUKULTUR

Bmstr. Ing. Heribert Hegedys
Haus der Baubiologie Verein biologisches und ökologisches Bauen
Conrad von Hötzendorfstraße 72, 8010 Graz
Tel.: 0316 / 47 53 63 E-Mail: haus-der-baubiologie@aon.at

Was ist Kultur ?

Kultur ist keine absolute klar bestimmbare Größe. Sie definiert menschliches Handeln in seiner Abhängigkeit vom Entwicklungsstand einer Gesellschaft mit ihren regionalen Bedürfnissen und Möglichkeiten. Meine persönliche Interpretation des Begriffes Kultur ist eine gesellschaftliche Geisteshaltung, die Fortschritt, Nachhaltigkeit und Lebensfreude fördert.

Was ist Baukultur ?

Wenn wir unser Bauschaffen durch den Kulturbegriff kalibrieren wollen, ist es wesentlich die regionalen Bauaktivitäten in den Dienst der Ziele überregionaler und globaler Nachhaltigkeit zu stellen.

Ressourcenspezifische stoffwirtschaftliche Nachhaltigkeit: Sie berücksichtigt den sparsamen Umgang mit Rohstoffen, die Verwendung nachwachsender Rohstoffe, die Wiederverwendung von Altbaustoffen und die Wiedereingliederung der Abfälle in den natürlichen Kreislauf

Energetische Nachhaltigkeit: Sie bezieht sich sowohl auf einen geringen Energieeinsatz zur Werkstoffbereitung (graue Energie), als auch auf den betriebsspezifischen Energieverbrauch

Nachhaltigkeit der Landschaftsentwicklung: Sie definiert den sparsamen Umgang mit Raum und Boden

Nachhaltigkeit des Einsatzes neuer Technologien: Sie beschreibt die Nutzung des technischen Fortschrittes in Bedachtnahme auf ökonomische, ökologische und toxikologische Zusammenhänge

Wirtschaftliche Nachhaltigkeit: Sie bewertet die Summe aus Errichtungs-, Betriebs-, Instandsetzungs-, Abbruchkosten- und Folgekosten.

Fasse ich diese Forderungen zusammen und prüfe mit ihnen aktuelle „Jahrhundertbauten“, so zeigen sich grobe Missverhältnisse. Die wesentlichen Säulen des nachhaltigen Bauens werden zu Gunsten kurzfristiger wirtschaftlicher Aspekte und inhaltsloser Formensprache missachtet.

Baukultur - Nachhaltigkeit - persönliche Verantwortung

Alle im Bausektor Aktiven haben die Möglichkeit und die Verpflichtung die Zeichen der „Bauzeit“ zu erkennen und diese verantwortungsvoll umzusetzen.

Ausbildung: Themenübergreifend den Stand der Wissenschaft, den Stand der Technik und die Regeln der Technik lehren und Wertbegriffe tradierter „Architekturschulen“ kritisch beleuchten

Bauämter: Kompetenz zeigen hinsichtlich der Nachhaltigkeitsthemen, Informationsnetzwerke und das bauspezifische Bürgerservice ausbauen

Gesetzgebung: Fernab persönlicher oder kurzfristig gesellschaftspolitischer

Vorteile zukunftsfähige Tendenzen forcieren bzw. unterstützen (Beispiel aus der Gegenwart - Haus der Zukunft des BMVIT). Vorausschauende Gestaltung und Abstimmung sich gegenseitig behindernder oder widersprechender Gesetze auf Landes- und Bundesebene (z.B. Mietrechtsgesetz, Baugesetze, Meldegesetz, Konsumentenschutzgesetz usw.)

Förderungen: Anpassung der Förderungsrichtlinien an nationale und internationale Vorgaben (z.B. CO2 - Reduktion, Agenda 21, Weißbuch der EU usw.) verantwortungsvolle Verteilung des öffentlichen Vermögens

Wettbewerbe: Ausschreibungen nach den Kriterien der Nachhaltigkeit verfassen, die über die architektonische Qualität hinausgehend umfassende energetische, technische und ökologische Kriterien beinhalten - ökonomische Prüfung der Entwürfe hinsichtlich der Erriichtungskosten, der Betriebskosten und der Entsorgungskosten.

Planung: Hinterfragen eigener Wertbegriffe und erhöhte Bereitschaft neue Werte (Werte der Nachhaltigkeit) in die Konzeptüberlegungen einbeziehen

Bausachverständige: Entsprechende Sorgfalt in der Prüfung des Neuen -

keine willfährige Unterstützung der z.T. bautechnischen Laien der regionalen Baubehörden 1. und 2. Instanz in ihrem oft kurzfristigen Bestreben aktuelle „Häuslbauerunkultur“ wie Gaupen und Erker als unumstößliche Wertbegriffe mit dem Argument „landschaftstypisch“ zu verteidigen.

Bauunternehmen: Innovativ handeln und Standards hinterfragen - Beispiel Fenster: Eine Branche von gegenseitiger Konkurrenz geplagt, erzeugt veraltete Produkte, die keiner mehr braucht - nur einige wenige Unternehmen entwickeln neuerdings energetisch und stoffökologisch sinnvolle Produkte

Baugenossenschaften / Bauträger: Zukünftige Betriebskosten stärker in die bautechnischen Überlegungen einbeziehen - Langzeitfinanzierung von erhöhter Bauinvestition wird durch niedrigere laufende Betriebskosten ermöglicht

Häuslbauer: Hausbauen ist eine Lebensentscheidung - deshalb intensive Informationen einholen und kompetenten, wirtschaftlich unabhängigen, Rat suchen (nicht beim „Zuckerbäcker“, beim „Zahnarzt“, beim angelernten „Maurer um`s Eck“ oder beim „Friseur“)

Das Ergebnis intensiver Beratung von Baufachleuten verschiedener Lobbies könnte sein:

Können wir uns ein Standardgebäude überhaupt noch leisten ?

Ist es nicht Aufgabe aller Bauschaffenden in verantwortungsvoller Weise das Ihrige zu unternehmen, um den Gedanken und Forderungen des nachhaltigen Bauens und Wirtschaftens zu entsprechen ? Wenn nun Energiesparen und Ressourcenschonung als baukulturell wertvoll anerkannt sind, möchte ich einige Werte definieren und Vorurteile aufheben:

Architektur - Jede auf Sparsamkeit bedachte Architektur ist geeignet Passivhaustechnologie umzusetzen. Sparsamkeit bedeutet letztlich in der Optimierung des Oberflächen- Volumsverhältnisses eine Minimierung der teuren gedämmten Gebäudehülle mit dem Nebeneffekt geringerer Transmissionswärmeverluste. Unter Bedachtnahme dieses Faktors ist eine vielfältige Formen- und Materialsprache in der Architektur gefordert, die geeignet ist die aktuellen Vorurteile gegen die ausschließliche „Holzkistenarchitektur“ zu entkräften.

Bautechnik - Holzbau und Massivbau (baustellengefertigt oder vorgefertigt) sind, wenn die technischen Erfordernisse erkannt und beachtet werden, gleichermaßen geeignet Passivhaustechnologie umzusetzen. Die minimalen bautechnischen Erfordernisse können wie folgt zusammengefasst werden: Wärmebrückenvermeidung, erhöhter Wärmeschutz, hochwertige passivhaustaugliche Fenster und Türen, weitgehend luftdichte Anschlüsse.

Gebäudedichtheit - Weder Baustoffe noch Menschen können durch die notwendige erhöhte Luftdichtheit Schaden nehmen. Der Glauben an „atmende“ Gebäudehüllen findet eine klare Antwort in der hohen Luftdichtheit von landläufig als „atmend“ geltenden Baustoffe wie Massivholz oder Ziegel. Tatsächlich können wir nur dort von einer durchlüfteten „atmenden“ Baustruktur sprechen, wo die Anzahl der Baufehler und Mängel in Form von undichten Bauteilanschlüssen und undichten Fenstern und Türen die Luftwechselrate beeinflusst. Diese Fehler sind jedoch mitverantwortlich für wesentliche Bauschäden und lufthygienische Probleme durch Schimmelpilze. Historische Gebäude bieten nur dann ein gutes Raumklima, wenn alle Elemente der ursprünglichen Planung beibehalten werden (offene Heizstelle, Undichtheit der Anschlussfugen, Kastenfenster, Energieüberschuss zur Beheizung der Wärmebrücken).

Haustechnik - noch ist Kompetenzmangel weitverbreitet

Zukünftig ist eine vereinfachte Haustechnik ein Einsparungspotential für Passivgebäude. Sowohl der Bedienungskomfort, als auch die Installationroutine für die automatische Lüftung mit Wärmerückgewinnung, kann als breientauglich angesehen werden. Der Vorwurf der Verkomplizierung und Technisierung ist zurückzuweisen.

Innenraumqualität

Durch die automatische Lüftung in Gebäuden der Passivhaustechnologie kann eine hygienische Belastung der Raumluft ausgeschlossen werden - die *Raumluftqualität* ist seriösen Studien zufolge, wesentlich besser als in konventionell gelüfteten Gebäuden. Dass die Anwesenheit von Schadstoffen die hygienisch erforderliche Luftwechselrate wesentlich mitbestimmt liegt auf der Hand. Je höher nun die durch diese Schadstoffe lufthygienisch notwendig gemachte Luftwechselrate ist, desto höher ist auch der Energieverbrauch. Daher, und insbesondere auch aus gesundheitlichen Gründen, müssen wir uns die Frage stellen, ob sich der Einsatz vordergründig billiger, aber oft schadstoffemittierender Baustoffe für den Innenausbau und die Ausstattung lohnt. Grundsätzlich ist von der Anwendung in ihrer Zusammensetzung nicht volldeklarerter Materialien abzusehen.

Informationen über „wohngesunde“ und umfassend bewertete Baustoffe sind in den baubiologischen Beratungszentren (Haus der Baubiologie in Graz und Institut für Baubiologie in Wien/Linz) und bei der österreichischen (nicht in der Stmk. vertretenen) Umweltberatung erhältlich.

Die hochwärmedämmte Gebäudehülle trägt mit ihren angenehmen Oberflächentemperaturen und der Zugluftfreiheit zur *Behaglichkeit* bei.

Zur umfassenden positiven Gestaltung der Innenraumqualität ist neben der Berücksichtigung klarer technischer/wissenschaftlicher Daten auch die Beachtung von Phänomenen notwendig, die über den Stand der Technik und der Wissenschaften hinausgehen.

Als wichtigster Begriff sind „störzonenfreie“ Schlafplätze und Arbeitsplätze, festlegbar durch verantwortungsvolle *radiästhetische Untersuchungen*, zu nennen. Ein weiterer Faktor ist die Harmonie der Funktion, der Struktur, der Farben und der Formen. Neben einer durchdachten funktionellen Raumaufteilung und einer guten Farbberatung ist die Einbeziehung „*feinstofflicher*“ *Harmonielehren*, wie die des „*Feng Shui*“ zielführend.

So einfach und beinahe selbstverständlich ist die „Passivhaustechnologie“....

Es ist beschämend wenig in Anbetracht der gewonnen Behaglichkeit, der Kostengünstigkeit und der Rücksicht auf uns nachfolgende Generationen.

Als Planer mit langjähriger Erfahrung in dieser Technologie ist es mir ein Anliegen Mut zu machen überkommene „Bauweisheiten“ kritisch zu betrachten, und sich - ebenfalls kritisch - einer neuen Baukultur zuzuwenden.

Jede Zeit hat ihre technischen und gesellschaftlichen Möglichkeiten. Das 21. Jahrhundert wird sich zunehmend um Energieeinsparung, Ressourcenschonung und CO₂ Reduktion bemühen.

Im Mittelpunkt dieser Bemühung im Bereich des Bauens steht das stoffökologisch optimierte Passivhaus. Diese zukunftsfähige Bauphilosophie ist es wert ein wichtiger Grundstein unserer Baukultur zu werden.

* Heribert Hegedys ist seit 1989 mit der Planung und Bauaufsicht von stoffflussorientierten Niedrigstenergiehäusern und Passivhäusern beschäftigt. Er leitet seit 1992 ein Planungs- und Entwicklungsbüro mit ausschließlichem bauökologischen Schwerpunkt. Darüberhinaus ist er Leiter des baubiologischen und bauökologischen Beratungszentrums „Haus der Baubiologie“ und als Bausachverständiger für Gemeinden in kommunalen Bewilligungsverfahren tätig.

CEPHEUS – (AN)GEMESSENE ERGEBNISSE

Dipl. Ing. Alexander Thür
AEE INTEC
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43-3112 / 5886-12, Fax: DW -18
E-Mail: a.thuer@aee.at

CEPHEUS – (AN)GEMESSENE ERGEBNISSE

Dipl. Ing. Alexander Thür
AEE INTEC
Feldgasse 19, A-8200 Gleisdorf
Tel.: +43-3112 / 5886-12, Fax: DW -18
E-Mail: a.thuer@aee.at

1 Überblicksauswertungen CEPHEUS-International

Im Rahmen von CEPHEUS wurde in den Ländern Deutschland, Schweiz, Frankreich, Schweden und Österreich an 14 Standorten über 200 Wohneinheiten im Passivhausstandard realisiert. Von über 100 Wohneinheiten in 11 Projekten in Deutschland, Österreich und der Schweiz liegen ausgewertete Messergebnisse aus dem ersten Betriebsjahr vor. Die wichtigsten Ergebnisse der übergreifenden Auswertung werden nachfolgend dargestellt. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Messergebnisse bei den meisten Projekten aus der ersten Heizperiode stammen bzw. die Wohnungen erst im Laufe dieser ersten Heizperiode bezogen wurden. Diverse Effekte wie das Austrocknen der Bauten, Inbetriebnahmeprobleme mit der Haustechnik bzw. das Benutzerverhalten im ersten Jahr in einem Passivhaus haben sicher zu einer Erhöhung der Werte geführt.

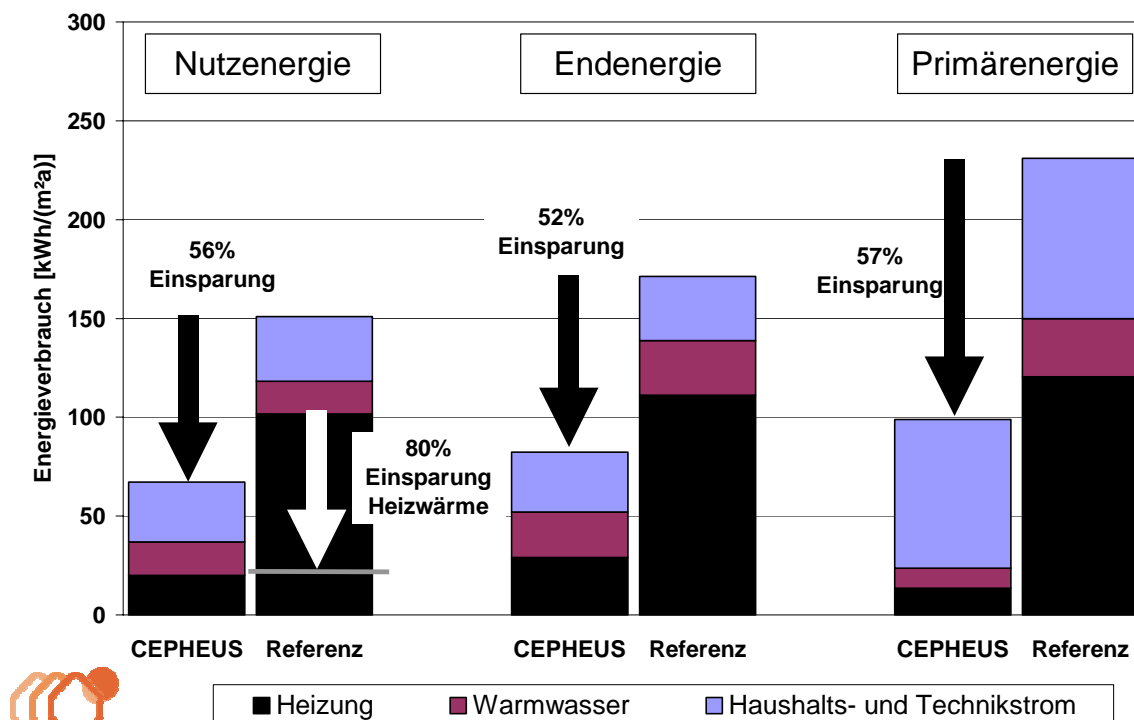


Abb. 1 Vergleich der CEPHEUS – Messergebnisse mit gerechneten Referenzobjekten

Abb. 1 zeigt die Gegenüberstellung für Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie von den Messergebnissen mit Referenzwerten. Diese Referenzwerte wurden den jeweiligen aktuellen, lokalen Bauordnungen entsprechend, für jedes Objekt ermittelt. Den größten Anteil an Einsparung macht erwartungsgemäß die Einsparung an Heizwärme aus. Der tatsächlich gemessene Heizenergieverbrauch ist in Abb. 2 dargestellt. Die sehr niedrigen

Werte unter 5 kWh/m²a stammen von noch ganz oder teilweise unbewohnten Wohneinheiten. Trotzdem ist bemerkenswert, wie groß die Streuung innerhalb eines Projektes sein kann. Wie am Beispiel Hörbranz in Abb. 14 noch erläutert wird, ist es besonders beim Passivhaus wichtig, die internen Lasten in ihren unterschiedlichen Größenordnungen in die Gesamtbeurteilung des Gebäudes mit einzubeziehen. Typischerweise ergibt sich dann eine deutliche Vergleichmäßigung des Bildes.

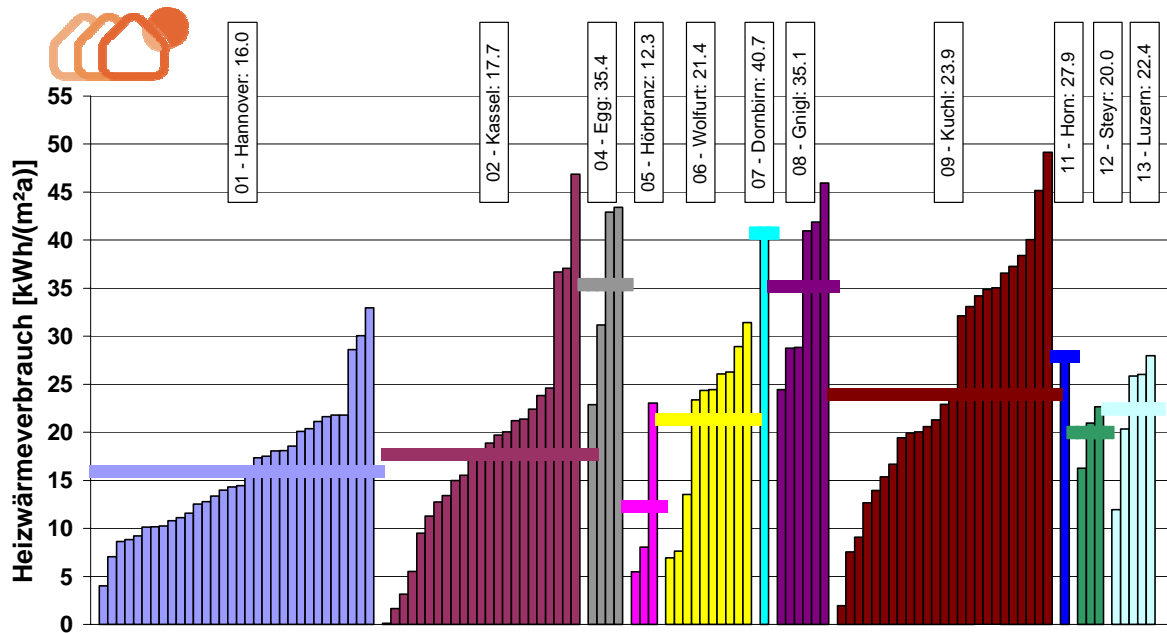


Abb. 2 Gemessener Heizenergieverbrauch der CEPHEUS Objekte im Winter 00/01

Ein weiterer Grund für die durchschnittlich erhöhten Heizenergieverbräuche ist in Abb. 3 zu erkennen. Es gibt in der Praxis nur sehr wenige Wohnungen welche die geplanten 20°C Raumtemperatur aufweisen, im Durchschnitt lagen die gemessenen Raumtemperaturen in den bewohnten Wohneinheiten zwischen 21 und 23°C.

Mittlere Raumtemperaturen in den CEPHEUS-Gebäuden (Nov-Feb)

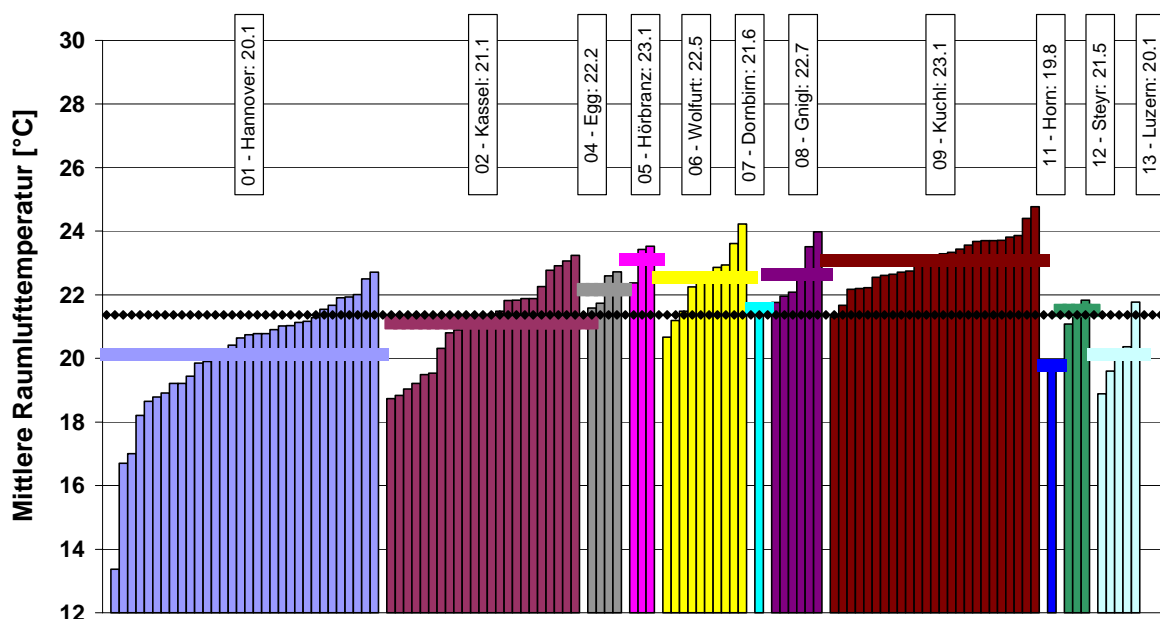


Abb. 3 Durchschnittsraumtemperaturen der CEPHEUS Objekte im Winter 00/01

2 Ergebnisse der österreichischen CEPHEUS-Projekte

Im Rahmen des CEPHEUS-Projektes wurden in Österreich an 9 Standorten Passivhäuser errichtet und mit einem Meßprogramm begleitet. Realisiert wurden 2 Einfamilienhäuser, 2 Reihenhäuser mit je 3 Wohneinheiten und 5 Mehrfamilienhäuser mit 4, 6, 8, 25 und 31 Wohneinheiten (WE). Entsprechend der Vielzahl an Planungsteams wurden die Projekte auch mit unterschiedlichsten Konzepten zur Energieversorgung ausgestattet. Ziel des Projektes war bzw. ist es, den Passivhaus-Standard von Pilotprojekten mit Forschungscharakter zu Routineprojekten in der Bauwirtschaft zu führen. Die im Rahmen von CEPHEUS realisierten Objekte wurden in der Planung und Realisierung fachlich begleitet und anschließend durch das CEPHEUS-Meßprogramm evaluiert. Neben der eigentlichen Aufgabe des Meßprogrammes, die charakteristischen Kenngrößen der Passivhäuser zu ermitteln und zu überprüfen, war es in vielen Fällen auch möglich, die Inbetriebnahme der Haustechnik zu unterstützen bzw. zu optimieren.

Dank nationaler Zusatzfinanzierung konnten bei einigen österreichischen Projekten sehr detaillierte Messungen gemacht werden, die es ermöglichten, das Betriebsverhalten von Teilkomponenten zu analysieren. Neben Luftvolumenstrom und Lufttemperaturen in der Lüftungsanlage wurden auch Teilstromverbräuche von Ventilatoren und Wärmepumpen sowie Raumtemperaturen und Raumfeuchten erfasst. Ebenfalls für Auswertungen zur Verfügung stehen bei mehreren Projekten alle hydraulischen Energieströme, die eine Bilanz-Analyse der Gesamtsysteme ermöglichen.

Interessante Ergebnisse wurden bei den Vergleichen von zentralen und dezentralen Energieversorgungskonzepten festgestellt. Dabei ergaben sich bei beiden Konzepten relativ gute wie auch weniger gute Ergebnisse speziell hinsichtlich der Systemverluste. Dies zeigen die starken Auswirkungen und die Vielfalt an Einflüssen bei Planung, Bau und Betrieb der Anlage deutlich. Auch das Benutzerverhalten trägt wesentlich zu

Energieverbrauch und Komfort bei. Neben Gesprächen mit den Bewohnern konnten auch die Auswertungen von Raumtemperatur und Raumfeuchte bzw. der Stromzähler Einblicke in das Verhalten des Gesamtsystems „Bewohner und Passivhaus“ geben.

Daten von 53 Wohneinheiten

Die zwei Projekte in Hörbranz und Wolfurt waren im Winter 2000/2001 bereits die zweite Heizsaison bewohnt. Alle anderen Projekte wurden erst zwischen Juni und Dezember 2000 fertiggestellt und bezogen. Damit ist klar, daß diese Messergebnisse auch den Inbetriebnahmewinter reflektieren und auf Grund diverser bekannter und unbekannter Einflüsse mit Verfälschungen gegenüber einem Standardbetrieb zu rechnen ist. Das Projekt Hallein wurde wegen extremen Verzögerungen erst ab März 2001 messtechnisch erfasst und bei diesen Ausführungen daher nicht berücksichtigt. Es werden daher nachfolgend die Messungen von insgesamt 53 Wohneinheiten an 8 Standorten behandelt. Für grundsätzliche Projektbeschreibungen wird auf den Beitrag von Helmut Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg (EIV), bzw. auf die CEPHEUS-Website des EIV (www.cephus.at) verwiesen.

Nachfolgend werden einige Diagramme gezeigt, die als Hüllkurven bezeichnet sind, diese sind folgendermaßen zu verstehen. Grundsätzlich werden Tageswerte zur Darstellung verwendet. Für jeden Tag wird der Mittelwert, das Maximum und das Minimum pro Tag aus allen 53 Werten ermittelt und diese drei Werte in einem Liniendiagramm dargestellt. Die Maximumlinie bzw. die Minimumlinie stellen damit die Hüllkurven aller Tageswerte dar. In Abb. 6 wurde zusätzlich die Grundgesamtheit von 53 WE in zwei Stufen auf 47 WE (90%) bzw. auf 37 WE (70%) nach folgenden Kriterien reduziert. Für die 90%-Linien wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum (November bis März) für jede Wohneinheit der Mittelwert gebildet und jene 5% Wohneinheiten welche den höchsten bzw. jene 5% die den niedrigsten Wert aufwiesen, eliminiert. Die verbleibenden Wohneinheiten wurden dann nach dem gleichen Prinzip mit täglich ermitteltem Mittelwert, Maximum und Minimum dargestellt. Analog wurden die Wohneinheiten für die 70%-Linien ermittelt.

2.1 Raumtemperatur, Raumfeuchte

In den österreichischen CEPHEUS-Projekten wurden grundsätzlich alle Wohneinheiten mit je einem Raumtemperatur- sowie Raumfeuchtefühler in den allgemeinen Wohnräumen ausgestattet. Das Ergebnis der Raumtemperaturen zeigt in Abb. 4 deutlich, daß von den geplanten 20 °C in der Praxis keine Rede sein kann. Die gemessenen Raumtemperaturen lagen zwischen den Extremen 19 °C und 26 °C, der Durchschnitt lag knapp unter 23 °C. Befragungen in einigen Objekten haben ergeben, daß auch im Winter diese hohen Temperaturen nicht unbedingt gewollt sind, Beschwerden wegen zu geringen Temperaturen gab es keine. Die Gründe für diese „winterlichen Überhitzungen“ sind noch nicht geklärt, dürften aber bei Einstellungsfehlern bzw. Bedienungsfehlern der Heizungsregelung zu suchen sein. Aber auch zeitweise hohe interne Lasten (siehe Stromverbrauch) oder die in manchen Projekten ausgeführten konventionellen „Reserveheizungen“ könnten eine Erklärung sein. So wurden beispielsweise in Kuchl neben der Luftheizung auch Radiatoren montiert, was in Summe das Potential eines sehr hohen Energieeintrages darstellt. Ob dieses hohe Leistungspotential entsprechend feinfühlig geregelt werden kann, ist fraglich und noch nicht untersucht.

CEPHEUS Hüllkurven Taussen und Tinnen, Tageswerte

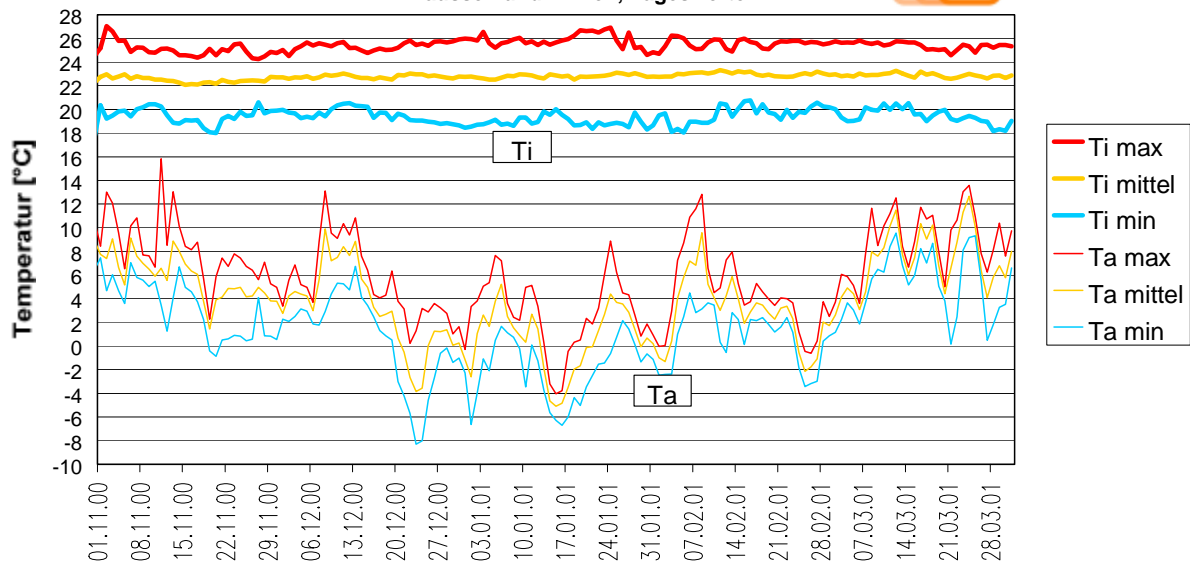
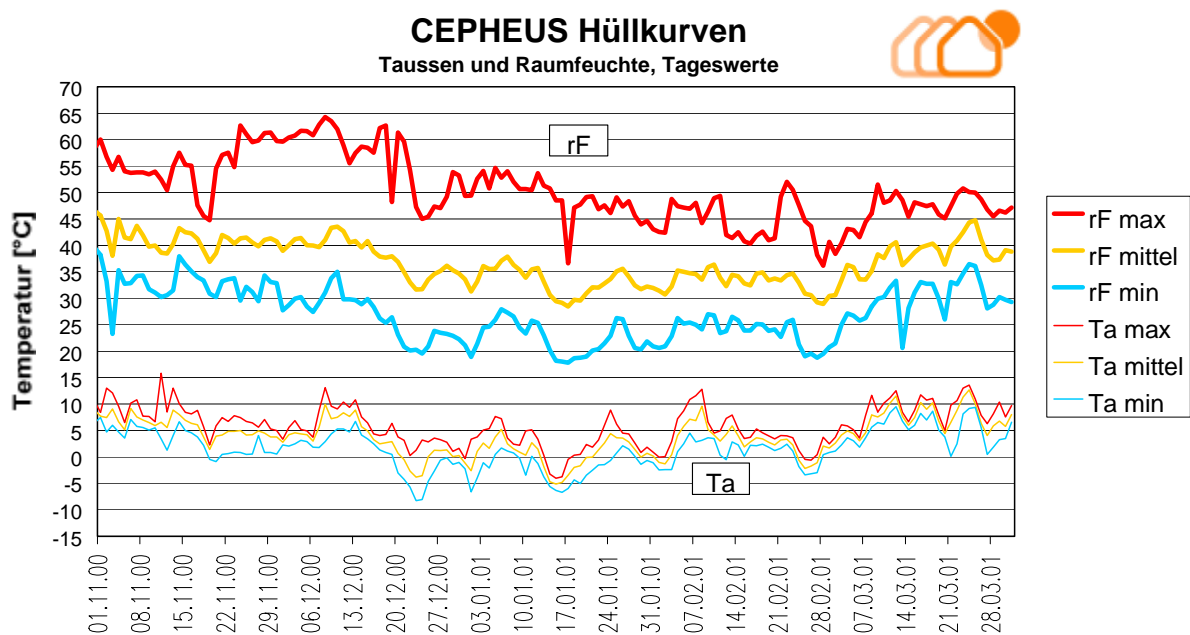


Abb. 4 Raumtemperaturen von 53 Wohneinheiten im Winter 00/01

Die Raumfeuchte, in Abb. 5 dargestellt, zeigt über den Winter den typischen Verlauf. Je niedriger die Außentemperatur ist, desto trockener wird die Luft. In der Regel waren die Feuchtigkeitswerte in der kältesten Periode zwischen 30% und 40%, an zwei Standorten wurden jedoch um einiges niedrigere Werte zwischen 20% und 30% relative Feuchte festgestellt. Es sind zwar die Raumtemperaturen an diesen zwei Standorten um eine Spur höher, aber eine generelle Überprüfung und gegebenenfalls Neueinstellung der Luftwechselraten könnte ebenfalls noch eine Verbesserung dieser Werte bringen. Grundsätzlich liegen die gemessenen Werte also im unteren aber den relativ hohen Raumtemperaturen entsprechend im zulässigen Bereich.



2.2 Interne Lasten, Stromverbrauch

Ein Blick auf die ermittelten Haushaltsstromverbräuche in Abb. 6 zeigt, daß im Mittel täglich rund 7 kWh pro Haushalt verbraucht wurden, was rund 300 W Dauerleistung entspricht. Extremverbräuche gingen über 35 kWh pro Tag bzw. über 1400 W Dauerleistung. Dies entspricht bereits in etwa der Nennheizlast einer durchschnittlichen Passivhaus-Wohneinheit.

Die Veränderung der Hüllkurven bei Streichung der Extremverbraucher läßt folgende interessante Interpretationen zu. Die unteren Hüllkurven zeigen, daß es einige wenige Haushalte gibt, die einen grundsätzlich sehr geringen Stromverbrauch haben, die Mehrheit (70%) aber einen Minimalverbrauch von rund 3 kWh am Tag aufweist. Dies entspricht einer Dauerleistung von 125 W.

Die oberen Hüllkurven zeigen, daß es typische Vielverbraucher sind, die auch für die extremen Tagesspitzen verantwortlich zeichnen. Die Gesamtheit um jene 8 (entspricht 15% von 53 WE) Haushalte reduziert, welche die höchsten Gesamtstromverbräuche über den Beobachtungszeitraum aufweisen, ergibt einen maximalen Tagesverbrauch von durchschnittlich nur mehr rund 15 kWh entsprechend 625 W Dauerleistung. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Durchschnittsverbrauch von 7 kWh/Tag mit 365 Tagen multipliziert auf ein Jahr hochgerechnet ca. 2500 kWh Jahresverbrauch bedeutet. Der Durchschnittsösterreicher benötigt vergleichsweise dazu zwischen 3500 und 4000 kWh/a.

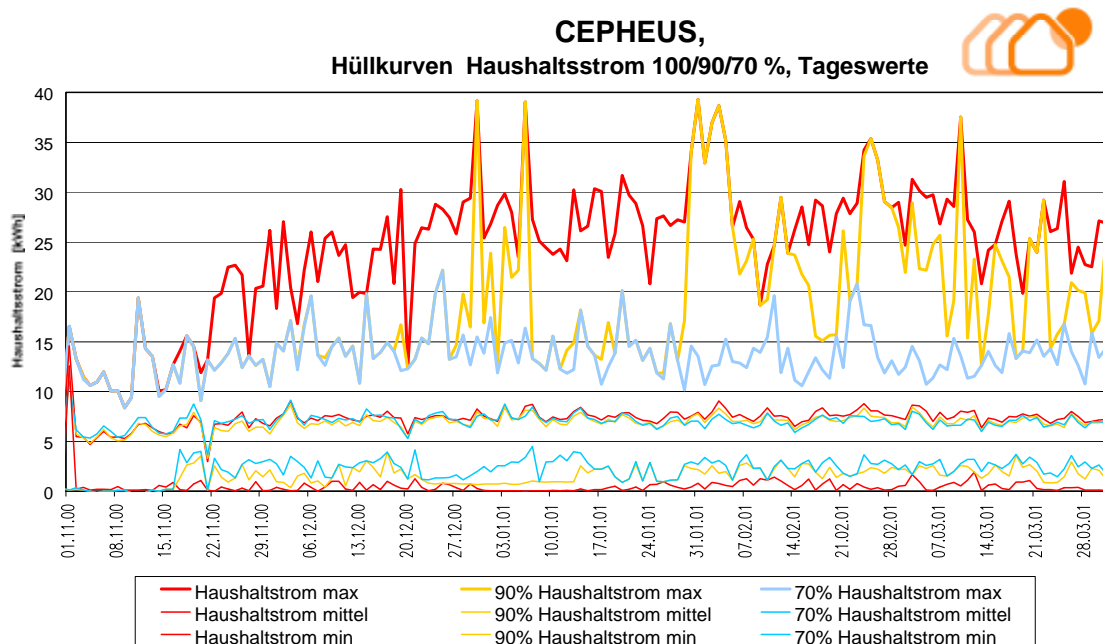


Abb. 6 Stromverbrauch pro Wohneinheit in den 53 Wohneinheiten im Winter 00/01

2.3 Das Passivhaus – ein Solarhaus?

Grundsätzlich könnte man bei den sehr gut gedämmten Passivhäusern davon ausgehen, daß die typischerweise hohe solare Einstrahlung an sehr kalten Tagen einen positiven Einfluß auf den Heizenergieverbrauch haben sollte. Dieser Effekt ist beispielsweise in Hörbranz in Abb. 7 sehr schön zu sehen, in Egg in Abb. 8 aber ist der Effekt sogar eher entgegengesetzt.

Inwieweit dies auf die Regelung oder auf das Benutzerverhalten zurückzuführen ist, kann zum momentanen Zeitpunkt noch nicht beurteilt werden. Auf jeden Fall auffällig ist die Tatsache, dass in Egg bis in den Sommer hinein ein Heizenergieverbrauch registriert wurde, was auch in Abb. 8 an den vielen Punkten über einer Tagesmitteltemperatur von 15 °C erkennbar ist. Da bei der Planung von Passivhäusern grundsätzlich mit der Nutzung der passiven solaren Erträge gerechnet wird, sollte versucht werden für dieses Verhalten in diesem Projekt eine Erklärung in der nächsten Heizperiode zu finden.

05 - Austria, Hörbranz: Mittlere Tagesheizleistung

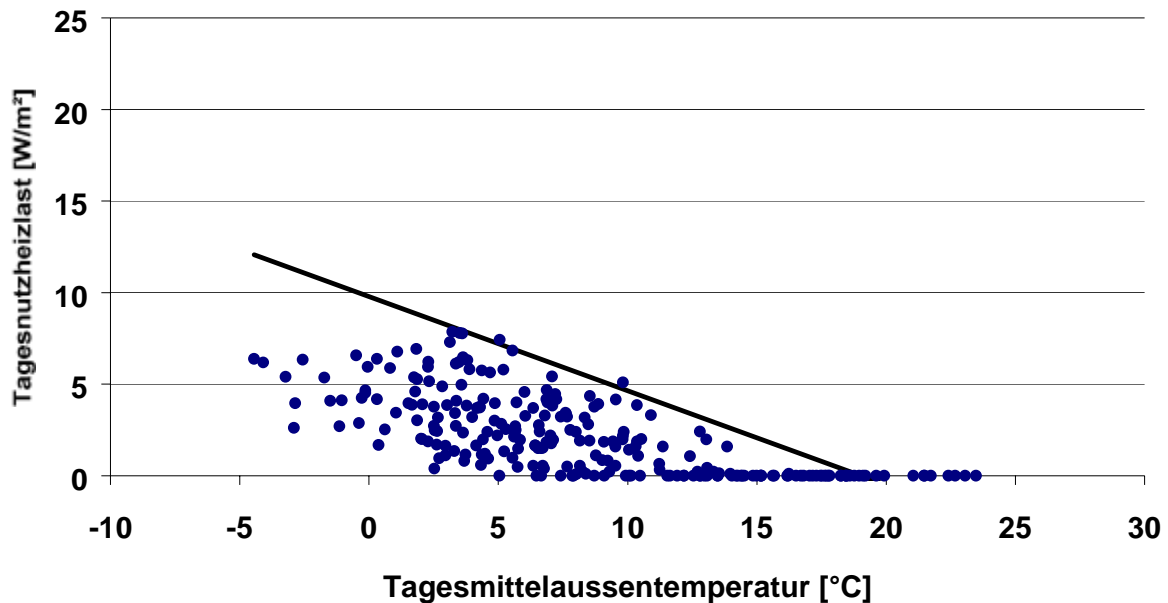


Abb. 7 Durchschnittliche Tagesheizleistung der 3 Reihenhäuser in Hörbranz im Winter 00/01 (Daten von Okt.00 bis Jun.01)

4 - Austria, Egg: Mittlere Tagesheizleistung

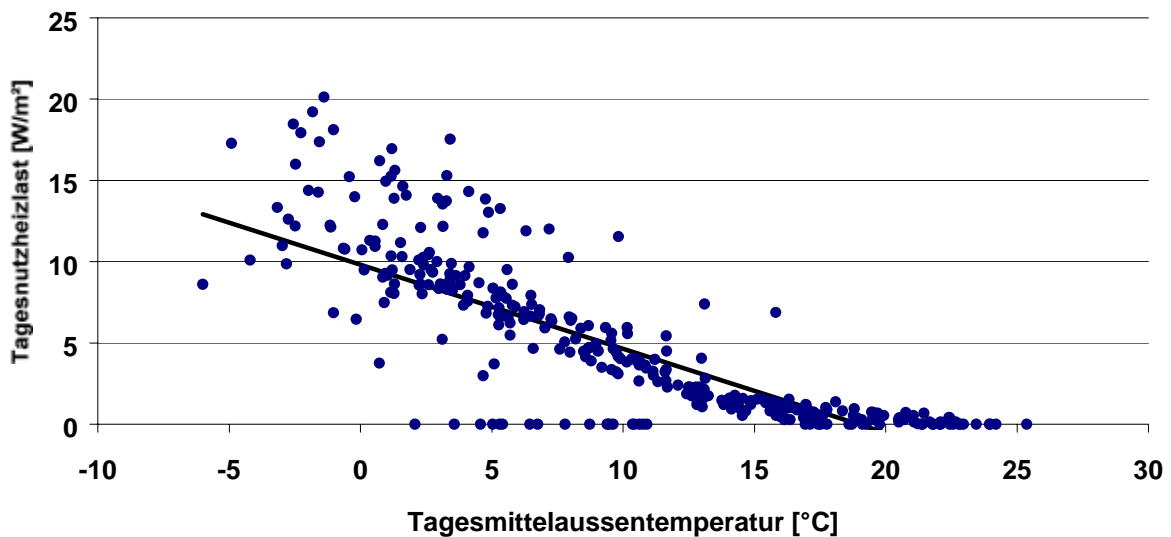


Abb. 8 Durchschnittliche Tagesheizleistung der 4 Wohneinheiten in Egg im Winter 00/01 (Daten von Okt.00 bis Jun.01)

2.4 Zentrale Heizanlagen

Bei allen Projekten mit mehr als 3 Wohneinheiten wurde das Warmwasser und die Heizenergie zentral mittels Pelletskessel oder Wärmepumpe und unterstützt von einer

Solaranlage bereitgestellt. Solche zentrale Anlagen bergen grundsätzlich das Problem relativ hoher Verteilverluste in sich. Beim Passivhaus verschärfen sich die Randbedingungen dahingehend, daß die Energieströme sehr klein sind und damit der Dämmaufwand sehr groß wird, um die Verluste prozentuell gleich niedrig zu halten wie bei konventionellen Bauten. Die Beispiele Wolfurt I und Wolfurt II zeigen diesen Effekt im Jahresverlauf sehr gut (Abb. 9 und Abb. 10). Die Systemverluste (Speicher-, Heizvertei- und Zirkulationsverluste) über ein Jahr sind in Wolfurt mit 39% und 32% der Gesamtenergiezufuhr (Kessel und Solar) bei Berücksichtigung nachgewiesener Mängel der Leitungsdämmung akzeptabel aber auch noch verbesserbar.

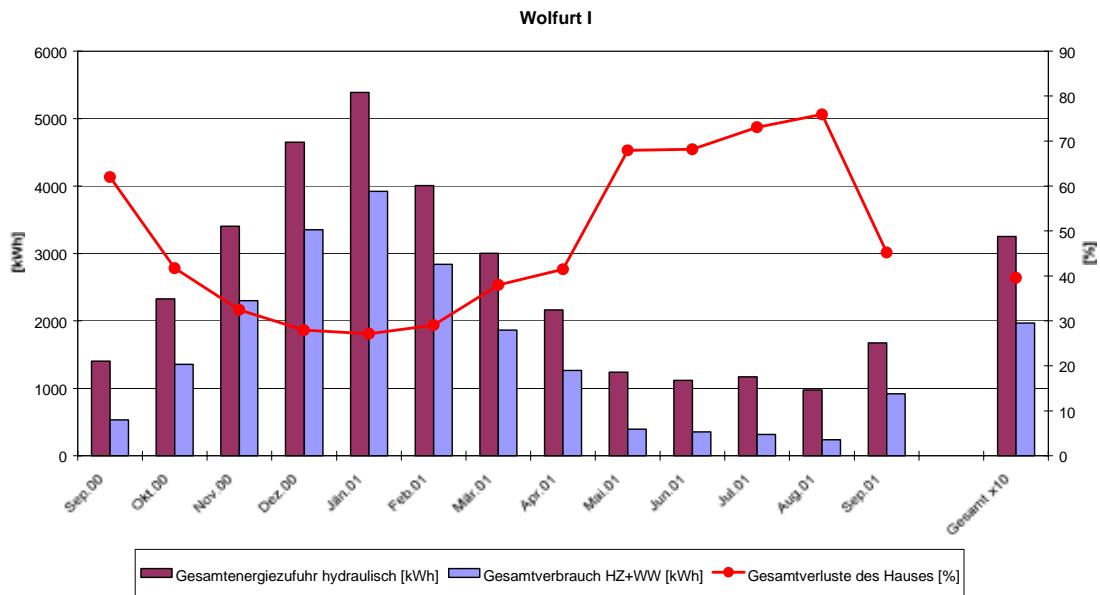


Abb. 9 Energiebilanz der thermischen Energieversorgung in Wolfurt I

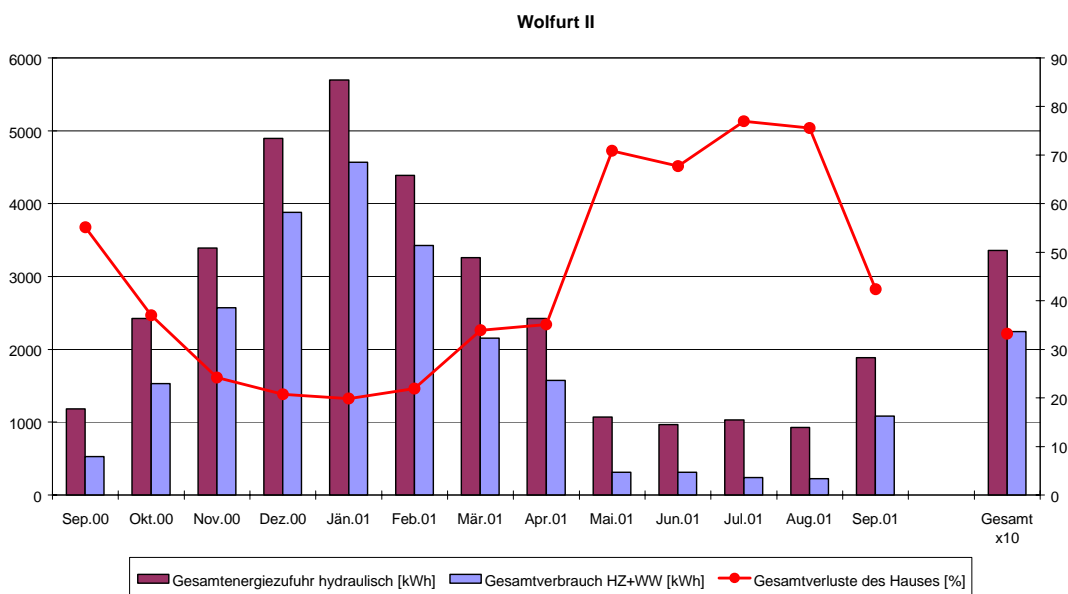


Abb. 10 Energiebilanz der thermischen Energieversorgung in Wolfurt II

In Kuchl wurden von Jänner bis September 63% Systemverluste ermittelt. Neben diesen sehr hohen Verlusten ist beachtenswert, daß sich die Verluste über die Monate ähnlich entwickeln wie die Gesamtenergiezufuhr, wie in Abb. 11 ersichtlich. Eklatant ist der Unterschied zu Wolfurt in den Sommermonaten Juni und Juli. In Kuchl sinken die Verluste prozentual im Gegensatz zu Wolfurt, wo die Verluste im Sommer wie zu erwarten steigen. Besonders da es sich in Kuchl um ein Zweileiternetz mit dezentralen Warmwasserspeichern handelt, ist dieser Sachverhalt vorerst noch nicht plausibel erklärbar. Eine weitere Beobachtung bzw. Analyse des Betriebes sollte hoffentlich noch Erkenntnisse bringen.

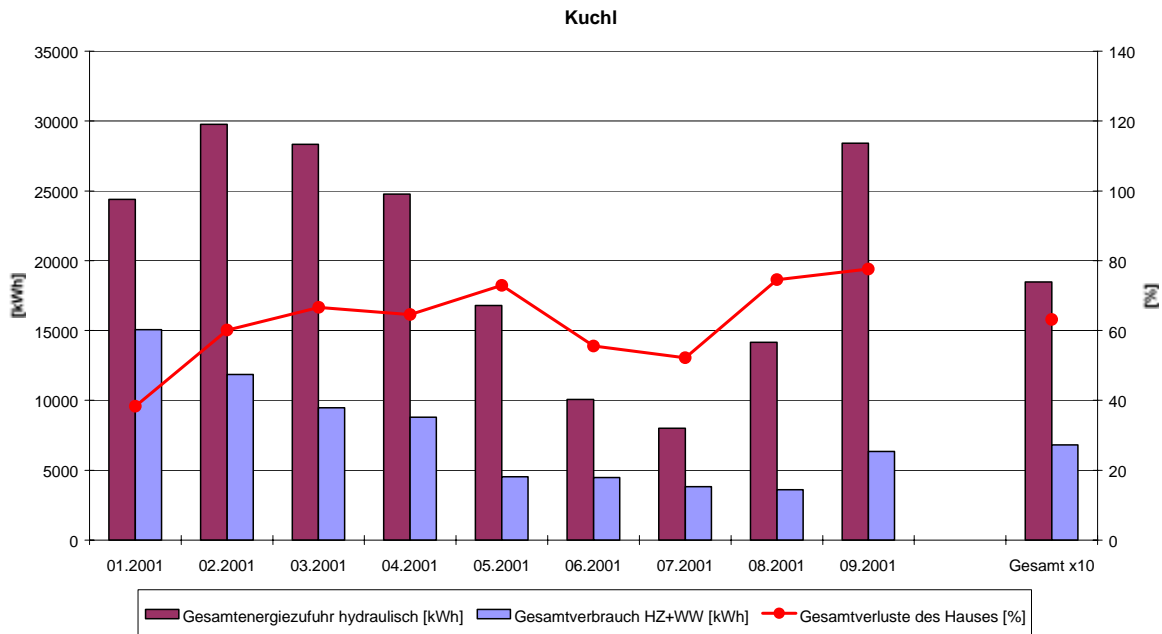


Abb. 11 Energiebilanz der thermischen Energieversorgung in Kuchl

2.5 Dezentrale Energieversorgung

Bei den Einfamilienhäusern bzw. Reihenhäusern der österreichischen CEPHEUS-Projekte kamen unterschiedlichste Energieversorgungskonzepte zum Einsatz. Die Heizsysteme waren immer vollkommen eigenständige Systeme pro Wohneinheit. Mit dem realisierten Meßkonzept können nachfolgend vier Wohneinheiten auf ihre Effizienz hin untersucht werden. Zwei Wohneinheiten in Hörbranz sind mit je einer Luft-Luft-Wärmepumpe zur Heizenergieversorgung bzw. einer Warmwasserbereitung mittels Solaranlage und Elektroheizpatrone ausgestattet. Eine Wohneinheit in Steyr wird von einer Gastherme direkt über einen Wasser-Luft-Wärmetauscher beheizt. Das Warmwasser wird von der Solaranlage bzw. ebenfalls der Gastherme erwärmt. Die vierte Wohneinheit (in Hörbranz) hat einen zentralen Pufferspeicher der von einer Gastherme sowie einer Solaranlage beladen wird. Aus dem Pufferspeicher wird ebenfalls über einen Wasser/Luft-Wärmetauscher die Zuluft zur Wohnraumbeheizung bzw. der Warmwasserspeicher über einen internen Wärmetauscher erwärmt.

In Abb. 12 sind deutlich die zwei Klassen im Primärenergieverbrauch zu erkennen. Die Luft-Luft-Wärmepumpenanlagen haben ein Verhältnis von Primärenergie zu Nutzheizenergie von 0,7 bzw. 0,76 während die Gasthermen mit 1,44 bzw. 1,39 ca. doppelt so hohe Werte aufweisen. Der verwendete Primärenergiefaktor für Strom beträgt

2,5 und für Gas 1,15. Die Luft-Luft-Wärmepumpe sind also fast um den Faktor 2 effizienter bei der Versorgung der Häuser mit Heizenergie als die Gasheizungen.

Heizsysteme im Vergleich

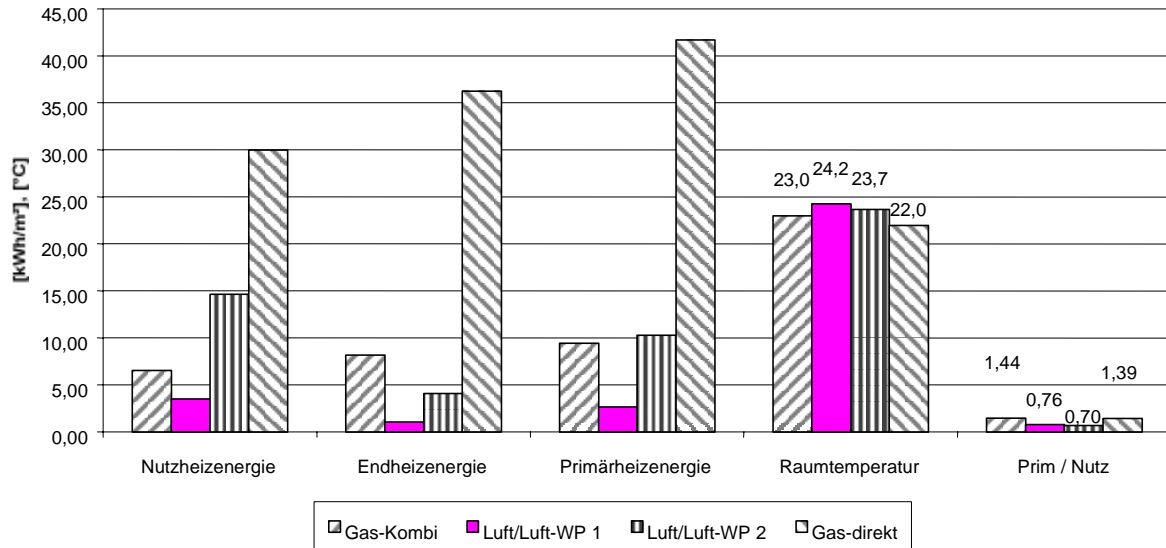


Abb. 12 Vergleich unterschiedlicher Energieversorgungssysteme an Hand der Kennzahl Primär- zu Nutzenergieaufwand

2.6 Energieverbräuche und Nutzerverhalten am Beispiel Hörbranz

Das folgende Beispiel zeigt am Vergleich von drei Wohneinheiten eines Reihenhausprojektes in Hörbranz die ziemlich große Spannweite, in welcher sich die Heizenergie-Verbrauchskennwerte bei sehr ähnlichen Randbedingungen bewegen können. Abb. 13 zeigt die gemessenen Nutzheizenergieverbräuche über den Winter 2000/2001. Der eklatante Unterschied zwischen Haus A und Haus C (beides Randhäuser) stimmt vorerst bedenklich, da die Raumtemperaturen nur unwesentlich abweichen und auch mittels Infrarotaufnahmen keine Baufehler zu entdecken waren.

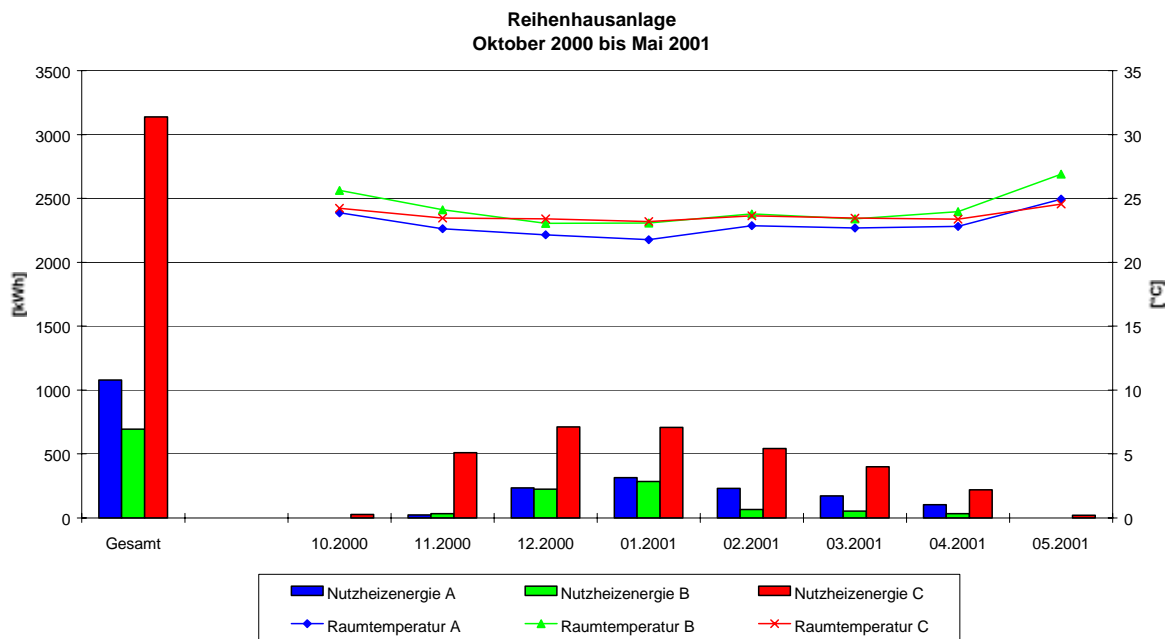


Abb. 13 Nutzheizenergieverbrauch in der Reihenhausanlage Hörbranz im Winter 00/01

In Abb. 14 werden nun zusätzlich die internen Lasten in Form des Haushaltstromverbrauches bzw. des Kochgases (nur in Haus A) berücksichtigt. Es zeigt sich dann ein absolut plausibles Verhalten der drei Häuser. Das Haus B als Mittelhaus profitiert natürlich von seiner Lage zwischen den beiden anderen Häusern, zusätzlich ist aber die Nordseite auch noch durch einen abgeschlossenen Vorraum thermisch geschützt, was den Minderverbrauch zusätzlich verstärkt.

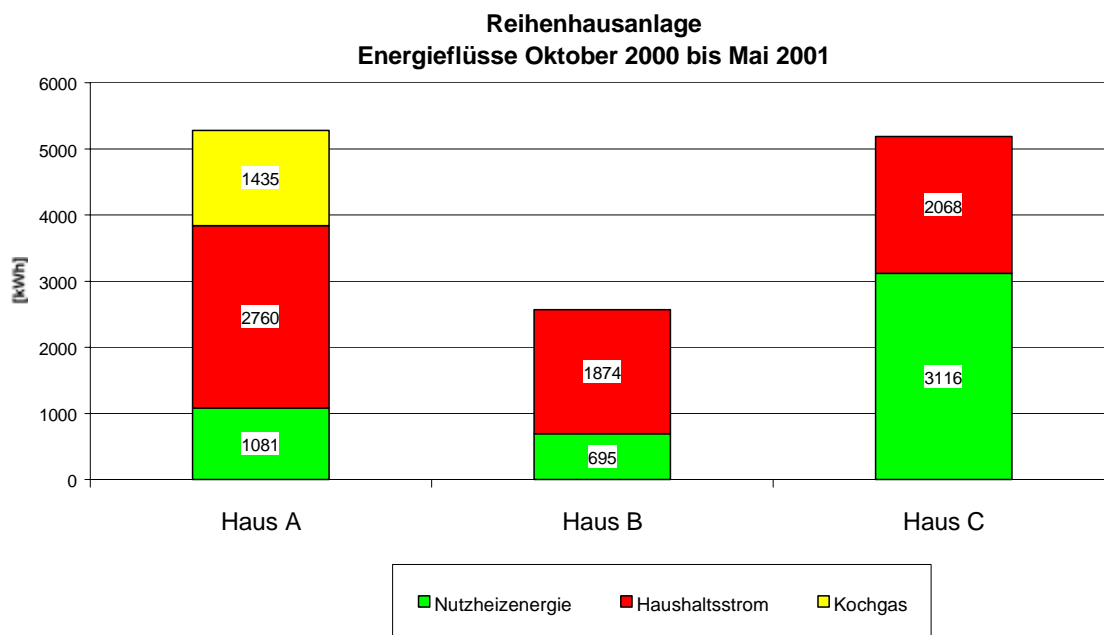


Abb. 14 Gesamtenergiezufuhr in die Häuser der Reihenhausanlage Hörbranz im Winter 00/01

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich wie stark das Benutzerverhalten sich auf das Ergebnis eines Kennwertes auswirken kann. Ein vorschneller Vergleich der Häuser A und C nur an Hand des Nutzheizenergieverbrauches würde Haus A als das um fast einen Faktor 3 bessere Haus erscheinen lassen. Erst die gesamtheitliche Betrachtung mit den internen Lasten zeigt, daß Haus A zu einem großen Teil mittels Stromdirektheizung (durch den hohen Haushaltsstromverbrauch) heizt, während Haus C dank Luft-Luft-Wärmepumpe sogar einen wesentlich geringeren Endheizenergieeinsatz aufweist als Haus A, welches mittels Gasterme beheizt wird. Auch in der Gesamtprimärenergiebilanz hat Haus C einen um 20% niedrigeren Verbrauch als Haus A.

3 Literatur

Tagungsband der Passivhaustagung 2002 in Basel, Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie, CH-4132 Muttenz, <info@fhbb.ch>

CEPHEUS-Homepage: www.cepheus.at

Homepage des Passivhausinstitut in Darmstadt: www.passiv.de

PASSIVHAUSTECHNIK – SYSTEME FÜR KOMFORT UND ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRAXIS

Christof Drexel
Drexel und Weiss Energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH
Kennelbacherstraße 36
6900 Bregenz

PASSIVHAUSTECHNIK – SYSTEME FÜR KOMFORT UND ENERGIEEFFIZIENZ IN DER PRAXIS

Christof Drexel
Drexel und Weiss Energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH
Kennelbacherstraße 36
6900 Bregenz

1.1 1 Die Basis der Passivhaustechnik: automatische Komfortlüftungen

In der Regel sind es energetische Gründe, die zur Entscheidung für eine Wohnraumlüftungsanlage führen. In den meisten Fällen bewertet der Nutzer nach den ersten Betriebsmonaten den erlangten Wohnkomfort aber deutlich höher: gesteigerte Luftqualität durch permanente Frischluftzufuhr; keine Zugerscheinungen durch eintretende Kaltluft; angenehmes Temperaturempfinden durch das Wegfallen von kalten Oberflächen; all dies trägt zu höherer Lebensqualität bei. Beleuchten wir darum zunächst die Komfortparameter genauer:

1.1.1 Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit in Innenräumen ist im wesentlichen durch folgende Faktoren geprägt:

- Lufttemperatur
- Wärmestrahlung der umgebenden Bauteile
- Luftgeschwindigkeit
- Relative Feuchtigkeit der Luft

Das Produkt dieser Faktoren ist dafür verantwortlich, ob Behaglichkeit gegeben ist, oder nicht: eine Lufttemperatur von 23°C kann sehr unbehaglich sein, wenn umgebende Bauteile kalt sind und eine Raumlufthgeschwindigkeit von 30 cm/s herrscht.

Diese Zusammenhänge sind auch für die konventionelle Heizungstechnik in konventionellen Gebäude verantwortlich: schlechte U-Werte von Außenbauteilen verursachen niedrige Oberflächentemperaturen im Rauminnen, Radiatoren mit hoher Oberflächentemperatur müssen diese Strahlungsverluste kompensieren. An besonders kalten Flächen (Fenster mit U-Werten von 1,5 bis 3 W/m²K) fällt kalte Luft ab und verursacht höhere Raumlufthgeschwindigkeiten; aus diesem Grund wird die Wärmequelle darunter platziert.

Das Passivhaus packt sozusagen das Übel an der Wurzel: durch extrem gute U-Werte werden Strahlungsasymmetrien genauso verhindert, wie Zugerscheinungen durch abfallende Kaltluft. Ab diesem Zeitpunkt spielt der Ort der Wärmeeinbringung keine Rolle mehr – die kleine verbleibende Wärmemenge kann dort eingebracht werden, wo sich gerade ein Zuluftauslaß befindet. Der wiederum verursacht aufgrund seiner induktiven Wirkung eine schnelle Vermischung von Zu- und Raumlufth, sodaß Temperatur und Luftgeschwindigkeit nach kurzer Strecke abgebaut sind. Im Aufenthaltsbereich sind nur mehr Geschwindigkeiten von <10 cm/s meßbar.

Auf die relative Luftfeuchtigkeit hat diese Art der Wärmeeinbringung wiederum keinen Einfluß: auch in einem konventionell belüfteten Gebäude muß die für die Hygiene erforderliche Luftmenge von draußen herein transportiert werden – eine bestimmte Luftmenge mit einer absoluten Feuchtigkeit von x g/kg trockener Luft tritt durch Fensterlüftung in das Gebäude und erwärmt sich dort. Der absolute Gehalt an Feuchtigkeit kann nicht zunehmen, weshalb der relative Anteil sinkt. Nichts anderes passiert beim Einsatz einer Komfortlüftung – unabhängig davon, ob die Zuluft nachgeheizt wird oder nicht. Kompensation bietet in konventionellen wie in Passivhäusern der Mensch mit seiner Feuchtigkeitsabgabe, die Küche, die Dusche, das Bad; aber auch Pflanzen oder zu trocknende Wäsche. Bei Gebäuden mit kleiner Personendichte oder geringer Anwesenheit sind manchmal zusätzliche Maßnahmen nötig (poröse, wassergefüllte Gefäße; Luftbefeuchter; etc.).

1.1.2 Die Luftqualität

Eine automatische Komfortlüftung hat neben dem energetischen einen – für den Nutzer – viel wesentlicheren Effekt: die Konstanthaltung der Luftqualität. Der Komfort unterscheidet sich dabei nicht dadurch, daß die Fenster nicht mehr geöffnet werden müssen. Vielmehr ist die Luftqualität im zeitlichen Mittel viel höher. Eine Fensterlüftung wird dann „aktiviert“, wenn der Fühler (die Nase) einen Anstieg der Schadstoffe über die Grenze des Wohlbefindens meldet. Zu diesem Zeitpunkt ist also die Luft bereits schlecht.

Die Empfehlungen, stündlich 10 Minuten lang quer zu lüften sind genauso bekannt wie unmöglich in der Realisierbarkeit. Doch es geht noch weiter: was macht das berufstätige Ehepaar nach der morgendlichen Dusche: Feuchtigkeit raus über das dann ganztägig gekippte Fenster? Nein; die Feuchtigkeit bleibt also und nagt langsam aber konsequent an der Bausubstanz.

Oder das Schlafzimmer: bei geschlossenem Fenster steigt der CO₂-Gehalt auf bis zu 3000 ppm. Die Pettenkofer-Grenze (1000 ppm) wird erst einige Stunden nach dem Öffnen des Fensters wieder unterschritten – also dann, wenn der Raum längst nicht mehr benutzt wird. Sicher sind viele Menschen gewohnt, bei gekipptem Fenster zu schlafen, aber komfortabel ist es nicht. Der Gedanke, nur im kalten Raum gut zu schlafen, kommt aus der Assoziation von kalter mit frischer Luft. Klar – seit Generationen ist die Luft nur dann frisch, wenn sie auch kalt ist; zumindest im Winter. Doch wir sind keine „Saisonschläfer“, auch im Sommer können wir bei 20°C wunderbar schlafen. Vielleicht etwas leichter bekleidet und weniger zugedeckt. Wen stört´s, wenn das auch im Winter möglich ist?

1.2 2 Daraus resultierende Anforderungen an automatische Komfortlüftungen

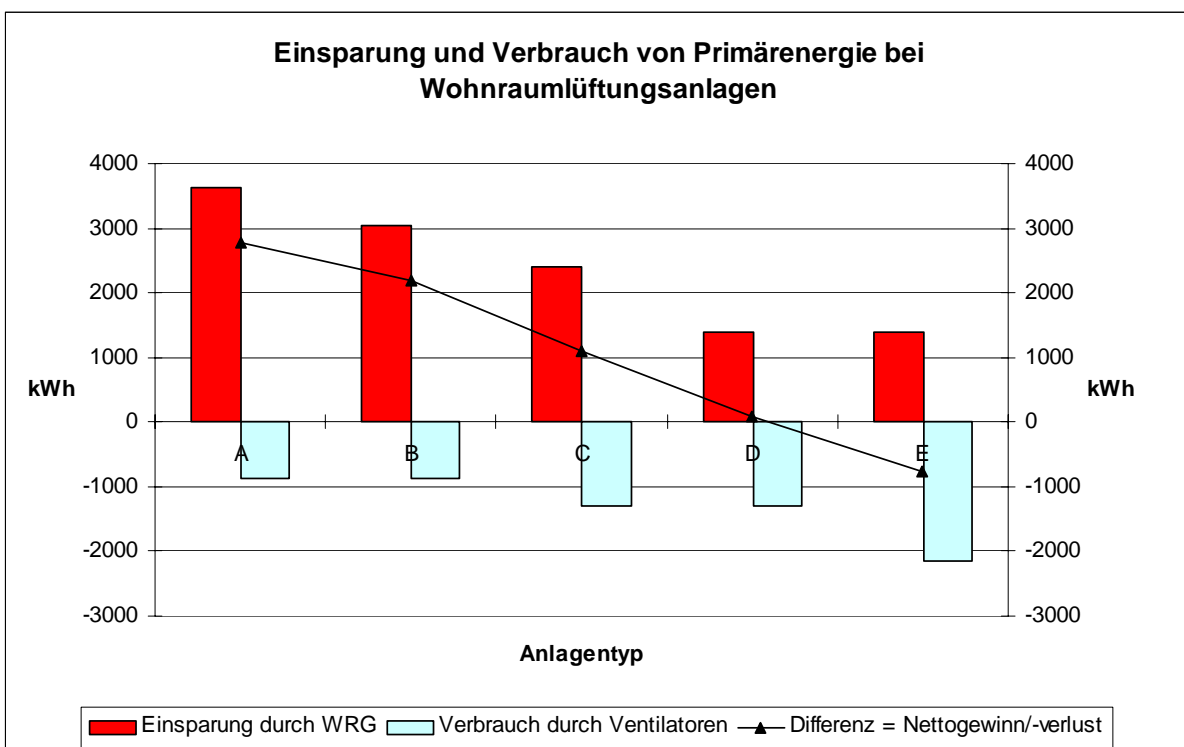
Welche Kriterien muß eine WRL erfüllen, damit sie überhaupt Sinn macht? Gehen wir davon aus, daß mit dem Einbau einer solchen Anlage zwei Ziele verfolgt werden: Erhöhung der Luft-, resp. Wohnqualität und Verringerung des Energieverbrauchs (idealerweise mit einer Senkung der Betriebskosten verbunden). In Bezug auf die Energieeffizienz heißen die relevanten Parameter zunächst einmal Wärmebereitstellungsgrad und Stromverbrauch der Ventilatoren. Die Bandbreite reicht hierbei von 0-95% und von 0,3 bis 1 W pro beförderten m³/h. Nun wissen wir, daß das theoretische energetische Einsparpotential durch den Einsatz einer WRL bei ca. 30 kWh/m²_{WNFA} liegt (eine dichte Gebäudehülle mit $n_{L50} < 1$ vorausgesetzt); bei einem EFH mit

130 m²_{WNF} also 3900 kWh/a. Vergleichen wir nun fünf typische Anlagenkonfigurationen, vom hochwertigen Gerät mit ca. 90% Wärmebereitstellungsgrad (also Gegenstromtauscher), einer Stromeffizienz von 0,4 Wh/m³ und sehr guten Komfortparametern (Schall, Filter, Dichtheit, etc.) bis zum Billigstgerät wie vor 15 Jahren: Kreuzströmer (50%) und Wechselstromventilatoren (1,0 Wh/m³). Außer „Luft rein – Luft raus“ kann das Gerät nichts.

1.2.1 Anlagenvergleich in Bezug auf die Primärenergieeinsparung

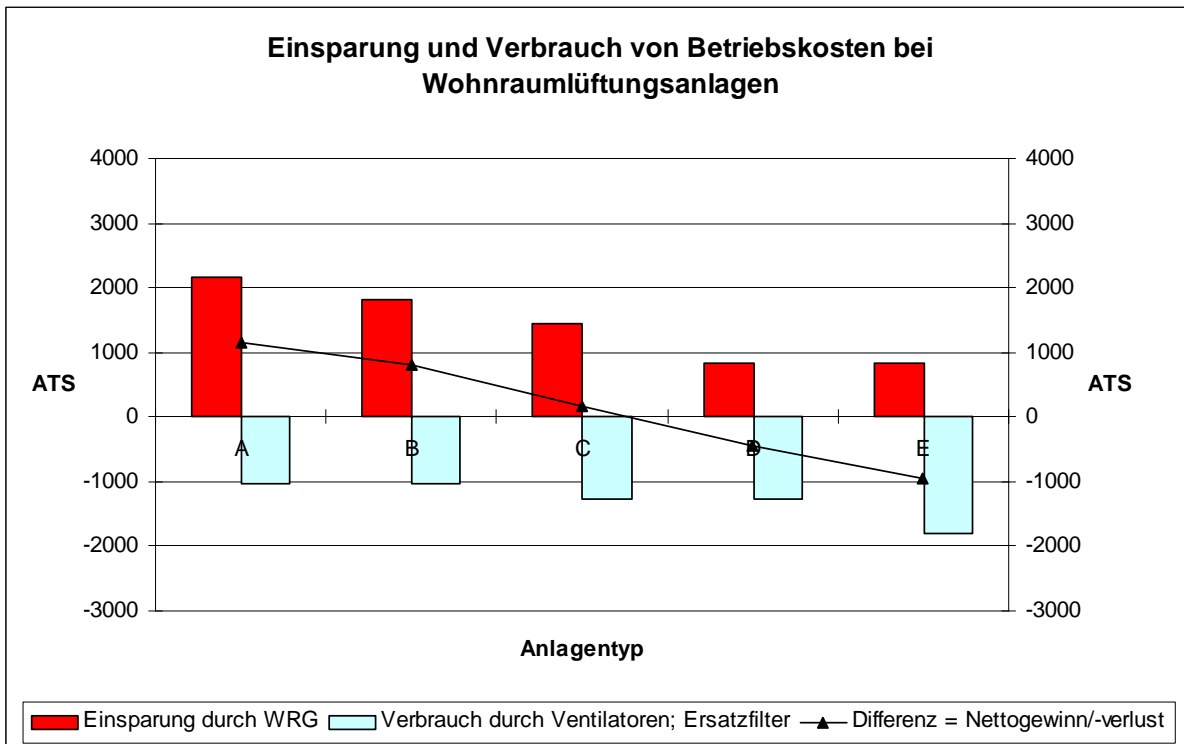
Bauen wir also diese 5 Anlagen in ein EFH mit 130 m² Wohnnutzfläche ein und betreiben sie mit einer mittleren Luftmenge von 150 m³/h. Ein Erdreichwärmetauscher zur Luftvorwärmung wird der Einfachheit dieses Exempels halber nicht installiert. Eine Betrachtung der Primärenergie ermöglicht einen sinnvollen Vergleich der verschiedenen Endenergiearten: spart man sich bspw. auf der Öl- oder Gasverbrauchsseite Energie ein, so ist das (bis auf eventuelle Leitungsverluste) Primärenergie. Wird Strom in kalorischen Kraftwerken erzeugt, so kann von einem Gesamtwirkungsgrad von 33% ausgegangen werden, von einem „Primärenergiefaktor“ von 3 also.

Im nachfolgenden Diagramm sind nun die Einsparungen (Gas oder Öl) den Stromverbräuchen primärenergetisch gegenübergestellt und aufbilanziert. Schnell wird ersichtlich, daß ein Wärmebereitstellungsgrad unter 75% wenig Sinn macht. Eine Volumenstrom- (oder noch besser Massenstrom-) Balance ist nur bei A und B möglich.; das Fehlen kostet im Mittel 5 kWh/m²a.



1.2.2 Anlagenvergleich in Bezug auf die Betriebskosten

Dieser Vergleich ist dem ersten sehr ähnlich, da wir im Mittel von einem Wärmepreis von 60 gr/kWh und einem Strompreis (Winter) von ATS 1,80/kWh ausgehen, und somit mit demselben Faktor wie bei der Primärenergie rechnen können. Hinzu kommen nur jährliche Fixkosten für die Filterwechsel, die der Einfachheit halber bei allen Anlagen mit ATS 500,- angesetzt werden.



Die finanziellen Einsparungen fallen aufgrund der immer noch sehr niedrigen Energiepreise grundsätzlich moderat aus; beim Typ C sind sie allerdings kaum mehr vorhanden; bei D und E handelt es sich gar um jährliche Verluste.

1.2.3 Der Komfortaspekt

Schall: das Ziel, den Unterschied zwischen EIN und AUS der Lüftungsanlage nicht zu kennen, ist zwar ein anspruchsvolles, aber auch ein erstrebenswertes. Pioniere der Passivhausbewohner setzten die Latte sicher niedriger, als die Masse, die heute angesprochen werden soll. Eine maximale Zufriedenheitsrate ist nur bei Berücksichtigung aller Komfort-Aspekte möglich: wo keine Verbesserung gegenüber dem bekannten Wohnen möglich ist, darf zumindest kein Rückschritt erfolgen. Für diese Qualität ist hauptsächlich das Lüftungsgerät verantwortlich, aber natürlich auch der Fachplaner und auch das ausführende Unternehmen.

- Hygienische Zuluft: durch den Einsatz der Filterklasse F6 gelangt die Außenluft in jedem Fall „sauber“ in den Raum, als sie es über geöffnete Fenster würde. Eine hohe, nachgewiesene interne Dichtigkeit des Gerätes ist aber erforderlich, um Falschlufströme und damit verbundene Geruchsbelästigungen ausschließen zu können.

Aus diesem Blickwinkel lassen sich folgende Eckpunkte als Garant für die Sinnhaftigkeit einer Wohnraumlüftung formulieren:

- Wärmebereitstellungsgrad 75-90%
- Gesamte Leistungsaufnahme der Ventilatoren inkl. Umwandlungsverluste $<0,4 \text{ Wh/m}^3$
- Sehr niedrige Schalleistungspegel an den Anschlußstutzen und am Gehäuse
- Interne Undichtigkeit $<5\%$ bei 100 Pa Differenzdruck
- Getrennt einstellbare Volumenströme für Zu- und Abluft
- Automatische Massen- oder zumindest Volumenstrombalance
- Nachweis der Daten durch Prüfbericht / Zertifikat einer unabhängigen Prüfanstalt

Bei Mißachtung – das zeigt auch durchaus schon die Erfahrung – wird sowohl das primäre Ziel der Energieeinsparung, als auch der mehr als angenehme Nebeneffekt (die begeisternde Wohnqualität) verfehlt.

1.3 3 Wärmeeinbringung über die Lüftung: eine Kontroverse

1.3.1 Luftheizung: gelten die bekannten Nachteile noch?

Luft als Wärmeträger ist dem Wasser klar unterlegen: Dichte und spezifische Wärmekapazität sind viel geringer; man muß, um die gleiche Wärmemenge zu transportieren höhere Volumina bewegen, braucht größere Leitungsquerschnitte. Daraus erwachsen auch die Nachteile der Luftheizung (Luftbewegungen, Luft- und Telefonie-Schall, trockene Luft, etc.). Nur in Sonderfällen, wenn nämlich die ohnehin erforderliche Frischluftmenge ausreicht, um auch die nötige Wärme zu transportieren, macht eine Kombination dieser Aufgaben Sinn.

1.3.2 Sonderfall Passivhaus

Ein solcher Sonderfall ist das Passivhaus. Nur dann, wenn die hygienisch erforderliche Luftmenge mehr oder weniger ausreicht, um die maximale Heizlast abzudecken, ist die Frischluftheizung gefragt. Eine Erhöhung der Luftmenge aus Gründen der Beheizbarkeit ist kategorisch abzulehnen. Vielmehr ist in manchen Fällen eine Zusatzheizung im zentralen Wohnraum eine komfortable Lösung, wenn die Heizlast nicht zur Gänze abgedeckt werden kann.

1.3.3 Was die Frischluftheizung nicht kann

- ein Niedrigenergiehaus monovalent beheizen
- große Reserven bieten; bspw. für die Aufheizung der kalten Gebäudemasse in der ersten Heizperiode
- Ausführungsmängel am Gebäude kaschieren; bspw. im Bereich der Luftdichtheit

1.4 4 Wärmeerzeugung

1.4.1 Energieträger

Klammert man fossile Energieträger für die Zukunft aus, so bleiben mit Biomasse und elektrischem Strom zwei Energieträger mit sehr unterschiedlichen Qualitäten:

	Biomasse	Elektrischer Strom
--	----------	--------------------

„Wirkungsgrad“ bei der Umwandlung in Wärme	0,75-0,95	2,5-4 (Wärmepumpe); 1 (direkt)
Primärenergiefaktor	0,1	0,1 bis 3
Erneuerbar	Ja	Bedingt: bei gleichzeitiger Realisierung erneuerbarer Stromerzeugung
Schadstoffemissionen	Ja	Vorort Nein

Der primärenergetische Vorteil der Biomasse kann nur durch einen hohen regenerativen Anteil im Strommix egalisiert werden. Aufgrund der vielen Vorteile des elektrischen Stroms ist dieses Szenario aber ein durchaus wünschenswertes. In Abhängigkeit der regionalen Randbedingungen ist die Investition in Photovoltaik oder Windkraft ohnehin bereits eine wirtschaftliche.

1.4.2 Wärmeverluste

Ein oft unterschätzter Parameter ist die Wärmeverlustthematik. Überall dort, wo Wärme erzeugt, aber nicht zeitgleich und/oder am selben Ort abgegeben werden kann, entstehen Verluste. Aus konventionellen Gebäuden kennen wir übliche Verlustanteile von 10-15%. Da ein Passivhaus aber 80-90% weniger Nutzwärme benötigt, nimmt dieser relative Anteil eine unerwünschte Größe ein. Mit entsprechenden Maßnahmen ist es aber möglich, die Verluste so zu reduzieren, daß deren relativer Anteil zumindest wieder auf 10-15% verringert werden kann.

Selbstverständlich hängt es auch, bzw. hauptsächlich von der Art des haustechnischen Konzepts ab, wie hoch das „Wärmeverlust-Potential“ ist, und welche Maßnahmen ggf. Abhilfe leisten:

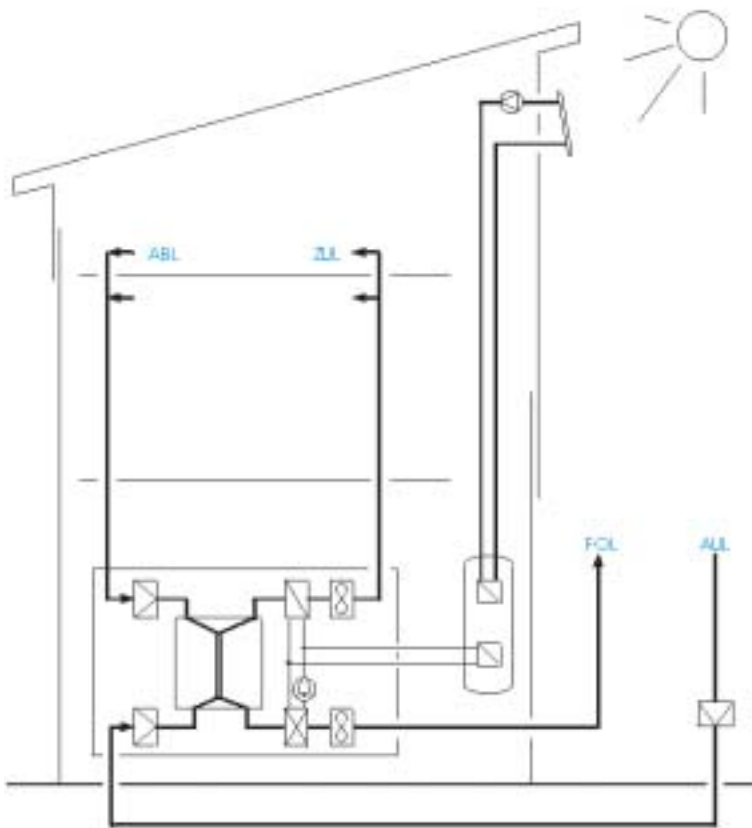
- a) Wärmeerzeugung: wenn möglich innerhalb der thermischen Hülle (in der Regel nicht möglich bei zentralen Wärmeerzeugern)
- b) Wärmespeicherung: gespeicherte Wärmemenge minimieren: keine Überdimensionierung von Wärmeerzeugern und -speichern, keine unnötigen Wärmeübertragungen, dezentrale Wärmeerzeugung
- c) Wärmeverteilung: möglichst nur innerhalb der thermischen Hülle, andernfalls größte Sorgfalt bei Planung und Ausführung der Dämmung. WW-Zirkulationsleitungen durch dezentrale Anordnung der Speicher vermeiden.

1.5 5 Passivhaustechnik konkret: welche Konzepte werden realisiert?

1.5.1 Die „klassische“ Passivhaustechnik: Beheizung und Warmwasser über Kleinstwärmepumpe, solar unterstützt

Das Kompaktaggregat übernimmt zusätzlich zur Raumheizung auch einen Teil der Brauchwassererwärmung. Wenn keine Raumwärme benötigt wird, steht die Wärmepumpe für das Brauchwasser zur Verfügung. Dadurch kann die Solaranlage wesentlich geringer dimensioniert werden, z.B. genügen für einen 4-Personenhaushalt ca. 5 m² Kollektorfläche ohne zusätzlichen Speicher, um den Reststrombedarf für den E-Heizstab um 5-10% zu halten.

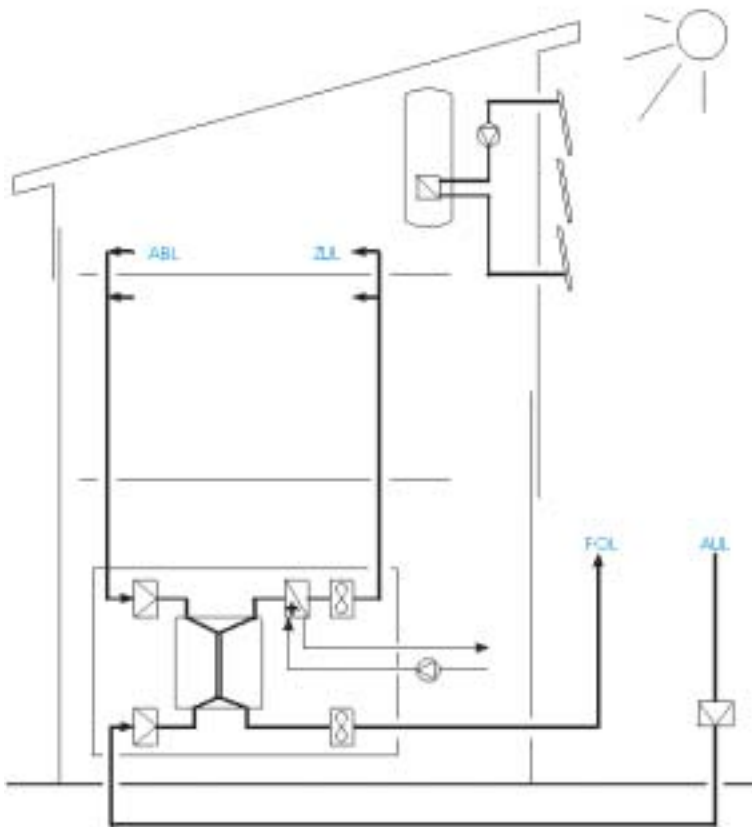
Zunächst für das Einfamilienhaus entwickelt, hält dieses Konzept längst auch in Reihenhausanlagen und mit der kommenden Gerätegeneration sogar in Mehrfamilien-Wohnbauten Einzug.



Haustechnik-Schema „Klassik“

1.5.2 Eine (rückläufige?) Alternative für Mehrfamilien-Wohnbauten: Beheizung mittels Nachheizregister, Wärmeerzeugung und Warmwasserbereitung zentral über Biomasse, solar unterstützt

Hier erfolgt die Nacherwärmung der Zuluft nicht mit Hilfe der Kleinstwärmepumpe, sondern über einen Luft/Wasser-Wärmetauscher. Die Wärmeerzeugung erfolgt an einem anderen Ort; im Einfamilienhaus bspw. im Wohnraum über einen Primärofen; in Mehrwohnungsbauten zentral. Die Solaranlage sollte nun zumindest so groß ausgelegt werden, daß außerhalb der Heizperiode keine zusätzliche Energie benötigt wird. Dies ist mit einem Jahresdeckungsgrad von $>60\%$ realisierbar – 6-8 m² und ca. 800 Liter Speichervolumen pro 4-Personenhaushalt.



Haustechnik-Schema „Passivhaus 3“

1.6 6 Erfahrungen und Meßergebnisse

1.6.1 CEPHEUS

Im Rahmen dieses EU-Projekts wurden viele verschiedene Konzepte realisiert und vermessen, aber auch die Gebäude wurden in unterschiedlichen Standards errichtet. Insofern ist eine qualitative Aussage über die Systeme nicht unbedingt zulässig; jedenfalls wurde die einerseits die Verlustproblematik sehr wohl erkannt (Gebäude mit zentraler Wärmeerzeugung verzeichneten tlw. 30-50% Verteilverluste); andererseits bewiesen Komfortlüftungen mit Heizfunktion Ihre Leistungsfähigkeit eindrucklich.

1.6.2 Vermessene Passivhäuser in Deutschland

Im Rahmen eines von der EnBW (Energie Baden-Württemberg) geförderten Meßprogramms wurden neben einem sehr detailliert vermessenen Passivhaus bei Karlsruhe (gesamter Haustechnikstrombedarf für Heizen, Lüften, Brauchwasser 1595 kWh/a) auch eine größere Anzahl weiterer Objekte mehr oder weniger detailliert vermessen. Hervorzuheben ist hierbei die Reihenanlage in Neuenburg: 7 Wohneinheiten mit je ca. 100 m² wurden mit dem Kompaktaggregat und einer Solaranlage von je 5 m² ausgestattet. Der Stromverbrauch für die gesamte Haustechnik (Luft, Wärme, Wasser) betrug im Mittel 850 kWh/a; dies entspricht jährlichen Betriebskosten von 100 bis 120 euro/a (!).

Weiters wurde auf der Passivhaustagung in Basel eine hochinteressante Auswertung in Bezug auf die verschiedenen eingesetzten Systeme veröffentlicht: die 13 Wohneinheiten mit Kompaktaggregat verbrauchten im Mittel 13,9 kWh/m²a für die gesamte Haustechnik. Demgegenüber überschritten die modular aufgebauten Systeme (Wohnraumlüftung, Wärmepumpe und Speicher als einzelne Komponenten) diesen Wert mit 20,7 kWh/m²a um 50%. Um sogar über 60% mehr wurde in Gebäuden mit zentraler Wärmeerzeugung verbraucht, nämlich 22,6 kWh/m²a.

Nicht zuletzt diese Erkenntnisse bestätigen unseren Weg sehr eindrücklich: nach dem Motto „small is beautiful“ forcieren wir dezentrale Kleinstwärmepumpen; auf den tatsächlichen Bedarf abgestimmte Speichervolumina; kleine Solaranlagen; kürzestmögliche Verteilungen. Und das wichtigste: die erforderlichen Funktionen mittels intelligenter Steuerung koordinieren.

PASSIVHÄUSER DER 2. GENERATION

Josef Seidl
AEE NÖ/Wien
Bahngasse 46, A-2700 Wr. Neustadt
josef.seidl@gmx.net

PASSIVHÄUSER DER 2. GENERATION

Josef Seidl
AEE NÖ/Wien
Bahngasse 46, A-2700 Wr. Neustadt
josef.seidl@gmx.net

1 Einleitung

Die Zahl der derzeit errichteten Passivhaus-Wohneinheiten wird europaweit auf 1000 bis 2000 geschätzt, Tendenz stark steigend. Wie schnell sich die neue Bauweise zu einem flächendeckenden Angebot am Markt etablieren wird, ist schwer abschätzbar. Sicher ist: mit dem „Passivhaus“ wurden in zahlreichen Bereichen Entwicklungen eingeleitet, die unumkehrbar sind. Ein Beispiel dafür sind die neuen Passivhausfenster. Gab es vor rund 5 Jahren das erste Serienprodukt, so sind heute bereits 30 Fenster mit einem gesamt U-Wert $< 0,8 \text{ Wm}^2\text{k}$ vom Passivhausinstitut Darmstadt zertifiziert. Waren es zu Beginn die kleinen Hersteller, so kann sich heute keine namhafter Fenstererzeuger leisten, länger abseits zu stehen. Ähnliche Entwicklungen lassen sich bei passivhaustauglichen Wohnraumlüftung, Dämmsystemen, Zimmereiprodukten usw. feststellen. Auch wenn der Anteil an Passivhäusern gemessen am gesamten Neubauvolumen noch im Promillebereich anzusetzen ist, lässt sich derzeit ein gesamttechnologischer Entwicklungsschub im Bauwesen feststellen. Die ersten Fertigteilhaus-Produzenten steigen auf das neue Produkt ein und in mehreren österreichischen Bundesländern legen die neuen Wohnbau-Förderrichtlinien den Schluss nahe, dass nur mehr begüterte Bauherren herkömmlich Einfamilien- oder Mehrfamilienhäuser bauen können. Wer auf entsprechende Landesförderungen angewiesen ist, muss besser bauen bzw. steigt mit einem Passivhaus am besten aus.

1.1 Das CEPHEUS –Projekt setzt den entscheidenden Impuls

Es ist das Verdienst des Passivhausinstitutes Darmstadt und der Projektverantwortlichen von CEPHEUS durch Wissenstransfer und begleitende Evaluierung beim Bau der ersten Prototypen diese Entwicklung maßgeblich herbeigeführt zu haben. Die zahlreichen europäischen und österreichischen Beispiele zeigen, dass Häuser mit einem derart geringen Energiebedarf von $15 \text{ kW/m}^2\text{a}$ tatsächlich herstellbar sind. Durch ein in sich logisches Gesamtkonzept und eine klare Zielorientierung hinsichtlich der erforderlichen Qualitätsmerkmale bei den einzelnen Komponenten und Systemen wurde eine Effizienz erreicht, die noch vor wenigen Jahren als utopisch galt. Als Beispiel sei hier das Wohnraumlüftungs-Kompaktgerät genannt: Über das gesamte System, vom Energiebrunnen über den Luft-LuftWärmetauscher bis zur Luft-Luft Wärmepumpe wird heute eine Arbeitszahl von 5 realisiert; aus einer kWh Strom werden damit 5 kWh Wärmeenergie.

Die österreichischen CEPHEUS-Projekte liegen nach den bisherigen Messergebnissen etwas über den errechneten Energieverbräuchen. Neben Restfeuchte der Gebäude und Nachjustierungsbedarf der Haustechnik resultiert das vor allem aus den Verlusten herkömmlicher Niedrigenergie-Heizsysteme die in fast allen Projekten zusätzlich zur Lüftungsanlage installiert wurden. Kaum ein Planer oder Bauherr hat sich bei seinem Erstprojekt in letzter Konsequenz getraut, „neben dem Gürtel auf den Hosenträger“ zu verzichten. Auch bei der luftdichten Bauweise, Wärmebrückenfreiheit usw. waren die ersten Schritte noch entsprechend aufwendig.

1.2 Passivhäuser der zweiten Generation

In weniger als fünf Jahren wurden zu fast allen anstehenden Passivhausanforderungen Produkte und Lösungen gefunden. Sowohl bei einzelnen Komponenten, wie Wohnraumlüftungsgeräten und Fenstern, als auch bei gesamten Haussystemen von der Planung bis zur Bauausführung ist bereits die zweite Generation verfügbar. Zur Zeit und in den nächsten paar Jahren geht es um die Feinjustierung des Systems „Passivhaus“.

2 Das erste Passivhaus in Österreich

...steht nicht in Vorarlberg sondern im niederösterreichischen Waidhofen an der Thaya. Das Haus Kubala wurde vom Bauherrn bereits in den Jahren 91-93 konzipiert und Mitte der neunziger Jahre überwiegend in Eigenleistung errichtet. Dabei ist nicht so wichtig, dass es vielleicht das erste derartige Gebäude in Österreich war, sondern es zeigt, dass die Idee, Häuser mit schlanker Haustechnik und (fast) ohne Heizung zu bauen reif zur Umsetzung wurde.



Wandaufbau: doppelte Holzriegelkonstruktion 2 x 20 cm mit Zellulose gedämmt,
Fenster: Kleine Fenster mit Standardrahmen, Gläser U-Wert 1,3, Wintergarten: U-Wert 1,5
Haustechnik: 20 m² Solaranlage, 5000 Liter „Saisonspeicher“ mit Selbstbau-Schichtladeeinheit.
Wohnraumlüftung: Nachträglicher Einbau, da zum damaligen Zeitpunkt nicht in der nötigen Effizienz verfügbar.

Da das Gebäude mit rund 115 m² Wohnfläche relativ klein ist, bildet die Personenabwärme (5 Kinder, 2 Erwachsene) und der Tausch der Energiesparlampen im Winter gegen Glühlampen die Basis der Energieversorgung. Im Jahre 2001 lag der Haushaltsstromverbrauch gesamt bei 3900kWh. Davon wurden für Warmwasser 35 kWh verwendet (500W Heizstab im oberen Bereich des Puffers). Der Platz für einen kleinen Etagenheizkessel war zwar vorgesehen, wurde aber nie benötigt, da sich der Betrieb des Hauses als unproblematisch herausstellte.

3 Passivhaus Rappottenstein

Das Passivhaus Rappottenstein wurde bereits mit professionellen Komponenten hergestellt und stellt auch hinsichtlich Planung und Bauausführung ein Passivhaus der zweiten Generation dar. Die Außenwände bestehen aus vorgefertigten Liapor - Fertigteilen mit werkseitig vorgesetzter Holzleichtbaukonstruktion („Buhl-Passivwand“). Bei dieser paten-

tierten Wand können nachwachsende Rohstoffe und Recyclingmaterialien als Dämmstoff eingesetzt werden. Im konkreten Fall wurde Zellulose eingeblasen. Erdberührte Wände wurden mit 30 cm EPS gedämmt. Die Südwand mit den großen Fensteröffnungen wurde in Leichtbauweise errichtet. Die Außenhülle wurde teilweise verputzt und teilweise mit unbehandelten Lärchenschale versehen. Die Vorgefertigte Wand ist raumseitig spachtelfertig und vorinstalliert. Die Dichtheit der Massivwand-Anschlüsse war mit der üblichen Versetstechnik gegeben, Der Anschluss zu den Holzleichtbauteilen (Dach und Südwand) wurde dauerhaft dicht hergestellt, indem die Dampfbremse auf der Massivwand mit Silicon verklebt wurde und die vorgesezte Gipskartonplatte der Holzleichtbauwand/Decke auf diese Dichtungsstelle drückt. Ein besonderer Vorteil waren die passgenauen Fensteröffnungen. Hier konnte mit einer Standardmontage in 8 Stunden Montagezeit für alle Türen und Fenster die Dichtheit hergestellt werden.

Bei Fenstern und Außentüren kam das Fabrikat Eurotec 0,7 (u-Wert inkl. Rahmen 0,7 W/m²K; g-Wert 58%) zum Einsatz



3.1 Die Haustechnik

Das Haus wird von einem Lüftungs-Kompaktgerät AEREX BW 210 mit dem 400-Liter-Speicher mit frischer Luft und Wärme versorgt. Die Geräte sind im Technikraum im Erdgeschoss untergebracht. Bei einem Luftvolumenstrom von 210 m³/h beträgt der Anlagenluftwechsel 0,38 h⁻¹. Sowohl im Brauchwasser als auch im Bad und Wohnbereich sind kleine elektrische "Notheizungen" installiert, deren Beitrag am gesamten Energieverbrauch rund 10 % ausmachen. Aufgrund der Gebäudegröße von über 190 m² beheizter Fläche liegt hier die Heizlast des Gebäudes trotz Passivhausqualität über dem von Gerät bereitgestellten 1,8 KW).

Der Jahresenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser beträgt rund 2800 kWh. Bei den Haushaltsgeräten und der Beleuchtung wurde ebenfalls gute Energiesparqualität eingesetzt.

3.2 Luftführung

Der Erdreichwärmetauscher mit einem Durchmesser von 250 mm und einer Länge von ca. 30 m wurde 1,3 - 1,5 m unter Terrain verlegt. Damit kann die austretende Frischluft ganzjährig frostfrei gehalten werden, was für den effizienten Betrieb der Abluftwärmepumpe erforderlich ist.

Die Installation der Luftverteilungen erfolgte im Untergeschoss im Vorraum innerhalb einer abgehängten Decke; im Erdgeschoss wurden die Lüftungsrohre an der Ecke Decke-Wand verlegt und verkleidet. Die Durchführungen in den Wänden waren in den Fertigteilen passgenau vorbereitet. Zwischen den einzelnen Räumen befinden sich zur Vermeidung von Schallübertragungen großzügig dimensionierte Telefoneschalldämpfer. Die Anlage ist praktisch nicht hörbar wovon sich bereits zahlreiche ExkursionsteilnehmerInnen vor Ort überzeugen konnten.

3.3 Besondere Merkmale des Gebäudes:

Klares Dichtheitskonzept, die Fenster wurden mit 1,5 cm Spiel in die vorgefertigten Wände eingepasst; die innere Deckleiste in üblicher Form mit dem Stock „kalt“ verklebt und im Wandanschluss mit Silicon abgedichtet. Klebebänder waren hier nicht erforderlich. (n50 Wert 0,6)

Klares Haustechnikkonzept, helle Räume, unbeheizter aber frostfreier Wintergarten als Verlängerung des Wohnraumes,

Nebst guten energetischen Werten ist das vorzügliche Sommerverhalten durch Südorientierung und speicheroptimierte Bauweise zu unterstreichen (24° werden so gut wie nie überschritten)

Der Jahresenergiebedarf für Heizung und Warmwasser liegt bei rund 2800 kWh für rund 190 m² beheizter Fläche.

4 Passivhaus Gföhl

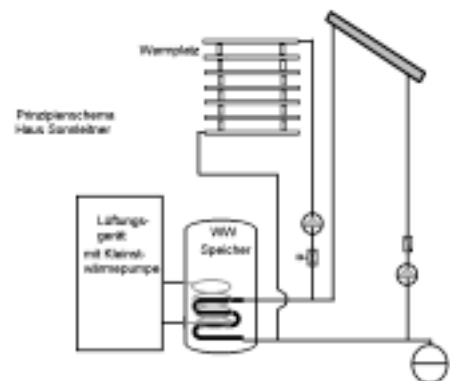


Das gesamte Gebäude wurde nach baubiologischen und –ökologischen Gesichtspunkten in Holzleichtbauweise geplant und errichtet. Zur Vermeidung höherer Leimanteile bei Holzbauplatten und Trägern wurden entsprechende Produkte ausgesucht und radiologisch getestet. Die thermisch optimierte Trägerkonstruktion besteht aus zwei Staffeln welche mit einer dünnen Sperrholzplatte verbunden wurde (C-Profil, Wände 35 cm und Decke 40 cm mit Zellulosedämmung).

Die Gebäudedichtheit wurde - ohne Folie – rein durch das Verkleben der Plattenstöße an der inneren Rohbauwand hergestellt (n50 Wert 0,4). Die Innenwände sind teilweise mit Lehm verputzt, teilweise mit Fermacell verkleidet.

4.1 Haustechnik

Das Gebäude ist mit einem Lüftungs-Kompaktgerät mit integrierter Kleinstwärmepumpe ausgestattet. An der Südwand des Gebäudes sind ca. 8 m² Sonnenkollektor integriert, welche über einen Glattrohrwärmetauscher den 400 Liter Warmwasserspeicher versorgen. In dieses System ist auch eine Mini-Wandheizung integriert. Die Energie dafür liefert hauptsächlich die Kleinstwärmepumpe über die Aufheizung des Warmwassers



4.2 Besondere Merkmale des Gebäudes:

Hinsichtlich Passivhausarchitektur wurden folgende Maßnahmen getroffen: Der Notkamin steht zwecks Vermeidung von Wärmebrücken und Undichtheiten außerhalb der warmen Gebäudehülle, ebenso wurde der Kellerabgang in den „kalten“ Vorbau gelegt.

Problemstoffe wurden beim Bau so weit wie möglich vermieden. Mit dem Gebäude wurde ein gesamtökologisches Baukonzept verfolgt. Der Warmplatz im Wohnzimmer konnte mit geringen Zusatzkosten von rund 400 Euro realisiert werden, die eigentliche Heizung erfolgt primär über die Lüftungsanlage. Diese Warmplatzlösung kann beispielhaft sein, weil damit einem Vorbehalt gegenüber dem Passivhaus – fehlende Strahlungswärme – kostengünstig begegnet werden kann.

5 NE-Haus Oberwöbling

Das Haus Kloiber ist zum Unterschied zu den andern Beispielen kein Passivhaus sondern ein Standard Holzriegelbau mit Standardfenstern.



Die Besonderheit liegt neben dem sehr guten Kosten/Nutzenverhältnis vor allem bei der Haustechnik.

5.1 Haustechnik

Ein Kompaktgerät übernimmt wie beim Passivhaus alle vier haustechnischen Funktionen: Lüftung, Wärmerückgewinnung, Warmwasser und Heizung. Dieses System wird rund 6-8 Wochen (Dezember und Januar) von einem Pelletsofen (Wodke/Luft) unterstützt. Der Ofen ist im einzigen Massivbauteil des Hauses, in der Stiege eingebaut (Bild 4, Mitte). Das bringt folgende Vorteile: Über die aufgewärmte Luft kann rasch Wärme bereitgestellt werden, nach längerer Betriebszeit des Ofens an sonnenarmen Wintertagen – wärmt sich die Betonstiege wie ein Kachelofen auf. Hinter der Stiege ist ein kleiner Abstellraum ausgebildet in welchem die Pelletssäcke gelagert werden. Da der Pelletsofen nur einige Wochen betrieben werden muss, und mit einer Füllung mindestens drei Tage brennt, ist das Konzept auch ohne Vollautomatisation sehr Nutzer freundlich.

Der Heizenergiebedarf dieses Hauses liegt bei knapp 1000 kg. Pellets und ca. 2300 kWh Strom für das Kompaktgerät.

5.2 Besondere Merkmale des Gebäudes:

Die Betonstiege mit einer angrenzenden Steinmauer erfüllt im Winter eine Kachelofenfunktion und im Sommer steht die Speichermasse zum Temperatenausgleich zur Verfügung. Zusammen mit dem sanften Kühleffekt des Erdreichwärmetauschers überschreitet die Spitztemperatur im Sommer in den Innenräumen fast nie 24 °. Die Regelung des Wohnraumlüftungsgerätes übernimmt vollständig auch die Regelung des Pelletsofens. Das Systems eröffnet neue Möglichkeiten zur komfortablen und ökologischen Beheizung von Häusern bis zu einer Heizlast von ca. 5 kW und bietet Passivhaus-Neueinsteigern genügend

Sicherheitsreserven. Im konkreten Fall übernimmt der Ofen schon dann die Raumheizung, wenn das Kompaktgerät zwar genügend Raumwärme liefern könnte, aber der Warmwasserspeicher Aufheizbedarf meldet. D. h. statt den Spitzenbedarf im Speicher elektrisch direkt abzudecken übernimmt der Pelletsofen die Raumheizung und die Kleinstwärmepumpe in der Lüftungsanlage die Warmwasserbereitung (mit einer Arbeitszahl von 3,5). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die 1,8 kW Heizlast des Wohnraumlüftungsgerätes als schnell regelbarer Lastausgleich zur Verfügung stehen. Damit wird das Argument, wonach Holzheizsysteme bei geringen Heizlasten von Niedrigstenergiehäusern zu träge reagieren, deutlich entschärft.

Statt der erforderlichen 6-8 Wochen, in denen der Pelletsofen zur Spitzenlastabdeckung herangezogen wird, kann dieser Zeitraum um ca. weitere 4 Wochen ausgedehnt werden. Damit sinkt der Strombedarf der Kleinstwärmepumpe weiter und die Pellets bilden sozusagen die Basisheizung. Umgekehrt verhindert aber die Kleinstwärmepumpe bei mehreren Tagen Abwesenheit der BewohnerInnen ein zu starkes Auskühlen des Hauses.

6 Passivhaus Perchtholdsdorf

Die Außenwände wurden mit dem thermisch optimierten Dämmständer, (Kaufmann-Träger) mit innenliegender OSB und außen DWD-Platte hergestellt.

Die Wände weisen eine Dämmstärke von 36 cm auf, das Dach aus TJI -Trägern 40 cm. Die Haustechnik ist standardmäßig mit einem Wohnraumlüftungs-Kompaktgerät ausgeführt. Im Bad sorgt ein Elektro-Handtuchhalter für die erforderliche höheren Temperaturen während der Badbenützung. Die Nordseite des Hauses und ein Teil des vorgefertigten Daches wurden mit Strohballen gedämmt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes sollen die gesetzlichen und bauphysikalischen Anforderungen an „Strohwände“ geklärt werden, um eine Stroh-Serienwand auf den Markt zu bringen



6.1 Besondere Merkmale des Gebäudes:

Das Gebäude erreichte auf Anhieb einen n50 Wert unter 0,4! Es war das rund 10 Passivhaus einer Zimmerei, die gemessenen Druckverluste (n50-Werte) liegen inzwischen bei 0,4- bis 0,25. Es hat sich gezeigt, dass die Gebäudedichtheit schnell zur Routine wird. Das Gebäude soll vermessen werden um daraus Erkenntnisse für die, in der Praxis erreichbaren Dämmwerte von Stroh zu erhalten. Diese Bauweise eröffnet neben einer weiteren Ö-

kologisierung vor allem die Reduktion der Dämmstoffkosten von rund 50 % (Strohkosten incl. Arbeitszeit der Einbringung in die Wand).

7 Passivhaus Amstetten

Einigen Firmen und Architekturbüros haben sich auf Passivhäuser spezialisiert. Das bietet den Vorteil, dass sich bewährte Aufbauten und Haustechniksysteme herausbilden. Die folgenden zwei Beispiele zeigen moderne Holzbauten von Poppe&Prehal. Die Wände sind mit Dämmständer (36 cm) und das Dach mit TJI-Trägern konstruiert. Diese Bauweise bietet einen hohen Vorfertigungsgrad und ein gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis. Bei der Haustechnik kommen bis 150 m² Wohnfläche meist Kompaktgeräte mit integrierter Luft/Luft-Wärmepumpe zum Einsatz. Bei größeren Gebäuden kann trotz Passivhausqualität die Heizlast über 2 kW steigen. Dann wird entweder ein Pellets-Zimmerofen zugeschaltet, oder eine Lüftungsanlage mit einer externen Wärmepumpe (mit Erdreichkollektor) kombiniert. Die Wärmeabgabe erfolgt in diesem Fall über die Erwärmung der Zuluft und/oder über klein dimensionierte Wandheizflächen.



7.1 Besondere Merkmale des Gebäudes:

Durch die steigende Qualität der Bauteile bietet das Passivhaus auch wieder einige neue Freiräume für Planer. Beim linken Gebäude wurde auch auf der Nordseite ein größeres Fenster gesetzt um das Grundstück bzw. den Ausblick entsprechend zu erschließen. Rechts ein Gebäude welches sich – zum Unterschied zur bisherigen Auffassung von solarem Bauen – mit der schmälere Gebäudeseite Richtung Süden öffnet.

8 Schlussfolgerungen

Die fachgerechte Planung und Installation der Lüftungsanlage sowie die Auswahl geräuscharmer Geräte sind das Um und Auf für Zufriedenheit im Passivhaus. Wo immer Probleme in der Anfangsphase auftraten, wurden die Empfehlungen hinsichtlich Luftmenge, maximaler Zulufterwärmung, Strömungsgeschwindigkeit oder Schalldämpfung nicht eingehalten. Wohnraumlüftungsanlagen sind quasi die Würze in einer Speise: Sie können den Genuss stark erhöhen, falsch ausgewählt oder dosiert machen sie jedoch das noch so gut gemeinte Gesamtrezept zu Nichte.

Bezüglich Raumluftfeuchtigkeit in der sehr kalten Jahreszeit verhält sich das Passivhaus nicht anders als ein Niedrigenergie- oder Standardhaus. Bei bislang hygienisch empfohle-

ner Luftwechselrate von 0,4, (über manuelle Stoßlüftung oder kontrolliert), sinkt aufgrund der niedrigen Außenluftfeuchtigkeit auch die Luftfeuchtigkeit in den Räumen.

BewohnerInnen-Erfahrungen haben gezeigt, dass bis zu einer unteren Marke von ca.30 % Luftfeuchtigkeit, die relativ staubfreie Luft im Passivhaus in der Regel als nicht zu trocken empfunden wird. Trotzdem ist es angebracht nachzudenken, auch für diese drei bis vier Wochen im Jahr neue Lösungen zu finden. Alleine die Vorbehalte und subjektiven Wünsche der wachsenden Zahl von PassivhausinteressentInnen sollten Grund genug für eine Weiterentwicklung in diesem Bereich sein. Nach dem Motto: 340 Tage im Jahr erreicht das Passivhaus einen unschlagbaren Komfort, auch die restlichen 20 Tage soll es besser sein, als das Standardgebäude.

Mögliche Strategien werden inzwischen da und dort bereits ausprobiert: Innovative Verfeinerungen des Systems könnten von der einfachen Maßnahme, die Luftwechselrate in dieser Zeit auf 0,3 pro Stunde zu senken bis zur Installation von wahlweise schaltbaren Zu- und Abluftventilen in Feuchträumen und Wäschetrocknungsboxen reichen. Darüber hinaus bieten sich technische und natürliche „Luftbefeuchtungsmaßnahmen“(Pflanzen) an. Diese sollten getestet und evaluiert werden, um daraus Standardempfehlungen zu entwickeln. Noch stärker ausgeprägt als das Thema „trockene Luft“ sind Bedenken bezüglich der fehlenden Strahlungswärme“. Auch hier gilt: Nach einer entsprechenden Beratung von PassivhausinteressentInnen über die Möglichkeiten und Vorzüge einfacher Systeme sollte niemand zum meist teureren „Fassivhaus“ (fast-passiv) gedrängt werden. Wird im Mehrfamilienwohnhaus überwiegend nach den Kostengesichtspunkten gebaut, so findet sich im Einfamilienhaus meist die eine oder andere Liebhaberei verwirklicht; warum nicht auch eine zusätzliche Strahlungsfläche. Daher sollten preisgünstige Varianten für Warmplätze angeboten bzw. entwickelt werden.

8.1 Passivhäuser im sozialen Wohnbau

In Österreich werden ca. 80% der mehrgeschossigen Wohnhäuser und der Siedlungshäuser mit Unterstützung der Wohnbauförderung errichtet. Der Wohnbau ist durch das günstige Oberflächen/Volumsverhältnis und Wohnungsgrößen von 60 bis 130 m² für die Passivhaus Bauweise prädestiniert. Die bisher zögerliche Umsetzung im Osten Österreichs könnte sich durch die neuen Förderungen rasch ändern. Zur Ökologisierung der Materialwahl im Passivhausbau bietet sich hier moderner Holzbau bei Reihenhäusern und verdichtetem Flachbau an. Das Gros der Gebäude wird weiterhin in Massivbauweise hergestellt. Auch hier gibt es durch entsprechende Material-Optimierung, Mischbauweisen und neue Dämmsystem positive Entwicklungen die weiter verfolgt werden müssen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Haus der Zukunft“ (BMVIT) plant das Architekturbüro Treberspurg&Partner in der Solarcity Linz ein Mehrfamilien-Passivhaus. Im Wiener Raum sind einige Gebäude in Vorbereitung, die konsequenten Passivhausstandard besitzen werden.

8.2 Siedlungsentwicklung Passivhaus

Befürworter wie Kritiker des Passivhauses führen zurecht das Argument an, dass die energetische Optimierung von Gebäuden keine losgelöste Maßnahme bleiben darf. Um den energetischen und vor allem ökologischen Effekt von Passivhäusern voll wirksam werden zu lassen, sind Infrastrukturfragen, Siedlungsentwicklung und Stadtplanung der logische nächste Schritt. Im „Haus der Zukunft“ wird von Poppe&Prehal ein entsprechendes For-

schungsprojekt durchgeführt, welches die Entwicklung eines Ökologischen Stadteiles von Grieskirchen zum Inhalt hat.

8.3 Für eine neue Begründung der Passivhaus-Bauweise

Hohe Luftqualität, Strahlungswärme, Behaglichkeit, vernachlässigbare Heizkosten und ein gutes Gewissen hinsichtlich der verwendeten Baumaterialien führen dazu, dass die bisher sehr technische und „energielastige“ Definition des Passivhauses mittels des Kennwertes 15 KW/m²a immer mehr zum Komfort-Argument wird. Für Wohnbaugesellschaften ist es eine Marktchance und Prestige-Gewinn, Passivhäuser mit dem Argument: „reduzierte Betriebskosten bei höherem Komfort“ im Programm zu haben. Vernünftig ist die Passivhausbauweise auch für kühle RechnerInnen: Nach der neuen Wohnbauförderung in Niederösterreich, die seit Anfang Jänner 02 in Kraft ist, hätte ein (eben bezogenes) konkretes Passivhaus € 58.140,- (~ ATS 800.000,--) an Wohnbauförderung bekommen. Daher die Frage: Ist herkömmliches Bauen überhaupt noch leistbar?

Impressum:
Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

AEE INTEC

A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19, Postfach 142

Tel.: +43(0)3112 / 58 86, Fax: +43(0)3112 / 58 86-18

e-mail: r.stranzl@aee.at