

# Ganzheitliches Konzept für den mehrgeschossigen Wohnbau

Einfach : Wohnen

M. Treberspurg, F. Mühling, K. Hammer, et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**9/2004**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Email: projektfabrik@nextra.at

# Ganzheitliches Konzept für den mehrgeschossigen Wohnbau

Einfach : Wohnen

Autoren:  
Univ.Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg  
Arch. DI Friedrich Mühling  
DI Karin Hammer  
DI Barbara Wolfert

unter Mitarbeit von:  
Dr. Reimund Gutmann  
DI Wilhelm Hofbauer  
Dr. Christoph Reichl  
DI Alexander Storch

Wien, März 2004

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der dritten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderzukunft.at/> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## KURZFASSUNG

### TEIL A

#### Motivation

Der durchschnittliche Standard des mehrgeschoßigen, geförderten Wohnbaus in Österreich schöpft derzeit bei weitem nicht die konzeptionellen und technischen Möglichkeiten für ökologisches, energiesparendes Bauen aus.

In Zusammenarbeit mit dem Bauträger EBS sollte daher an einem konkreten Bauvorhaben des mehrgeschossigen Wohnbaus in der solarCity Linz Pichling die komplexe Wechselwirkung zwischen Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung und Nutzerakzeptanz untersucht und optimiert werden. Gleichzeitig sollten dabei zukunftsorientierte Haustypen für den mehrgeschossigen, sozialen Wohnbau entwickelt und umgesetzt werden. Generelles Leitbild für dieses Projekt ist die Erzeugung hoher Wohnqualität und attraktiver, sozial wirksamer Räume mit weitgehend sparsamem Einsatz von Ressourcen.

#### Inhalt

Im Rahmen der Errichtung der 7 Wohnhäuser (mit 93 Wohneinheiten) wurden 3 unterschiedliche Gebäudehüllen-Haustechnik-Ausführungsvarianten realisiert, wobei 5 **Niedrigenergiehäuser**, ein **Passivhaus** (5 Wohneinheiten) und ein **Fast-Passivhaus** (10 Wohneinheiten) **als Demonstrationsobjekt** verwirklicht wurden. Dabei untersucht die vorliegende Arbeit die optimale Kombination innovativer Gebäudehüllen- und Haustechnikkomponenten, die zu einem alltagstauglichen, energetisch hocheffizienten Gesamtkonzept zusammengefügt wurden.

#### Beabsichtigte Ziele

Die Untersuchung der 3 gebauten Ausführungsvarianten gibt Aufschlüsse über die Einführung und Erprobung innovativer Technologien in der Wohnbaupraxis und über die Wechselwirkung von Mensch-Technik-Kosten speziell im Bereich des sozialen Wohnbaus.

Das Projekt „einfach:wohnen“ ist auf hohe Beispielwirkung angelegt und stellt einen erheblichen Beitrag zur Akzeptanzsteigerung von Niedrig- und Passivhausbauweise dar. Vor allem soll ein Umdenken bei den Bauträgern und der Bevölkerung erreicht werden.

#### Methoden der Bearbeitung

Eine Gliederung der Bearbeitung erfolgte in 10 Meilensteinen, deren Schwerpunkt in der Entwicklung, Abstimmung und Ausführung der haustechnischen und bautechnischen Innovationen der beiden Sondertypen liegt, wobei neben praktischen Erfahrungen während des Ausführungszeitraumes unter anderem auch strömungstechnische Simulationsrechnungen und soziologische Untersuchungen der Wohnungsinteressenten in die Arbeit einfließen.

#### Daten

Die vorliegende Forschungsarbeit baut auf den Planungsgrundlagen des Büros Treberspurg & Partner Architekten auf. Darüber hinaus wurden diverse Analysen und Berechnungen (Energiebilanzen, Simulation von Luftströmungen (CFD) und Solaranlagen, usw.) durchgeführt, die in eigenen Meilensteinen beschrieben wurden und Grundlage für die Entwicklung der Detaillösungen bildeten. Die Ermittlung und Auswertung der baulichen Mehrkosten stützt sich auf die Ergebnisse der Ausschreibung, für die soziologischen Untersuchungen wurden Befragungen der Wohnungswerber der EBS durchgeführt.

## **TEIL B**

### **Ergebnisse**

Gegenstand dieser Forschungsarbeit ist ein praktisches Beispiel des geförderten Wohnungsbaus. Entwickelt wurden im wesentlichen Konzepte und innovative Detaillösungen, die teilweise auf das konkrete Projekt ausgerichtet sind aber für Passivhäuser allgemein gültig sind, und sich in der Folge auch in der Praxis bewähren müssen. Durch weitere Messtechnische Untersuchungen sollen die gewonnenen Erkenntnisse überprüft und die Ergebnisse noch weiter konkretisiert werden.

### **Schlussfolgerungen**

Mit zukunftsorientierten, schlüssigen Konzepten für den geförderten Wohnbau kann unter Berücksichtigung des gesamten Neubausvolumens ein erheblicher positiver Effekt in Bezug auf die CO<sub>2</sub> Emission erzielt werden. Das vorliegende Projekt will zeigen, dass ein integratives Bündel von Maßnahmen bei der entsprechenden Strategie maximale Nachhaltigkeit im geförderten Wohnungsbau bewirken kann.

## SUMMARY

### PART A

The current standard of multi-story subsidized housing in Austria has not nearly reached the conceptual or technical limits of ecological, energy-efficient construction.

The aim of the project is to create a base for future social residential housing projects, for further projects and the development of standards in the field of passive and low energy houses, by means of three different building types. So, a further step is supposed to be made in the direction of low-cost, low-energy, multi-story domestic buildings with everyday life aptitude and high user acceptance.

In cooperation with the client the complex reciprocal action between efficiency, resource care and user acceptance in the passive and low energy house field is supposed to be examined and optimized at a special project of the multi-story domestic architecture in the solarCity Linz-Pichling

#### Contents

The described project is a residential building site with seven different big houses with 93 living-units realised in cooperation with the apartment society „EBS Wohnungsgesellschaft mbH Linz“. The Project is part of the solarCity Linz-Pichling and consists of 5 low energy houses, one passive house and one “almost passive house”. Special attention was payed to the combination of different innovative components regarding construction and building service technologies.

#### Aims

The analysis of the 3 building types (low energy house, passive house and “almost passive house”) should have given more information about the introduction and suitability of new innovative technologies in the residential building practice and about the interaction of man - technology - costs especially in the area of social housing projects.

An essential part of the project has been the information and motivation of the future inhabitants. They should have been encouraged by a professional to live actively in harmony with the project with the aim to increase their living satisfaction, and reduce the consumption of energy. The 7 houses and especially the passive house should make a contribution to a better acceptance of low energy houses and passive houses by the inhabitants and especially by the facility companies.

#### Methods

The research was organized in 10 different milestones which considered synopsis, social approach, simulations by means of computational fluid dynamics, solar heating and HVAC (Heating- Ventilation - Air Condition) technologies, construction technologies, and the investigation of costs.

#### Data

The research was based on the construction drawings of Treberspurg & Partner Architekten and the offers received in 2001. Analysis and Calculations are based on special research as a part of this work as well as CFD - Simulation and the coaching of the inhabitants.

## **PART B**

### **Results**

In fact the subject of this research is a precise project of the multi-story domestic building. The achieved conceptions and resolutions on the one hand refer to the special project. On the other hand they should be and will be examined and optimized in order to give exact results for further passive and low energy houses.

### **Perspectives:**

Given an appropriate sustainable conception, the meaningful share of subsidized housing within total construction volume could have significantly positive effects on CO<sub>2</sub> emissions and on total energy consumption. The current project follows the approach that an integrative “bundle” of measures is the most appropriate strategy for achieving maximum sustainability within subsidized housing.

<b>KURZFASSUNG (Deutsch)</b> .....	Seite	2
<b>KURZFASSUNG (Englisch)</b> .....	Seite	4
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	Seite	6
<b>EINLEITUNG</b> .....	Seite	8
<hr/>		
<b>ABSCHNITT 1    PROJEKTUMFELD UND KONZEPTENTWICKLUNG</b> .....	Seite	11
<b>PROJEKTGRUNDLAGEN</b> .....	Seite	12
1. Grundhaltung / Einleitung .....	Seite	12
2. Voraussetzungen / Planungsgrundlagen .....	Seite	12
3. Gebäudekonzept: einfach : wohnen.....	Seite	13
a. Entwurfskonzept .....	Seite	13
b. Kombination Bau- und Haustechnik .....	Seite	16
c. Bauphysik .....	Seite	18
d. Haustechnik .....	Seite	27
<b>SOZIOLOGISCHE BEGLEITUNG</b> .....	Seite	34
1. Projektziele .....	Seite	34
2. Auswertung Bewerberdaten .....	Seite	36
3. Info-Folder: Zielgruppe und Image-Entwicklung .....	Seite	41
4. Ergebnisse 1.Bewohnerbefragung .....	Seite	42
5. Informationsveranstaltungen / 1.Bewohner-Workshop .....	Seite	68
6. Zusammenfassung .....	Seite	69
<hr/>		
<b>ABSCHNITT 2    HAUSTECHNIK</b> .....	Seite	71
<b>ENERGIEBILANZEN</b> .....	Seite	72
1. Methoden zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs.....	Seite	72
2. Heizwärmebedarfsberechnungen.....	Seite	72
a. Heizwärmebedarfsberechnung nach EN 832.....	Seite	72
b. Heizlastberechnung nach ÖNORM M 7500.....	Seite	83
c. PHPP-Berechnung.....	Seite	83
3. Schlussfolgerungen.....	Seite	87
<b>STRÖMUNGSSIMULATION</b> .....	Seite	88
1. Problemstellung.....	Seite	88
2. Erstellen eines 3D CAD Modells.....	Seite	88
3. Generierung des CFD Modells.....	Seite	90
4. Simulation.....	Seite	90
5. Resultate.....	Seite	92

<b>THERMISCHE SOLARANLAGE</b> .....	Seite	104
1. Systemauswahl. ....	Seite	104
2. Anlagensimulation und -optimierung. ....	Seite	104
3. Parametervariation. ....	Seite	107
4. Simulationsergebnisse. ....	Seite	110
<b>ABSCHNITT 3    GEBÄUDEHÜLLE</b> .....	Seite	112
<b>AUSFÜHRUNGSDetails</b> .....	Seite	113
1. Allgemeines. ....	Seite	113
2. Ausführungsdetails. ....	Seite	114
<b>INNOVATIVE KOMPONENTEN</b> .....	Seite	128
<b>ABSCHNITT 4    BAULICHE MEHRKOSTEN</b> .....	Seite	140
<b>BAULICHE MEHRKOSTEN</b> .....	Seite	141
1. Allgemeines. ....	Seite	141
2. Ausführungsunterschiede. ....	Seite	142
3. Ermittlung der Mehrkosten. ....	Seite	143
4. Resümee. ....	Seite	153

## EINLEITUNG

### Problembeschreibung

In Zusammenarbeit mit einem Bauträger sollte an einem konkreten Bauvorhaben des mehrgeschossigen Wohnbaus in der solarCity Linz Pichling die komplexe Wechselwirkung zwischen Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung und Nutzerakzeptanz untersucht und optimiert werden. Um die Erkenntnisse des Prozesses für nachfolgende Projekte nutzbar zu machen wurde eine Bearbeitung des Themenkomplexes gegliedert in die Phasen „Entwurf und Planung“, „Umsetzung“ und „Evaluierung“ vorgeschlagen.

Prämisse für Entwurf und Planung war die Erzeugung hoher Wohnqualität und attraktiver, sozial wirksamer Räume mit weitgehend sparsamem Einsatz von Ressourcen. Hier waren durch die Gesamtkonzeption der solarCity hochwertige Rahmenbedingungen wie hohe Freizeitqualität, ein ökologisch sinnvolles Verkehrskonzept und eine Reihe weiterer günstiger Voraussetzungen (soziale und wirtschaftliche Infrastruktur, usw.) gegeben. Einfache klare Baukörper mit einem günstigen Oberflächen-Volums-Verhältnis führen zu Verbrauchsminimierung und Senkung der Herstellungskosten. Die sorgfältig geplante Detailausbildung ist ein Beitrag zur Vermeidung von Wärmebrücken und Bauschäden. Prämisse war der ökologisch und ökonomisch optimierte Einsatz alternativer Baustoffe und Technologien mit dem Ziel der Umsetzung von zukunftsorientierten Haustypen für den mehrgeschossigen, sozialen Wohnbau.

Ein großes Potential zur Verbesserung der Energiebilanz im mehrgeschossigen Wohnbau kann durch eine intelligente Kombination von innovativer Gebäudehülle und Haustechnik erschlossen werden. Es geht bei diesem Projekt vor allem um die optimale Integration vorhandener Komponenten zu einem Gesamtkonzept. Das Konzept sieht die Errichtung dreier unterschiedlicher Mehrfamilien-Haustypen vor:

- ein Passivhaus
- ein Niedrigenergiehaus mit kontrollierter Lüftung (inklusive Frischluftvorwärmung) und kleinen Zusatzheizkörpern (Fast - Passivhaus)
- ein Niedrigenergiehaus mit Standardheizkörpern

Die einzelnen Häuser sind weitgehend nach Süden orientiert. Die passive Sonnenenergienutzung durch große Südfenster ist daher ein Schwerpunkt des Entwurfskonzepts, mit der Option eines späteren Zubaus von Wintergärten. Die hellen sonnigen Wohnräume im Winterhalbjahr sind ein wesentlicher Bestandteil der Nutzungsqualität.

Alle Häuser wurden mit einer modernen, dezentralen Solaranlage ausgerüstet, die sowohl für die Warmwasserbereitung als auch für die Zusatzheizung genützt werden kann. Ein Haustyp mit fünf Maisonetten wurde als **Passivhaus** mit dezentralen, kompakten Lüftungsgeräten und Luftvorwärmung über Erdwärmetauscher ausgebildet. Dieselben hocheffizienten Lüftungssysteme wie im Passivhaus wurden auch im **Fast-Passivhaus** eingesetzt und durch kleine Zusatzheizkörper ergänzt. Im **Niedrigenergiehaus** und **Fast-Passivhaus** wurde der Dämmstandard der Außenhülle gegenüber dem **Passivhaus** reduziert. In allen Fällen wurde allerdings eine sorgfältige Detailausführung mit weitgehender Vermeidung von Wärmebrücken verwirklicht.

Abgesehen vom energetischen Aspekt interessierten die Nutzerakzeptanz und wie die bisher unbekannte Form des „Neuen Wohnens“ den Lebensstil der Bewohner ändert. Vorgesehen war eine umfassende Bewohnerinformation durch das Projektteam mit Unterstützung von Fachleuten für Psychologie und Mediation, die aufgrund von reduzierten Fördermitteln nur teilweise durchgeführt werden konnte. Ein Teil der künftigen Bewohner wurde in diversen Veranstaltungen auf die künftige Wohnsituation und den Umgang mit den neuen Technologien vorbereitet. Durch die dabei gewonnenen Erfahrungen kann festgestellt werden, ob der von manchen Bauträgern behauptete Bewohner-Boycott gegenüber alternativen Technologien im sozialen Wohnbau zutrifft bzw. ob er durch begleitende informative Aktivitäten abgefangen werden kann.

Um Empfehlungen für die Fördermodelle und den Baustandard im geförderten Geschößwohnbau ableiten zu können ist in jedem Fall eine entsprechende **Evaluierung** notwendig. Die im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes mögliche Evaluierung sollte hauptsächlich die technischen Aspekte wie die Energiebilanzen, aufgeschlüsselt nach Haustypen umfassen. Ebenso wichtig wären die Erfassung des Energieverbrauchs im laufenden Betrieb, die Untersuchung des Nutzerverhaltens und der Akzeptanz sowie eine Konsumentenanalyse vor und nach dem Einzug. Hier geht es vor allem um die Bewertung der gängigen Vorurteile und Erwartungshaltungen gegenüber ökologisch fortschrittlichem Wohnbau und die Nachuntersuchung auf positive Resonanz- und Multiplikatoreffekte.

### **Bezugspunkte zur Programmlinie Haus der Zukunft**

Doppelter Wohlstand bei halbiertem Naturverbrauch ist die Zielrichtung für die Entwicklung neuer Produkte und Technologien für eine zukunftssichere Kreislaufwirtschaft. Diese Zielsetzung, übertragen auf den Bereich des Wohn- und Siedlungsbaus, bedeutet die Erhöhung der Wohnqualität bei gleichzeitiger Reduktion der Umweltbelastung - „Maximale Wohnqualität bei minimaler Umweltbelastung“.

Mit dem Passivhaus ist die Entwicklung Energiesparhaus (HWB: 50-60 kWh/m<sup>2</sup>a) – Niedrigenergiehaus (HWB: 30-50 kWh/m<sup>2</sup>a) auf ihrem vorläufig logischen Höhe- und Endpunkt angelangt. Aus heutiger Sicht kann das **Passivhaus schlechthin als das „Haus der Zukunft“** bezeichnet werden.

Im Schwerpunkt der Entwicklung stehen die erhöhte Energieeffizienz, vermehrte Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse sowie der effiziente Materialeinsatz mit Berücksichtigung der nachwachsenden Rohstoffe. Ziel der Forschungsarbeit ist neben der Entwicklung neuer Konzepte und Details auch deren Erprobung anhand eines modellhaften Pilotprojektes.

Durch die vorgesehene Umsetzung können eventuell in der Praxis auftretende Schwierigkeiten gelöst und als Erfahrungen weitergegeben werden. Im Hinblick auf die Akzeptanz der neuen Technologien können durch gezielte Information für die Wohnungswerber Hürden abgebaut werden.

### **Aufbau der Arbeit**

Die Forschungsarbeit wurde in die folgenden **10 Meilensteine** gegliedert, die sich mit den wesentlichen das Projekt umfassenden Themen beschäftigen:

Meilenstein 1: Baukonzept und Haustechnikschema

Als Einführung in die Thematik werden hier im Wesentlichen die Planungsgrundlagen und die Konzeption des Projektes in Hinblick auf Städtebau, Ökologie und Bauphysik sowie soziale Integration und haustechnische Besonderheiten erläutert.

Meilenstein 2: Energiebilanzen

Hier werden Methoden und Ergebnisse der Heizwärmebedarfsberechnungen und der Energiebilanzen dokumentiert und Schlussfolgerungen gezogen.

Meilenstein 3: Beschattung

Die eingesetzten Beschattungselemente werden erläutert und der rechnerische Nachweis der Sommertauglichkeit für die verschiedenen Ausführungsvarianten erbracht.

Meilenstein 4: Strömungssimulation

Für die im Passivhaus vorgesehenen zweigeschossigen Wohnräume mit zweigeschossiger Verglasung wurden eigene strömungstechnische Simulationen durchgeführt, die deren

Tauglichkeit derartiger Raumkonzepte unter Berücksichtigung der durch die Lüftungsanlage und die Konzeption als Passivhaus gegebenen Rahmenbedingungen untersuchen sollten. Schlussfolgerungen aus diesen Berechnungen wurden dann in das Ausführungskonzept des Passivhauses aufgenommen.

Meilenstein 5: Thermische Solaranlage

Auch bei der Systemauswahl und der Optimierung der Solaranlagen wurde auf Simulationsrechnungen zurückgegriffen, deren Ergebnisse hier dokumentiert sind.

Meilenstein 6: Haustechnik Ausführung

Hier werden das haustechnische Gesamtsystem sowie die speziellen Haustechnikeinrichtungen der Demonstrationsobjekte und deren Abstimmung mit dem Gesamtgebäude erläutert und dokumentiert.

Meilenstein 7: Ausführungsdetails

Ausgehend von den Prämissen der Wärmebrückenfreiheit und der erforderlichen Dichtheit der Gebäudehülle werden für zahlreiche Detailpunkte des Passivhauses und des Fast- Passivhauses innovative Lösungen entwickelt und mit Zeichnungen und Baustellenfotos dokumentiert. Gegliedert in Themenbereiche werden damit die kritischen Punkte aufgezeigt und es werden beispielhafte Lösungen angeboten, die bei weiteren Projekten angewendet werden können.

Meilenstein 8: Soziologischer Einstieg

Die durchgeführten Veranstaltungen und Umfragen sowie deren Auswertung werden genauestens dokumentiert und Schlussfolgerungen gezogen. Die soziologische Begleitung des Projektes ist ein wichtiger Punkt im Hinblick auf eine bessere Akzeptanz durch Bauträger und Wohnungswerber.

Meilenstein 9: Bauliche Mehrkosten

Ausgehend von den im Rahmen der Ausschreibung des Projektes eingelangten Angeboten wurden Bezugswerte für verschiedene Größen und Ausstattungsvarianten von Niedrigenergie- und Passivhäusern abgeleitet. Die Analyse zeigt darüber hinaus auch Einsparungsmöglichkeiten und diverse Einflussfaktoren auf.

Meilenstein 10: Innovative Komponenten

Hier werden die im Projekt „einfach:wohnen“ exemplarisch integrierten innovativen Komponenten wie Vakuumdämmung, transparente Wärmedämmung oder stromsparende Umwälzpumpen beschrieben und Erfahrungen während der Bauausführung aufgezeigt.

Eine lückenlose Wiedergabe der in den einzelnen Meilensteinen erarbeiteten Fakten und Unterlagen würde den für einen Endbericht im Programm „Haus der Zukunft“ üblichen Rahmen sprengen. Der vorliegende **Endbericht** fasst die in den Meilensteinen erarbeiteten Daten und Inhalte thematisch zusammen und ist in vier Abschnitte gegliedert.

Abschnitt 1 gibt eine allgemeine Übersicht **aller Projektvoraussetzungen** wie Baukonzept, Haustechnikschema und Soziologie. Abschnitt 2 befasst sich mit der speziellen **Haustechnik**, Abschnitt 3 mit der **Gebäudehülle**. Abschließend werden im Abschnitt 4 die **Baulichen Mehrkosten** näher untersucht.

Mit dem vorliegenden Endbericht ist die Forschungsarbeit **„Ganzheitliches Konzept für den mehrgeschossigen Wohnungsbau einfach:wohnen - Phase Planung“** abgeschlossen.

Eine Fortsetzung des Projektes mit der „Phase Errichtung“ ist zur Zeit in Bearbeitung und soll die während der Bauausführung gemachten Erfahrungen und Ergebnisse dokumentieren bzw. die ersten Resultate der nach Bezug der Wohnhausanlage durchgeführten Evaluierungen präsentieren.

## **ABSCHNITT 1**

# **PROJEKTUMFELD UND KONZEPTENTWICKLUNG**

## PROJEKTGRUNDLAGEN

---

### 1. Grundhaltung / Einleitung

Das Bauen und der Betrieb von Gebäuden generieren einen hohen Verbrauch fossiler Energie und verursachen einen wesentlichen Beitrag zum Treibhauseffekt. In diesem Bereich ist daher auch ein hohes Potential für CO<sub>2</sub>-Reduktionen gegeben.

Alle Maßnahmen die in diesem Bereich gesetzt werden, haben langfristige positive Auswirkungen auf die österreichische Volkswirtschaft. Die Durchführung dieser Maßnahmen im Bereich der Planung und Bauausführung sichern in Österreich Arbeitsplätze und garantieren eine Wertschöpfung die fast vollständig im Inland bleibt. Die Erreichung der nationalen CO<sub>2</sub>-Ziele im Gebäudebereich sind als erster Schritt und als Trendwende für eine zukunftsfähige Entwicklung zu sehen, wenn es in den nächsten Jahrzehnten zu einer globalen Verknappung der fossilen Brennstoffe kommen wird. Alle anderen Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion haben nicht in diesem Ausmaß positive Nebeneffekte: Maßnahmen in der Industrie gefährden Arbeitsplätze, Maßnahmen im Verkehr sind schwierig durchführbar und Maßnahmen in der Energieerzeugung stehen unter hohem europäischen Konkurrenzdruck (z.B. Kernkraftwerke in Frankreich....)

Der durchschnittliche Standard des mehrgeschossigen, geförderten Wohnbaus in Österreich schöpft derzeit bei weitem nicht die konzeptionellen und technischen Möglichkeiten für ökologisches, energiesparendes Bauen aus. Die nicht immer nachvollziehbaren Begründungen der verantwortlichen Bauräger reichen von unfinanzierbaren Mehrkosten bis zur fehlenden Nutzerakzeptanz.

Der bedeutende Anteil des geförderten Wohnbaus am gesamten Bauvolumen würde aber bei entsprechend fortschrittlichen Konzepten wesentliche nachhaltige, positive Effekte auf den Gesamtenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen haben.

Das vorliegende Projekt verfolgt den Ansatz, dass für den geförderten Wohnbau ein Bündel von Maßnahmen die geeignete Strategie für eine hohe Nachhaltigkeit ist.

Generelles Leitbild ist die Erzeugung hoher Wohnqualität und attraktiver, sozial wirksamer Räume mit weitgehend sparsamen Einsatz von Ressourcen.

In Zusammenarbeit mit dem Bauräger EBS Wohnungsgesellschaft mbH Linz wurde an einem konkreten Bauvorhaben des mehrgeschossigen Wohnbaus in der Solar City Linz Pichling die komplexe Wechselwirkung zwischen Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung und Nutzerakzeptanz untersucht und optimiert.

### 2. Voraussetzungen / Planungsgrundlagen

Im Bewusstsein von rund 12.000 Wohnungssuchenden im Linzer Zentralraum und der für den geförderten Wohnbau unfinanzierbaren Grundpreise für Baulücken im Stadtgebiet hat die Linzer Stadtpolitik 1990 beschlossen großflächige Stadterweiterungen in Niedrigenergiebauweise im sozialen Wohnbau durchzuführen. Die Idee für den Bau einer "Solar City" war geboren.

Die Ergebnisse der letzten Volkszählungen (1991 und 2001) zeigen deutlich eine Abwanderung aus dem Linzer Stadtgebiet (-8%) bei gleichzeitigem Anstieg der Arbeitsplätze und verdeutlichen die Wichtigkeit dieser Entscheidung für den gesamten Großraum Linz.

Der Süden der Stadt Linz, der Raum Pichling, kam als einzig mögliches Stadterweiterungsgebiet in Frage. Die Örtlichkeit ist gekennzeichnet durch Einfamilienhaussiedlungen, kleinere Badeseen sowie die unmittelbare Nähe der Traun-Donau-Auen, des größten zusammenhängenden naturnahen Biotopgefüges im oberösterreichischen Zentralraum.

1992 wurde von Prof. Roland Rainer ein umfassendes städtebauliches Rahmenkonzept, für den Wohnbezirk Linz-Pichling erarbeitet. Dieser Masterplan sieht ein Siedlungspotential von 5.000 - 6.000 Wohnungen in vier Siedlungskernen à ca. 1.500 Wohneinheiten mit der gesamten Infrastruktur sowie ein Industriegebiet in diesem Bereich vor.

1994 erklärte die Stadt Linz gemeinsam mit vier gemeinnützigen, Linzer Wohnbauträgern ihre Bereitschaft zur Finanzierung der Planung und Entwicklung einer Mustersiedlung von 630 Wohnungen in Niedrigenergiebauweise, wobei die Architekten Norman. Foster, Richard Rogers, Renzo Piano und Thomas Herzog (READ-Gruppe) im Rahmen eines EU-Forschungsprojekts mit der Planung für die erste Baustufe beauftragt wurden.

1995 konnten weitere 8 gemeinnützige Bauvereinigungen für eine Mitarbeit gewonnen werden, sodass nun insgesamt 1317 Wohnungen auf einer Fläche von etwa 32 Hektar gebaut werden.

Für die städtebauliche Gestaltung der zweiten Baustufe wurde 1996 ein Architektenwettbewerb mit internationaler Beteiligung ausgeschrieben, aus dem Architekt Martin Treberspurg als Sieger für die Planung dieses zweiten Bereiches hervorging.

Die Stadt Linz legte im Grundstückskaufvertrag Kriterien zur Einhaltung der Grundideen der Solar City fest, die somit für die Genossenschaften bindend waren:

- Die Gebäude werden in Niedrigenergiebauweise errichtet.
- Der Heizwärmebedarf ist mit einer Nutzheizenergiekennzahl von 40kWh/m<sup>2</sup>a begrenzt.
- Sonnenkollektoren zur Erwärmung des Warmwassers sparen fossile Energie.

Ein nach baubiologischen und bauökologischen Kriterien erstellter Bauteilkatalog enthielt Empfehlungen für die von den Bauträgern zu verwendenden Materialien. Damit war gewährleistet, dass durch die verwendeten Baustoffe einerseits eine möglichst geringe Umweltbelastung und andererseits eine möglichst geringe Belastung der in den Gebäuden wohnenden Menschen auftritt.

### **3. Gebäudekonzept : einfach :wohnen**

Gegenstand der vorliegenden Forschungsarbeit ist die Wohnhausanlage „einfach:wohnen“. Sie ist Teil des äußeren Bebauungsringes in unmittelbarer Nachbarschaft zum Naherholungsgebiet Weikerlsee. Bauherr ist die EBS -Linz, die Planung erfolgte durch das Büro Treberspurg & Partner.

#### **a. Entwurfskonzept**

Generelles Leitbild war das Erreichen hoher Wohnqualität und attraktiver sozial wirksamer Räume mit weitgehend sparsamem Einsatz von Ressourcen u.a. durch ökologisches und solares Bauen, also maximale Wohnqualität bei minimaler Umweltbelastung . Dies wurde auf mehreren Ebenen bearbeitet und in die Gesamtplanung integriert:

##### **Städtebau**

Durch die Gesamtkonzeption der Solar City Linz Pichling sind hochwertige Rahmenbedingungen gegeben: die geplante, schnelle Straßenbahnverbindung bietet zum Beispiel eine ökologisch sinnvolle Verkehrsanbindung an das Zentrum von Linz. Der gesamte Siedlungskern ist autofrei. Eine hohe Freizeitqualität ist durch den nahen Naturraum Auwald und das Erholungsgebiet Weikerlsee gewährleistet.



#### **Soziale Integration durch Typologie**

Eine Durchmischung mit Maisonetten, Reihenhäusern und Geschosswohnungen soll Tendenzen der sozialen Segregation vorbeugen.

#### **Ökologie durch Typologie**

Einfache, klare Baukörper mit einem günstigen Oberflächen/Volums-Verhältnis gewährleisten Verbrauchsminimierung und Senkung der Herstellungskosten.

Alle Typen öffnen sich im Rahmen des vorgegebenen Bebauungsplanes zur Sonne.

#### **Wohnqualität**

Durch eine durchdachte Entwurfskonzeption wird eine hohe Wohnqualität erzielt: Wohnflächen ersetzen Erschließungsflächen; jeder Wohnung ist direkt ein großzügiger Freiraum zugeordnet; die Wohnungen sind durch große Südverglasungen sonnendurchflutet. All das sind kostenarme Maßnahmen zur Stärkung der Wohnqualität. Erwartet wird dadurch eine höhere Wohnzufriedenheit und folglich auch eine Abnahme der Freizeitmobilität.



### **Soziale Raumqualität**

Ein dreigeschossiger Gemeinschaftsraum mit vorgelagertem „Festplatz“ im Schwerpunkt des Quartiers bietet flexibles Angebot für vielfältige soziale Aktivitäten. Die Wegeführung soll zwanglos Kontakte fördern ohne diese zwanghaft zu fordern.



## b. Kombination Bau- und Haustechnik

Das Projekt versucht fortgeschrittene Technologien des ökologischen und energiesparenden Bauens im strengen Kostenrahmen des geförderten Wohnbaus so weit wie möglich umzusetzen. Eine der Innovationen stellt die jeweils auf den Haustyp abgestimmte Kombination modernster Bau- und Haustechnik-Komponenten und deren Optimierung im Sinne eines Gesamtsystems dar. Darüber hinaus sollten einige besonders innovative Elemente wie Vakuumdämmung, Transparente Wärmedämmung, hocheffiziente Umwälzpumpen, usw. in der Wohnhausanlage verwirklicht werden.

Auf der Nord-, Ost- und Westseite umschließen massive, speicherwirksame Bauteile mit minimiertem Fensteranteil die Wohnungen, die Südseite öffnet sich mit einem Fensterflächenanteil von etwa 60% zur Sonne. Im Vergleich dazu liegt der übliche Fensterflächenanteil im sozialen Wohnbau bei etwa 30% und zum Teil noch darunter. Dieses „Aufmachen“ der Südseite ist ein wesentlicher Beitrag zur einer besseren Wohnqualität, von dem neben der günstigen energetischen Wirkung vor allem die nachgewiesenen, positiven psychologischen Effekte des „sonnigen Wohnens“ erwartet werden.

Die ermittelten Energiekennzahlen bestätigen die Wirksamkeit dieser Kombination von Verlustminimierung auf den weniger besonnten Seiten und der solaren Ertragsmaximierung auf der Südseite.

Im gesamten Bauabschnitt der EBS Wohnungsgesellschaft mbH werden großzügige Verglasungen, die gleichzeitig auch eine ausgezeichnete natürliche Belichtung sicherstellen, verwirklicht. Durch dieses Konzept werden hohe passive solare Gewinne und ein entsprechend niedriger Energiebedarf erreicht.



Um verschiedene Varianten wissenschaftlich korrekt miteinander vergleichen zu können, wurden drei unterschiedliche Mehrfamilien-Haustypen am selben Standort ausgeführt, die entsprechend gemessen und evaluiert werden sollen:

- Niedrigenergiehaus mit Fensterlüftung und konventioneller Radiatorenheizung (Haus 2 und Haus 4 bis 7) – als Basisvariante
- Niedrigenergiehaus mit Be- und Entlüftung und Wärmerückgewinnung sowie reduzierten Heizflächen (Haus 3) – als „Fast-Passivhaus“
- Passivhaus (Haus 1)

Die Basisvariante und das „Fast-Passivhaus“ (Haus 2-7) werden mit derselben gehobenen thermischen Qualität der Gebäudehülle ausgeführt. Im Passivhaus (Haus 1) wird der Dämmstandard noch einmal deutlich erhöht. In allen Fällen wird der Vermeidung von Wärmebrücken höchste Aufmerksamkeit gewidmet.

Das Haus 1 mit 5 Wohneinheiten und Gemeinschaftsraum, wurde unter anderem wegen seiner geringen Größe als Passivhaus projektiert, um die zusätzlichen Kosten zu beschränken.

Die Haustechnik der Basisvariante setzt sich aus einer konventionellen Radiatorheizung und einer bedarfsgesteuerten Abluftanlage in den Sanitärräumen zusammen. Durch die Abluftanlage wird ein geringfügiger, kontinuierlicher Mindestluftwechsel sichergestellt, der sich bei Benützung von Bädern und WC's erhöht.

Im Haus 1 und 3 werden jeweils dezentrale Be- und Entlüftungsgeräte mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung, Erdreichvorwärmung und mit Fernwärme versorgten Nachheizregistern eingesetzt. Im Haus 3 wurden zusätzlich kleinere Radiatorheizflächen vor allem im Fensterbereich eingeplant.

Alle Häuser wurden mit modernen, dezentralen Solaranlagen ausgerüstet, die sowohl für die Warmwasserbereitung als auch für die Zusatzheizung genützt werden können. Der solare Deckungsgrad für das Warmwasser liegt im Schnitt bei 60 %. Der verbleibende Restwärmebedarf für Warmwasser und Heizung wird über umweltfreundliche Fernwärme bereitgestellt.

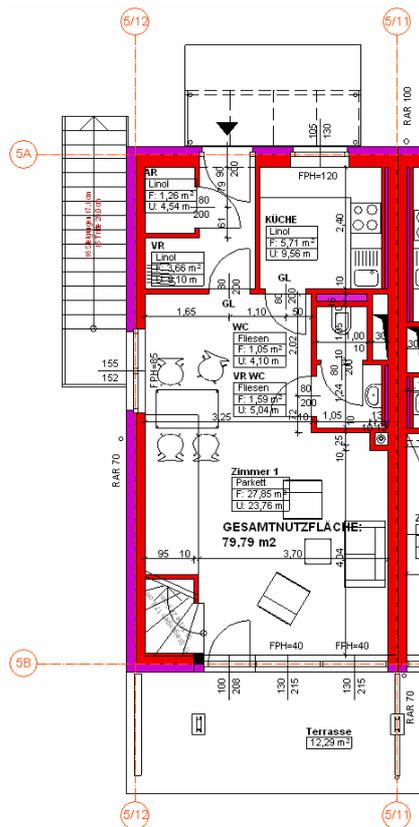
Bauphysik und Haustechnik sind jeweils aufeinander abgestimmt, sodass sich ein optimiertes Gesamtsystem ergibt.

## c. Bauphysik

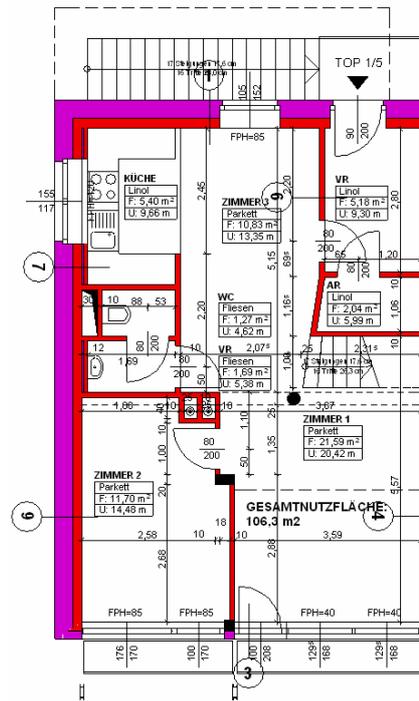
Die Baukörper sind generell kompakt gehalten. Außenliegende, unbeheizte Gebäudeteile, wie Laubengänge, Stiegen und Balkone sind grundsätzlich wärmetechnisch entkoppelt vor die Fassaden gestellt.

Alle Dächer sind zur Verbesserung des Wasserhaushaltes und des Raumklimas extensiv begrünt.

Ein hohes Dämmniveau sowie eine optimale Wärmespeicherung wurden als charakteristische Prinzipien des solaren Bauens vorgesehen.



Haus 2 – 7



Haus 1

## Ökologischer Materialeinsatz

Ziel des Projektes war der im sozialen Wohnbau kostenmäßig vertretbare ökologische Materialeinsatz. Nach Festlegung des ökologischen Grundkonzepts, in das auch Beratungen durch die „ÖKO-INFORM“- Plattform einfließen, waren zunächst folgende Baustoffe vorgesehen:

Für die Außenwände des Passivhauses sollte ein speziell entwickelter 20cm starker Ziegelsplitt-Recycling-Speicherziegel mit 69% Recycling-Anteil eingesetzt werden. Bei den Niedrigenergiehäusern sollte die Nordwand aus statischen Gründen mit dem gleichen Ziegeltyp mit einer Dicke von 25 cm ausgeführt werden. Für die Ost- und Westwand, sowie die Wohnungstrennwände sollte ein 17cm Betonrecycling-Stein mit rund 30% Recycling-Anteil zum Einsatz kommen.

Leider lag für diese Hochlochziegel keine oberösterreichische, bautechnische Zulassung vor. Daher musste auf herkömmliche, gebrannte, keramische Hochlochziegel in Schallschutzausführung zurückgegriffen werden. Alle Außenwände wurden aus 25 cm Ziegelmauerwerk, die Wohnungstrennwände aus 2 x 17cm Ziegelmauerwerk ausgeführt. Anzumerken ist hier, dass durch die Produktion der ausgewählten Ziegel in der Nähe von Linz die Transportwege und die damit verbundenen Umweltbelastungen auf etwa ein Viertel gegenüber dem ursprünglich geplanten Recycling-Speicherziegel reduziert werden konnten.

Aus Kostengründen konnte die geplante Korkdämmung nicht verwirklicht werden. Als Alternativen wurden Wärmedämmungen aus Mineralwolle oder EPS (expandiertes Polystyrol) in Erwägung gezogen. Dabei stellte sich heraus, dass EPS sowohl in ökologischer wie in ökonomischer Hinsicht besser abschnitt.

An die Außenwände der Häuser 2 bis 7 wurden durchgehend 16 cm EPS-Platten geklebt ( $U_S$ -Wert = 0,235 W/m<sup>2</sup>K,  $U_{N,O,W}$ -Wert = 0,199 W/m<sup>2</sup>K). Der unterschiedliche U-Wert ergibt sich durch die verschiedenen Bauweisen. Die Nord-, Ost- und Westwand wurde in Ziegelbauweise ausgeführt, während die Südwand - bei allen Häusern - aus Stahlbeton ausgeführt werden musste.

Die Nord-, Ost- und Westwände im Haus 1 (Passivhaus) wurden mit 35 cm EPS gedämmt ( $U_{N,O,W}$ -Wert = 0,102 W/m<sup>2</sup>K). Bei der Südwand des Passivhauses (auch diese wurde aus statischen Gründen aus Stahlbeton ausgeführt) wurde die Dämmstärke auf 25 cm EPS reduziert, um die Verringerung der solaren Gewinne durch die Beschattung der tiefen Fensterlaibungen zu beschränken ( $U_S$ -Wert = 0,154 W/m<sup>2</sup>K).

Zur Verbesserung des Mikroklimas wurden die Flachdächer in der gesamten Wohnhausanlage als extensive Gründächer ausgeführt. Im Passivhaus wurden am Dach EPS-Platten mit einer Dämmstärke von 40cm und einem  $U_{Dach}$ -Wert = 0,085 W/m<sup>2</sup>K und in den anderen Häusern 30cm EPS-Platten mit einem  $U_{Dach}$ -Wert = 0,114 W/m<sup>2</sup>K eingebaut.

Für das Passivhaus wurden aus ökologischen Gründen Holz-Aluminium-Fenster mit einem Zertifikat des Passivhausinstitutes eingesetzt. In den anderen Häusern musste aus Kostengründen auf Kunststoff-Fenster zurückgegriffen werden.

Als weitere Beispiele für ökologisch vorteilhafte Materialien sind die Perlit-Schüttungen in den Fußbodenaufbauten, Buchenparkett für die Fußbodenoberflächen, usw. zu nennen. Bei den Oberflächenbeschichtungen (Boden, Wand, usw.) wurde auf ökologisch unbedenkliche Produkte zurückgegriffen.

## Bauteile und Aufbauten

### Wandaufbauten Passivhaus

#### Haus 1 (in cm)

#### Außenwand Ost/West/Nord

##### U-Wert: 0,102

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 25,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 35,0 Wärmedämmung EPS
- 0,5 Dünnputz

#### Außenwand mit Installationen

##### U-Wert: 0,101

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 7,0 Ziegel-Vorsatzsch. bis 120üFOK
- 2,0 Klebemörtel
- 25,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 35,0 Wärmedämmung EPS
- 0,5 Dünnputz

#### Wohnungstrennwand mit Baufuge

##### U-Wert: 0,554

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 3,0 WD EPS
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 1,0 Innen Kalkgipsputz

#### Wohnungstrennwand mit Installationen

##### U-Wert: 0,505

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 3,0 WD EPS
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 2,0 Klebemörtel
- 7,0 Ziegel-Vorsatzsch. bis 120üFOK
- 1,0 Innen Kalkgipsputz

#### Parapete Südfassade

##### U-Wert: 0,154

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Stahlbeton
- 25,0 Wärmedämmung EPS
- 0,5 Dünnputz

#### Trennwände

- 1,0 Kalkgipsputz
- 10,0 Blähtonziegel
- 1,0 Kalkgipsputz

#### Außenwand Keller

- 30,0 WU-Beton
- 5,0 EPS

#### Kellerabteiltrennwände

- 5,0 Metallständerwände

#### Fenster, Terrassentüren

##### U<sub>f</sub>-Wert: < 0,8

- Holz-Alu-Rahmen

## Deckenaufbauten Passivhaus Haus 1 (in cm)

### Gründach

**U-Wert: 0,085**

8,0	Substrat, Humus
1,0	Schutzvlies
1,2	dreilagige Abdichtung
40,0	EPS-Platten, zweilagig
0,35	Dampfsperre
20,0	Stb-Hohldielendecke gespachtelt

### Geschoßdecke Wohnräume

1,0	Klebeparkett
6,0	Estrich
	Folie
2,5	TDPS 30/25
8,5	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Massivdecke gespachtelt

### Geschoßdecke Küchen, Vorräume

0,8	Fliesen in Dünnbett
6,0	Estrich
	Folie
3,0	TDPT 30/30
8,2	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Decke gespachtelt

### Geschoßdecke Nassräume Bad, WC

**U-Wert: 0,322**

0,8	Fliesen in Dünnbett
0,4	Superflex 1
6,0	Estrich
	Folie
3,0	TDPT 30/30
7,8	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Decke gespachtelt

### Decken gegen Keller Fliesen

**U-Wert: 0,144**

1,0	Fliesen in Dünnbett
6,0	Estrich
	Folie
22,0	EPS-Platten
2,0	Beschüttung (Perlite)
25,0	Stb-Decke

### Kellerfußböden

30,0	Dichtbetonpl. verrieben, gestrichen
6,0	Sauberkeitsschicht
	Folie
10,0	Rollierung

### Decken gegen Durchfahrt

**U-Wert: 0,115**

1,0	Klebeparkett
6,0	Estrich
	Folie
2,5	TDPS 30/25
8,5	Beschüttung (Perlite)
35,0	Stb-Massivdecke
22,0	EPS-Platten
0,5	Dünnputz

### Balkone

4,0	Lärchenholzbohlen
18,0	zwischen IPE 180

### Laubengänge Haus 1,3-7

0,8	Glasdach VSG
6,0	T-Stahl
	Gehfläche:
20,0	FT-Betonplatten
	Ortbetonkonsolen

## Wandaufbauten Standardhaus Häuser 2 – 7 (in cm)

### Außenwand Ost/West/Nord

**U-Wert: 0,199**

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 25,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 16,0 Wärmedämmung EPS
- 0,5 Dünnputz

### Außenwand mit Installationen

**U-Wert: 0,193**

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 7,0 Ziegel - Vorsatzsch. bis 120üFOK
- 2,0 Klebemörtel
- 25,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 16,0 Wärmedämmung EPS
- 0,5 Dünnputz

### Wohnungstrennwand mit Baufuge

**U-Wert: 0,554**

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 3,0 WD EPS
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 1,0 Innen Kalkgipsputz

### Wohnungstrennwand mit Installationen

**U-Wert: 0,505**

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 3,0 WD EPS
- 17,0 Schallschutz-Hochlochziegel
- 2,0 Klebemörtel
- 7,0 Ziegel - Vorsatzsch. bis 120üFOK
- 1,0 Innen Kalkgipsputz

### Parapete Südfassade

**U-Wert: 0,235**

- 1,0 Innen Kalkgipsputz
- 17,0 Stahlbeton
- 16,0 WD EPS
- 0,5 Dünnputz

### Trennwände

- 1,0 Kalkgipsputz
- 10,0 Blähtonziegel
- 1,0 Kalkgipsputz

### Kellerabteiltrennwände

- 5,0 Metallständerwände

### Außenwand Keller

- 30,0 Wu-Beton
- 5,0 EPS

### Fenster, Terrassentüren

**U<sub>f</sub>-Wert < 1,3**

- Kunststoff-Rahmen

## Deckenaufbauten Standardhaus Häuser 2 – 7 (in cm)

### Gründach

**U-Wert: 0,114**

8,0	Substrat, Humus
1,0	Schutzvlies
1,2	dreilagige Abdichtung
30,0	EPS-Platten, zweilagig
0,35	Dampfsperre
26,0	Stb-Hohldielen gespachtelt, bzw.
20,0	Stb-Massivdecke (25,0)

### Wohnungstrennendecke - Wohnräume

1,0	Klebeparkett
6,0	Estrich
	Folie
2,5	TDPS 30/25
8,5	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Massivdecke gespachtelt bzw. Stb-Hohldielen

### Wohnungstrennendecke – Küchen, Vorräume, Abstellräume

0,5	Linol
6,0	Estrich
	Folie
2,5	TDPS 30/25
9,0	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Massivdecke gespachtelt bzw. Stb-Hohldielen

### Wohnungstrennendecke – Nassräume (Bad, WC) und VR zu Nassräumen

**U-Wert: 0,322**

0,8	Fliesen in Dünnbett
0,4	Superflex 1
6,0	Estrich
	Folie
3,0	TDPT 30/30
7,8	Beschüttung (Perlite)
20,0	Stb-Decke gespachtelt bzw. Stb-Hohldielen

### Decken gegen Keller - Wohnräume

**U-Wert: 0,277**

1,0	Klebeparkett
6,0	Estrich
	Folie
3,0	TDPS 35/30
8,0	Wärmedämmung EPS
20,0	Stahlbeton Massivdecke bzw. Stb-Hohldielen

### Decken gegen Keller - Küchen, Vorräume, Abstellräume

0,5	Linol
6,5	Estrich
	Folie
3,0	TDPS 35/30
8,0	Wärmedämmung EPS
20,0	Stahlbeton Massivdecke bzw. Stb-Hohldielen

### Decken gegen Keller - Nassräume (Bad, WC) und VR zu Nassräumen

**U-Wert: 0,281**

0,8	Fliesen in Dünnbett
0,4	Superflex 1
5,8	Estrich
	Folie
3,0	TDPT 30/30
8,0	Wärmedämmung EPS
20,0	Stahlbeton Massivdecke bzw. Stb-Hohldielen

### Kellerfußböden

30,0	Dichtbetonpl. verrieben, gestrichen
6,0	Sauberkeitsschicht
	Folie
10,0	Rollierung

## Deckenaufbauten Standardhaus Häuser 2 – 7 (in cm)

### Balkone

4,0 Lärchenholzbohlen zwischen  
14,0 IPE 180

### Balkondächer

3,5-4,0 Trapezblech 35/207 od. 40/183  
ca14,0 Stahlrahmen verzinkt

### Laubengänge Haus 1,3-7

0,8 Glasdach VSG  
60/50 Stahlformrohr

#### Gehfläche:

20,0 FT-Betonplatten  
Ortbetonkonsolen

### Laubengänge Haus 2

5,5 Trapezblechdach  
auf IPE 160

#### Gehfläche:

4,0 Estrichbetonplatten  
3,0 Sandbett  
1,5 Trittschalldämmung (EPS-T 16/15)  
0,5 Abdichtung  
2,0-6,0 Gefällebeton

### Tiefgarage, Boden

10,0 Verschleißschicht  
30,0 Dichtbetonplatte  
6,0 Sauberkeitsschicht  
Folie  
10,0 Rollierung

### Tiefgarage, Decke befahrbar

8,0 Plattenbelag,  
befahrbar, Müllwagen  
5,0 Kiesbett  
ca.25 Anschüttung  
1,0 Schutzschicht Gummigranulatmatte  
1,5 dreilagige Abdichtung, Bitumen  
10,0 Gefällebeton  
30,0 Stb-Massivdecke  
25,0 Konstruktionshöhe Unterzüge

### Tiefgarage, Decke begrünt

10,0 Humus  
ca.25 Anschüttung  
3,0 Schutzbeton  
1,5 dreilagige Abdichtung, Bitumen  
2,0-12 Gefällebeton  
30,0 Stb-Massivdecke  
Unterzüge

## U-Wert Übersicht Haus 1

---

**Projekt:** Solar City Linz Pichling  
Bauteil EBS  
Haus 1  
**Datum:** 01.10.2003

Bauteil Bezeichnung	R innen [m <sup>2</sup> K/W]	R außen [m <sup>2</sup> K/W]	Fl.-Gew. [kg/m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
AW01 Außenwand Eder HLZ 25 SS Schallschutzstein mit EPS-Dämmung	0,122	0,042	282	0,102
AW02 Außenwand Eder HLZ 25 SS mit EPS-Dämmung und Installationen	0,122	0,042	373	0,101
AW03 Außenwand Parapete Südfassade	0,122	0,042	436	0,154
DA01 Gründach	0,122	0,042	516	0,085
DA02 Decken gegen Durchfahrt	0,171	0,042	1001	0,115
DE01 Decken gegen Keller Fliesen	0,171	0,171	747	0,144
DE02 Geschossdecke Nassräume Bad, WC	0,122	0,122	646	0,322
IW01 Wohnungstrennwand mit Baufuge	0,122	0,122	402	0,554
IW02 Wohnungstrennwand mit Installationen	0,122	0,122	493	0,505

## U-Wert Übersicht

### Häuser 2 - 7

---

**Projekt:** Solar City Linz Pichling  
**Bauteil EBS**  
**Haus 2 - 7**  
**Datum:** 01.10.2003

Bauteil Bezeichnung	R innen [m <sup>2</sup> K/W]	R außen [m <sup>2</sup> K/W]	Fl.-Gew. [kg/m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
AW01 Außenwand Eder HLZ 25 SS Schallschutzstein mit EPS-Dämmung	0,122	0,042	279	0,199
AW02 Außenwand Eder HLZ 25 SS mit EPS-Dämmung und Installationen	0,122	0,042	370	0,193
AW03 Außenwand Parapete Südfassade	0,122	0,042	435	0,235
DA01 Gründach	0,122	0,042	512	0,114
DE01 Decken gegen Keller Parkett	0,171	0,171	613	0,277
DE02 Decken gegen Keller Fliesen	0,171	0,171	626	0,281
DE03 Wohnungstrenndecke Nassräume	0,122	0,122	646	0,322
IW01 Wohnungstrennwand mit Baufuge	0,122	0,122	402	0,554
IW02 Wohnungstrennwand mit Installationen	0,122	0,122	493	0,505

## **d. Haustechnik**

Ein vom Ingenieurbüro Hofbauer erstellter Haustechniksystemvergleich wurde mit der EBS Wohnungsgesellschaft mbH und dem Haustechnikplaner hinsichtlich Kosten und Nutzerfreundlichkeit diskutiert. In den Vorbesprechungen wurden von den sechs Varianten anhand einer Bewertungsmatrix drei Varianten ausgeschieden und die verbleibenden zur weiteren Bearbeitung ausgewählt.

In den nachfolgenden Tabellen Tabelle 1.1 und Tabelle 1.2 sind die Bewertungsmatrizen zusammengestellt. Dabei steht „+“ für günstige, „0“ für indifferente und „-“ für ungünstige Eigenschaften. In den Spalten für Kosten und Aufwände zeigt daher „+“ niedrige und „-“ hohe Werte an. Für die Messbarkeit bedeutet „+“, dass die Energieverbräuche leicht zu messen sind, und „-“ entsprechend schwierigere Voraussetzungen. Im Bereich Robustheit gegenüber Fehlern steht „+“ schließlich für geringe und „-“ für hohe Fehleranfälligkeit.

TECHNISCHES BÜRO für Meß-, Steuer-, Regeltechnik und Energieberatung  
Dipl.-Ing. Wilhelm HOFBAUER Penzinger Straße 58, 1140 Wien Tel. 894 31 91 / 13

Tab. 1.1: HAUSTECHNIKSYSYSTEMVERGLEICH

Projekt: Solar City Linz Pichling, Bauteil EBS  
Datum: September 2001

Haus-technik-system	Herstellkosten	Energiekosten	Wartungs-aufwand	Meß-aufwand	Meß-barkeit	Robustheit gegenüber		Systembeschreibung
						Ausführungs-fehler	Benutzer-fehler	
1	+	-	0	+	0	+	0	Basistyp 1: HK; geringe Grundlüftung , Bedarfslüftung WC, Bad, Küche m. Umluft-Dunstabzug; solare WW-Vorwärmung, Fernwärme zur WW-Nachwärmung
2	0	-	0	0	-	0	0	Fortgeschr. Typ 2: wie Basistyp mit mittlerer Grundlüftung, Zuluft über zentralen Erdkolektor & zentralen FW-WT vorgewärmt, kleine HK
3	-	0	0	0	-	-	-	Fortgeschr. Typ 3: Be- und Entlüftung m. hoher Grundlüftung, Bedarfslüftung WC, Bad, Küche; Zuluft über zentr. Erdkolektor, zentrale Abluftwärmerückgewinnung und FW-Nachwärmung sehr kleine HK; Sonnenkollektoren & FW zur WW-Nachwärmung
4	-	0	0	0	+	-	0	Fortgeschr. Typ 4: wie Typ 3, aber nach Erdkolektor dezentrale Lüftungsgeräte mit Abluftwärmerückgewinnung, FW-Nachw. & eventuell WW-Speicher
5	0	+	0	0	-	-	+	Passivhaus Typ 5: Be- und Entlüftung mit hoher Grundlüftung, Zuluft über zentralen Erdkolektor; zentrale Abluftwärmerückgew. & FW-Nachwärmung; keine HK (Ausnahme Badezimmer); Sonnenkollektoren und FW zur WW-Nachwärmung
6	0	+	0	0	+	-	+	Passivhaus Typ 6: wie Typ 5, aber nach Erdkolektor dezentrale Lüftungsgeräte mit Abluftwärmerückgewinnung, solare WW-Vorwärmung, FW-Nachwärmung für Lüftung und WW

Fette Ziffern: für weitere Bearbeitung ausgewählt

HK...Heizkörper    FW...Fernwärme    WP...Wärmepumpe    WT...Wärmetauscher    WW...Warmwasser

Endbericht

TECHNISCHES BÜRO für Meß-, Steuer-, Regeltechnik und Energieberatung  
Dipl.-Ing. Wilhelm HOFBAUER Penzinger Straße 58, 1140 Wien Tel. 894 31 91 / 13

Tab. 1.2.: HAUSTECHNIKSYSYSTEMVERGLEICH

Projekt: Solar City Linz Pichling, Bauteil EBS  
Datum: September 2001

Haus-technik-system	Herstellkosten	Energiekosten	Wartungs-aufwand	Meß-aufwand	Meß-barkeit	Robustheit gegenüber		Systembeschreibung
						Ausführungs-fehlern	Benutzer-fehlern	
<b>1</b>	+	-	0	+	0	+	0	Basistyp 1: Standard-HK; geringe Grundlüftung , Bedarfslüftung WC, Bad, Küche m. Umluft-Dunstabzug; solare WW-Vorwärmung, Fernwärme zur WW-Nachwärmung
<b>4</b>	-	0	0	0	+	-	0	Fortgeschr. Typ 4: kleine HK; Be- und Entlüftung mit hoher Grundlüftung, Bedarfslüftung WC, Bad, Küche; Zuluft über zentralen Erdkolektor, danach dezentrale Lüftungsgeräte mit Abluftwärmerückgewinnung, FW-Nachwärmung & eventuell WW-Speicher
<b>6</b>	0	+	0	0	+	-	+	Passivhaus Typ 6: keine HK; Be- und Entlüftung mit hoher Grundlüftung, Zuluft über zentralen Erdkolektor, danach dezentrale Lüftungsgeräte mit Abluftwärmerückgewinnung, solare WW-Vorwärmung, FW-Nachwärmung für Lüftung und WW

HK...Heizkörper      FW...Fernwärme      WP...Wärmepumpe      WT...Wärmetauscher      WW...Warmwasser

Nachfolgend werden die Prinzipschemata der ausgewählten, geplanten Haustechniksysteme dargestellt:

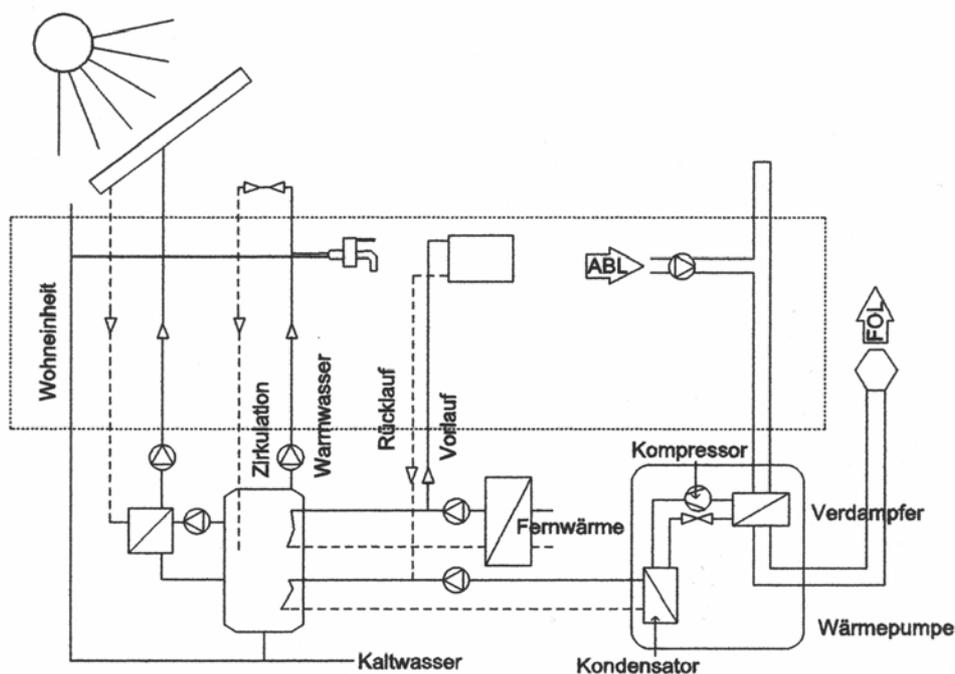
### Basistyp (Haus 2 und 4-7)

Konventionelle Fensterlüftung und Radiatorenheizung, bedarfsgesteuerte Abluftanlage mit zusätzlichem geringen, kontinuierlichen Mindestluftwechsel.

In dem Schema ist noch eine Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung aus der Abluft und Vorwärmung des Warmwassers eingezeichnet. Eine genauere Analyse hat dann aber ergeben, dass der damit verbundene Aufwand gegenüber dem möglichen Nutzen nicht vertretbar erscheint.

Weitere Untersuchungen (Solaranlagen-simulation, usw.) haben schließlich gezeigt, dass es vorteilhafter ist, das hier dargestellte Vierrohr-Wärmeverteilsystem durch ein Zweirohrsystem zu ersetzen. Damit kann die Solaranlage auch für die Heizung genutzt werden und die Warmwasserzirkulationsleitung entfällt. Für genauere Informationen wird auf die ausführlichere Darstellung im Abschnitt 2 dieser Forschungsarbeit verwiesen.

### BASISTYP Niedrigenergiehaus



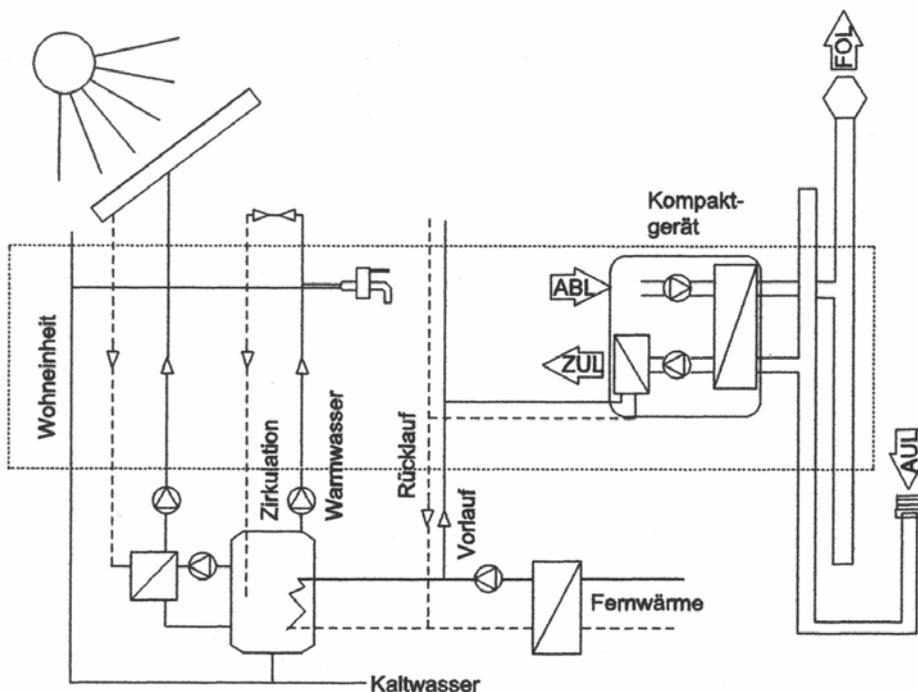


### Passivhaus (Haus 1):

Klassisches Passivhauskonzept mit Vorwärmung der Frischluft über Erdkollektor, Be- und Entlüftung über dezentrale Kompaktgeräte in jeder Wohnung mit hocheffizientem Wärmetauscher und Nachheizung über die Fernwärme.

Weitere durchgeführte Untersuchungen (CFD-Luftströmungssimulation, usw.) haben dazu geführt, dass im Wohnzimmer im Bereich der 2-geschossigen Verglasungselemente und im Badezimmer kleine Heizkörper installiert wurden. Die Leistung des Heizkörpers am Fensterparapet beträgt 350W. Das Vierrohr-Wärmeverteilsystem wurde ebenfalls durch ein Zweirohrsystem ersetzt.

### PASSIVHAUS



Wie auch aus den Haustechnik-Schemata zu erkennen ist, wurde im Haus 1 und 3 eine Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung realisiert. Aufgrund folgender Überlegungen entschied man sich für dezentrale Lüftungsgeräte:

- Grundsätzlich haben die Erfahrungen der letzten Jahre mit Lüftungsanlagen in mehrgeschossigen Niedrigenergie- und Passivhäusern gezeigt, dass zentrale Systeme eine Reihe von Nachteilen aufweisen. So lassen sich Temperaturen und Luftmengen in den einzelnen Wohnungen meist nicht oder nur unzureichend regeln. Man braucht für solche Anlagen lange Luftleitungen mit großen Querschnitten mit allen damit verbundenen Nachteilen (Raumbedarf, Druckverluste, Stromverbrauch, schlechte Abrechnungsmöglichkeit usw.). Daher werden neuere Anlagen praktisch nur mehr nach zwei Prinzipien ausgeführt: semizentral oder dezentral.
- In einer semizentralen Anlage werden Hauptventilatoren, Wärmetauscher und Filter zwar in einer Lüftungszentrale zusammengefasst, in den einzelnen Wohnungen können aber Temperaturen und Luftmengen über Heizregister und kleine Ventilatoren individuell geregelt werden. Der Vorteil liegt vor allem in der einfacheren Wartung (Filtertausch, usw. ) in der leicht zugänglichen Lüftungszentrale. Als nachteilig erweist sich die meist aufwendigere Ausführung. Weiters sollte hier erwähnt werden, dass die Risiken von Geruchsübertragungen gegenüber dezentralen Anlagen deutlich erhöht sind.
- Bei einer dezentralen Lüftungsanlage werden kompakte Lüftungsgeräte in jeder Wohnung eingebaut und überwiegend selbstständig betrieben. Aufwendige Lüftungssammelleitungen können weitgehend vermieden und jedes Lüftungsgerät kann einzeln geregelt werden.
- Viele jüngere Bauvorhaben im nationalen und internationalen Bereich wurden ebenfalls mit dezentralen Lüftungsanlagen verwirklicht.

In den schließlich ausgeführten Haustechniksystemen wurden für jedes Haus dezentrale Solaranlagen installiert. Die Sonnenkollektoren erwärmen Heizungswasser in einem Pufferspeicher, das bei Bedarf über umweltfreundliche Fernwärme nachgewärmt wird. In einem Zweirohrsystem wird die Wärme zu den einzelnen Wohnungen geführt. Dort wird über einen Wärmetauscher das Warmwasser bereitet und die Heizkörper bzw. die Lüftungsnachheizregister versorgt.

## SOZIOLOGISCHE BEGLEITUNG

---

### 1. Projektziele

Das Projekt „**einfach:wohnen im Haus der Zukunft**“ stellt ein mehrdimensionales, innovatives Baukonzept dar, das verschiedene Komponenten und ökologische Teilsysteme zu integrieren versucht.

Auf dem Hintergrund der einzelnen Baubjekte (3 energietechnisch unterschiedlich innovativ gestaltete Geschosswohnbau-Typen) und unter den speziellen Rahmenbedingungen der solarCity geht es im vorliegenden Begleitprojekt insbesondere um die Ebene von **Siedlung** bzw. **Wohnquartier** und **Identifikation**. Ausgegangen wird von der Annahme, dass der jeweilige **ökologische Mehrwert** von Einzelmaßnahmen häufig erst aus einer 'siedlungsökologischen' Gesamtperspektive bzw. -bilanz heraus bewertbar wird und dabei das **Nutzerverhalten** eine zentrale Rolle spielt.

Die **These**: Es existiert ein kausaler **Zusammenhang** zwischen „**sozialer Kohäsion**“ und **ökologischem Verhalten**. Das heißt, je höher die soziale Kohäsion, sprich Wohn(umfeld)zufriedenheit, gute Nachbarschaft etc., desto geringer sind auch die **Transaktionskosten**, d.h. um so leichter werden wichtige Themen wie ökologisch nachhaltiges Nutzerverhalten vermittelbar, was wiederum zu Akzeptanz und Kostenreduzierung (Müllvermeidung, -trennung, geringer Vandalismus, Wasser-, Stromsparen etc.) führt.

Nachhaltiges Nutzerverhalten kann neben verstärkter Information und „Bewohner-Qualifizierung“ nur durch **ein hohes Maß an Identifikation** mit dem Projekt und der gesamten Wohn- und Wohnumfeldsituation erreicht werden. Diese Identifikation passiert allerdings nicht oder nur bedingt von selbst, sondern muss durch **soziokulturelle Maßnahmen** in Form von **'Anschubhilfe'** gefördert werden.

Auf diesem Hintergrund liegt - neben den bautechnischen und ökonomischen Fragen des Modellprojekts - ein besonderer Schwerpunkt auf der Betrachtung der **sozialorganisatorischen Lösungen** und des **Nutzerverhaltens**; dies sowohl auf der Ebene des **Einzelhaushalts**, als auch auf jener der **'Nachbarschaft'** und letztlich des gesamten **Quartiers**.

Um nachhaltige Ergebnisse zu erzielen, geht es insbesondere beim ökologischen Bauen und Wohnen **nicht mehr nur um die Sicherung der Akzeptanz** durch die Nutzer/innen im Sinne von „Hinnahmefähigkeit“, sondern um deren **engagiertes Mitwirken am gesamten Prozess**, d.h. nach Möglichkeit in der Planungs-, Bau- und Wohnphase.

Basierend einerseits auf dem Gesamt-Projektplan vom 1.5.2000 und andererseits auf den Zwischenergebnissen von Projektteil 1 sollte auf der Grundlage aller allgemeinen sachlichen Vorgaben eine zweite Projektphase mit Schwerpunkt auf jene sozialorganisatorischen Maßnahmen, die zu einer **frühen und nachhaltigen Nachbarschaftsbildung** führen und die das Nutzerverhalten im Hinblick auf die allgemeinen Projektziele positiv beeinflussen, stattfinden. Ziel dieser 2. Bearbeitungsphase wäre ein möglichst hohes Maß an Identifikation der künftigen Bewohner mit der neuen Wohn- und Wohnumfeldsituation, die durch soziale Aktivitäten in Form von „**Anschubhilfe**“ erreicht werden soll.

Als Projektbeginn war Sommer 2002 vorgesehen, das Projekt sollte mit der Besiedelung der Anlage abgeschlossen sein.

Für den vorliegenden Endbericht liegen daher nur wenige weitere Erkenntnisse vor, die über die Planungsphase hinausgehen.

## Projektarchitektur

Grundlage des Projekts stellt das Forschungsprogramm „**Ganzheitliches Konzept für den mehrgeschoßigen Wohnbau – Einfach Wohnen**“ von Treberspurg & Partner ZT sowie das dortselbst integrierte Leistungspaket „Sozialwissenschaftliche Begleitung“ des Wohnbund dar.

Nach ausführlichen Gesprächen mit dem Architekturbüro und der Direktion des Bauträgers EBS wurde die Art der Kooperation sowie das detaillierte Arbeitsprogramm festgelegt. Gemäß **Arbeitsprogramm** wurden bis 07/2002 folgende Arbeitsschritte parallel mit dem Planungs- bzw. Realisierungsfortschritt durchgeführt:

- Teilnahme an der begleitenden **Arbeitsgruppe** (Bauträger, Architekturbüro, Wohnbund) sowie Einzelbesprechungen zur Abklärung der Handlungsspielräume wie der einzelnen Arbeitsschritte
- Aufbereitung der für den Bauteil EBS sozialplanerisch relevanten **Grundlagen** der Realisierung der solarCity (Nahversorgungs- und soziokulturelle Infrastruktur; allgemeine Vorgaben der Freiraumgestaltung)
- Auswertung der vorhandenen **Wohnungswerberdaten** der Bauträger und grafische Darstellung der **Sozialstruktur** der künftigen Bewohner
- Erstellung eines **Info-Folders** (Faltprospekt) zur Präsentation des Projekts sowie des begleitenden Forschungsprogramms „Haus der Zukunft“ und Versand an alle Wohnungswerber  
(s. *Anhang*)
- Durchführung der **1. Bewohnerbefragung** über Bedürfnisse, Beteiligungsbereitschaft und Nutzerverhalten der Wohnungsinteressenten (Entwicklung Fragebogen (s. *Anhang*), Pre-Tests, Fragebogenauswertung, Interpretation etc.)
- Organisation und Moderation des ersten **Info-Abends** (1. Informationsveranstaltung am 20.6.) in Absprache mit dem Bauträger
- Planung und Durchführung des **1. Workshops** für die Bewohner/innen der ersten Bauetappe (Haus 1-3) am 5.7. mit dem Ziel der weiteren Informationsvermittlung sowie des gegenseitigen Kennenlernens
- Organisation und Moderation des zweiten Info-Abends am 04.03.2003 für die Bewohner/innen der Häuser 1 und 3.
- Abhaltung der 1. Mieterversammlung für die Bewohner des Passivhauses (Haus 1) am 22.01.2004 vorort in der Wohnhausanlage.

## 2. Auswertung Bewerberdaten

Der folgenden Auswertung und grafischen Darstellung liegen die Angaben des Bauträgers, EBS-Linz, zu Grunde: **Bewerberliste** vom **10.10.2001**

Diese Bewerberliste umfasst **294 Interessenten**. Davon hat die EBS **74 Reservierungen** (konkret mit Haus/Top-Nr.) für ihre **93 Wohnungen** vorgenommen (das sind 80% der verfügbaren WE).

Die folgende **Auswertung** bezieht sich daher allein auf die **74 Reservierungen** (72 Bewerber + 2 Sondervergaben Wohnplattform Linz). Die weiteren Interessenten bzw. Vormerkungen liegen als Liste (220 HH) vor. Angaben zur Nationalität der Bewerber stehen keine zur Verfügung.

### Haushaltsgröße

Die derzeitige Haushaltsgröße ist ein wichtiger Indikator für die zu erwartende soziodemografische Struktur der künftigen Bewohner der Siedlung EBS. Die Haushaltsgröße der Bewerber (mit Reservierung) liegt deutlich über dem allgemeinen Bevölkerungsschnitt: fast die **Hälfte** der Haushalte umfasst **3 oder mehr Personen**.

Der Anteil der 1-Personen-Haushalte liegt stark unter dem Stadtdurchschnitt bzw. der allgemeinen Bevölkerungsstatistik.

#### Haushaltsgröße

	in %	absolut
1-Person	18	13
2-Personen	35	26
3-Personen	23	17
4-Personen u. mehr	24	18
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>74</i>

Interessant ist vielleicht der nachträgliche Vergleich der EBS-Daten mit den diskutierten **Nachfrage-,Szenarien**“ der Wohnbund-Studie 1997:

#### Haushaltsgröße: Vergleich mit Szenarien der Studie '97

	Linz Stadt Durchschnitt	SCP-Bauträger Vormerkungen	in % Wohnbund Soll-Szenario	EBS Reservier./ 01
1-Person	34	53	35	18
2-Personen	34	23	35	35
3-Personen	18	16	20	23
4-Personen u. mehr	14	8	10	24
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

## Haushaltsform und Kinderanzahl

Wichtige Indikatoren für die spätere ‚Lebenslandschaft‘ der Siedlung EBS sind auch die derzeitige Haushaltsform sowie die aktuelle Kinderanzahl. Knapp ein Viertel der **130 erwachsenen Personen** lebt alleine oder alleinerziehend mit einem Kind. Nur 13 Personen werden als „**Singles**“ einziehen.

Überproportional hoch ist der Anteil der **klassischen Familien**: wenn man davon ausgeht, dass bis Wohnungsbezug noch einige derzeit kinderlose Paare Nachwuchs bekommen werden, kann man feststellen, dass ihr Anteil um die **50 %** ausmachen wird.

Dass die Siedlung EBS durch ihr Wohnungsangebot sowie die Bewerberauswahl eine familien- und kinderfreundliche werden muss, wird auch durch die vielen Kinder unterstrichen: derzeit **60 Kinder**.

### Haushaltsform

	in %	absolut
Alleinlebend	18	13
Alleinerziehend mit Kind(er)	4	3
Paar ohne Kind(er)	34	25
Paar mit (Kind)er	44	33
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>74</i>

Auch hier nochmals der Vergleich der EBS-Daten mit den diskutierten Nachfrage-„Szenarien“ der Wohnbund-Studie 1997:

### Haushaltsform: Vergleich mit SOLL-Szenario der Studie '97

	in %	
	<i>EBS - Reservier./ 01</i>	<b>Wohnbund Soll-Szenario</b>
Alleinlebend	18	35
Alleinerziehend mit Kind(er)	4	5
Paar ohne Kind(er)	34	30
Paar mit (Kind)er	44	30
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

## Gewünschte Rechtsform

Der Wunsch nach Rechtsform ist natürlich durch das Wohnungsangebot vorgegeben. Auffallend ist der Unterschied der reservierten Haushalte (s. Tab./Grafik) zur gesamten Bewerberliste: von allen 294 Interessenten wollen nur 18 % Miete, aber **58 % Mietkauf** und 24 % können sich beides vorstellen.

### Gewünschte Rechtsform

	in %	absolut
Miete	32	24
Mietkauf	38	28

beides	30	22
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>74</i>

### Alter

Der Altersschnitt der Antragsteller mit Reservierung ist jung: fast die **Hälfte** ist **unter 35** Jahre. Insgesamt entspricht die Altersstruktur der Siedlung EBS dem gewünschten Soll-Szenario für die Besiedlung der solarCity.

Im Zuge der weiteren Vergabe könnte der Anteil von Bewerbern unter 25 Jahre noch angehoben werden.

### Altersgruppen

	in %	absolut
bis 25 Jahre	7	5
26 - 35 Jahre	42	30
36 - 50 Jahre	36	26
über 50 Jahre	15	11
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>72</i>

### Alter: Vergleich mit SOLL-Szenario der Studie '97

	in %	
	<b>EBS - Reservier./ 01</b>	<b>Wohnbund Soll-Szenario</b>
bis 25 Jahre	7	20
26 - 35 Jahre	42	35
36 - 50 Jahre	36	30
über 50 Jahre	15	15
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

### Altersgruppen und gewünschte Rechtsform

Eine im Grunde bekannte Tatsache illustriert die Auswertung der Altersgruppen nach gewünschter Rechtsform: die ganz Jungen und die Bewerber über 50 Jahre bevorzugen die **Miete**.

### Altersgruppen u. gewünschte Rechtsform

	in %			absolut		
	Miete	Mietkauf	beides	Miete	Mietkauf	beides
bis 25 Jahre	9	7	5	2	2	1
26 - 35 Jahre	41	43	41	9	12	9
36 - 50 Jahre	23	43	41	5	12	9
Über 50 Jahre	27	7	14	6	2	3
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>22</i>	<i>28</i>	<i>22</i>

## Gewünschte Wohnungsgröße

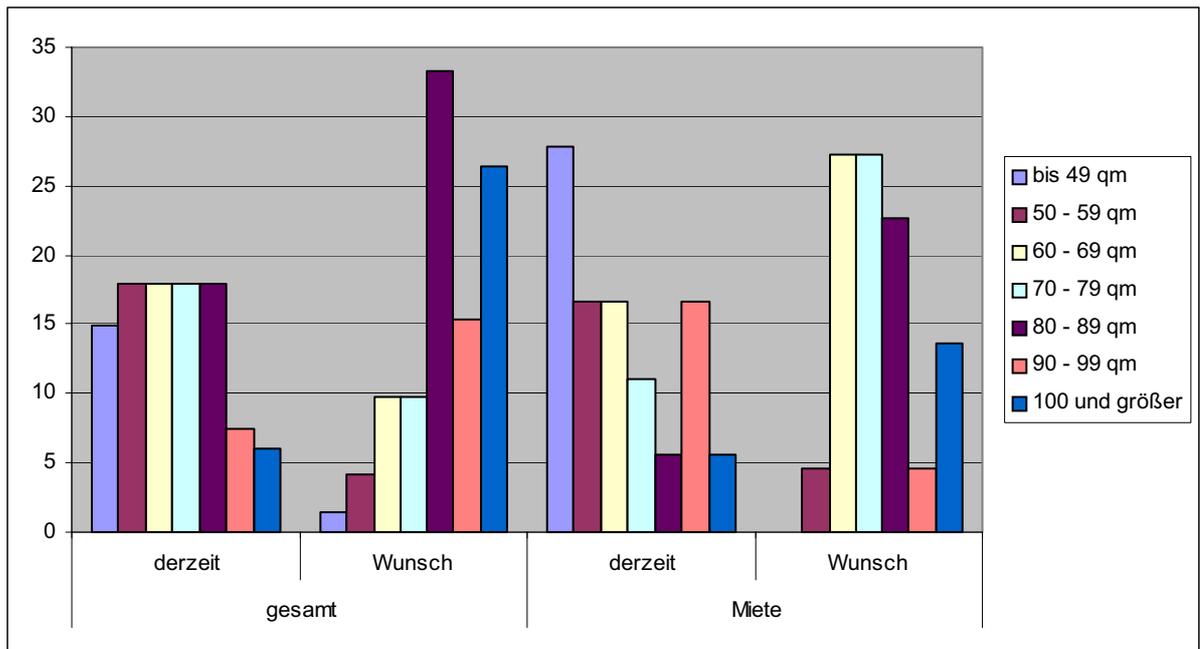
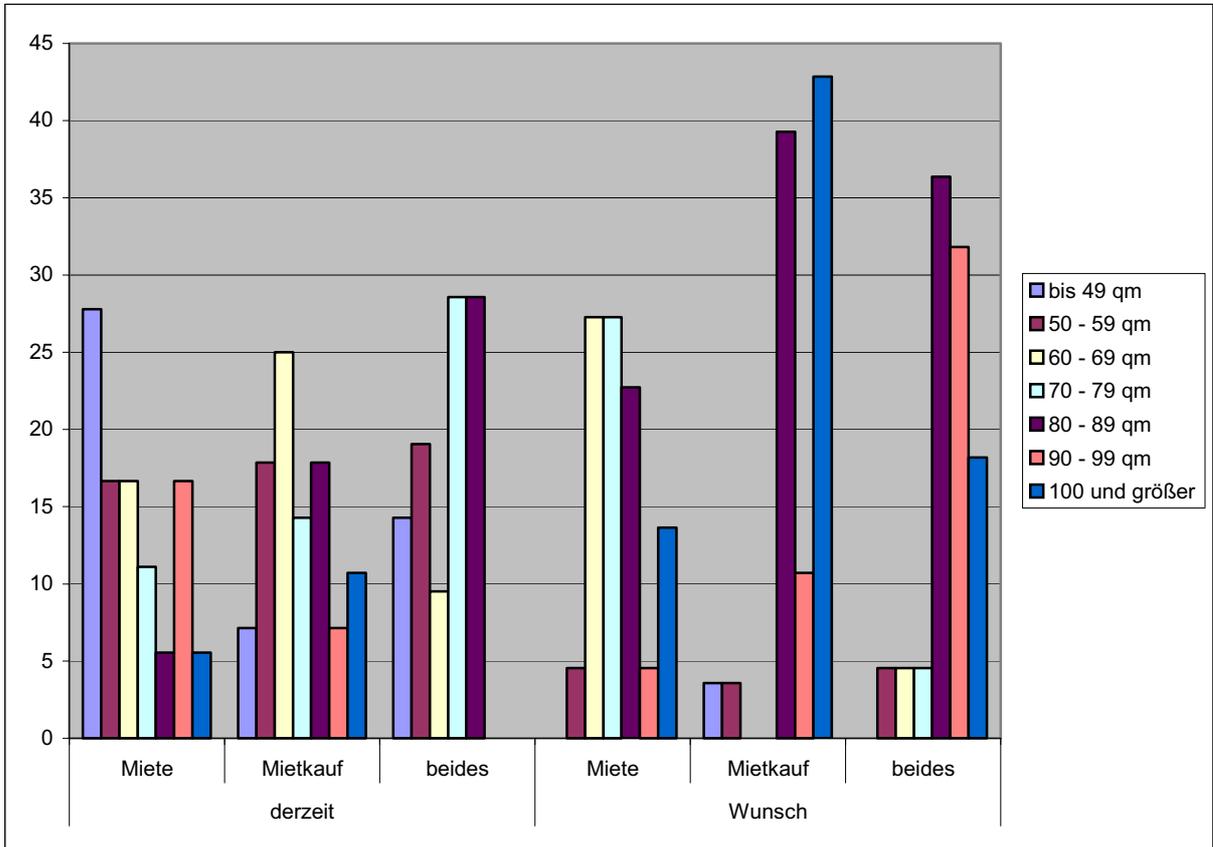
Ein Vergleich der derzeitigen Wohnungsgröße mit der Größe der Wunschwohnung zeigt sowohl die einzelne Haushaltsentwicklung als auch die allgemeinen ‚Wohntrends‘ und die gesellschaftliche Dynamik im Zusammenhang mit dem Wohnungsmarkt.

Die Bewerber der EBS fragen hier v.a. die **80-90qm** und die größeren Wohnungen (**100qm und mehr**) nach. Fast alle Interessenten wollen sich vergrößern.

### derzeitige Wohnungsgröße u. Wunschwohnung

	in %		absolut	
	derzeit	Wunsch	derzeit	Wunsch
bis 49 qm	15	1	10	1
50 - 59 qm	18	4	12	3
60 - 69 qm	18	10	12	7
70 - 79 qm	18	10	12	7
80 - 89 qm	18	33	12	24
90 - 99 qm	7	15	5	11
100 und größer	6	26	4	19
<i>Summe</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>67</i>	<i>72</i>

Die folgende Tabelle und die Grafiken verknüpfen die **derzeitige Wohnungsgröße** mit dem **Wohnungswunsch** wie auch mit der Rechtsform:



## Haushaltseinkommen

Das angegebene **durchschnittliche** Haushaltseinkommen der ‚reservierten‘ Bewerber beträgt **€ 1.915,-** (ATS 26.346,-) Das niedrigste Einkommen liegt bei € 308,5 (ATS 4.245,-) und das höchste bei € 3534,5 (ATS 48.637)

## Fazit

Die wichtigste Schlussfolgerung aus der Auswertung der vorhandenen Bewerberdaten betrifft das **Leitbild** der neuen Siedlung EBS: Aufgrund der Datenlage zum Zeitpunkt der Wohnungsvergabe wird das neue Wohnquartier primär als **Wohnsiedlung für Familien** zu qualifizieren sein, d.h. die Ausstattung und das Wohnumfeld müssen **familien- und kinderfreundlich** gestaltet sein.

Die Architektur der Wohnanlage, die Gemeinschaftsräume und die geplante Gestaltung des Wohnumfeldes bzw. Freiraumes erscheinen uns tatsächlich gut geeignet, den soziodemografische Anforderungen begegnen zu können.

## 3 Info-Folder: Zielgruppe und Image-Entwicklung

Für die Erreichung der gewünschten **Zielgruppe** sowie für die allgemeine **Öffentlichkeitsarbeit** im Zusammenhang mit dem Modellprojekt bzw. seine Positionierung im **Wettbewerb** der ‚Best Practices‘ ist jedoch eine verstärkte Anstrengung durchaus sinnvoll. Darüber hinaus sind wir überzeugt, dass ein verstärkter Kommunikations- bzw. Werbeaufwand auch die **Kundenbindung** erhöht (Sympathie-Werbung). Insbesondere für das Forschungsprojekt „Haus der Zukunft“ ist es nicht irrelevant, ob und wie die Wohnanlage nach innen und außen kommuniziert und beworben wird.

Auf diesem Hintergrund wurde daher im Rahmen des Forschungsprojekts ein **Faltprospekt** „einfach:wohnen im Haus der Zukunft“ gemeinsam mit dem Architekturbüro entwickelt, produziert und dann vom Bauträger an alle Wohnungswerber versandt sowie an die **Presse** und **Lokalpolitik** weitergegeben. (s. *Anhang*)

Inhaltlich wurde mit knappen Texten, Computergrafiken und Fotos auf die Themen Lage, Umfeld, Infrastruktur, Nachbarschaft, Gebäudetechnik, Ökologie und Nutzerorientierung eingegangen. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass bezüglich der Aspekte Energiesparen, Passivhaus etc. nicht eine einschränkende Wortwahl des Verzichts und der Defizite gewählt wurde, sondern **die Qualitäten positiv herausgestellt** wurden.

## 4 Ergebnisse 1.Bewohnerbefragung

Um Aufschlüsse über die **Motive**, die **Bedürfnisse** und **Erwartungen** der konkreten Wohnungsinteressenten zu erhalten sowie deren **Beteiligungsbereitschaft** und **Nutzerverhalten** – nicht zuletzt betreffend Heizenergie, Wohnungslüftung etc. - zu erkunden, wurde eine **1.Bewohnerbefragung** in Form einer Fragebogenerhebung durchgeführt.

**Befragungszeitpunkt:** 04/2002  
**Umfang der Befragung:** 88 Haushalte mit Reservierungen und  
237 Haushalte mit Vormerkung  
potenzielle Nachrücker)  
**Umfang Fragebogen:** 33 Fragen (überwiegend geschlossen)  
**Rücklauf insgesamt:** 126 Fragebogen, davon konnten 123  
ausgewertet werden

**Rücklauf bezogen auf Haushalte:**  
68 % der angeschriebenen Haushalte mit  
Reservierung sowie  
28 % der Vorgemerkten (ev. Nachrücker)

### zum Profil der Befragten

Eine Datenerfassung zur **Sozialstruktur** stand nicht im Mittelpunkt der Fragebogenerhebung. (s. auch Auswertung der Bewerberdaten des Bauträgers)

Knapp **ein Viertel** der Befragten wohnt derzeit **außerhalb der Stadt** und ein Drittel in den großen Wohnanlagen im Süden von Linz wie Ebelsberg, Auwiesen etc.

Mehr als die Hälfte der Befragten lebt in **Haushalten mit Kindern** (davon 5 % Alleinerziehende).

Hervorzuheben ist die Tatsache, dass sich **nur 6 %** der Befragten als **nicht** „überdurchschnittlich umweltbewusst und ökologisch orientiert“ einschätzen. Wenn diese Selbsteinschätzung zumindest teilweise der Realität entspricht, kann dies als sehr **positive Voraussetzung** für die Umsetzung der Projektziele interpretiert werden.

Im Hinblick auf die Sozialkontakte zu Wohnungsnachbarn scheint es bei den EBS-Interessenten um Personen zu handeln, die eine ‚**bewusste Nachbarschaft**‘ leben wollen.

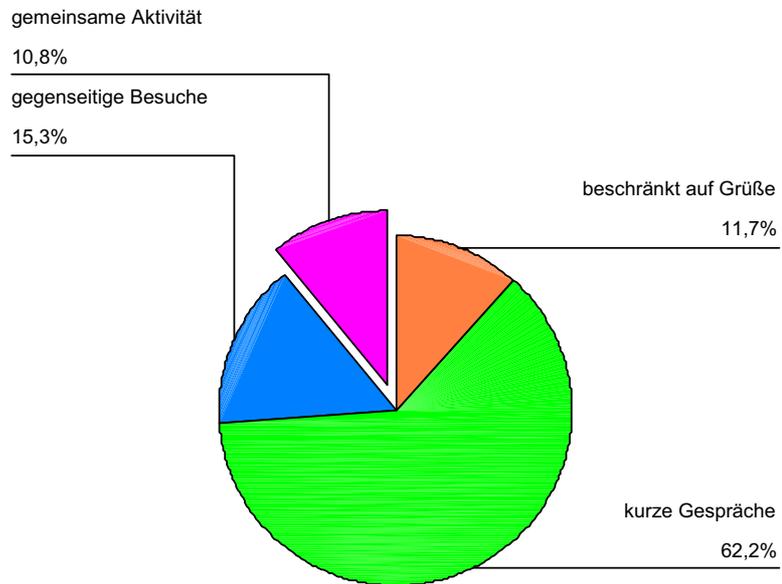
In welchem Stadtteil wohnen sie derzeit?		
	Häufigkeit	in %
Neue Heimat	8	7,0
Spallerhof	4	3,5
Ebelsberg	17	14,8
Bindermichl	7	6,1
Urfahr	8	7,0
außerhalb v. Linz	28	24,3
Auwiesen	8	7,0
Linzer Innenstadt	10	8,7
Froschberg	7	6,1
Kleinmünchen	5	4,3
sonstige	13	11,3
Gesamt	115	100

In welcher Haushaltsform leben sie?		
	Häufigkeit	in %
alleinlebend	21	17,1
Paar mit Kind(ern)	60	48,8
Paar ohne Kind(er)	28	22,8
alleinerzieh. mit Kind(ern)	6	4,9
sonstige	8	6,5
Gesamt	123	100

### Meine Familie und ich sind überdurchschnittlich umweltbewusst und ökologisch orientiert?

	Häufigkeit	in %
trifft zu	34	27,9
trifft teilweise zu	81	66,4
trifft nicht zu	7	5,7
Gesamt	122	100

### Welche Beschreibung entspricht am ehesten Ihrem Verhältnis zu ihren (derzeitigen) Wohnungsnachbarn?

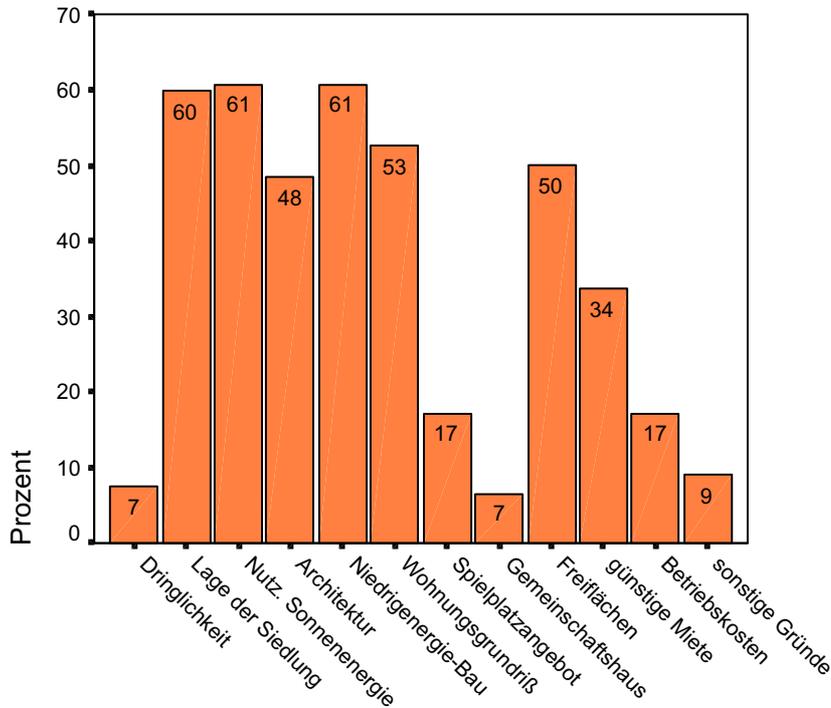


### Motive der Wohnungswahl

Nach den Befragungsergebnissen zu schließen hat der Bauträger offensichtlich die richtige Zielgruppe für das Wohnen im „Haus der Zukunft“ in der solarCity erreicht: die „**Nutzung der Sonnenenergie**“ sowie die „**Niedrigenergie-Bauweise**“ stehen an erster Stelle der Gründe für die Entscheidung zugunsten der EBS-Wohnanlage.

Weitere wichtige Gründe sind die Lage der Siedlung, die offensichtlich gelungenen Wohnungsgrundrisse, die ebenso ansprechenden Freiflächen sowie auch die Architektur.

**Warum haben Sie sich gerade für die Wohnanlage der EBS in der „solarCity,,  
entschieden? Welche Gründe treffen für Sie zu?**



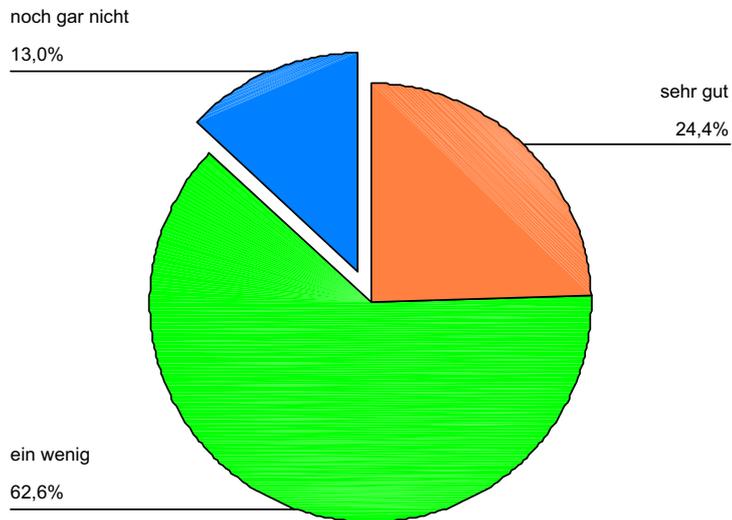
**Bewertung der Lage und des Stadtteils**

Ein Viertel der Wohnungsinteressenten kennt den neuen Stadtteil **sehr gut** und nur 13 % kennen ihn noch gar nicht.

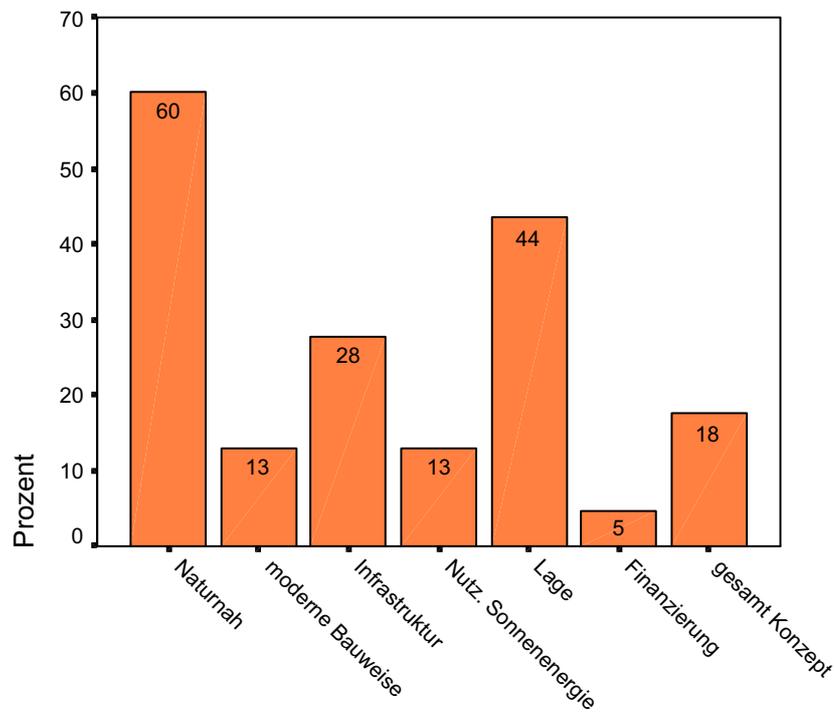
Auf die Frage, was sie an der „solarCity“ besonders gut finden, führen 60 % der Befragten Aspekte der **Naturnähe** und das **Wohnen im Grünen** an. Immerhin mehr als ein Viertel setzt große Hoffnungen in die angekündigte moderne Infrastruktur.

Knapp jeder Dritte hat auch gewisse **Bedenken**, in die solarCity zu ziehen. Die häufigsten sind: soziales Umfeld (23 %), zu viele Wohneinheiten (19 %), zu viele Ausländer (13 %) und das erwartete Verkehrschaos (13 %)

### Wie gut kennen sie den Stadtteil Pichling?



### Was finden Sie an der „solarCity,, besonders gut?



### Haben sie eventuell auch Bedenken, in die "solarCity" zu ziehen?

	Häufigkeit	in %
nein keine	82	69,5
ja schon	36	30,5
gesamt	118	100

### Welche Bedenken?

	Häufigkeit	in %
zu viele Wohneinheiten	6	19,4
zu viele Ausländer	4	12,9
soziales Umfeld	7	22,6
Verkehrschao	4	12,9
Entfernung Stadtzentrum Linz	1	3,2
Gestank	3	9,7
Hochwasser-Gefahr	2	6,5
Hundeplage	1	3,2
Mückenplage durch AU	2	6,5
Parkplätze	1	3,2
Gesamt	31	100

### Beurteilung der Planung der Wohnanlage

Insgesamt wird die Planung der EBS-Wohnanlage als rundum **positiv** beurteilt. Besonders positiv wird neben dem **Standort** die **Gestaltung der Fassaden** beurteilt. Dagegen beurteilen 16 % die **Baudichte** als **eher negativ**.

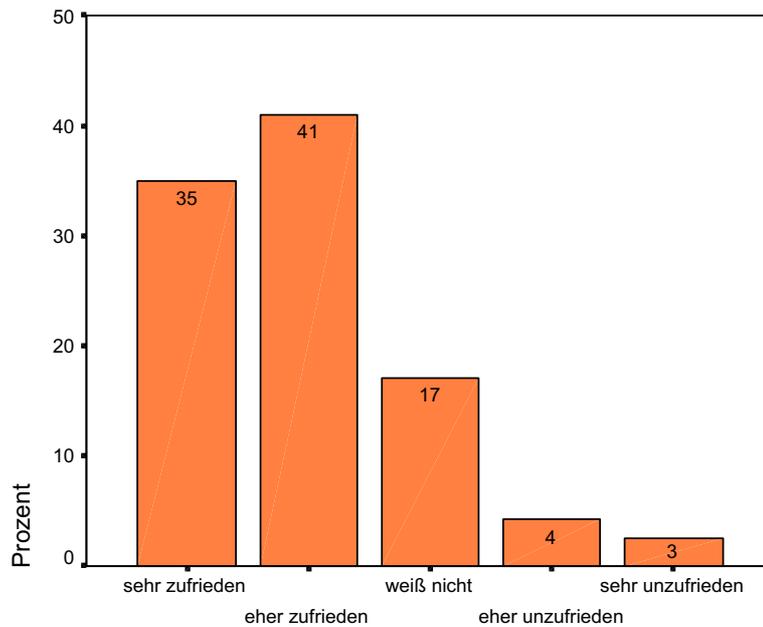
in %	Standort	Baudichte	Gestaltung Fassade n	Größe u. Gestaltung g Freifläche n	Angebot an Gemeinschafts- räumen
sehr positiv	69,9	16,0	60,7	51,3	21,7
eher positiv	30,1	68,0	34,4	44,4	72,6
eher negativ		16,0	4,9	4,3	5,7
gesamt	100	100	100	100	100

### Zufriedenheit mit dem Kundenservice des Bauträgers

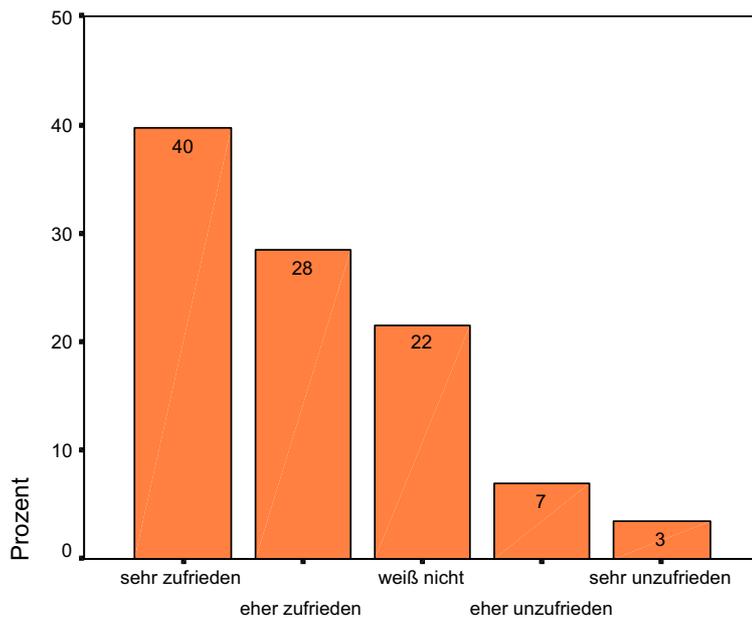
Im Zusammenhang mit dem Kundenservice der EBS gibt es die höchste Zufriedenheit bei „**Freundlichkeit und Verständnis**“: fast **zwei Drittel** sind diesbezüglich **sehr zufrieden** und nur 9 % unzufrieden.

Die größte **Unzufriedenheit** der Befragten liegt im Bereich der „Beratung bezüglich Ausstattung“. (Zum Befragungszeitpunkt waren allerdings noch keine Informationen zur Ausstattung der Wohnungen verfügbar!)

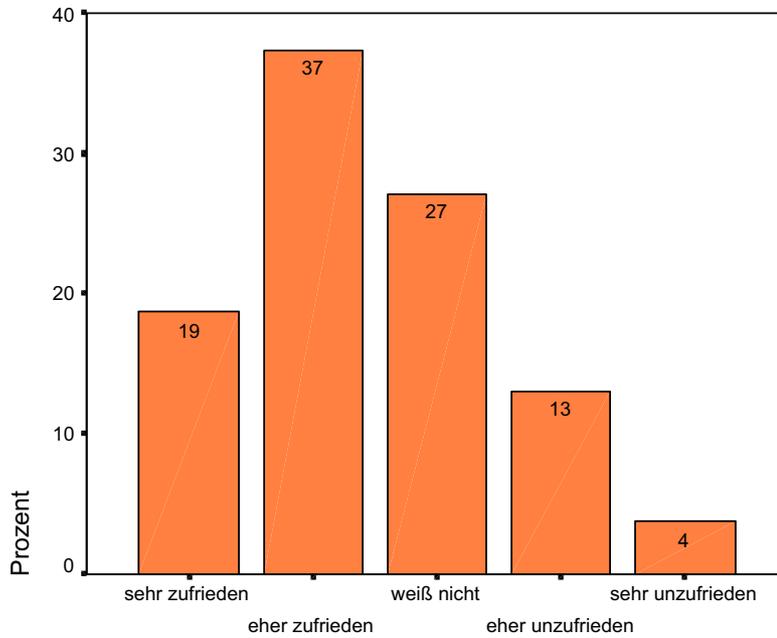
### Wohnberatung allgemein



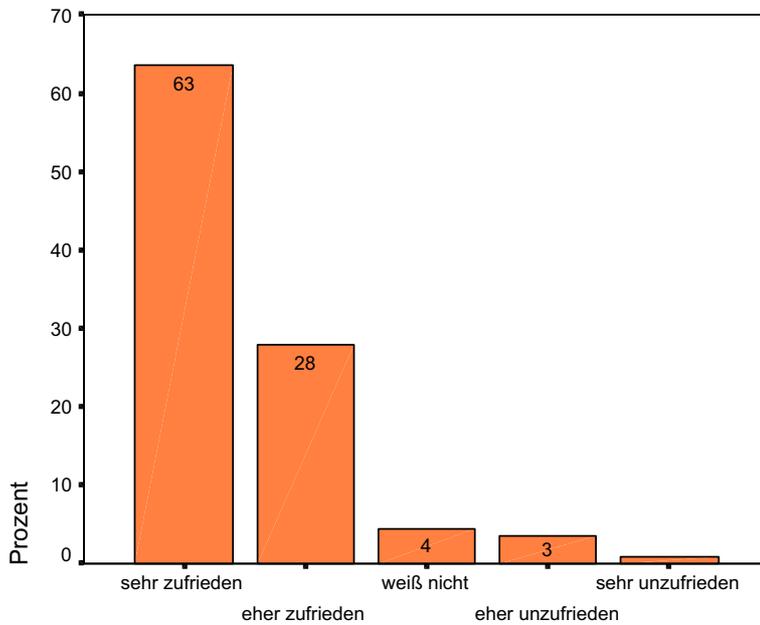
### Informationsweitergabe



### Beratung bezüglich Ausstattung



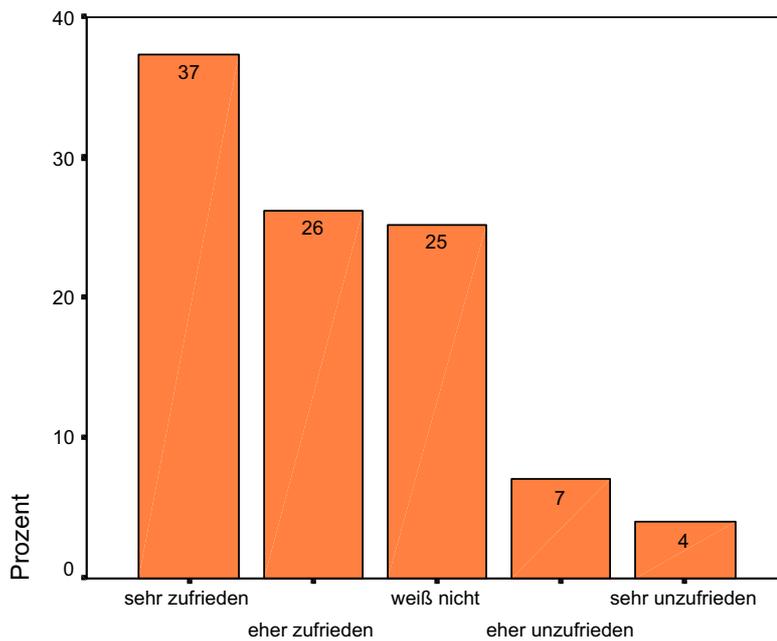
### Freundlichkeit, Verständnis



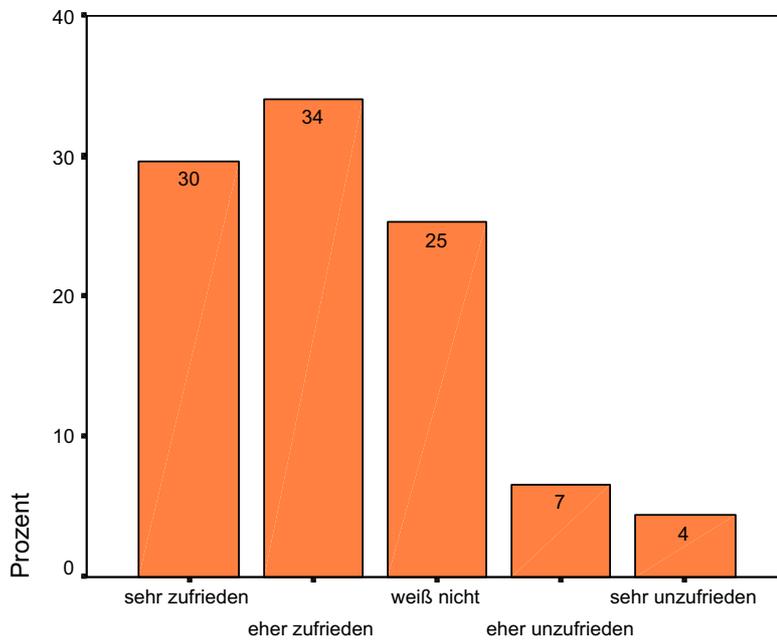
## Zufriedenheit mit den Mitbestimmungsmöglichkeiten

Die Zufriedenheit mit den angebotenen/angekündigten **Mitbestimmungsmöglichkeiten** ist unterschiedlich: am zufriedensten sind die Befragten mit den Mitbestimmungsmöglichkeiten bei der **Auswahl der Wohnung**. Rund ein Viertel will zu diesem frühen Zeitpunkt noch kein Urteil abgeben.

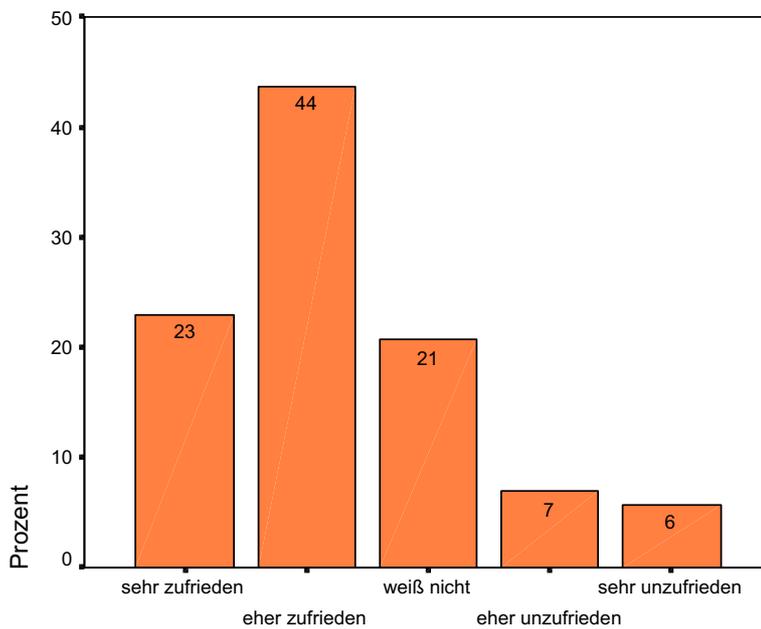
### Mitbestimmungsmöglichkeiten bei Auswahl der Wohnung



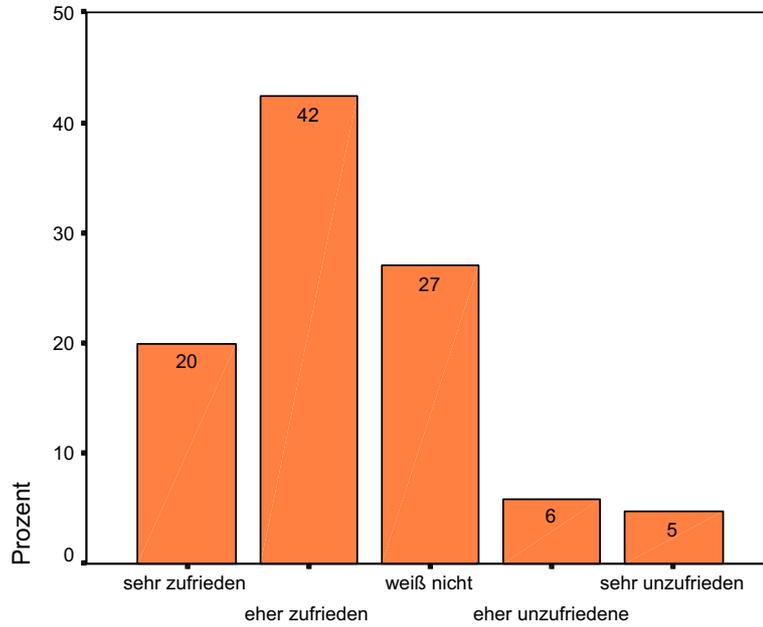
### Mitbestimmungsmöglichkeiten bei Grundrissgestaltung



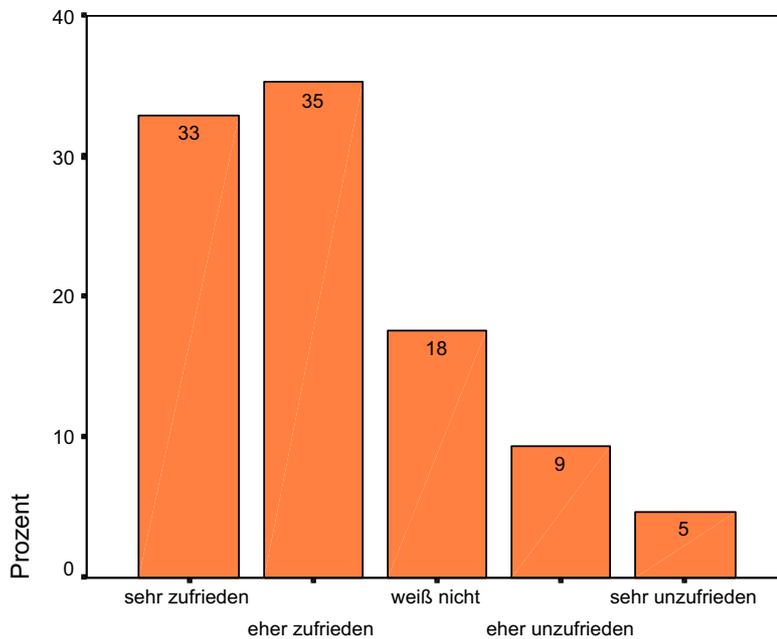
### Mitbestimmungsmöglichkeiten bei der Ausstattung der Wohnung



### Mitbestimmungsmöglichkeiten bei Art und Umfang der Gemeinschaftsräume u. Freiflächen



### Mitbestimmungsmöglichkeiten bei Auswahl der Baustoffe



### Aktivitäten und Beteiligungsbereitschaft der künftigen Bewohner

41 % der Befragten geben an, **keinerlei Aktivitäten** oder Hobbys in der neuen Wohnsiedlung ausüben zu wollen.

43 % wollen **Freizeit- oder kulturelle Aktivitäten** setzen und immerhin fast **ein Viertel** auch **soziale** sowie 15 % Aktivitäten im Umweltbereich. (Mehrfachantworten waren möglich)

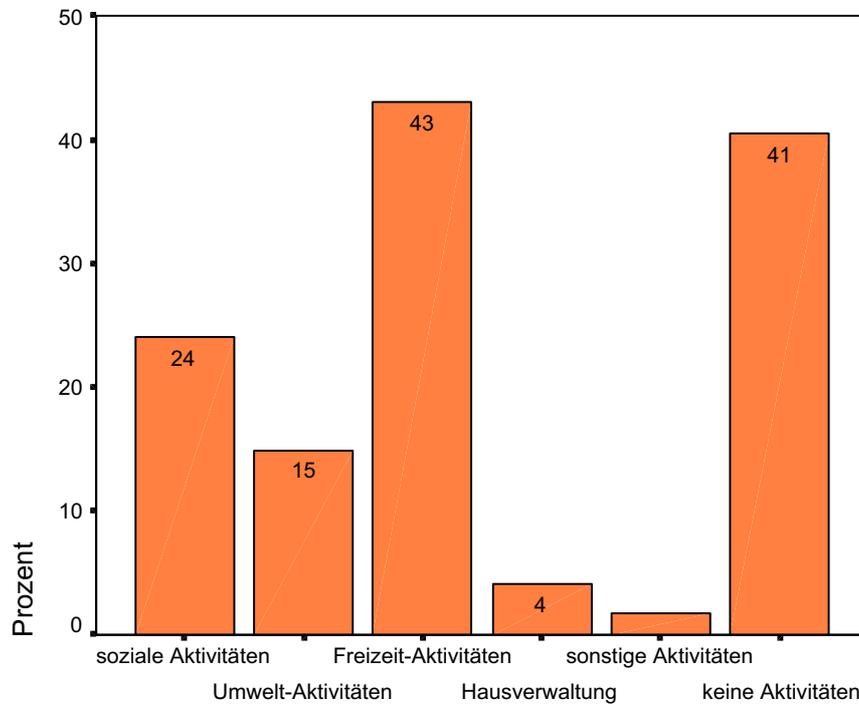
Knapp 18 % geben an, in keinerlei Aktivitäten der „Bewohnerbeteiligung“ einbezogen werden zu wollen, **ein Viertel will sich beteiligen** und mehr als die  **Hälfte** der Befragten zeigt sich **noch abwartend**.

Von den Haushalten, die sich beteiligen wollen, ist ein Drittel v.a. an **Hausversammlungen** interessiert und ein Viertel an der Mitarbeit in Arbeitsgruppen.

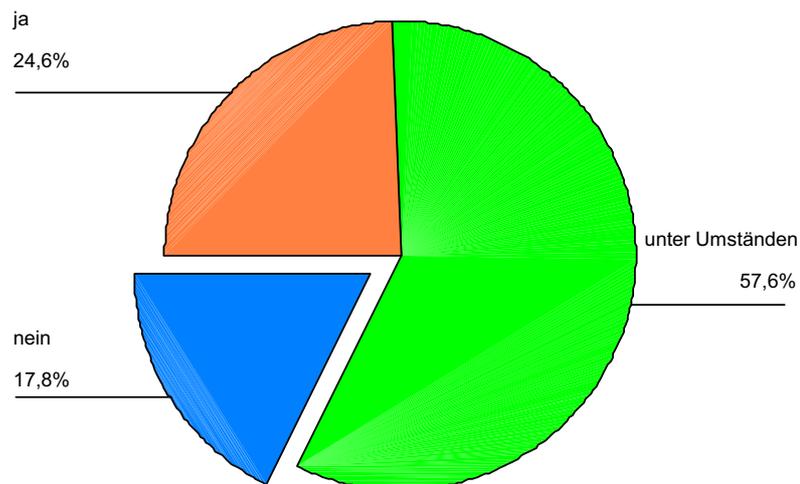
Die Wahl von **Haussprechern** wird von fast zwei Drittel aller Befragten als gut befunden und nur von knapp 7 % abgelehnt.

Die Einrichtung eines „**Bewohnerbeirats**“ als Ansprechpartner der Hausverwaltung wird ebenfalls sehr begrüßt (62 %); mehr als ein Drittel kann sich darunter derzeit noch nichts vorstellen.

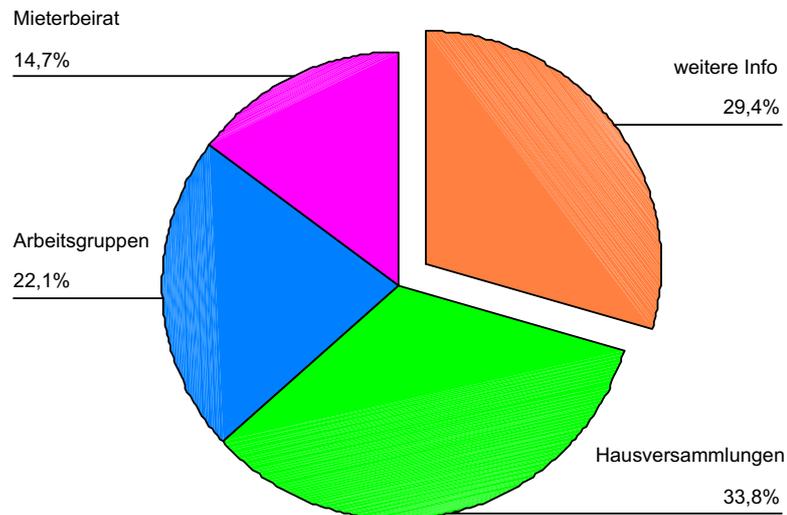
**Gibt es Ihrerseits Aktivitäten oder Hobbys, für die Sie sich engagieren und die Sie in der neuen Wohnsiedlung ausüben möchten?**



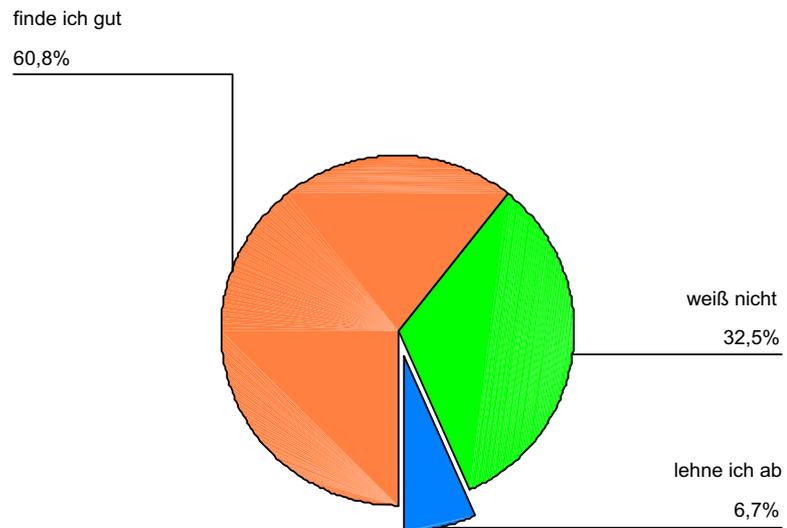
**Möchten Sie in Aktivitäten der Bewohnerbeteiligung einbezogen werden?**



**Wenn "ja": Ich bin interessiert an:**



**Welche Meinung haben Sie zur Wahl von Haussprechern? (1 pro Haus)**



**Welche Meinung haben Sie zur Einrichtung eines "Bewohnerbeirats" als Ansprechpartner der Hausverwaltung?**

	Häufigkeit	in %
finde ich gut	75	61,5
weiß nicht	43	35,2
lehne ich ab	4	3,3
Gesamt	122	100

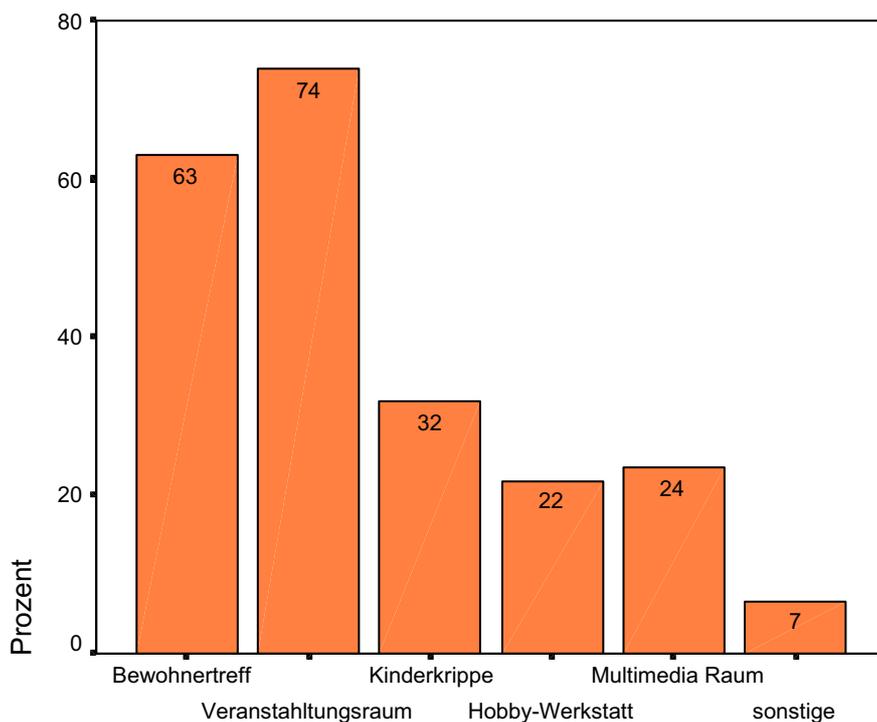
## Nutzung Gemeinschaftsräume und allgemeine Freiflächen

Aussagen zu Nutzungsfestlegungen für die allgemeinen Freiflächen sowie die angebotenen Gemeinschaftsräume sind zum aktuellen Zeitpunkt noch verfrüht, erste Hinweise können der Befragung jedoch bereits entnommen werden: Im wesentlichen werden die gemeinschaftlichen Raumangebote als **Veranstaltungs-** und **Bewohnertreff** gesehen; ein Drittel stellt sich eine Kinderkrippe und jeweils ein Viertel eine Hobby-Werkstatt sowie einen Multimedia Raum vor.

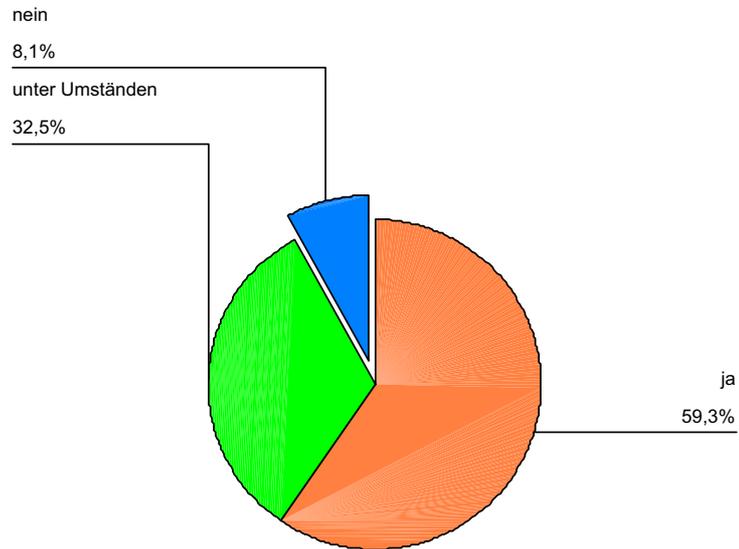
Nur 8 % geben an, die Gemeinschaftsräume selbst nicht nutzen zu wollen, dagegen können **59 %** sich eine eigene **Nutzung** gut vorstellen.

Hinsichtlich der **Mitarbeit** an der Gestaltung der **allgemeinen Freiflächen** herrscht noch eher Zurückhaltung, denn nur knapp ein Drittel kann sich hier eine Mitarbeit vorstellen und fast ein Viertel will hier nicht mittun.

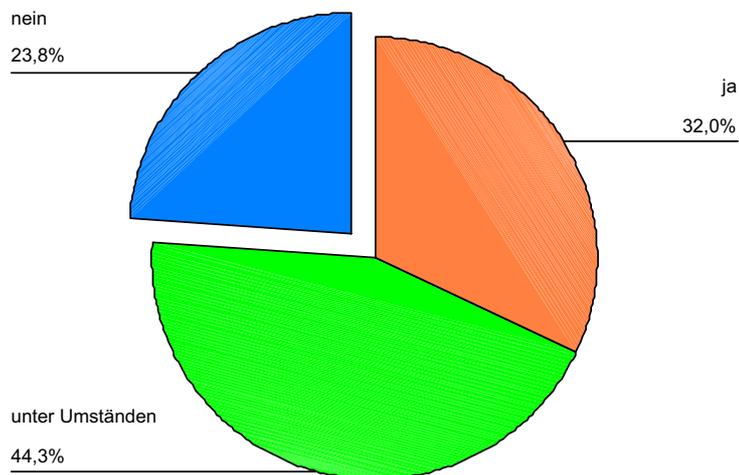
### Im Zentrum der Wohnanlage gibt es ein großzügiges Gemeinschaftshaus. Wie möchten Sie es genutzt sehen?



**Können Sie sich vorstellen, das Gemeinschaftshaus auch selbst  
(oder durch Ihre Kinder) zu nutzen?**



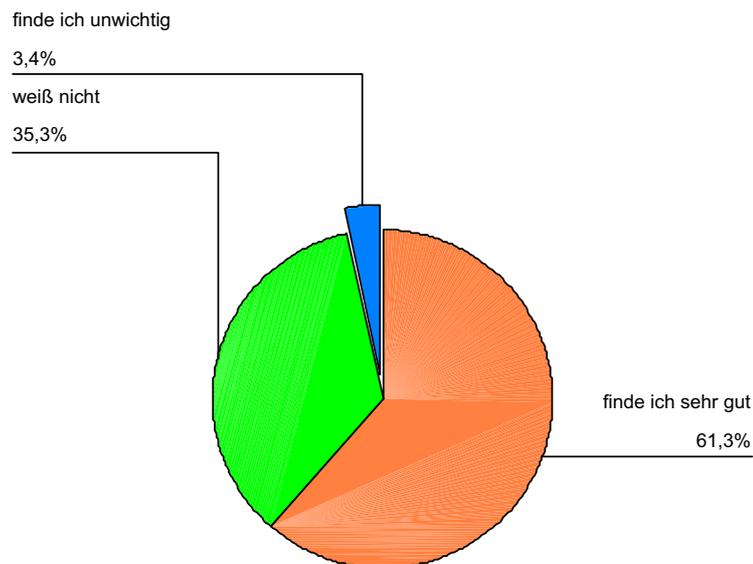
**Können Sie sich vorstellen, an der Gestaltung der  
allgemeinen Freiflächen selbst mitzuarbeiten?**



### Erste Bewertung des „Wohnbund-Bewohnerservice“

Mehr als ein Drittel der Befragten kann oder will das „Haus-der-Zukunft“-Angebot des begleitenden „**Bewohnerservice**“ in der Bau- und Einzugsphase noch nicht bewerten. **61 %** finden dieses Serviceangebot jedoch **sehr gut**.

### Als Unterstützung in der Bau-/„Einwohnpfase“ der Siedlung ist ein Bewohnerservice vom "Wohnbund" vorgesehen. Was halten Sie davon?



### Heizen, Energiesparen und allgemeine Siedlungsökologie

Die Hälfte der Befragten sieht sich bezüglich Energiesparen ausreichend informiert, immerhin mehr als **ein Drittel** hält sich für **zu wenig informiert**.

Weiterer **Informationsbedarf** besteht v.a. bei den Themen Wärmerückgewinnung, Energieverbrauch, Benutzerverhalten und Wohnraumlüftung (in dieser Reihenfolge). Aber auch der Aspekt der richtigen Haushaltsgeräte scheint ein Thema zu sein.

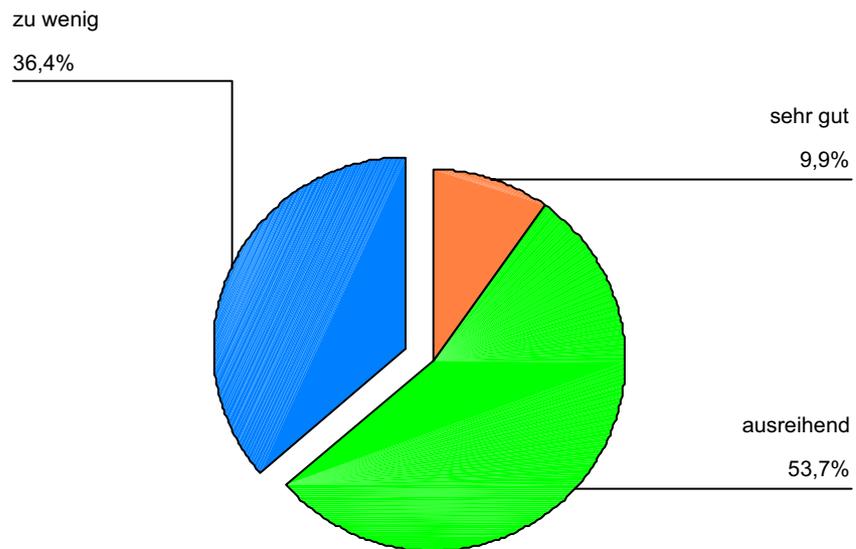
Das angebotene **Passivhaus** finden mehr als die Hälfte „**super**“ und können sich vorstellen, darin zu wohnen. 45 % finden es „gut“, wollen aber selber nicht darin wohnen.

Die Bereitschaft, ihr **alltägliches Verhalten** beim Heizen und Lüften zu **ändern**, wird von fast zwei Drittel der Befragten als „**sehr hoch**“ eingeschätzt.

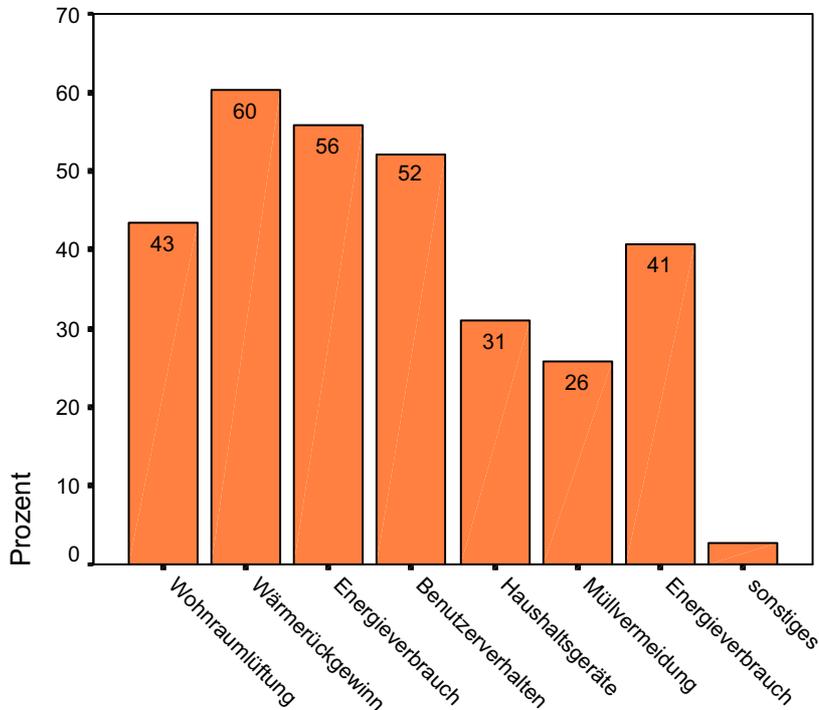
Mehr als **ein Drittel** gibt an, die **Raumtemperaturen** in ihrer derzeitigen Wohnung „**nach Gefühl**“ zu regulieren.

Hinsichtlich der **kontrollierten Wohnraumlüftung** zeigt die Befragung, dass hier noch eine ganze Reihe falscher Vorstellungen und Ängste kursiert. (s. untenstehende Einzelergebnisse)

**Wie gut informiert bezüglich Energiesparen (heizen, lüften)  
fühlen Sie sich ganz allgemein?**



**Zu welchem Öko-/Energiespar-Thema besteht weiterer Informationsbedarf?**



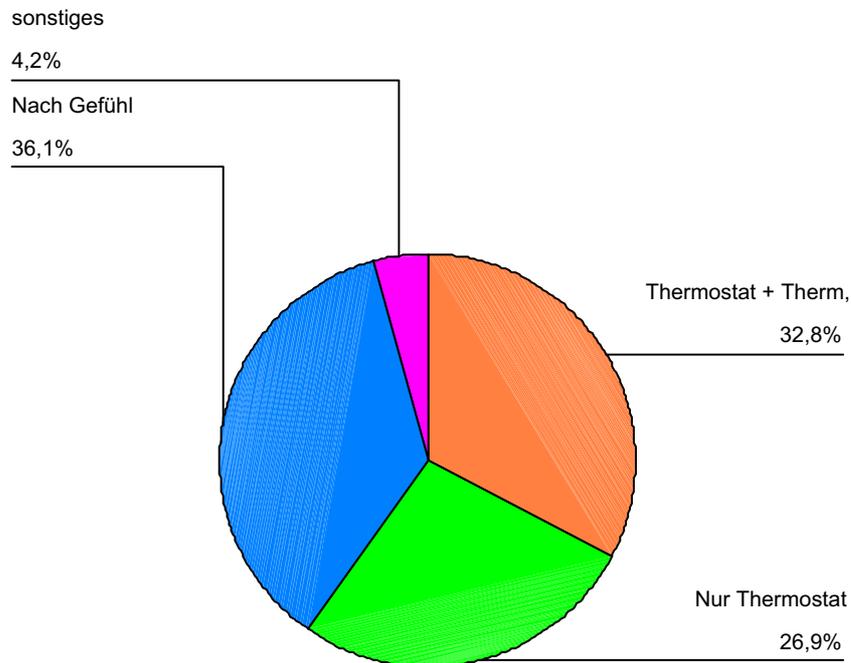
**Was ist Ihre Meinung zum "Passivhaus" innerhalb der EBS- Wohnanlage?**

	Häufigkeit	in %
finde ich super - kann mir vorstellen, darin zu wohnen	56	54,4
finde ich gut - möchte aber selbst nicht darin wohnen	46	44,6
finde ich nicht gut - ist technisch stark überzogen	1	1,0
<b>Gesamt</b>	<b>103</b>	<b>100</b>

**Energiesparen funktioniert auch durch geändertes Benutzerverhalten! Wie hoch schätzen Sie Ihre Bereitschaft ein, Ihr alltägliches Verhalten beim Heizen und Lüften zu ändern?**

	Häufigkeit	in %
sehr hoch	77	62,6
mittel	43	35,0
gering	3	2,4
<b>Gesamt</b>	<b>123</b>	<b>100</b>

**Wie regeln Sie in der Heizperiode die Raumtemperaturen in Ihrer derzeitigen Wohnung?**



**Welches Lüftungsverhalten in der Heizperiode sind sie gewohnt?**

	Häufigkeit	in %
Kippstellung der Fenster (für längere Zeit)	16	13,1
Stoßlüftung (mehrmals am Tag)	103	84,4
automatische/kontrollierte Wohnraumlüftung	3	2,5
Gesamt	122	100

**Wenn Sie offene oder gekippte Fenster auch in der Heizperiode gewohnt sind, können Sie sich vorstellen, Ihr Lüftungsverhalten zu ändern?**

	Häufigkeit	in %
ja, sicher	81	76,4
weiß nicht, mal sehen	24	22,6
auf keinen Fall	1	,9
Gesamt	106	100

**Welche Temperatur ist für Sie in der Heizperiode am angenehmsten?**

**im Wohnzimmer**

N	Gültig	120
Mittelwert	22,2083	
Minimum	18,00	
Maximum	25,00	

**im Schlafzimmer**

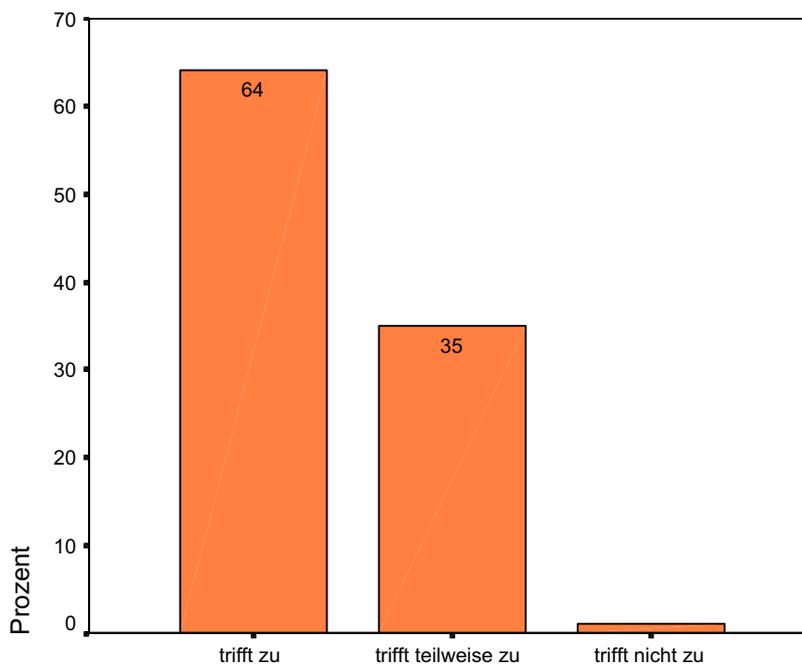
N	Gültig	118
Mittelwert	17,9068	
Minimum	5,00	
Maximum	23,00	

**im Kinderzimmer**

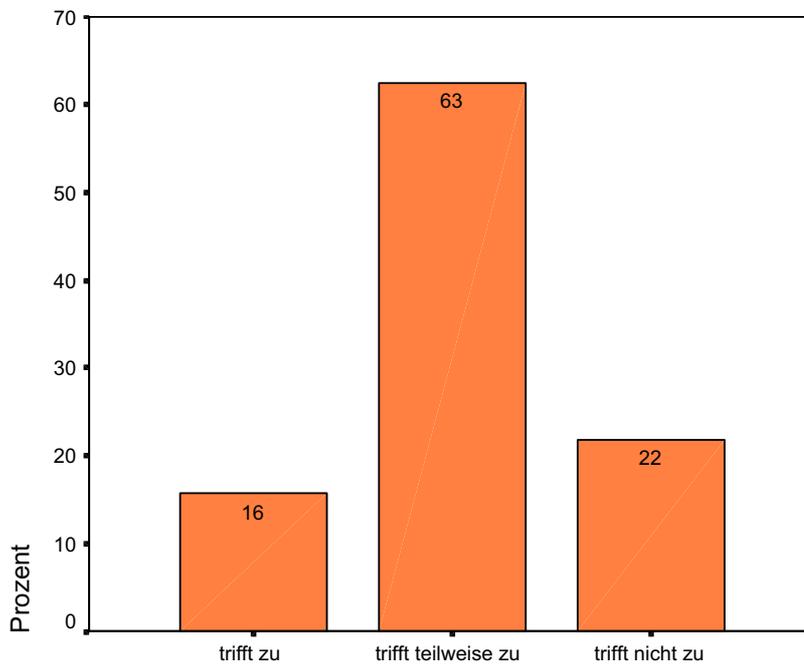
N	Gültig	97
Mittelwert	21,2990	
Minimum	15,00	
Maximum	25,00	

**Kontrollierte Wohnraumlüftungen (Komfortlüftung) haben mit vielen (Vor-)Urteilen zu kämpfen. Was meinen Sie ganz persönlich dazu?**

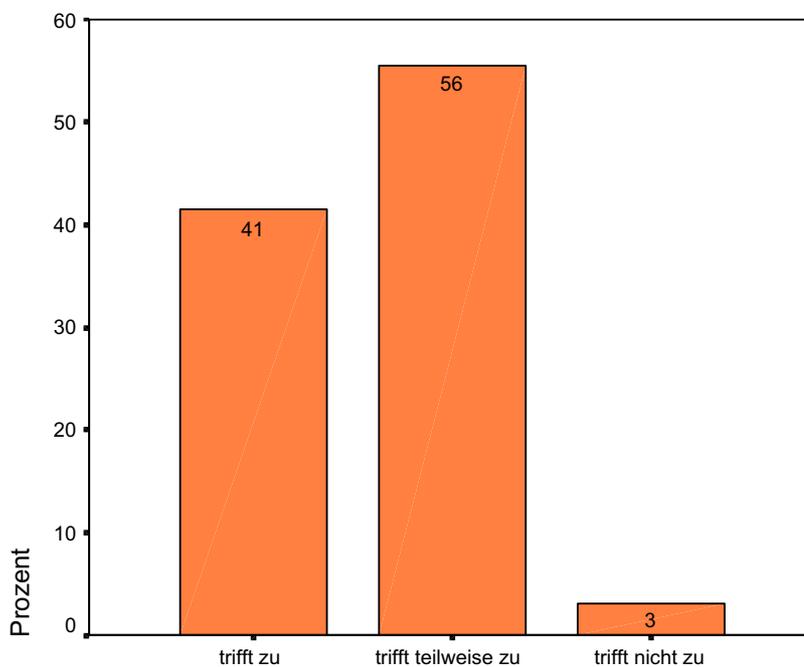
**a) bringt permanent gute Luftqualität**



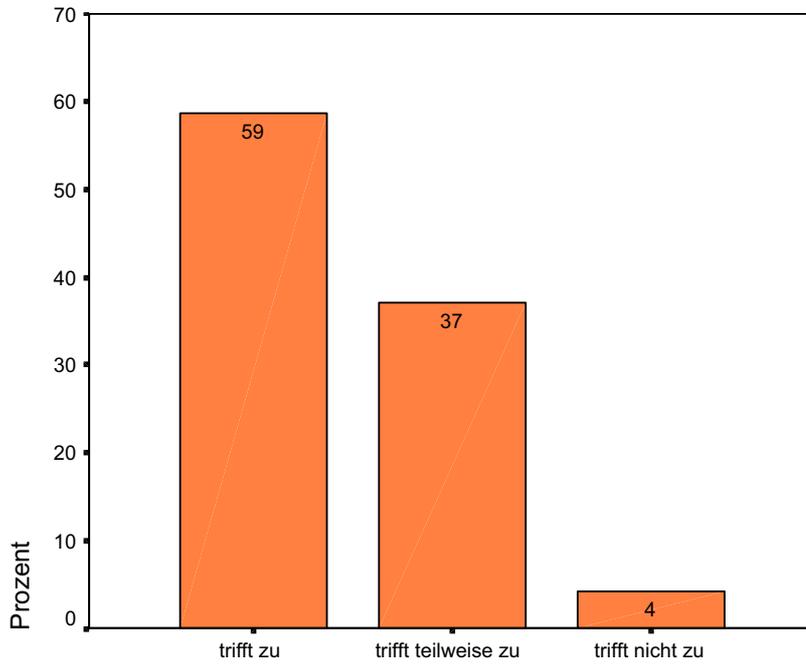
**b) kann zu Geruchsübertragung führen**



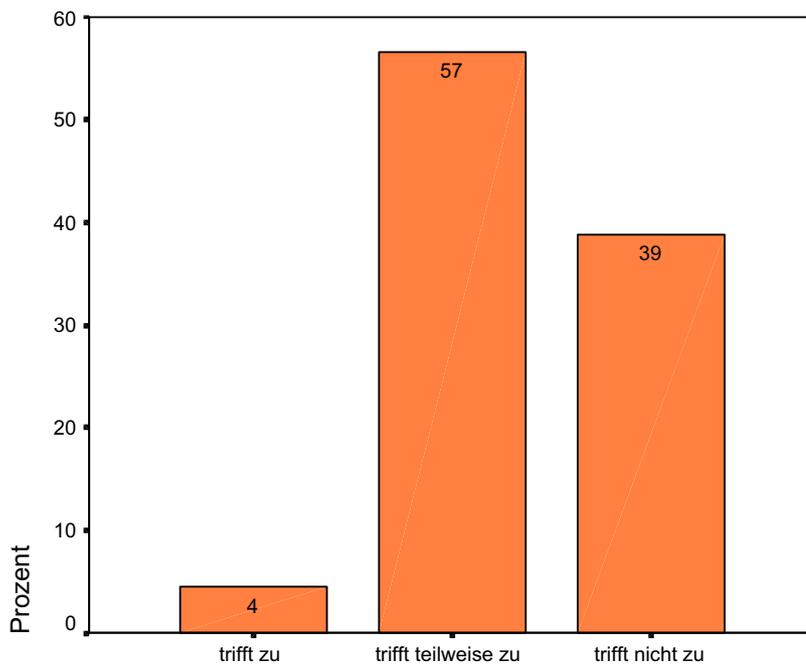
**c) Gerüche von Kochen od. Rauchen verschwinden rasch**



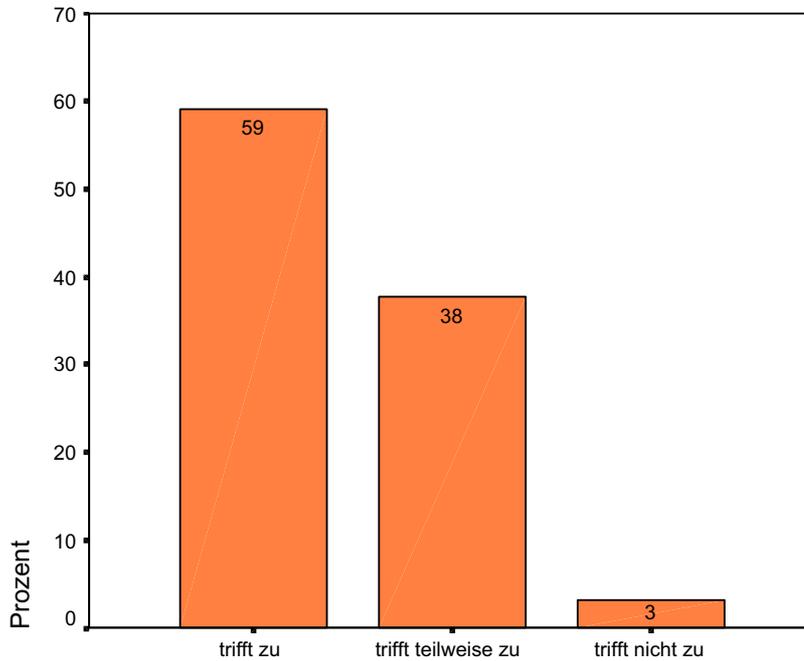
**d) erzeugt kein Frieren beim Lüften**



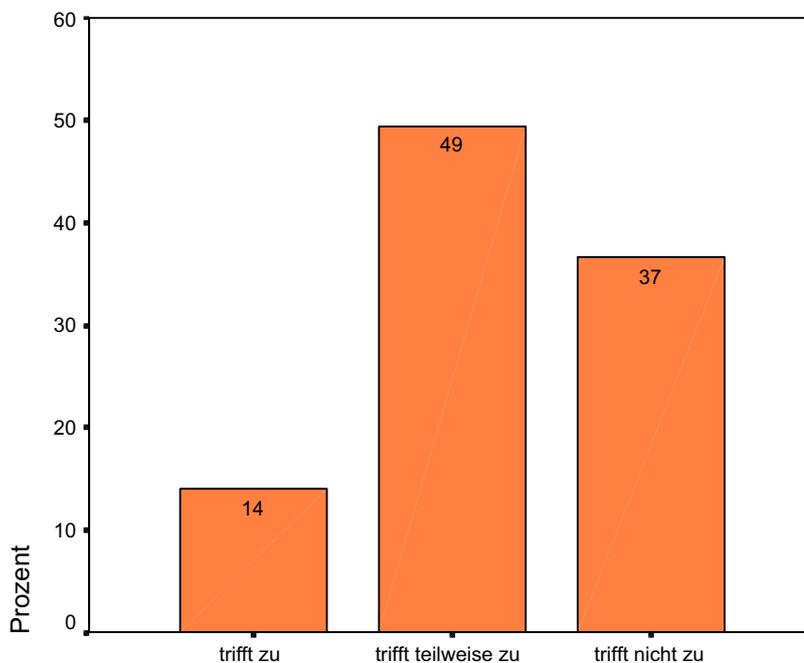
**e) Druckausgleich kann unzureichend sein**



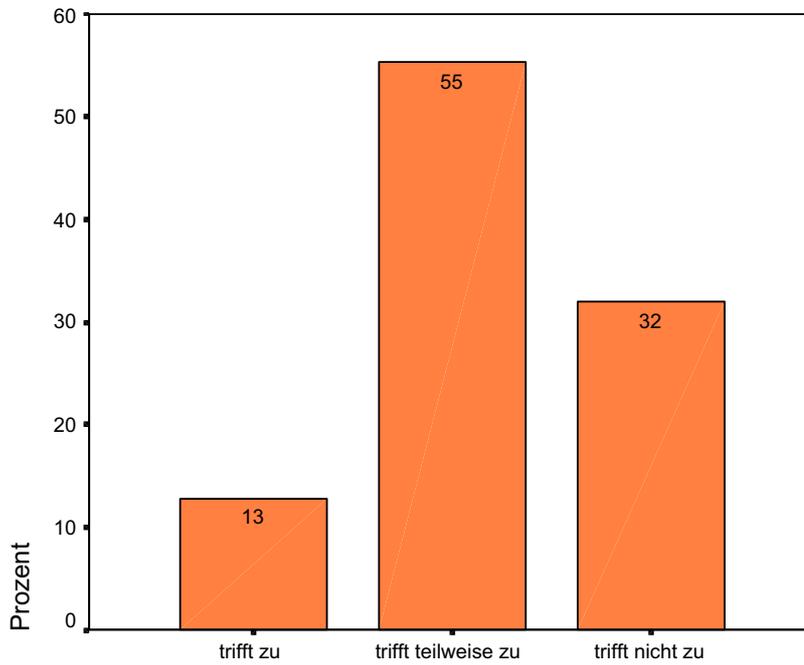
**f) Filter führen zu Verbesserungen für Pollen-Allergiker**



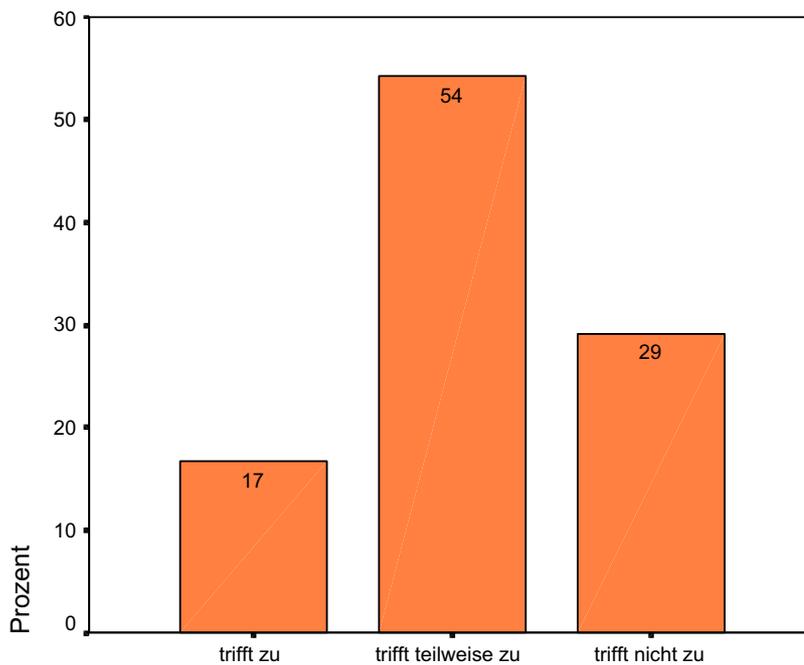
**g) können wie Klimaanlage Krankheiten übertragen**



**h) kann hohen Stromverbrauch bedeuten**



**i) kann zu erhöhter Lärmentwicklung führen**



### Wie wichtig ist Ihnen ein ständig aktueller Überblick über Ihre Energiekosten?

	Häufigkeit	in %
sehr wichtig	106	86,2
weniger wichtig	17	13,8
Gesamt	123	100

### Mobilität und PKW-Nutzung

Ein attraktiver öffentlicher Nahverkehr wird für das Gelingen des Stadterweiterungsmodells solarCity von entscheidender Bedeutung sein. Um diese Problematik zu unterstreichen, einige Ergebnisse aus der Befragung: **38 % der befragten Haushalte haben 2 PKW** und nur **2 %** werden mit Einzug in die solarCity **kein Auto** besitzen.

Drei Viertel der befragten Männer und 60 % der Frauen wollen nach Bezug der solarCity den **Weg zum Arbeitsplatz** mit dem eigenen Auto zurücklegen.

### Wie viele Fahrzeuge wird es beim Einzug in die solarCity in Ihrem Haushalt geben?

	Autos		Mopeds /Motorrad		Fahrräder	
	Häufigkeit	in %	Häufigkeit	in %	Häufigkeit	in %
keines	2	1,7	67	85,9	1	0,9
eines	71	60,7	10	12,8	19	17,4
zwei	44	37,6	1	1,3	39	35,8
mehr als zwei					50	45,9
Gesamt	117	100	78	100	109	100

### Wenn Sie in der „solar City“ wohnen, wie werden Sie im Normalfall den Weg zu Ihrem Arbeitsplatz zurücklegen?

	Mann		Frau	
	Häufigkeit	in %	Häufigkeit	in %
mit dem Auto	68	75,6	50	59,5
mit Bus/Straßenbahn	21	23,3	34	40,5
mit dem Fahrrad	1	1,1		
Gesamt	90	100	84	100

Die zukünftigen Bewohner hatten auch die Möglichkeit, ihre Wünsche und Anregungen dem Bauträger EBS mitzuteilen. Schwerpunkt der Anfragen waren vor allem der Wunsch nach genauerer Information über Art und Größe der Wohnungen, deren Ausstattung, präzise Angaben über die Wohnungsvergabe-Modalitäten (Kosten) aber auch nach regelmäßiger Information über den Baufortschritt, insbesondere auch der infrastrukturellen Einrichtungen. Besonders die Interessenten für das Passivhaus (Haus 1) sowie für das Fast-Passivhaus (Haus 3) zeigten reges Interesse an den spezifischen Ausstattungsmerkmalen dieser Häuser und den daraus resultierenden Nutzungsrichtlinien für die Bewohner.

## 5 Informationsveranstaltungen / 1.Bewohner-Workshop

Ein überdurchschnittliches Maß an Information der „Kunden“ bildet die Grundlage jeglicher Bewohner-**Partizipation**. Frühzeitige und laufende Kommunikation mit den Wohnungsinteressenten führt zu **Kundenbindung** und zur **Identifikation** mit dem Wohnquartier, was insbesondere bei anspruchsvollen Wohnprojekten eine große Rolle spielt. Dabei ist neben der medialen (Info-Broschüren etc.) die „face-to-face“-Kommunikation mehr denn je von Bedeutung.

Die Ergebnisse der 1.Bewohnerbefragung zeigen ein außergewöhnlich **hohes Interesse** der EBS-Wohnungsinteressenten an umfassender **Information** zum Bauvorhaben.

### der 1.Info-Abend

Nach der Klärung aller bau- und förderungstechnischen Voraussetzungen sowie der Versendung der Reservierungszusicherungen bildete die Durchführung einer umfassenden **Informationsveranstaltung** daher den Start zur **persönlichen Kontaktarbeit** mit den künftigen Bewohner/innen.

Der 1. Info-Abend fand am 20.06.2002 statt, in dessen Verlauf die Interessenten vom Magistrat Linz, dem Bauträger sowie Soziologen und Architekten erste umfangreiche Informationen über das Gesamtprojekt **solarCity** im allgemeinen erhielten und daran anschließend mittels umfangreichen Bildmaterials ausführlich über den Bauteil der EBS im Detail informiert wurden. So wurden die einzelnen Haus- und Wohnungstypen mit all ihren spezifischen Komponenten detailliert erläutert ebenso wie Fragen der Kosten und Finanzierung.

Ein geladen waren ausschließlich die Interessenten mit **konkreten Reservierungen**. Anwesend waren dann etwa 80 Personen.

Vor und nach der Veranstaltung konnte im Foyer das große Modell der **solarCity** besichtigt werden.

### der 1. Workshop

Als nächster Schritt im Anschluss zum Info-Abend wurde für die Bewerber des ersten Bauabschnitts (**Häuser 1-3**) ein **1.Bewohnerworkshop** abgehalten.

Unter der Leitung von Dr. Raimund Gutmann (wohnbund:consult) u. Dr. Isabella Klien (Klien & Klien Organisationsberatung) konnten sich hier die zukünftigen Bewohner gegenseitig kennen lernen, ihre derzeitige Wohnsituation diskutieren und daraus in Hausgruppen gemeinsam ein Zukunftsbild erarbeiten und präsentieren.

Zum Abschluss wurde ein **Maßnahmenplan** mit konkreten Umsetzungsschritten und Aufgaben für alle Beteiligten erarbeitet.

### der 2. Info-Abend

Nachdem mit dem Bau der Wohnhausanlage begonnen worden war und die Rohbauten des ersten Bauabschnitts (Häuser 1 – 3) fertig gestellt waren und somit die Bewohner, die inzwischen ihre Vorverträge unterschrieben hatten, sich vorort von ihren zukünftigen Wohnungen ein Bild

machen konnten, luden der Bauträger und die Planer zu einer weiteren Informationsveranstaltung. Dieser 2. Info-Abend fand am 04.03.2003 statt.

Umfassende Informationen über das richtige Nutzerverhalten wurden geboten. Die abschließende Diskussion zeigte deutlich, wie hoch das Interesse und die Bereitschaft der zukünftigen Bewohner war, sich mit neuen, innovativen Gebäudetechnologien auseinander zu setzen.

## 1. Mieterberatung nach Wohnungsbezug

Im Dezember 2003 konnte der erste Bauabschnitt an die Bewohner übergeben werden. Da es natürlich in den ersten Monaten nach Wohnungsbezug noch zu Adaptierungsproblemen der haustechnischen Anlagen kommt, wurden die Bewohner des Passivhauses zu einem weiteren Info-Treffen geladen. Diese Veranstaltung fand am 22.01.2004 unter Beisein des Bauträgers, der Örtlichen Bauaufsicht sowie der Planer vorort statt.

Hauptthema waren die zu geringen Raumtemperaturen, die, wie sich nach Überprüfung herausstellte, in falschen Einstellungen bei den Nachheizregistern begründet waren und in kurzer Zeit korrigiert werden konnten.

Ein weiteres Problem stellte die kontraproduktive Verwendung des Sonnenschutzes dar, nämlich vorrangig als Sichtschutz, ohne zu beachten, dass dadurch die passive Nutzung der Solarenergie verhindert wird.

Um ähnliche Missverständnisse in Zukunft zu vermeiden, wurden von den Planern Merkblätter mit Hinweisen für das richtige Nutzerverhalten ausgearbeitet und vom Bauträger an die Bewohner verteilt.

## 6. Zusammenfassung

Die sozialorganisatorische Begleitung der **Start-** bzw. **Einstiegsphase** des Modellprojekts „**einfach:wohnen** im Haus der Zukunft“ konnte im wesentlichen nur zu Beginn wie geplant abgewickelt werden. Allen Beteiligten wurde deutlich, dass nur ein **integrierter Planungsprozess** (Ganzheitlichkeit) zur Erreichung der Projektziele führt, d.h. dass neben der innovativen technischen Energie auch Aspekte der ‚**sozialen Nahwärme**‘ beachtet werden müssen.

Welche Auswirkungen haben nun die geleisteten Kommunikations-Aktivitäten auf die allgemeinen und speziellen Projektziele?

- Der **Informationsstand des Bauträgers** und des Planungsbüros hinsichtlich der Motive, Bedürfnisse und Wünsche der ‚beplanten‘ **Zielgruppe** konnte erhöht werden. (Aufhebung der Anonymität der Zielgruppe)
- Der Bauträger wurde in die Erprobung **neuer Wege** der **Kundenbetreuung** und frühzeitigen **Kundenbindung** eingebunden.
- Die **Wohnungsinteressenten** verfügen über zusätzliche Informationen und damit über mehr **Entscheidungsgrundlagen** ( - bei Unsicherheit ist ein früherer Rücktritt besser als kurz vor Fertigstellung der Wohnungen).

- Die künftigen Bewohner/innen wurden für den Zusammenhang von **nachhaltiger Wohnungswirtschaft** und eigenem **Nutzerverhalten** sensibilisiert sowie für die weitere Zusammenarbeit motiviert (u.a. durch Prospekt u. Fragebogen).
- Die **Beteiligungspotenziale** unter den künftigen Bewohner/innen konnten ausgelotet und die möglichen **Handlungsspielräume** definiert werden.
- Art und Umfang des weiteren **Informationsbedarfs** hinsichtlich der Themen **Heizen, Energiesparen** und allgemeine **Siedlungsökologie** konnte erhoben werden. (Grundlage für eine spezielle Bewohner-Qualifizierung im Umgang mit den neuen Technologien)
- Durch die Veranstaltungen wurden bereits erste **Nachbarschaftskontakte** ermöglicht, die eine wichtige Grundlage für gemeinsame Eigenaktivitäten und die spätere Selbstorganisation darstellen (Sozialverträglichkeit, eigene Zuständigkeiten).
- Merkblätter und vertiefende Informationsbroschüren halfen den Bewohnern, auch nach Bezug der Wohnungen beim Umgang mit den für sie weitgehend noch ungewohnten Technologien des Passivhauses.
- Auch in der Wohnphase sollen in regelmäßigen Abständen durchgeführte Mieterbefragungen und –versammlungen den Bewohnern Hilfestellung in allen wohnspezifischen Fragen geben

## **ABSCHNITT 2**

## **HAUSTECHNIK**

# ENERGIEBILANZEN

---

## 1. Methoden zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs

Heizwärmebedarfsberechnungen dienen zum Abschätzen des künftigen Energieverbrauchs der Gebäude und werden zur Dimensionierung von Heizungs- und Lüftungskomponenten herangezogen. Von den verschiedenen in der Praxis angewandten Berechnungsmethoden wurden bei diesem Projekt drei Methoden herausgegriffen:

### a. Heizwärmebedarfsberechnung nach EN 832

Diese Berechnung dient in erster Linie zur Abschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs, sie kann aber auch für eine Reihe von einfacheren Detailanalysen (Besonnung, Beschattung, thermische Speichereffekte, usw.) herangezogen werden. In unserem Fall wurde die Berechnung nach dem Verfahren des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB) durchgeführt, das für die Anwendung in Oberösterreich geringfügig modifiziert wurde. Die mit dieser Methode ermittelten Kennzahlen werden auch für die Zuerkennung von zusätzlichen Fördermitteln für energiesparendes Bauen herangezogen.

### b. Heizlastberechnung nach ÖNORM M 7500

Die Methode stellt das haustechnische Standardverfahren zur Auslegung von Heizkörpern, usw. dar. Üblicherweise wird sie auch für die Ermittlung der Leistungskenndaten von Fernwärmeübergabestationen eingesetzt. Im vorliegenden Projekt erfolgt die Warmwasserbereitung jedoch dezentral in den einzelnen Wohnungen über besonders leistungsfähige Wärmetauscher. Daher wird die Spitzenleistung der Übergabestationen hier vom Warmwasserbedarf bestimmt.

### c. PHPP-Berechnung (PHPP = PassivHaus-ProjektierungsPaket)

Für das Passivhaus liefern die oben erläuterten Methoden keine sinnvollen Ergebnisse, weshalb hier die Energiebilanz nach dem PHPP-Verfahren erstellt wurde. Bei dieser Berechnung auf der Basis eines Tabellenkalkulationsprogramms wird sowohl der voraussichtliche Energieverbrauch als auch die Heizlast nach einem speziellen Verfahren ermittelt. Die Methode zur Abschätzung des Energieverbrauchs basiert ebenfalls auf der EN 832. Sie wurde aber für die speziellen Erfordernisse von Passivhäusern adaptiert, wobei besonders die niedriger angesetzten inneren Wärmequellen ins Gewicht fallen. Das für die Heizlastberechnung angewandte Verfahren wurde aus umfangreichen Simulationsanalysen abgeleitet. Neben diesen Hauptergebnissen können mit dem Programm auch eine Reihe von Detailanalysen der Gebäudehülle (Fenster, usw.) und der Haustechniksysteme (Lüftung, Warmwasser, usw.) vorgenommen werden.

## 2. Heizwärmebedarfsberechnungen

Bei den Berechnungen wurden Klimadaten für den Raum Linz herangezogen.

### a. Heizwärmebedarfsberechnung nach EN 832

Die Heizwärmebedarfsberechnung nach EN 832 wurde im vorliegenden Projekt in erster Linie zur Abschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs und zur Ermittlung der Kennzahlen für die oberösterreichische Energiesparförderung herangezogen. Als Kennzahl wird der Nutzheizenergiebedarf HWB pro m<sup>2</sup> beheizter Bruttogeschossfläche verwendet. Für die Berechnung wurde eines der kommerziell erhältlichen Programme, das vom Land Oberösterreich bereits validiert wurde, eingesetzt.

Die Berechnungen wurden für die Häuser 1, 2 und 3, die auch im ersten Bauabschnitt des Projekts errichtet werden, durchgeführt. Beim Haus 2 handelt es sich um ein weiterentwickeltes Niedrigenergiehaus (Basisvariante) mit hohem Wärmedämmstandard und großen Südverglasungen. Haus 3 wird als Fast-Passivhaus in derselben Qualität, aber mit Be- und Entlüftung und hocheffizienter Wärmerückgewinnung ausgeführt. Als klassisches Passivhaus mit entsprechend sorgfältiger Detailausbildung (Dämmung, Fenster, Wärmebrücken, Dichtheit, usw.) wurde Haus 1 konzipiert.

Die Berechnungsergebnisse sind auf den folgenden Seiten zusammengestellt.

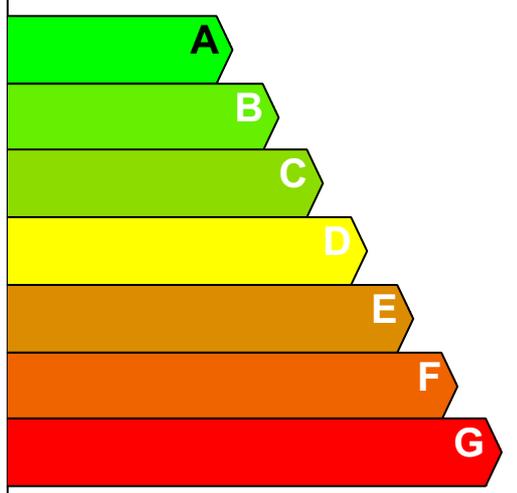
Die für das Haus 2 ermittelte Kennzahl von 30 kWh/m<sup>2</sup>a stellt einen hervorragenden Wert für ein Niedrigenergiehaus dar.

Der für das Haus 1 nach der österreichischen Version der EN 832 berechnete HWB-Wert von 7 kWh/m<sup>2</sup>a liegt im Vergleich zum HWB-Wert von 12,2 kWh/m<sup>2</sup>a bei der PHPP-Berechnung deutlich tiefer. Der Unterschied ist im wesentlichen auf zwei Ursachen zurückzuführen. Beim PHPP-Verfahren werden für Wohnhäuser niedrigere innere Wärmequellen angenommen und als Bezugsfläche wird die deutlich kleinere Netto-Wohnnutzfläche statt der beheizten Bruttogeschossfläche zugrundegelegt. Weiters fließen einige eher pessimistische Annahmen in die PHPP-Berechnung ein, sodass leicht konservative Ergebnisse (mit Sicherheitszuschlägen) zustande kommen. Die erwähnten niedrigen inneren Wärmequellen in Passivhäusern setzen unter anderem den Einsatz hocheffizienter Elektrogeräte inklusive Beleuchtung voraus.

Im Falle des Hauses 3 (Fast-Passivhaus mit Be- und Entlüftung und Wärmerückgewinnung) ergibt sich vor allem durch die Wärmerückgewinnung ein sehr niedriger HWB-Wert von 17 kWh/m<sup>2</sup>a. Er entspricht den relativ optimistischen, österreichischen Vorgaben.

# OÖ. ENERGIEAUSWEIS

**Gebäudeart** Reihenwohnhaus **Erbaut im Jahr** 2002-2003  
**Standort** 4020 **Grundstücksnummer** 992/27  
 Linz-Pichling  
**Katastralgemeinde** **Einlagezahl** EZ17  
**Eigentümer/Errichter** EBS Wohnungsgesellschaft mbH Linz  
 (zum Zeitpunkt der Ausstellung)

Wärmeschutzklasse	Energiekennzahl <small>(standardisiert)</small>	Heizwärmebedarf <small>(standortbezogen)</small>
Niedriger Bedarf		
	7 kWh/(m²a) <sup>2)</sup>	7 kWh/(m²a) <sup>1)</sup>
Hoher Bedarf		

Heizwärmebedarf .....	4845 kWh/a
Flächenbezogener Heizwärmebedarf <i>HWB<sub>BGF</sub></i> .....	7 kWh/(m²a) <sup>1)</sup>
Energiekennzahl (für standardisierte Klimadaten) .....	7 kWh/(m²a) <sup>2)</sup>
Gesetzliche Anforderungen an die Energiekennzahl Gemäß O.ö.BauTV .....	69 kWh/(m²a) <sup>3)</sup>

**Ausgestellt durch** ECOTECH - Software GmbH

**Geschäftszahl** .....  
**Datum** 19. Nov. 2001

# ENERGIEAUSWEIS

Datenblatt

## Klimadaten

Seehöhe	252,1 m	Strahlungsintensitäten [Beiblatt 1 a]	
Heiztage HT	214 d	Süden	369 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Norm-Außentemperatur $\theta_{ne}$	-12 °C	Osten/Westen	225 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Mittlere Innentemperatur $\theta_i$	20 °C	Norden	152 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizgradtage HGT	3524 Kd	Südost/Südwest	320 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Nordost/Nordwest	167 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Horizontal	380 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Globalstrahlung	1048 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen $V_B$	2479 m <sup>3</sup>	Geographische Länge (optional):	14° 17'
Gebäudehüllfläche $A_B$	1348 m <sup>2</sup>	Geographische Breite (optional):	48° 18'
Brutto-Geschoßfläche $BGF_B$	717 m <sup>2</sup>	Geographische Koordinaten (optional):	.....
Kompaktheit $A_B/V_B$	0,54 m <sup>-1</sup>		
Charakteristische Länge $l_c$	1,84 m		

	Ergebnisse		Beiblatt
1	Leitwert $L_T$	270 W/K	3 a
2	Heizlast $P_{tot}$	11,0 kW	3 a
3	Flächenbezogene Heizlast $P_f$	15 W/m <sup>2</sup>	3 a
4	Transmissionsverluste	13568 kWh/a	2 a
5	Lüftungswärmeverluste	12336 kWh/a	2 a
6	Passive solare Wärmegewinne	7035 kWh/a	2 a
7	Interne Wärmegewinne	5388 kWh/a	2 a
8	Heizwärmebedarf (standortbezogen)	4845 kWh/a	2 a
9	Flächenbezogener Heizwärmebedarf (standortbezogen) $HWB_{BGF}$	7 kWh/(m <sup>2</sup> a)	2 a
10	Wärmegewinne durch Teilbeheizung, Nachtabsenkung und temporärem Wärmeschutz (optional)	0 kWh/a	
11	Wärmerückgewinnung (optional)	8635 kWh/a	2 c
12	Aktive solare Gewinne Raumheizung (optional)	0 kWh/a	
13	Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung von 10,11,12	4845 kWh/a	

Anzahl der Beiblätter: 3

Heizungstechnische Anlagen (optional):

Warmwassertechnische Anlage (optional):

.....

### Anmerkung:

Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte innere Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Werte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast z.B. nach ÖNORM M 7500 erstellt werden.

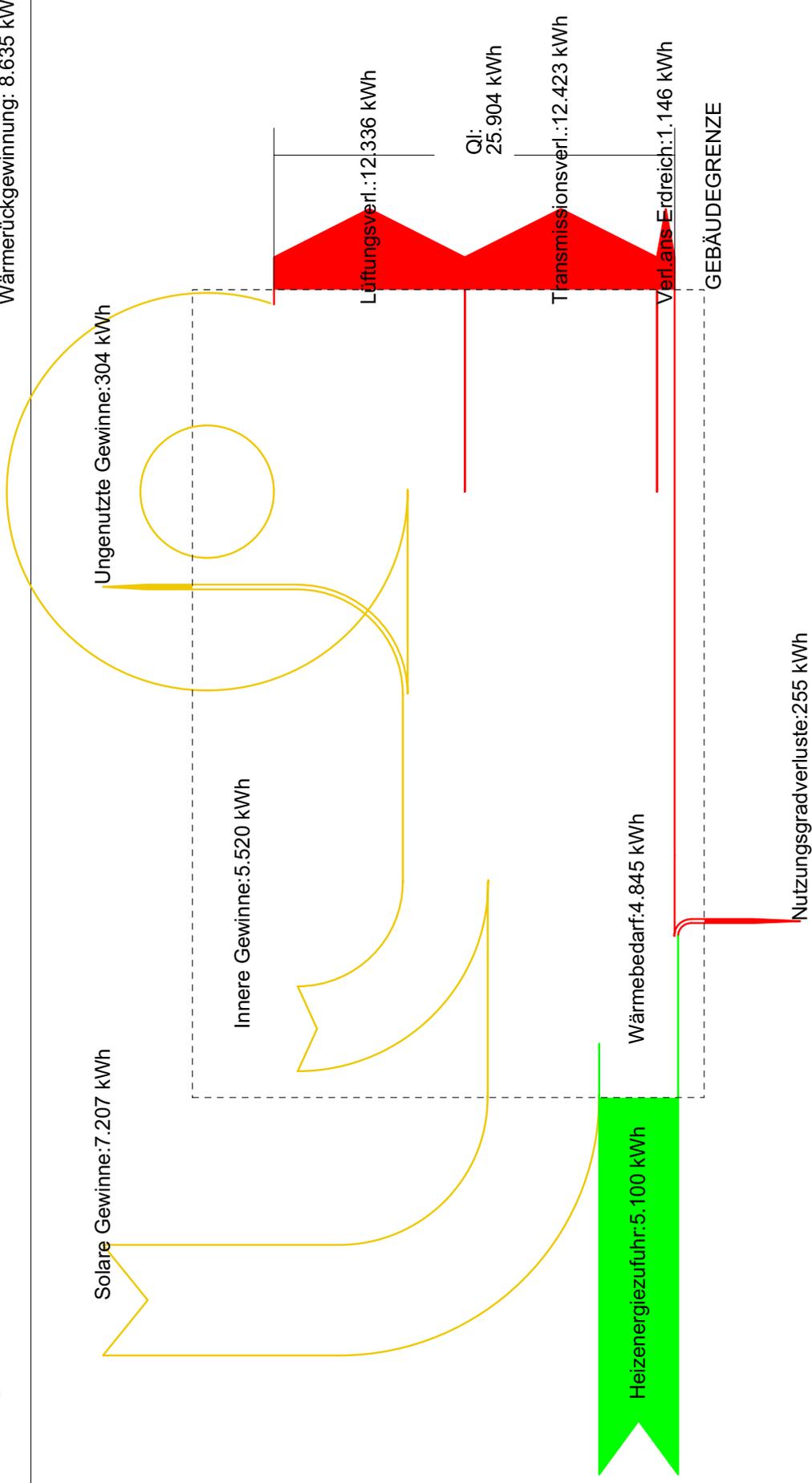
# Energiebilanz:

Projekt : Solar City Linz Pichling Haus1

Blatt: : Energiebilanz

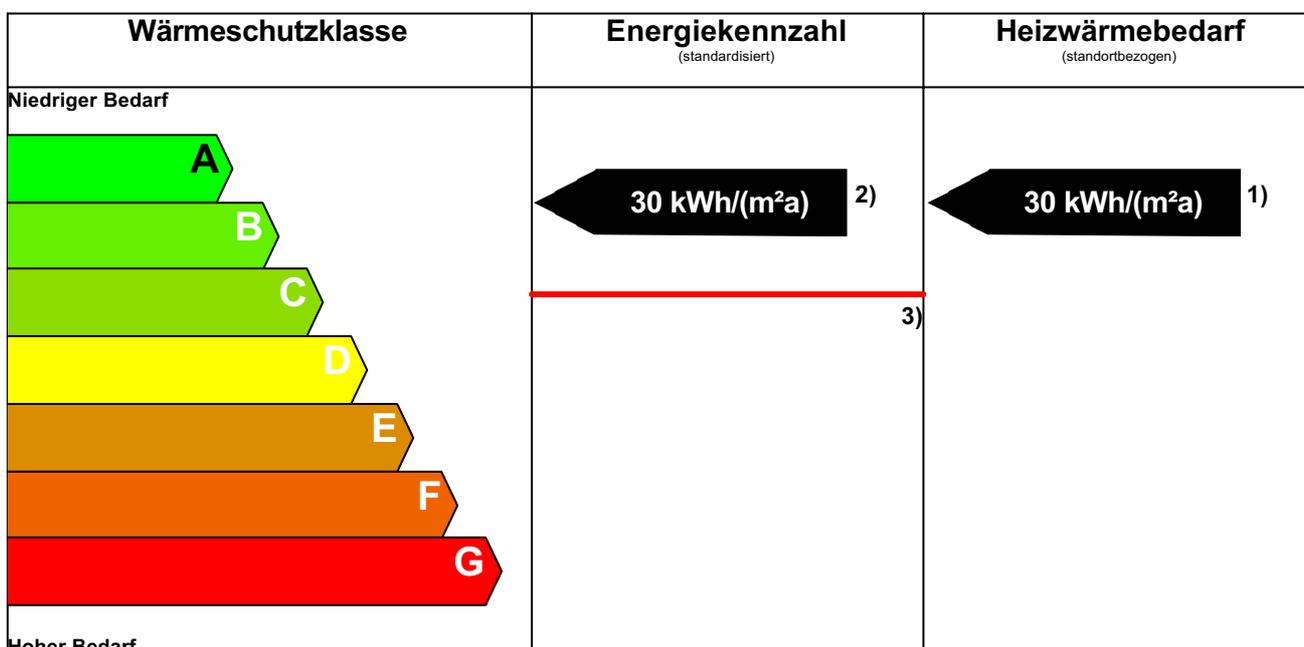
Datum: 19. November 2001 Blatt 17

Wärmerückgewinnung: 8.635 kWh



# OÖ. ENERGIEAUSWEIS

**Gebäudeart** Mehrfamilien-Haus **Erbaut im Jahr** 2002-2003  
**Standort** 4020 **Grundstücksnummer** 992/27  
 Linz-Pichling  
**Katastralgemeinde** **Einlagezahl** 17  
**Eigentümer/Errichter** EBS Wohnungsgesellschaft mbH Linz  
 (zum Zeitpunkt der Ausstellung)



Heizwärmebedarf .....	35704 kWh/a
Flächenbezogener Heizwärmebedarf <i>HWB<sub>BGF</sub></i> .....	30 kWh/(m²a) <sup>1)</sup>
Energiekennzahl (für standardisierte Klimadaten) .....	30 kWh/(m²a) <sup>2)</sup>
Gesetzliche Anforderungen an die Energiekennzahl Gemäß O.ö.BauTV .....	57 kWh/(m²a) <sup>3)</sup>

**Ausgestellt durch** ECOTECH - Software GmbH

**Geschäftszahl** .....  
**Datum** 19. Nov. 2001

# ENERGIEAUSWEIS

Datenblatt

## Klimadaten

Seehöhe	252,1 m	Strahlungsintensitäten [Beiblatt 1 a]	
Heiztage HT	214 d	Süden	369 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Norm-Außentemperatur $\theta_{ne}$	-12 °C	Osten/Westen	225 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Mittlere Innentemperatur $\theta_i$	20 °C	Norden	152 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizgradtage HGT	3524 Kd	Südost/Südwest	320 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Nordost/Nordwest	167 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Horizontal	380 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Globalstrahlung	1048 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen $V_B$	3816 m <sup>3</sup>	Geographische Länge (optional):	14° 17'
Gebäudehüllfläche $A_B$	1563 m <sup>2</sup>	Geographische Breite (optional):	48° 18'
Brutto-Geschoßfläche $BGF_B$	1195 m <sup>2</sup>	Geographische Koordinaten (optional):	.....
Kompaktheit $A_B/V_B$	0,41 m <sup>-1</sup>		
Charakteristische Länge $l_c$	2,44 m		

	Ergebnisse		Beiblatt
1	Leitwert $L_T$	654 W/K	3 a
2	Heizlast $P_{tot}$	33,0 kW	3 a
3	Flächenbezogene Heizlast $P_1$	28 W/m <sup>2</sup>	3 a
4	Transmissionsverluste	45653 kWh/a	2 a
5	Lüftungswärmeverluste	26384 kWh/a	2 a
6	Passive solare Wärmegewinne	22689 kWh/a	2 a
7	Interne Wärmegewinne	13644 kWh/a	2 a
8	Heizwärmebedarf (standortbezogen)	35704 kWh/a	2 a
9	Flächenbezogener Heizwärmebedarf (standortbezogen) $HWB_{BGF}$	30 kWh/(m <sup>2</sup> a)	2 a
10	Wärmegewinne durch Teilbeheizung, Nachtabsenkung und temporärem Wärmeschutz (optional)	0 kWh/a	
11	Wärmerückgewinnung (optional)	0 kWh/a	
12	Aktive solare Gewinne Raumheizung (optional)	0 kWh/a	
13	Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung von 10,11,12	35704 kWh/a	

Anzahl der Beiblätter: 3

## Heizungstechnische Anlagen (optional):

Fernwärme, Fernwärme, Neuanlage, Zentralheizung

## Warmwassertechnische Anlage (optional):

.....

### Anmerkung:

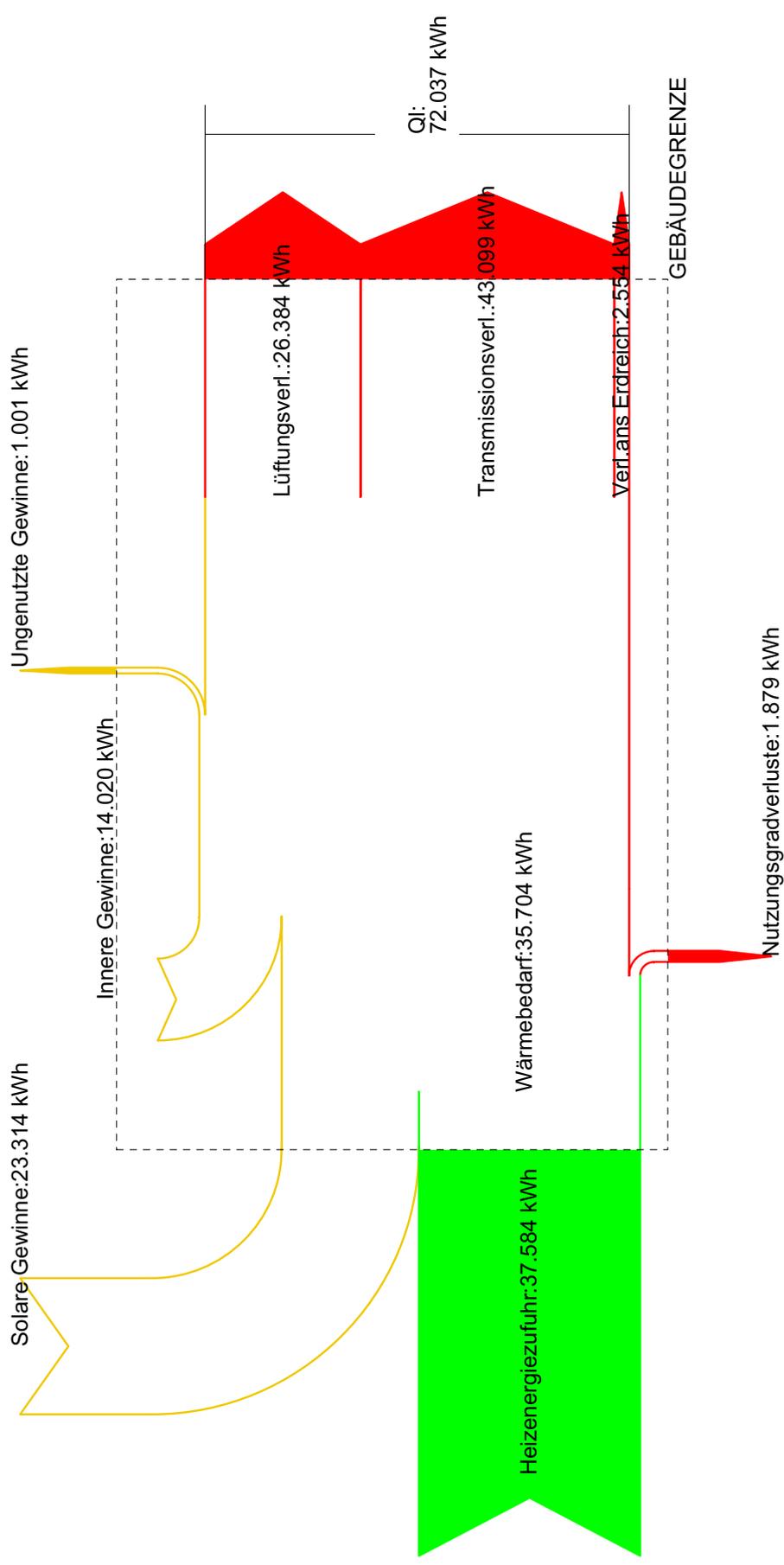
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte innere Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Werte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast z.B. nach ÖNORM M 7500 erstellt werden.

# Energiebilanz:

Projekt : Solar City Linz Pichling Haus 2

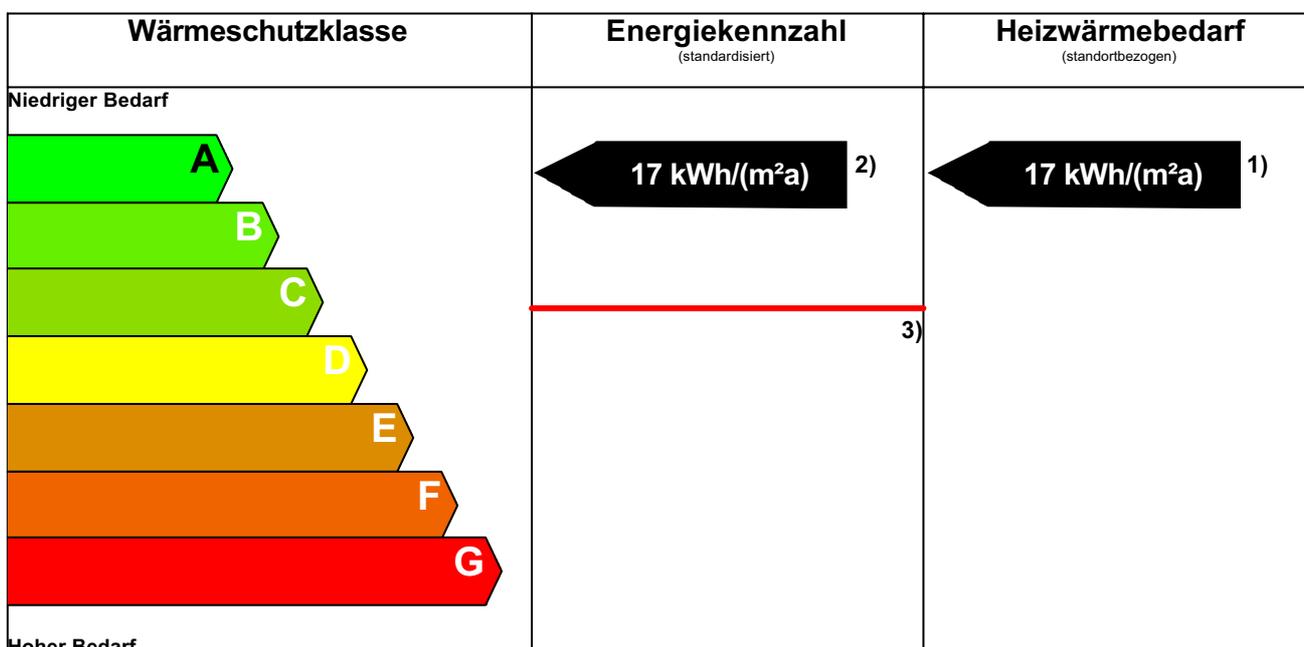
Blatt: : Energiebilanz

Datum: 19. November 2001 Blatt 17



# OÖ. ENERGIEAUSWEIS

**Gebäudeart** Mehrfamilien-Haus **Erbaut im Jahr** 2002-2003  
**Standort** 4020 **Grundstücksnummer** 992/18  
 Linz-Pichling  
**Katastralgemeinde** **Einlagezahl** 17  
**Eigentümer/Errichter** EBS Wohnungsgesellschaft mbH Linz  
 (zum Zeitpunkt der Ausstellung)



<b>Heizwärmebedarf</b> .....	20753 kWh/a
<b>Flächenbezogener Heizwärmebedarf <math>HWB_{BGF}</math></b> .....	17 kWh/(m²a) 1)
<b>Energiekennzahl (für standardisierte Klimadaten)</b> .....	17 kWh/(m²a) 2)
<b>Gesetzliche Anforderungen an die Energiekennzahl</b> .....	
<b>Gemäß O.ö.BauTV</b> .....	62 kWh/(m²a) 3)

**Ausgestellt durch** ECOTECH - Software GmbH

**Geschäftszahl** .....  
**Datum** 21. Nov. 2001

# ENERGIEAUSWEIS

Datenblatt

## Klimadaten

Seehöhe	252,1 m	Strahlungsintensitäten [Beiblatt 1 a]	
Heiztage HT	214 d	Süden	369 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Norm-Außentemperatur $\theta_{ne}$	-12 °C	Osten/Westen	225 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Mittlere Innentemperatur $\theta_i$	20 °C	Norden	152 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizgradtage HGT	3524 Kd	Südost/Südwest	320 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Nordost/Nordwest	167 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Horizontal	380 kWh/(m <sup>2</sup> a)
		Globalstrahlung	1048 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Gebäudedaten

Beheiztes Brutto-Volumen $V_B$	3885 m <sup>3</sup>	Geographische Länge (optional):	14° 17'
Gebäudehüllfläche $A_B$	1790 m <sup>2</sup>	Geographische Breite (optional):	48° 18'
Brutto-Geschoßfläche $BGF_B$	1201 m <sup>2</sup>	Geographische Koordinaten (optional):	.....
Kompaktheit $A_B/V_B$	0,46 m <sup>-1</sup>		
Charakteristische Länge $l_c$	2,17 m		

	Ergebnisse		Beiblatt
1	Leitwert $L_T$	683 W/K	3 a
2	Heizlast $P_{tot}$	25,5 kW	3 a
3	Flächenbezogene Heizlast $P_1$	21 W/m <sup>2</sup>	3 a
4	Transmissionsverluste	41740 kWh/a	2 a
5	Lüftungswärmeverluste	23507 kWh/a	2 a
6	Passive solare Wärmegewinne	16659 kWh/a	2 a
7	Interne Wärmegewinne	11380 kWh/a	2 a
8	Heizwärmebedarf (standortbezogen)	20753 kWh/a	2 a
9	Flächenbezogener Heizwärmebedarf (standortbezogen) $HWB_{BGF}$	17 kWh/(m <sup>2</sup> a)	2 a
10	Wärmegewinne durch Teilbeheizung, Nachtabsenkung und temporärem Wärmeschutz (optional)	0 kWh/a	
11	Wärmerückgewinnung (optional)	16455 kWh/a	2 c
12	Aktive solare Gewinne Raumheizung (optional)	0 kWh/a	
13	Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung von 10,11,12	20753 kWh/a	

Anzahl der Beiblätter: 3

## Heizungstechnische Anlagen (optional):

Fernwärme, Fernwärme, Neuanlage, Zentralheizung

## Warmwassertechnische Anlage (optional):

.....

### Anmerkung:

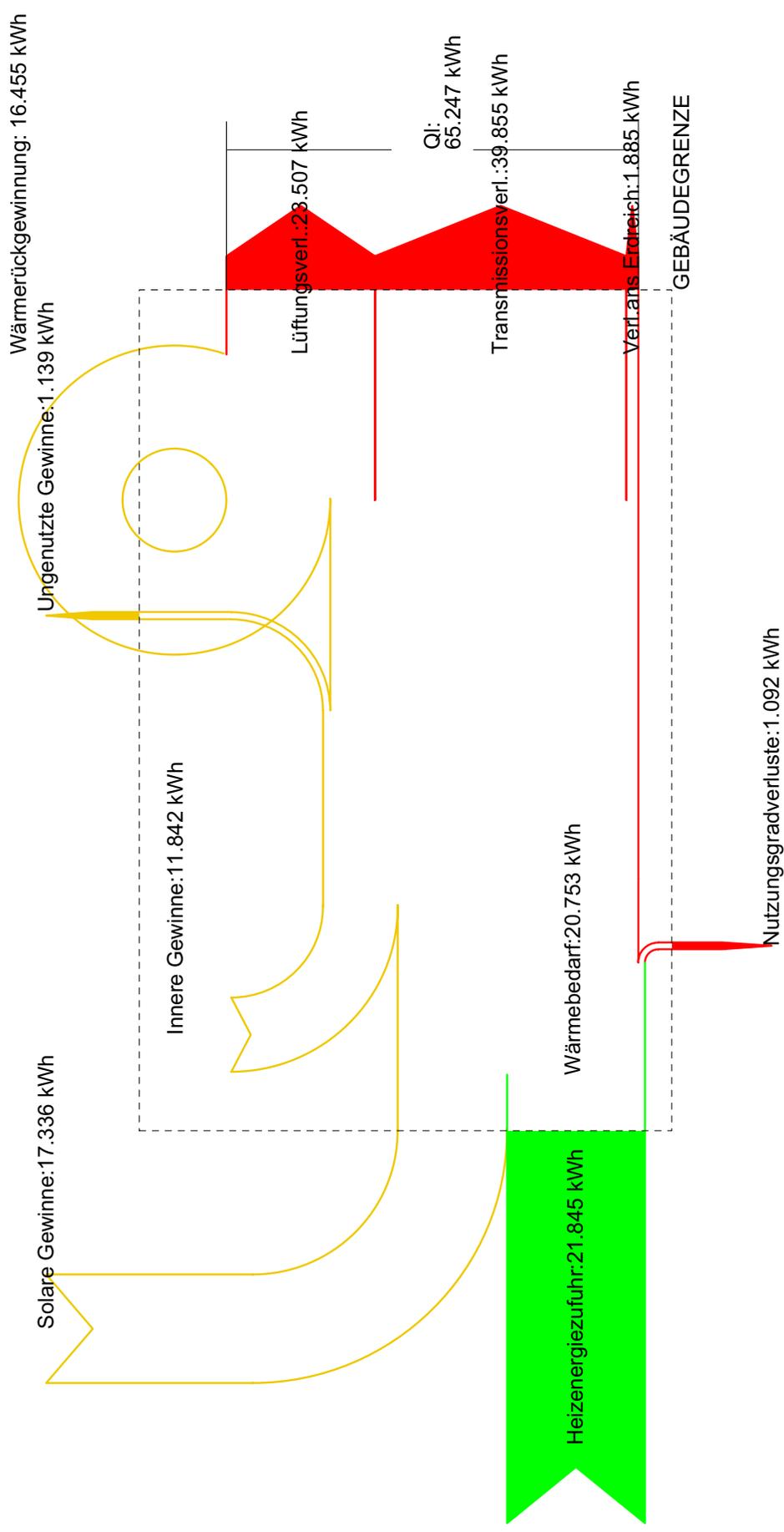
Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Für die Ausstellung dieses Energieausweises wurden Angaben des Errichters herangezogen. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte innere Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Werte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muß eine Berechnung der Heizlast z.B. nach ÖNORM M 7500 erstellt werden.

# Energiebilanz:

Projekt : Solar City Linz Pichling Haus 3

Blatt: : Energiebilanz

Datum: 21. November 2001 Blatt 20



## b. Heizlastberechnung nach ÖNORM M 7500

Die Heizlastberechnung nach ÖNORM M 7500 wurde für den „Standardfall“ Haus 2 und für das „Fast-Passivhaus“ Haus 3 durchgeführt. Für die Berechnung wurde ein bekanntes, kommerziell erhältliches Haustechnikprogramm eingesetzt.

Ein wesentliches Ergebnis sind die über das gesamte Gebäude gemittelten, flächenspezifischen Heizlasten, die im Haus 2  $47 \text{ W/m}^2$  und im Haus 3  $48 \text{ W/m}^2$  betragen. Aufgrund des gleichen Dämmniveaus und des geringfügig unterschiedlichen Oberflächen-Volums-Verhältnisses (Haus 2:  $A/V=0,41\text{m}^{-1}$ , Haus 3:  $A/V=0,46\text{m}^{-1}$ ) war zu erwarten, dass die Werte relativ nahe beieinander liegen. Gegenüber dem in der PHPP-Rechnung für das Haus 1 ermittelten Wert von  $10,4 \text{ W/m}^2$  ist allerdings eine erhebliche Divergenz festzustellen, der neben den bautechnischen Unterschieden auch auf die vielen Sicherheitszuschläge in der ÖNORM M 7500 zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse der Heizlastberechnung nach ÖNORM M 7500 wurden auch für die Heizkörperauslegung der einzelnen Räume verwendet. Im Haus 2 wurden die Heizkörper entsprechend den Resultaten ausgelegt, während im Haus 3 die Heizkörperleistungen aufgrund der Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung um etwa 40 % reduziert wurden.

## c. PHPP-Berechnung

Für das als Passivhaus geplante Haus 1 wurde eine Berechnung mit dem Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) durchgeführt.

Das Ergebnis für den Heizwärmebedarf ist mit  $\text{HWB} = 12,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  als hervorragend einzustufen.

Die Ermittlung der Heizlast wird standardgemäß für zwei exemplarische Wettersituationen durchgeführt.

Wetter 1:  $-9^\circ\text{C}$ , klares Wetter, Sonnenschein.... (Strahlung O/S/W/N/Horizontal  $15/60/15/5/5 \text{ W/m}^2$ )

Wetter 2:  $-3^\circ\text{C}$ , trübes Wetter, diffuse Sonnenstrahlung ..... ( $5/5/5/5/5 \text{ W/m}^2$ )

Die Berechnung ergab für das Haus 1, dass der trübe und nicht so kalte Tag den kritischeren Fall (Spalte für PT2) darstellt, in dem die großflächig verglaste Südfassade zu höheren Wärmeverlusten führt. Der ermittelten spezifischen Heizlast von  $10,4 \text{ W/m}^2$  steht eine durch die Zuluft zuführende Heizwärmelast von  $11,1 \text{ W/m}^2$  gegenüber. Damit ist auf jeden Fall eine ausreichende Sicherheit für die Auslegung gegeben. Außerdem ist festzuhalten, dass für die PHPP-Berechnung standardmäßig relativ kalte Kellertemperaturen anzunehmen sind. Berücksichtigt man die tatsächlich gemessenen Kellertemperaturen  $>15 \text{ Grad C}$ , ergibt sich ein noch niedriger Heizwärmebedarf und die spezifische Heizlast liegt unter  $10 \text{ W/m}^2$ .

# Passivhaus Qualitätsnachweis



Objekt:	Wohnhausanalge EBS / Passivhaus 1	
Standort:	solarCity Linz Pichling	
Straße:	Andromedastrasse 118-126	
PLZ/Ort:	A-4030 Linz	
Land:	Österreich	

	Vorhanden:	Anforderung:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	12,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	✓
Drucktest-Ergebnis:	0,00 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	✓
Primärenergie-Kennwert:	38,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	✓

Objekt-Typ:	Reihenwohnhaus	
Bauherr(en):	EBS Linz	
Straße:	Ziegeleistraße 37	
PLZ/Ort:	A-4020 Linz	
Architekt:	Treberspurg & Partner	
Straße:	Penzinger Starße 58	
PLZ/Ort:	A-1140 Wien	
Haustechnik:	Ing. Büro DI Wilhelm Hofbauer	
Straße:	Penzinger Starße 58	
PLZ/Ort:	A-1140 Wien	

Baujahr:	2003
Zahl WE:	5

	je WE	gesamt
Energiebezugsfläche:	513,6 m <sup>2</sup>	
Umbautes Volumen:	2238,2 m <sup>3</sup>	
Personenzahl:	15	

Ausgestellt am:	22.12.2003
gezeichnet:	Hofbauer

# Passivhaus-Projektierung

## ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:

Objekt:

Standort:

Gebäudetyp/Nutzung:

Energiebezugsfläche A<sub>EB</sub>:  m<sup>2</sup>

Standard-Personenbelegung:  Pers pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche

Bauteile	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Reduktionsfaktor f <sub>t</sub>	G <sub>t</sub> kWh/a	Summe	kWh/(m <sup>2</sup> a)
1. Außenwand	459,4	0,109	1,0	84 = 4198		
2. Dach	362,6	0,087	1,0	84 = 2657		
3. Kellerdecke	297,4	0,144	0,5	84 = 1799		
4. Haustür	12,5	0,900	1,0	84 = 942		
5.				=		
6. Wärmebrücken	452,8	-0,010	1,0	84 = -380		
7.				=		
8. Fenster	169,2	0,771	1,0	84 = 10951		

**Transmissionswärmeverluste Q<sub>T</sub>** Summe   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Lüftungsanlage:**

wirksames Luftvolumen V<sub>L</sub>  m<sup>2</sup> \*  m =  m<sup>3</sup>

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmetauschers η<sub>WRG</sub>

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmetauschers η<sub>EWT</sub>

energetisch wirksamer Luftwechsel n<sub>L</sub>  \* (1 - ) +  =  1/h

**Lüftungswärmeverluste Q<sub>L</sub>**  m<sup>3</sup> \*  1/h \*  Wh/(m<sup>3</sup>K) \*  kWh/a =  kWh/a  kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Summe Wärmeverluste Q<sub>V</sub>** (  kWh/a +  kWh/a ) \*  Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendauslenkung =  kWh/a  kWh/(m<sup>2</sup>a)

Ausrichtung der Fläche	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m <sup>2</sup>	Globalstr. Heizzeit kWh/(m <sup>2</sup> a)	Summe	kWh/(m <sup>2</sup> a)
1. Ost	0,45	0,55	3,9	225 = 218		
2. Süd	0,45	0,55	124,7	370 = 11282		
3. West	0,45	0,55	11,2	225 = 620		
4. Nord	0,45	0,55	29,4	140 = 1016		
5. Horizontal	0,45			360 =		

**Wärmeangebot Solarstrahlung Q<sub>S</sub>** Summe   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Interne Wärmequellen Q<sub>I</sub>**  kh/d \*  d/a \*  W/m<sup>2</sup> \*  m<sup>2</sup> =  kWh/a  kWh/(m<sup>2</sup>a)

Freie Wärme Q<sub>F</sub> Q<sub>S</sub> + Q<sub>I</sub> =   kWh/a

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q<sub>F</sub> / Q<sub>V</sub> =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η<sub>G</sub> (1 - (Q<sub>F</sub> / Q<sub>V</sub>)<sup>5</sup>) / (1 - (Q<sub>F</sub> / Q<sub>V</sub>)<sup>6</sup>) =

**Wärmegewinne Q<sub>G</sub>** η<sub>G</sub> \* Q<sub>F</sub> =   kWh/a

**Heizwärmebedarf Q<sub>H</sub>** Q<sub>V</sub> - Q<sub>G</sub> =   kWh/(m<sup>2</sup>a)

Anforderung Bauwerksart  Grenzwert  kWh/(m<sup>2</sup>a) Anforderung erfüllt?

(ankreuzen) Zielwert

# Passivhaus-Projektierung

## HEIZWÄRMELAST

Objekt:	Passivhaus-Zeile Solar City Linz - EBS					Gebäudetyp/Nutzung:	Reihenwohnhaus				
Standort:	Linz / Pichling					Energiebezugsfläche AEB:	514 m <sup>2</sup>				
Wetterregion (01 - 12):	8	Donaubecken und Alpenvorland bis ca. 600 m Höhe, z.B. Augsburg									
Auslegungstemperatur	Strahlung:	Ost	Süd	West	Nord	Horizontal					
Wetter 1:	-9,0 °C	15	60	15	5	5	W/m <sup>2</sup>				
Wetter 2:	-3,0 °C	5	5	5	5	5	W/m <sup>2</sup>				
Bauteile	Fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Faktor immer 1.0	TempDiff 1 K	TempDiff 2 K	P <sub>T</sub> 1 Watt			P <sub>T</sub> 2 Watt		
1. Außenwand	459,4	0,109	1,0	29 bzw. 23	=	1449	bzw.	1150			
2. Dach	362,6	0,087	1,0	29 bzw. 23	=	917	bzw.	728			
3. Kellerdecke	297,4	0,144	1,0	10 bzw. 10	=	428	bzw.	428			
4. Haustür	12,5	0,900	1,0	29 bzw. 23	=	325	bzw.	258			
5.			1,0	29 bzw. 23	=		bzw.				
6. Wärmebrücken	452,8	-0,010	1,0	29 bzw. 23	=	-131	bzw.	-104			
7.			1,0	29 bzw. 23	=		bzw.				
8. Fenster	169,2	0,771	1,0	29 bzw. 23	=	3781	bzw.	2998			
<b>Transmissionswärmelast P<sub>T</sub></b>						Summe =	6769	bzw.	5458		
Lüftungsanlage:	wirksames Luftvolumen V <sub>L</sub>		A <sub>EB</sub> m <sup>2</sup>	lichte Raumhöhe m	m <sup>3</sup>						
Wärmebereitstellungsgrad	η <sub>WRG</sub>	80%	513,6	2,50	= 1284						
des Plattenwärmetauschers											
Wärmebereitstellungsgrad des	η <sub>EWT</sub>	30%	n <sub>L,Anlage</sub>	Φ <sub>WRG</sub>	n <sub>L,Rest</sub>						
Erdreichwärmetauschers			1/h		1/h						
energetisch wirksamer Luftwechsel n <sub>L</sub>		0,374		(1 - 0,86)		+ 0,042		= 0,094			
	V <sub>L</sub>	n <sub>L</sub>	c <sub>L,luft</sub>	TempDiff 1	TempDiff 2	P <sub>L</sub> 1	P <sub>L</sub> 2				
	m <sup>3</sup>	1/h	Wh/(m <sup>3</sup> K)	K	K	W	W				
<b>Lüftungswärmelast P<sub>L</sub></b>	1284,1	0,094	0,33	29,0 bzw. 23,0	=	1159	bzw.	919			
<b>Summe Wärmelast P<sub>V</sub></b>						P <sub>T</sub> + P <sub>L</sub> =	7929	bzw.	6377		
Ausrichtung der Fläche	Fläche m <sup>2</sup>	g-Wert (senkr. Einstrahlung)	Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	Strahlung 1 W/m <sup>2</sup>	Strahlung 2 W/m <sup>2</sup>	P <sub>S</sub> 1 W	P <sub>S</sub> 2 W				
1. Ost	3,92	0,55	0,45	15 bzw. 5	=	15	bzw.	5			
2. Süd	124,66	0,55	0,45	60 bzw. 5	=	1830	bzw.	152			
3. West	11,18	0,55	0,45	15 bzw. 5	=	41	bzw.	14			
4. Nord	29,43	0,55	0,45	5 bzw. 5	=	36	bzw.	36			
5. Horizontal			0,45	5 bzw. 5	=	0	bzw.	0			
6.				bzw.	=	0	bzw.	0			
<b>Wärmeangebot Solarlast P<sub>S</sub></b>						Summe =	1922	bzw.	207		
<b>Interne Wärmelast P<sub>I</sub></b>		spez. Leistung W/m <sup>2</sup>		A <sub>EB</sub> m <sup>2</sup>	P <sub>I</sub> 1 W	P <sub>I</sub> 2 W					
		1,6		514	=	822	bzw.	822			
<b>Wärmegewinne P<sub>G</sub></b>						P <sub>S</sub> + P <sub>I</sub> =	2743	bzw.	1029		
						P <sub>V</sub> - P <sub>G</sub> =	5185	bzw.	5348		
<b>Heizwärmelast P<sub>H</sub></b>						=	5348	W			
						=	10,4	W/m <sup>2</sup>			
Zulufttemperatur ohne Nachheizung	θ <sub>zu,Min</sub>	16 °C		Zulufttemperatur Max.	θ <sub>zu,Max</sub>	52 °C		Watt			
<b>Wärmelast, von Zuluft transportiert P<sub>Zuluft;Max</sub></b>						=	5712	11,1	W/m <sup>2</sup>		

### **3. Schlussfolgerungen**

Allgemein ist zu bemerken, dass die durchgeführten Berechnungen keine kritischen Ergebnisse erbracht haben und somit die Konzepte wie geplant erfolgreich umgesetzt werden konnten.

# STRÖMUNGSSIMULATION

## 1. Problemstellung

Bei der Wohnhausanlage der EBS in der solarCity Linz Pichling werden einige der Wohnungstypen als 2-geschossige Maisonetten ausgeführt. Durch teilweise offene Geschosdecken ergeben sich große Raumhöhen und erwartungsgemäß eine ausgeprägte Temperaturschichtung. An den hohen Fensterflächen können sich an kalten Wintertagen abfallende Luftströmungen ausbilden, die eine Komfortbeeinträchtigung durch Zugluft bewirken.

Um Unsicherheiten bei der Auslegung des Lüftungs- und Heizungssystems zu minimieren, wurde aufbauend auf den 3d-CAD Modellen von vergleichbaren zweigeschossigen Wohneinheiten die vorliegende 3-dimensionale CFD-Strömungssimulation (CFD = Computational Fluid Dynamics) in Zusammenarbeit mit Arsenal Research (Bearbeiter: Dr. Christoph Reichl) durchgeführt.

Zur Simulation mittels CFD wird das erstellte Raumvolumen in Finite Volumina (Berechnungszellen) aufgeteilt. Das Netz wird bereits in der Erstellungsphase der zu erwartenden Strömung angepasst (feinere Auflösung im Bereich der Düsen, Türschlitze und Heizkörper, gröbere Auflösung im Bereich der Raummitte).

Die vorliegende Geometrie zeichnet sich durch eine Vielzahl von verschiedenen Randbedingungen aus, die im Zuge der Simulation definiert werden mussten.

## 2. Erstellen eines 3D CAD Modells

Für das 3D Modell wurde zunächst die Gebäudegeometrie mit einer Standardmöblierung festgelegt. Zwei Maisonette-Typen wurden als 3D Modell aufgebaut. Sie unterscheiden sich durch den offenen Bereich im Zimmer 1 und die zusätzliche Tür im oberen Stock auf der Ost-Seite (Abb. 2.1 und 2.2)

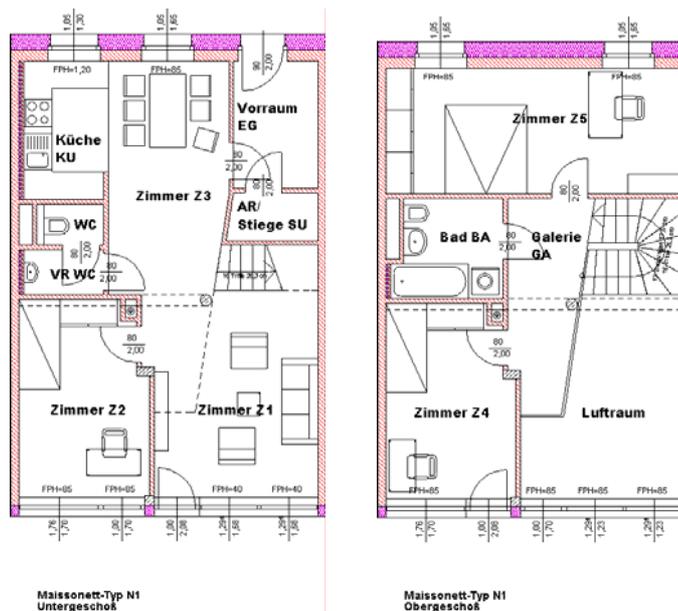


Abbildung 2.1: Grundriß des Maisonette-Typs N1 (Untergeschoss links, Obergeschoss rechts)

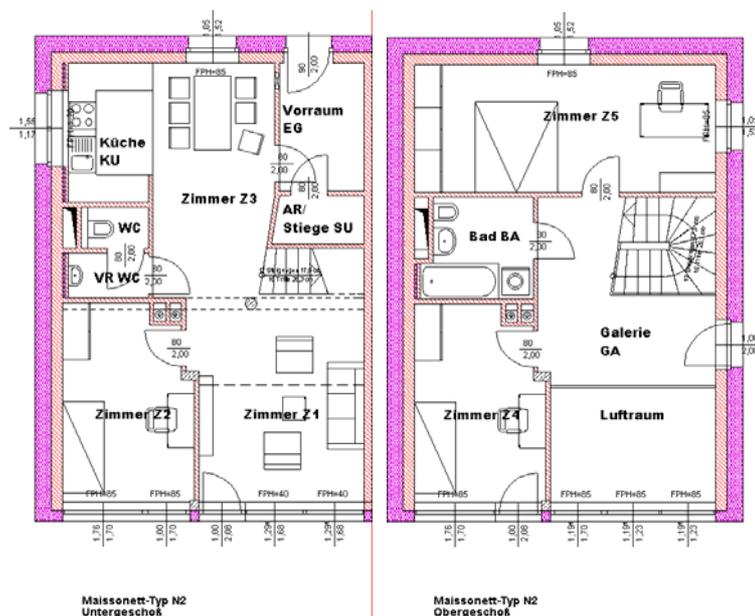


Abbildung 2.2: Grundriß des Maisonette-Typs N2 (Untergeschoss links, Obergeschoss rechts)

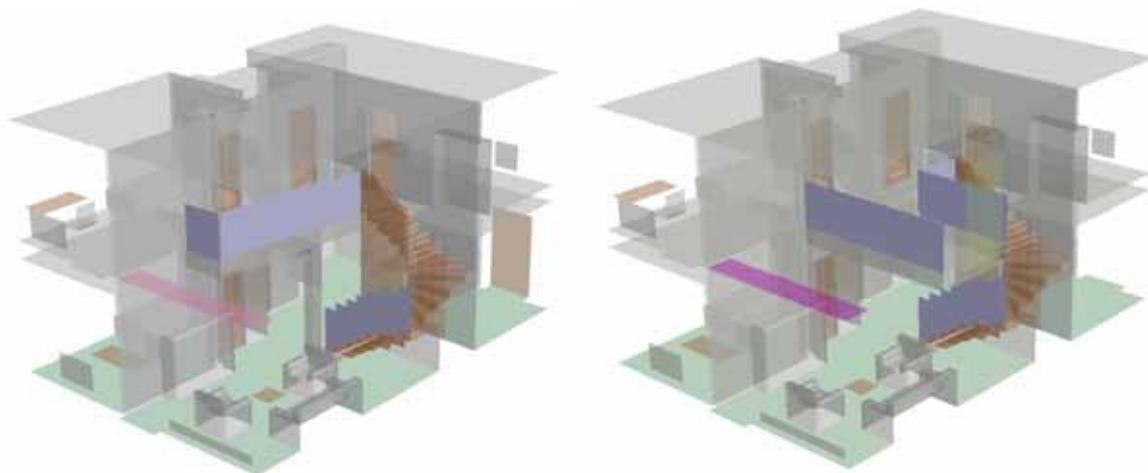


Abbildung 2.3: Vergleich der Maisonette-Typen N1 (links) und N2 (rechts)  
Violett eingezeichnet ist die optionale Blende im Fensterbereich, blau eingezeichnet sind die Stiegegeländer. Türen sind braun, der Fußboden ist grün dargestellt.

Für die Gebäudezuluft kommen die Weitwurfdüsen der Serie DUK der Firma TROX (Zimmer Z1, GA) und die CTVK Düsen der Firma ABB zur Anwendung (Zimmer Z2, Z4, Z5). Bei den Abluftöffnungen werden Lüftungsventile der Serie TROX LVS eingesetzt. In WC und Bad (BA) werden Modelle der Größe 100, in der Küche das Modell der Größe 125 eingebaut.

Zur Analyse der Temperaturschichtungen und Geschwindigkeitsverteilungen wurde das geometrische Modell entlang der drei Raumrichtungen zerschnitten.

### 3. Generierung des CFD Modells

Die Raumvolumina der CAD Geometrien wurden in Finite Volumina unterteilt. Dabei sind die Zellen nicht im ganzen Raumgebiet gleich groß gewählt, da für die gegebene Geometrie ein guter Kompromiss zwischen Zeitaufwand (ca. 2 Tage pro Rechnung) und Rechengenauigkeit gefunden werden muss. In den Raummitten ergibt sich daraus eine Zellgröße von etwa 10x10x10 cm.

In Bodennähe wurden – um die Strömungen bei den Türschlitten realistisch berechnen zu können – je 2 Zellschichten mit 10x10x1 cm und eine Zellschicht mit 10x10x5 cm eingezeichnet. Diese Schichten wurden durch das ganze Haus (also nicht nur im Bereich der Türschlitten) gelegt.

Um den exakten Strahlverlauf im Bereich der Zu- und Abluftöffnungen durch die Rechnung abbilden zu können, wurden die korrespondierenden Raumgebiete mit deutlich kleineren Zellen aufgefüllt. Für die einzelnen Modelle ergeben sich Zellzahlen von ca. 505200. Nach etwa einem Tag Rechenzeit wurde das Netz in Abhängigkeit vom eingestellten Strömungsverlauf weiter adaptiert. Dabei wurden jene Zellen verfeinert, in denen der Gradient der Geschwindigkeit einen bestimmten Wert überschreitet. Insgesamt wurde so eine Zellanzahl von ca. 621000 erreicht.

### 4. Simulation

Ausgehend von einer Gleichverteilung der Temperatur auf 18°C und einer Luftgeschwindigkeit gleich Null im gesamten Rechengebiet wurde unter Berücksichtigung der Randbedingungen die stationäre Lösung für das Strömungsfeld errechnet. Neben den drei Komponenten der Geschwindigkeit (in x-, y- und z-Richtung) und der Temperatur wurden für jede Zelle außerdem 2 charakteristische Größen für die Turbulenz (turbulente kinetische Energie und turbulente Viskosität) und die Strahlungsintensität des verwendeten Strahlungsmodells (DO – discrete ordinates Model) errechnet.

#### Definition der Randbedingungen

Die Randbedingungen wurden für jede gerechnete Variante festgelegt. Abgesehen vom Kühlfall (Variante 7b) wurde bei allen anderen Varianten die Situation am frühen Morgen nach der nächtlichen Abkühlung als kritischer Zeitpunkt ausgewählt.

Alle Wände, Böden und Decken wurden durch die Angabe ihres *U-Wertes* sowie den Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_i$  und  $\alpha_a$  oder deren Kehrwerte  $R_i$  und  $R_a$  charakterisiert. Dabei kamen jeweils ein Datensatz für das Fastpassivhaus und ein Datensatz für das Passivhaus zum Einsatz.

Satz 1	<i>Fastpassivhaus</i>	$R_i$	$R_a$	U
V 2				
AW01	Außenwand	0,130	0,04	0,199
AW03	Außenwand	0,130	0,04	0,235
AF01	Außenfenster	0,130	0,04	1,300
AT01	Außentür	0,130	0,04	1,300
IW01	Innenwand	0,130	0,130	0,554
DE01	Boden	0,170	0,170	0,277
DE03	Wohnungstrenndecke	0,170	0,170	0,322
IT01	Innentür	0,130	0,130	3,000

Tabelle 2.1: U-Werte und Wärmeübergangskoeffizienten für die Variante 2 (Fastpassivhaus)

Satz W2 V 3 – V 10	Passivhaus	R <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>	U
AW01	Außenwand	0,130	0,04	0,102
AW03	Außenwand	0,130	0,04	0,154
AF01	Außenfenster	0,130	0,04	0,800
AT01	Außentür	0,130	0,04	0,900
IW01	Innenwand	0,130	0,130	0,554
DE01	Boden	0,170	0,170	0,144
DA02	unterströmte Decke	0,170	0,080	0,115
DE02	Wohnungstrenndecke	0,170	0,170	0,322
DA01	Gründach	0,130	0,040	0,085
IT01	Innentür	0,130	0,130	3,000

Tabelle 2.2: U-Werte und Wärmeübergangskoeffizienten für die Varianten 3-10 (Passivhaus)

Je nach Lage des gerechneten zweigeschossigen Gebäudeteils wurden die Wände als Außen- oder Zwischenwände und die entsprechenden „**Außentemperaturen**“ eingestellt. Dabei sind bis auf den Kühlfall (Variante 7) die Außentemperatur auf  $-12^{\circ}\text{C}$ , die Temperatur angrenzender Wohnungen auf  $+20^{\circ}\text{C}$ , Kellertemperaturen auf  $+10^{\circ}\text{C}$  und die Temperatur eines Gemeinschaftsraums auf  $+18^{\circ}\text{C}$  festgesetzt worden. Angestrebt wurden in den Hauptaufenthaltsräumen  $22^{\circ}\text{C}$ , im Bad  $24^{\circ}\text{C}$  und im Schlafzimmer  $20^{\circ}\text{C}$ . Dabei sollte die maximale Abweichung von diesen Zieltemperaturen 2K betragen.

Bei den **Zuluftöffnungen** wurde der Volumenstrom in  $\text{m}^3/\text{h}$  und die Einblastemperatur vorgegeben. Als Randbedingung für die Simulation wurde daraus die Ausblasgeschwindigkeit errechnet. Je nach Variante betrug die Einblastemperatur im Heizfall  $40^{\circ}\text{C}$  im Fastpassivhaus bzw.  $50^{\circ}\text{C}$  im Passivhaus. Im Kühlfall wurden  $20^{\circ}\text{C}$  festgelegt.

Die einzelnen Varianten wurden durch Einstellung der Volumenstromverteilung auf eine möglichst angenehme Temperaturverteilung in den einzelnen Zimmern optimiert.

Weiters wurden die Volumenstromverhältnisse festgelegt. Unter der Annahme, dass die Temperatur bei allen 3 Auslässen (Bad, Küche und WC) gleich ist, kann man daraus auch das – für die Randbedingungen der Simulationen erforderliche - **Verhältnis der Massenströme** bestimmen.

Die **Heizelemente** wurden in den Rechnungen durch Flächen realisiert, die dem Raum eine bestimmte konstante Leistung in Watt zuführen. Die ermittelten Leistungen der einzelnen Heizkörper entsprechen somit den Werten, die notwendig sind, um unter ungestörten stationären Bedingungen das vorgegebene Temperaturniveau zu erhalten.

Im Kühlfall wurde die **Sonneneinstrahlung** durch eine zusätzliche Wärmequelle an den Fenstern und Außentüren aus Glas vorgegeben. Je nach Orientierung der Fenster wurden unterschiedliche Werte definiert.

## 5. Resultate

Zur anschaulicheren Darstellung der Resultate wurden in den Maisonetten insgesamt 11 Positionen auf dem Fußboden des Erdgeschosses festgelegt (siehe Abbildung 2.4 und 2.5).

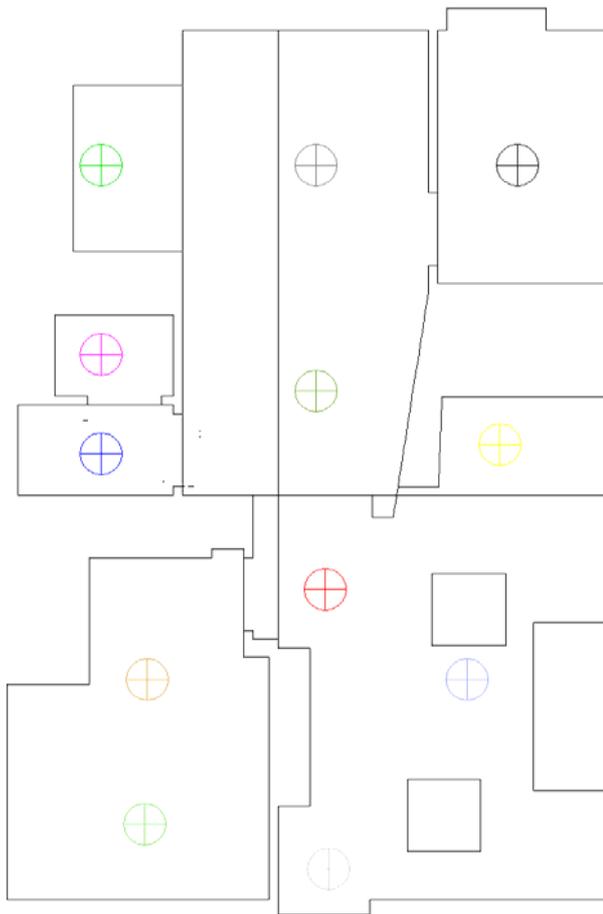


Abbildung 2.4: Definition der Fußpunkte der Profillinien

Für jeden dieser Punkte wird der Temperaturverlauf der einzelnen simulierten Varianten über der Raumhöhe in einem Profil-Diagramm dargestellt. Die entstehenden Kurven (siehe Abbildung 2.7) lassen Rückschlüsse auf die Temperaturschichtung und die mittlere Temperatur in den einzelnen Räumen zu.

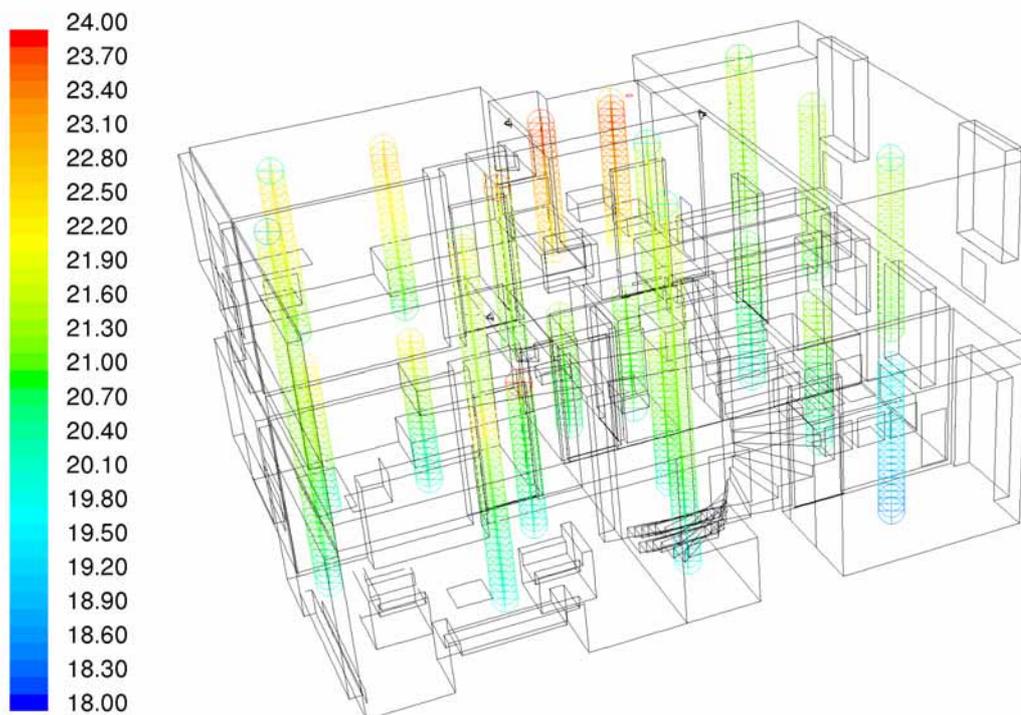


Abbildung 2.5: Beispiel für den Temperaturverlauf über der Raumhöhe an den ausgewählten Punkten (in °C)

—	Boden
.....	Zwischendecke
.....	Zwischenboden
—	Decke
◆	Eingangsbereich
◆	Zimmer 1
▼	Küche
▼	Stiege
■	Vorraum
■	Toilette
◆	Zimmer 1, Ost
◇	Zimmer 1, Fenster
▲	Zimmer 2, Mitte
▲	Zimmer 2, Fenster
●	Zimmer 3, Nord
●	Zimmer 3, Süd

—	Boden
.....	Zwischendecke
.....	Zwischenboden
—	Decke
●	Zimmer 5, Ost
●	Galerie
▼	Zimmer 5, West
▼	Stiege
■	Bad, Süd
■	Bad, Nord
◆	Galerie, Ost
◇	Galerie, Fenster
▲	Zimmer 4, Mitte
▲	Zimmer 4, Fenster
●	Zimmer 5, Mitte
●	Galerie, Nord

Abbildung 2.6: Legende für die Temperaturprofile (links = unterer Stock, rechts = oberer Stock)

Für die Simulation wurden zwei nur geringfügig voneinander abweichende Wohnungstypen ausgewählt. Sie befanden sich zum einen im sogenannten „Fast-Passivhaus“ - ein Niedrigstenergiehaus mit Be- und Entlüftung und Wärmerückgewinnung sowie kleiner dimensionierten Heizkörpern. Zum anderen wurden die geometrisch entsprechenden Wohnungstypen im Passivhaus analysiert.

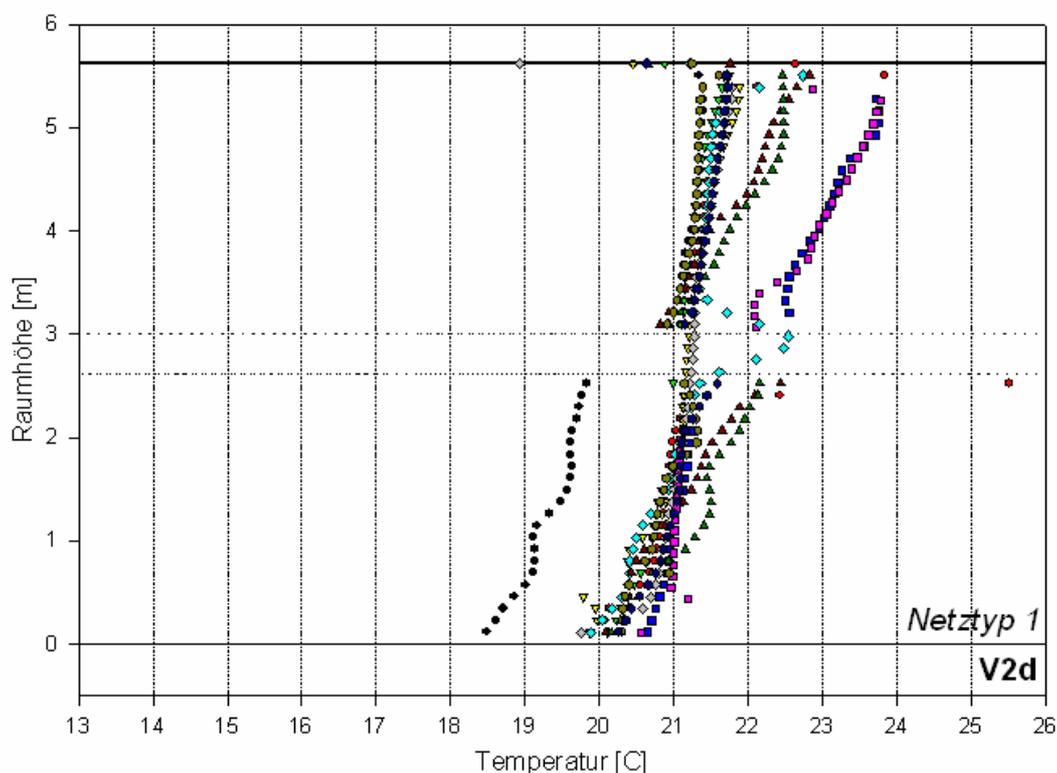


Abbildung 2.7: Temperaturprofile im Fast-Passivhaus mit aktivierten Heizkörpern

Begonnen wurden die Berechnungen mit der relativ unkritischen Variante 2 – dem Fast-Passivhaus im Heizfall (siehe Abbildung 2.7). Nach einigen Anpassungen der Heizkörperleistungen konnten in allen Räumen komfortable Bedingungen mit Raumtemperaturen zwischen 20,5 und 24 °C erzielt werden. Im Eingangsbereich – Temperaturprofil links unten - treten geringfügig niedrigere Temperaturen auf. Die stärkere Verwirbelung der Luftströmungen durch die Heizkörper führte zu sehr geringen Temperaturschichtungen von etwa 2 °C.

In Variante 3 wurde derselbe Wohnungstyp im Passivhaus untersucht. Im Unterschied zu vorher ist hier nur ein langer, schmaler Heizkörper im Parapet unterhalb der zweigeschossigen Verglasung und ein weiterer im Bad vorgesehen. Die durchgeführten Berechnungen zeigten, dass man mit der Aktivierung des Heizkörpers im Wohnzimmer das Auslangen finden konnte, da sich mit Ausnahme des Schlafzimmers Z5 (20 - 21° C) allgemein höhere Temperaturen zwischen 22,5 und 24 °C im Obergeschoss einstellten. In Abbildung 2.8 sind die Luftströmungen, die sich im zweigeschossigen Wohnraum des Passivhauses mit aktiviertem Parapet-Heizkörper ausbilden, dargestellt. Dabei gibt die Farbskala links in der Abbildung die Luftgeschwindigkeit in m/s an. Man erkennt die höheren Ausströmgeschwindigkeiten aus den Zuluftdüsen. Bei der Ausbildung der Luftströmung im Raum nimmt die Geschwindigkeit immer mehr ab. Durch den Heizkörper werden die Temperaturen im Erdgeschoss auf Werte zwischen 21,5 und 24 °C angehoben. Außer im Bad und WC, wo aufgrund der hohen Verwirbelung durch die stärkere Luftströmung praktisch keine Temperaturschichtung feststellbar war, schwankten die Temperaturen in den anderen Räumen

über die Raumhöhe um bis zu 3 °C. Die Temperaturen im Eingangsbereich liegen durch die exponierte Lage bei den Varianten 3-6 und 8-10 immer deutlich unter den mittleren Wohnungstemperaturen.

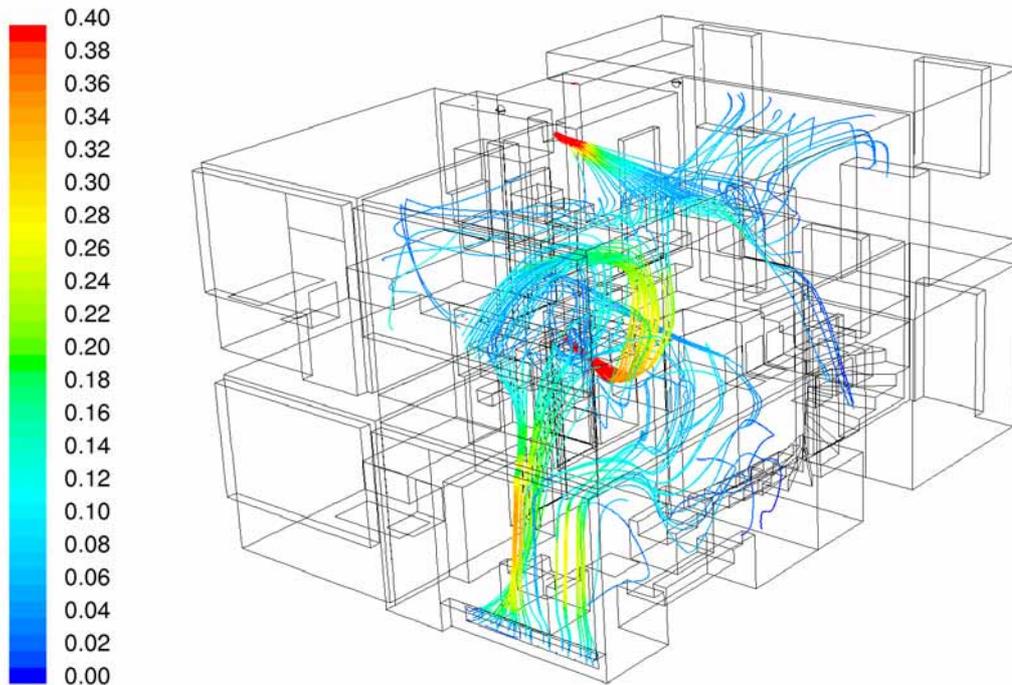


Abbildung 2.8: Luftströmungen in m/s im zweigeschossigen Wohnraum des Passivhauses mit aktiviertem Parapet-Heizkörper

Die anschauliche Perspektive in Abbildung 2.9. gibt ebenfalls für die Variante 3 die Luftströmungen und die vertikale Temperaturverteilung an der Wohnzimmerwand wieder. Die Lufttemperatur an der Wand oben liegt um etwa 2,5 °C höher als am Fußboden des Erdgeschosses.

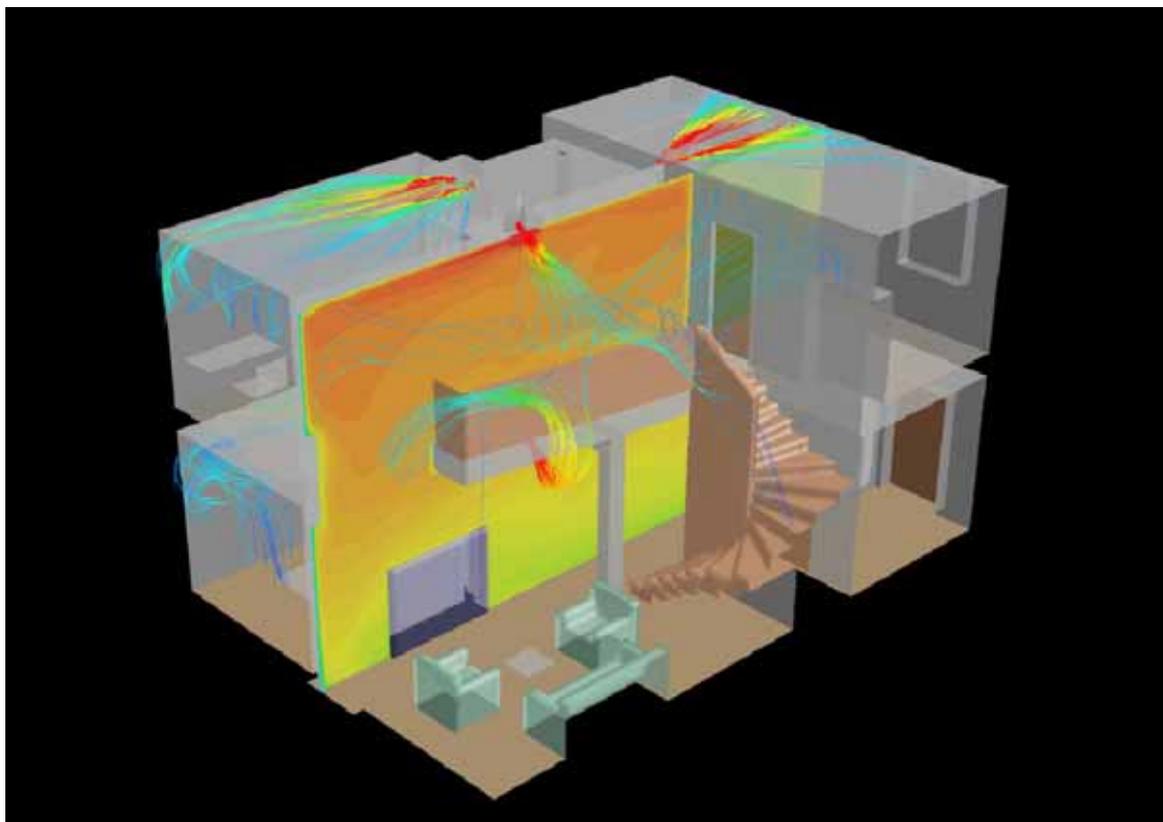


Abbildung 2.9: Luftströmungen und vertikale Temperaturverteilung im Passivhauses mit aktiviertem Parapet-Heizkörper

Variante 4 stellt einen etwas anderen Wohnungstyp im Passivhaus dar, der sich vor allem durch die stärkere Außenluftexponierung unterscheidet. In diesem Fall mussten beide Heizkörper aufgedreht werden, um die erwünschten Komfortbedingungen zu schaffen. Die Simulation lieferte stärker ausgeglichene Temperaturen zwischen 20,5 und 23,5 °C bei Schichtungen von 1 bis 3 °C.

In Variante 5 wurden ausgehend von Variante 3 die Heizkörper abgedreht und die Räume ausschließlich über die nachgewärmte Zuluft beheizt. Mit Ausnahme der Kinderzimmer (Z2 & Z4, 21 bis 24 °C) konnten in den anderen Bereichen keine ausreichenden Temperaturen (15 bis 20,5 °C) erzielt werden. Gleichzeitig treten relativ starke Temperaturschichtungen von bis zu 3,5 °C auf.

Als Reaktion auf das unbefriedigende Ergebnis der Variante 5 wurde nun die Luftmenge erhöht und stärker auf das Wohnzimmer umverteilt. Dadurch werden in der Variante 6 die Temperaturen im Erdgeschoss auf noch immer zu tiefe 17,5 bis 19 °C angehoben (siehe Abbildung 2.10.). Im Obergeschoss stellen sich bereits annehmbarere 19,5 bis 22 °C ein. Die Schichtungen bleiben gegenüber Variante 5 nahezu unverändert. Um die Komfortbedingungen gegenüber Variante 6 weiter zu verbessern, wurde im Wohnzimmer eine Blende zwischen unterem und oberem Stock an der Südseite eingebaut und die untere Weitwurfdüse um 12° nach unten geneigt. Dadurch sollte in Variante 8 die auf 50 °C erwärmte Zuluft aus der Weitwurfdüse unter die Blende gelenkt werden, um so eine bessere Temperaturverteilung und erhöhte Temperatur in Bodennähe zu erreichen. Da der Zuluftstrahl aber zu früh nach oben über die Blende abgelenkt wird, tritt der gewünschte Effekt nicht ein und die Ergebnisse weichen nur marginal von denen der Variante 6 ab.

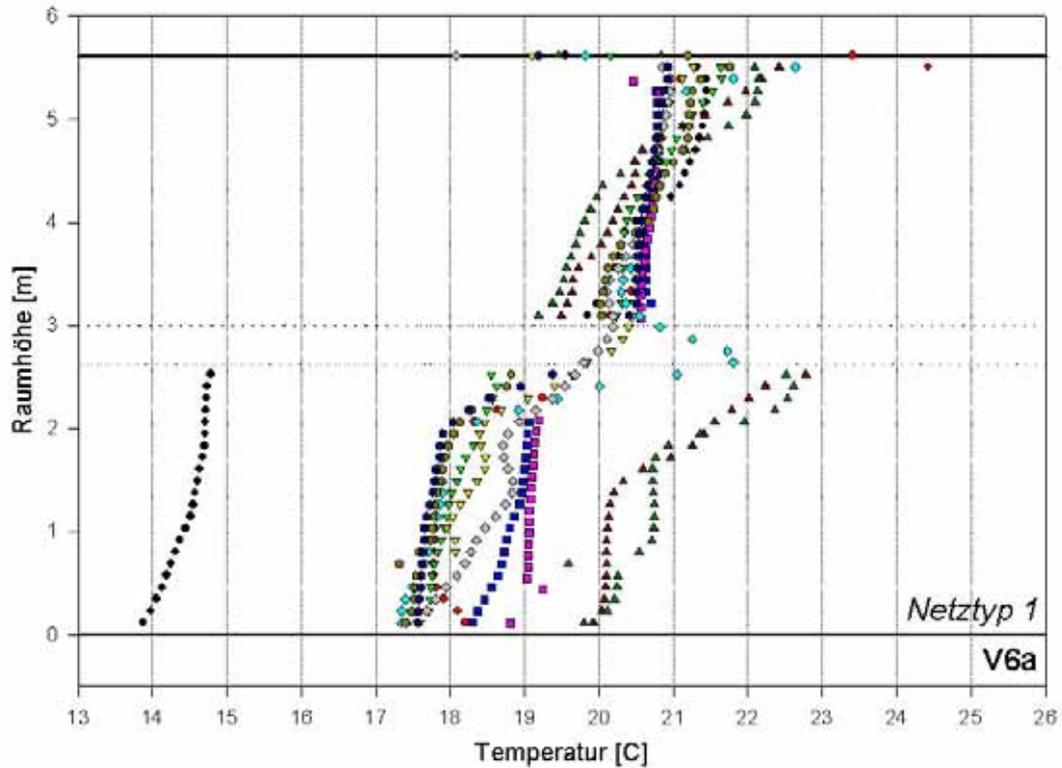


Abbildung 2.10: Temperaturprofile im Passivhaus mit abgedrehten Heizkörpern

Daher wurde in einem nächsten Schritt bei sonst gleichen Bedingungen wie in Variante 8 die untere Weitwurfdüse im Wohnzimmer stärker nach vorne zum Fenster gerichtet und um  $15^\circ$  nach unten geneigt. Die Simulation dieser Variante 9 zeigte, dass der Strahl der Weitwurfdüse durch die geänderte Einblasrichtung nun unter die Blende gelenkt wurde (siehe Abbildung 2.11). Allerdings wird diese Strömung in weiterer Folge auf etwa halber Raumhöhe wieder nach hinten abgedrängt. Dadurch bleibt der untere Aufenthaltsbereich weiterhin zu kühl und die erwünschte Erwärmung tritt in den weiter hinten liegenden Räumen oben auf. Es ergeben sich daher nur geringfügige Verbesserungen gegenüber Variante 8.

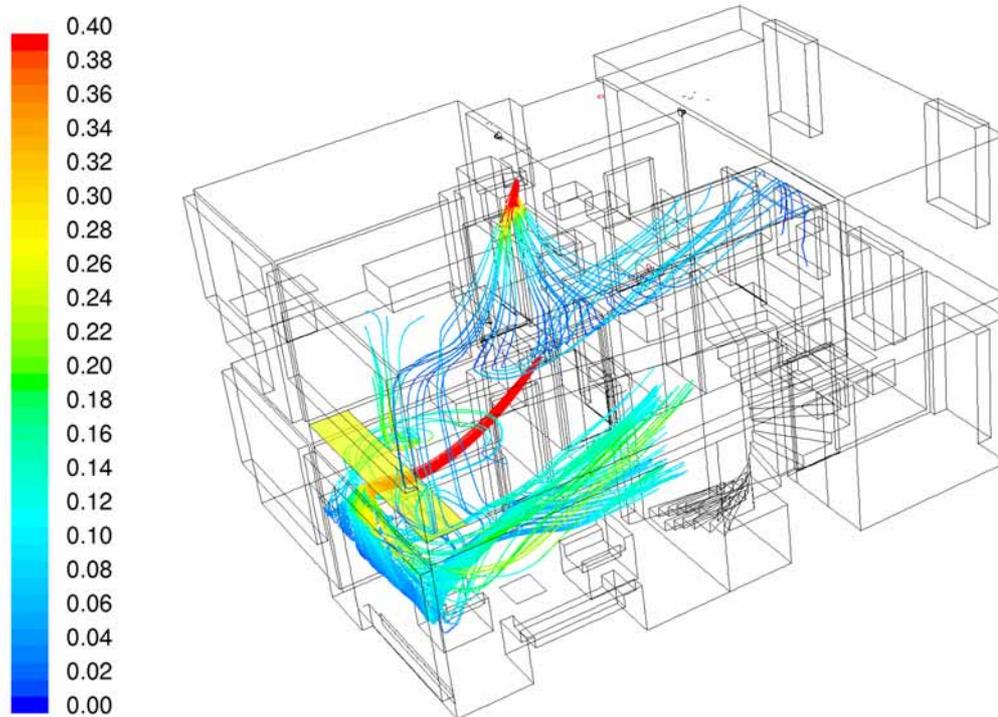


Abbildung 2.11: Optimierte Luftströmungen in m/s im zweigeschossigen Wohnraum des Passivhauses (ohne Heizkörper)

In Variante 10 wurde noch untersucht, welche Unterschiede zwischen geöffneten und geschlossenen Innentüren auftreten. Gegenüber Variante 4 mit geschlossenen Türen wurden bei Variante 10 die Türen zu den Kinder (Z2 & Z4)- und Schlafzimmern (Z5) geöffnet. Wie zu erwarten war, gleichen sich die Temperaturen durch die höhere thermische Ankopplung in Variante 10 besonders im Obergeschoss stärker an. Eine Kurzschlussströmung von den Zuluftdüsen über die jeweiligen Türen zu den Abluftöffnungen findet nicht statt, da die Weitwurfdüsen für eine ausreichende Verwirbelung in den jeweiligen Räumen sorgen.

In Variante 7 wurde ein Kühlfall an einem heißen Sommertag mit einer maximalen Außentemperatur von 32°C analysiert. Ausgehend vom Wohnungstyp der Variante 4 wurde an den Wänden eine Temperatur von 25 °C vorgegeben, die einen Tagesmittelwert, der die thermische Pufferwirkung des massiven Bauteile berücksichtigt, repräsentiert. In die Räume wird über den Erdwärmetauscher vorgekühlte Luft mit einer Temperatur von 20 °C eingeblasen. Wärmeeinträge durch Sonneneinstrahlung auf die Fenster mit heruntergelassener Außenjalousie werden berücksichtigt. Mit Ausnahme des nordseitigen Schlafzimmers Z5 treten Temperaturen zwischen 26 und 27,5 °C bei einer sehr geringen Schichtung auf (siehe Abbildung 2.12). Im Schlafzimmer liefert die Simulation Werte um 25,5 °C.

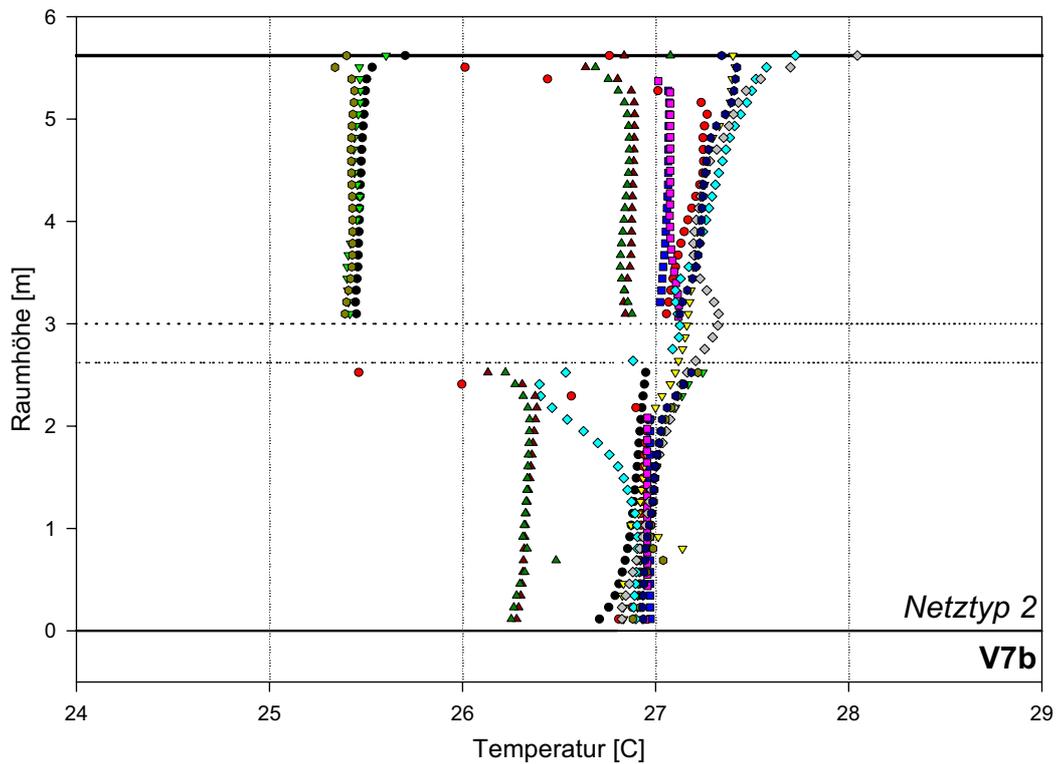


Abbildung 2.12: Temperaturprofile im Passivhaus an einem heißen Sommertag

Die Ausbildung der Luftströmung im Schlafzimmer Z5 bei der Variante 7 (heißer Sommertag) zeigt Abbildung 2.13. Man erkennt, dass die kühle Luft die Decke und Wände entlang streicht und dabei langsamer wird. Im Aufenthaltsbereich der Personen ist die Strömung sehr langsam und die Lufttemperatur durch Erwärmung und Vermischung bereits angehoben (Man vergleiche dazu das Temperaturprofil links oben in Abbildung 2.12). Daher sind keine Zugerscheinungen für die Bewohner zu erwarten.

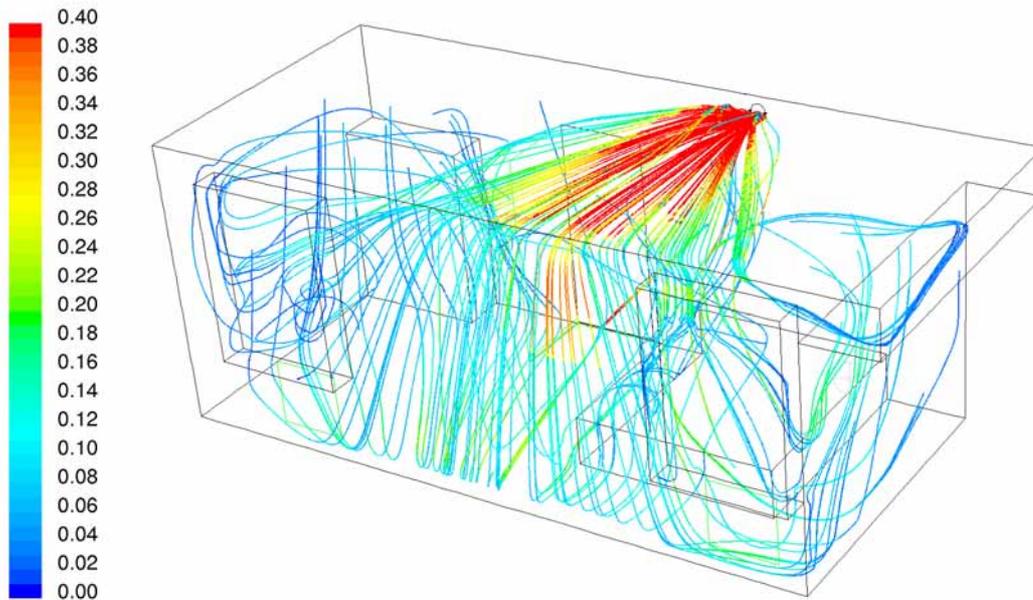


Abbildung 2.13: Luftströmungen in einem Schlafzimmer des Passivhauses an einem heißen Sommertag

Als Beispiel für die horizontale Temperaturverteilung in den Räumen ist in Abbildung 2.14. die Situation für die Varianten V2d und V3a (Fastpassivhaus und Passivhaus mit aktiviertem Heizkörper) knapp über dem Fußboden dargestellt. Der Einfluss des Wohnzimmerheizkörpers ist in den roten Bereichen rechts unten gut zu erkennen. Links davon wird die schlechtere Verglasungsqualität der Fenstertüre in der Variante V2d durch die niedrigeren Temperaturen (blaue Farbe) sichtbar. Weiters wird die Position der kleinen Heizkörper in der Variante V2d durch die gelben Stellen angezeigt.

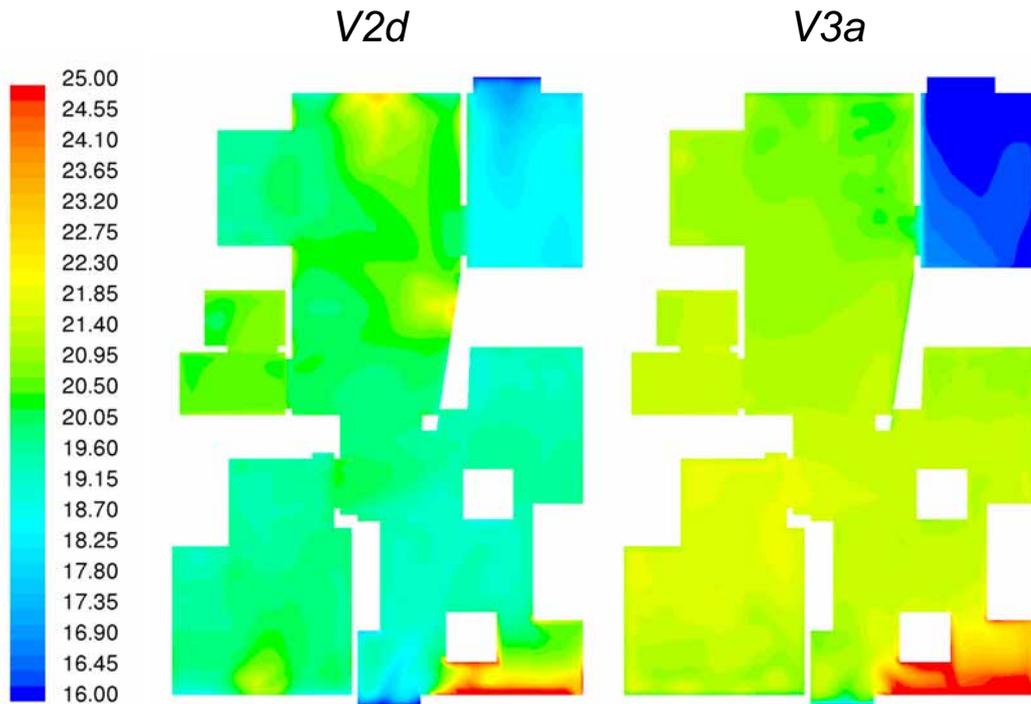


Abbildung 2.14: Konturplot der Temperatur in °C in 1 cm Höhe über dem Fußboden im Erdgeschoss

Ebenfalls für die Variante V3a zeigt die nachfolgende Abbildung 2.15 in einer anschaulichen perspektivischen Darstellung sowohl die Ausbildung der Luftströmungen als auch die horizontale Temperaturverteilung in 1 m Höhe über dem Erdgeschossfußboden. Im Vordergrund ist wieder die aufsteigende Warmluft über dem Heizkörper zu erkennen.

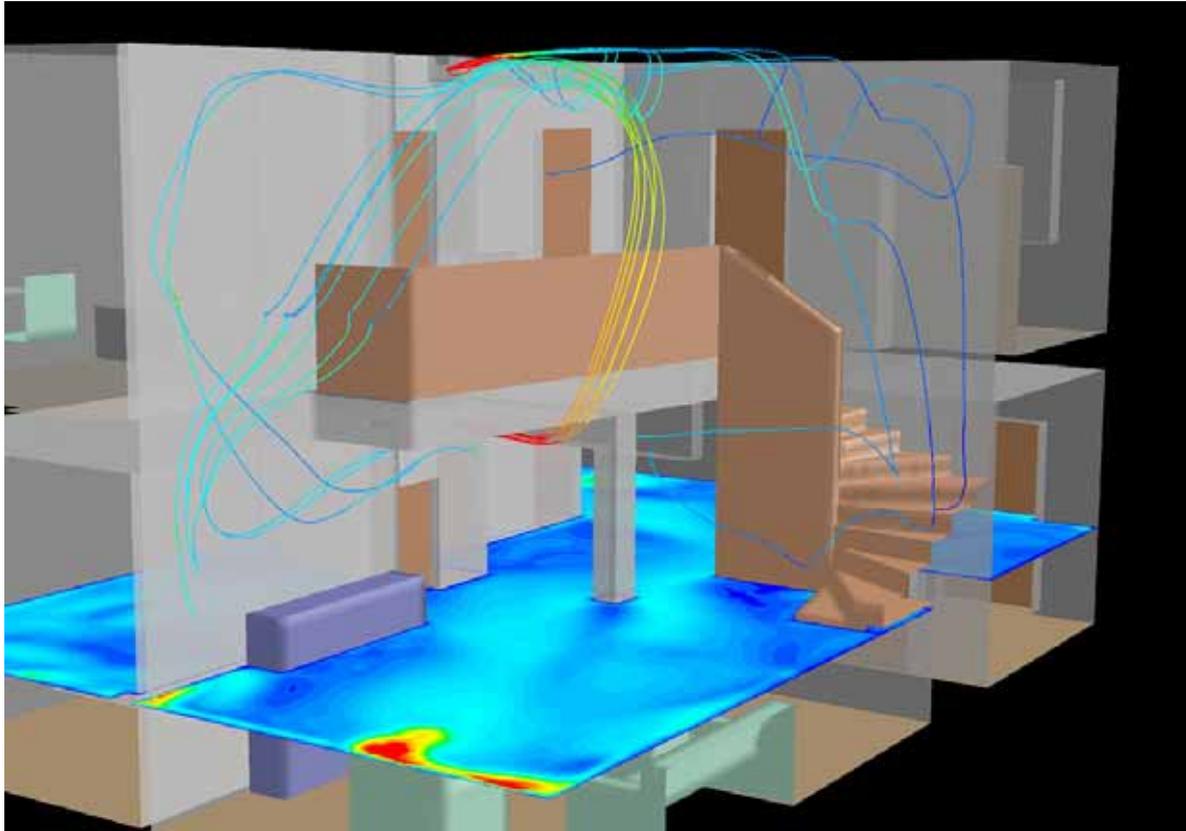


Abbildung 2.15: Perspektive mit horizontaler Temperaturverteilung in 1 m Höhe über dem Fußboden im Erdgeschoss

Abschließend ist in Abbildung 2.16 wiedergeben, wie das Kompaktlüftungsgerät im WC montiert wurde.

WG TYP 2

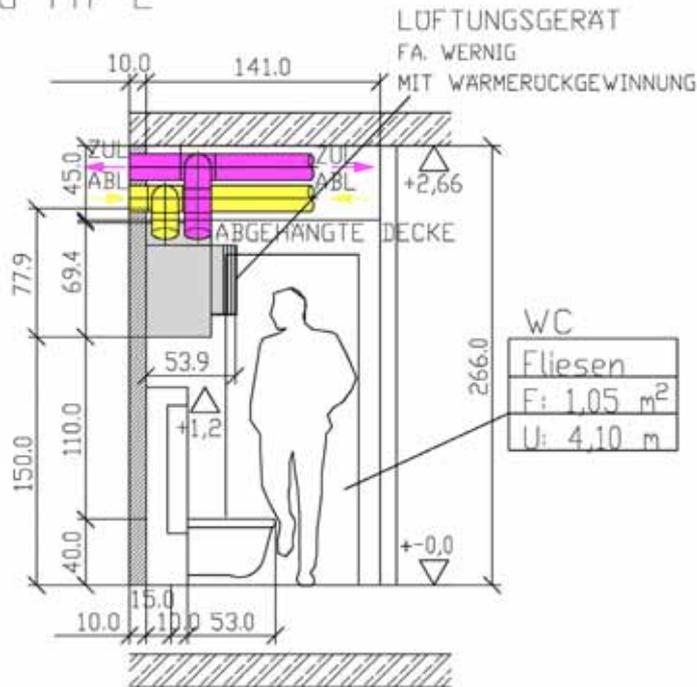


Abbildung 2.16: Montage des Kompaktlüftungsgerätes im WC

Allgemein lässt sich aus den durchgeführten Berechnungen folgende wesentliche Erkenntnis ableiten: Im Passivhaus kann bei den vorgesehenen Wohnungstypen mit der großen Deckenöffnung und der zweigeschossigen Verglasung auf eine Wärmezufuhr im Parapetbereich nicht verzichtet werden, wenn man nicht fühlbare Komforteinbußen in Kauf nehmen will. Grundsätzlich wäre es auch möglich am Fußpunkt der Fenster warme Zuluft einzublasen, eine technisch einfachere Lösung lässt sich aber durch die Anordnung eines langen, schmalen Heizkörpers kleiner Leistung verwirklichen. Die prinzipiell im Badezimmer notwendigen höheren Temperaturen erfordern dort ebenfalls einen Heizkörper.

## THERMISCHE SOLARANLAGE

---

### 1. Systemauswahl

Durch die relativ großzügige Förderung von thermischen Solaranlagen insbesondere vom Land Oberösterreich konnten Solaranlagen mit höheren Deckungsgraden und solarer Heizungsunterstützung geplant werden. Um hohe Verteilverluste durch die weiten Abstände zwischen den sieben Gebäuden der Wohnhausanlage zu vermeiden, wurde beschlossen einzelne, dezentrale Anlagen auszuführen.

Auf Grund einer Reihe von Vorteilen, wie geringe Verteilverluste und niedriges Legionellenrisiko wurde weiters ein 2-Rohr-System für die Wärmeverteilung zu den Wohnungen ausgewählt. Dabei wird über eine Vor- und Rücklaufleitung nach Bedarf Heizungswasser umgewälzt. Das Warmwasser wird erst in den einzelnen Wohnungen durch leistungsfähige Wärmetauscher aufbereitet. Die Sonnenkollektoren erwärmen über externe Wärmetauscher das Heizungswasser in den kostengünstigen Pufferspeichern. Im obersten Bereich der Pufferspeicher wird ein kleines Wasservolumen - falls erforderlich - durch Fernwärme nachgewärmt. Durch dieses Konzept wird die Sonnenenergie zwar überwiegend zur Warmwasserbereitung genutzt. Es kann aber auch ein begrenzter Anteil zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Dieser mäßige Anteil kommt einerseits durch den grundsätzlich niedrigen Heizenergiebedarf der Häuser und das geringe Strahlungsangebot im Winter zustande und andererseits durch die hohen passiven solaren Strahlungsgewinne, durch die sich der Wärmebedarf bei starker Sonneneinstrahlung noch einmal reduziert.

### 2. Anlagensimulation und -optimierung

Im Rahmen einer Kooperation mit Arsenal Research (Bearbeiter: DI Alexander Storch) wurden schließlich die haustechnischen Systeme der sieben Gebäude und insbesondere die Solaranlagen im Detail optimiert.

Für die aufwändigen Simulationsrechnungen und Analysen wurde das Programm T\*SOL 4.02 Pro eingesetzt. Dieses Programm bietet eine Reihe von vorgegebenen hydraulischen Schaltplänen an. Da das von uns ausgewählte System im Programm nicht verfügbar war, wurde eines ausgesucht, das ihm am nächsten kam. Anschließend mussten einige Adaptierungen und Nebenrechnungen vorgenommen werden, um das vorhandene Schema entsprechend anzupassen. Schließlich wurden die Simulationsrechnungen durchgeführt und die Eingabeparameter sowie die Ergebnisse als Tabellen und Grafiken ausgegeben.

Um den Berechnungsgang besser zu veranschaulichen sei hier beispielhaft das Haus 2 herausgegriffen.

Als Beispiel für die ausgeführten Solaranlagen ist in Abb.2.17. das Sonnenkollektorfeld am Dach des Hauses 2 abgebildet.



Abb. 2.17.: Sonnenkollektorfeld Haus 2

Die nachfolgende Abbildung 2.18 zeigt das Schaltschema für das Haus 2 aus dem Programm T\*SOL.

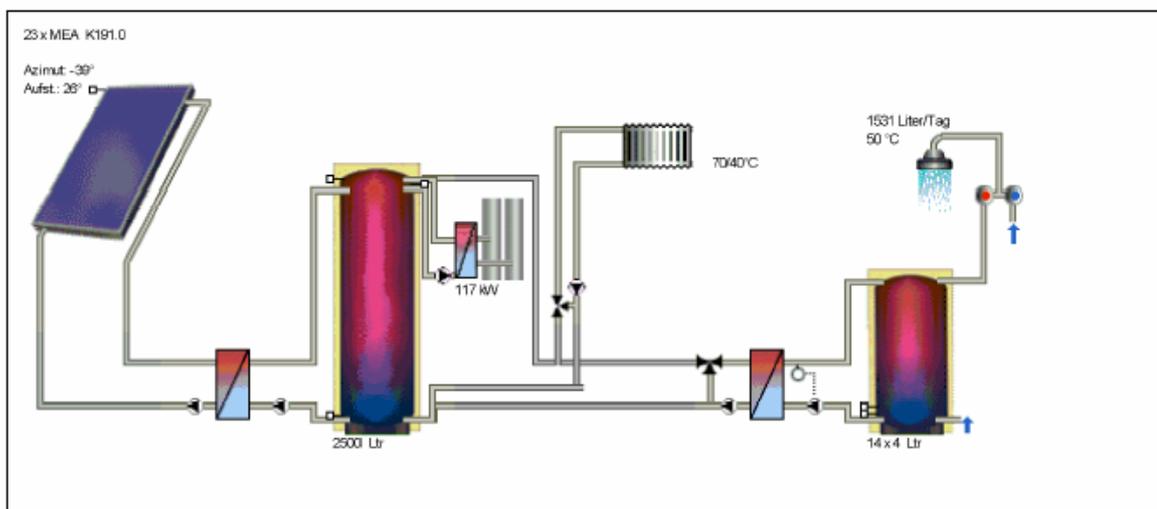


Abb. 2.18.: Schaltschema Haus 2 im Programm T\*SOL

Man erkennt ein 46 m<sup>2</sup> großes Kollektorfeld, das über einen Wärmetauscher einen mit 2500 l Heizwasser gefüllten Pufferspeicher belädt. Der oberste Bereich wird, falls erforderlich, über die Fernwärme nachgewärmt. Ebenfalls ganz oben ist die Vorlaufleitung eingebunden. Die Rücklaufleitung mündet wiederum in der untersten Schicht des Pufferspeichers ein. Vor- und

Rücklauf werden dann zu den 14 Wohnungen geführt, wo in einer kompakten Station das Warmwasser aufbereitet wird. Diese Station besteht im Wesentlichen aus einem leistungsstarken Wärmetauscher und den erforderlichen Mess- und Steuereinrichtungen. Der im Schaltschema dargestellte kleine Pufferspeicher ist in Wirklichkeit nicht vorhanden. Da aber kein anderes passendes Schema verfügbar war, wurde das kleine Speichervolumen von 4 l dazu benutzt, um die thermische Trägheit der Wohnungsstation nachzubilden. Im Winter werden auch die Heizkörper versorgt, die auf Vorlauf/Rücklauftemperaturen von 70/40 Grad C ausgelegt wurden.

Für die Simulationsrechnungen mussten eine ganze Reihe von Daten in das Programm eingegeben werden. Um den nach EN 832 berechneten Heizwärmebedarf des Hauses 2 in die Simulation einfließen zu lassen, wurde der Transmissionswärmeverlust so angepasst, dass der Wert richtig wiedergegeben wurde. Weiters wurden die Wärmeverteilverluste sehr genau analysiert und entsprechend in der Berechnung berücksichtigt. Das System wurde so ausgelegt, dass sich möglichst niedrige Rücklauftemperaturen ergeben. Erst dadurch kann die Solaranlage mit zufrieden stellender Effizienz und relativ hohen Deckungsgraden betrieben werden.

Bei der Warmwasserbereitung im Sommer sind 2 Betriebszustände zu unterscheiden: Falls Warmwasser gezapft wird, sinkt die Rücklauftemperatur in der Wohnungsstation auf etwa 25 Grad C ab. Im Bereitschaftsbetrieb wird die Vorlauftemperatur in der Station durch einen kleinen Bypass auf 40 Grad C konstant gehalten, was zu einer Rücklauftemperatur beim Pufferspeicher von etwa 30 Grad C führt.

In der Heizperiode wird die Rücklauftemperatur durch die oben erwähnte Auslegung ebenfalls unter 40 Grad C gehalten. Im tatsächlichen Betrieb werden die Rücklauftemperaturen durch meist höhere Außentemperaturen und durch die Absenkung bei der Warmwasserzapfung noch deutlich tiefer liegen.

Neben den günstigeren Betriebsbedingungen für die Solaranlage bewirken niedrige Rücklauftemperaturen auch reduzierte Wärmeverteilverluste.

### 3. Parametervariation

Für die Detailoptimierung wurden einige wesentliche Anlagenparameter am Beispiel Haus 2 variiert und die besten Lösungen für die weitere Bearbeitung ausgewählt.

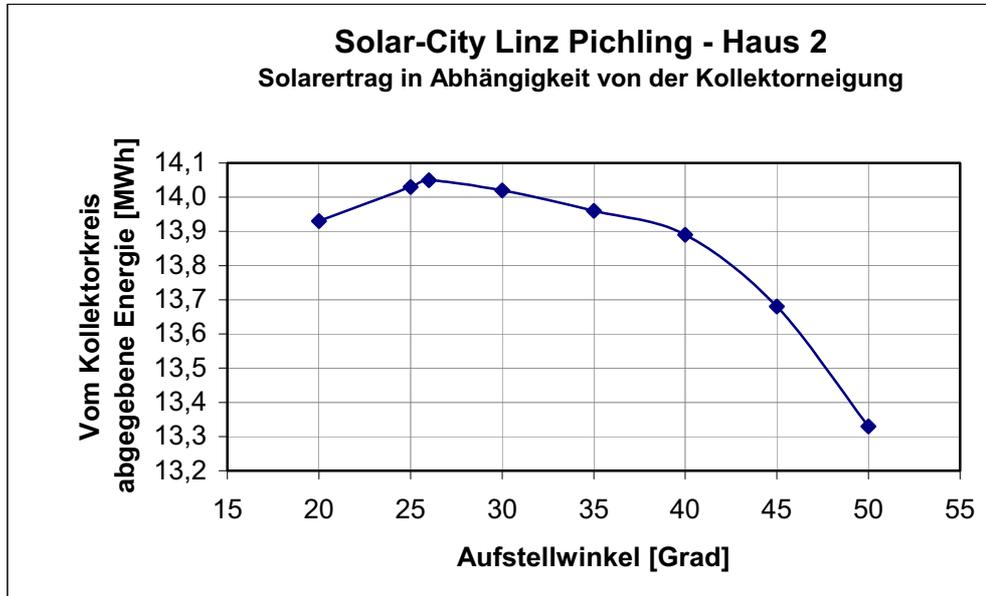


Abb. 2.19.: Solarertrag in Abhängigkeit von der Kollektorneigung für Haus 2 (Südostorientierung)

So zeigt Abb. 2.19. die solaren Erträge in Abhängigkeit vom Aufstellwinkel für die um 39 Grad nach Südost verschwenkten Kollektoren des Hauses 2. Man erkennt ein schwach ausgebildetes Maximum bei 26 Grad.

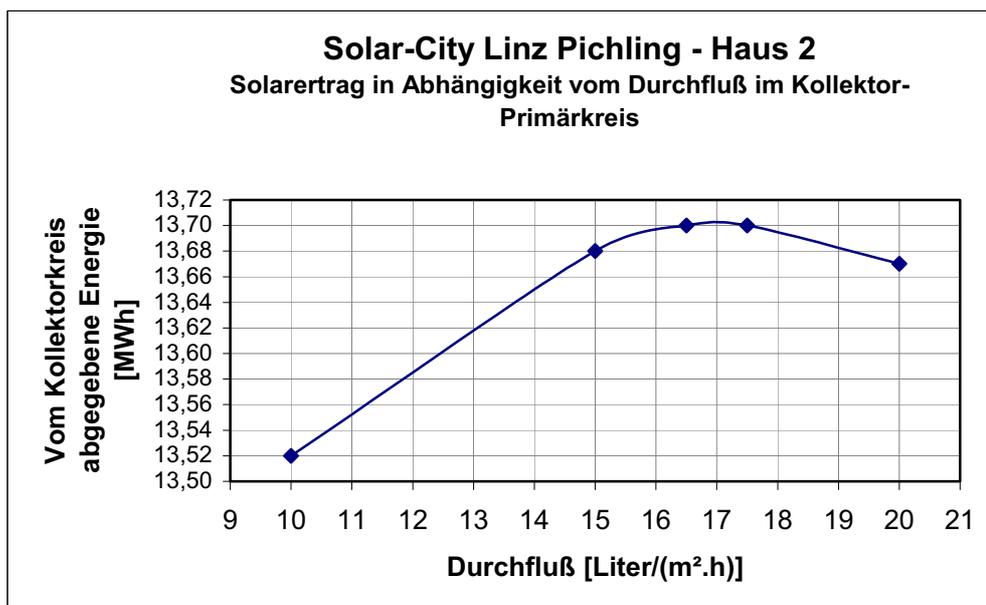


Abb. 2.20.: Solarertrag in Abhängigkeit vom Durchfluß im Kollektor-Primärkreis

In Abb. 2.20. ist ebenfalls ein flaches Maximum bei einem Durchfluß von 17 l/(m<sup>2</sup>h) im Kollektor-Primärkreis zu erkennen.

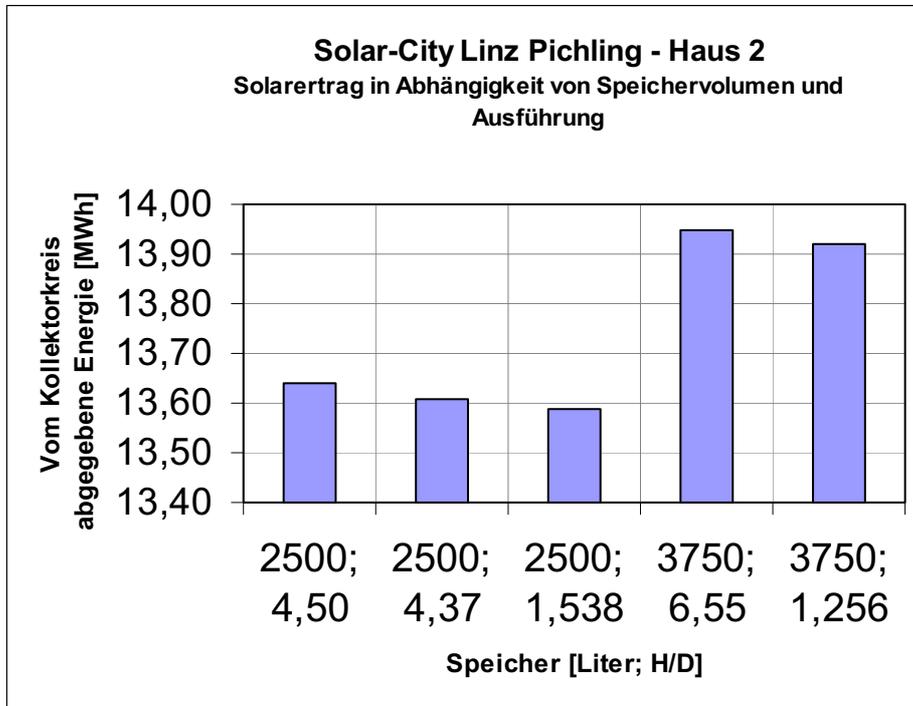


Abb. 2.21.: Solarertrag in Abhängigkeit vom Speichervolumen und Ausführung

Die Abb. 2.21. gibt die Variation der Parameter Speichervolumen und Verhältnis von Speicherhöhe zu Speicherdicke wieder.

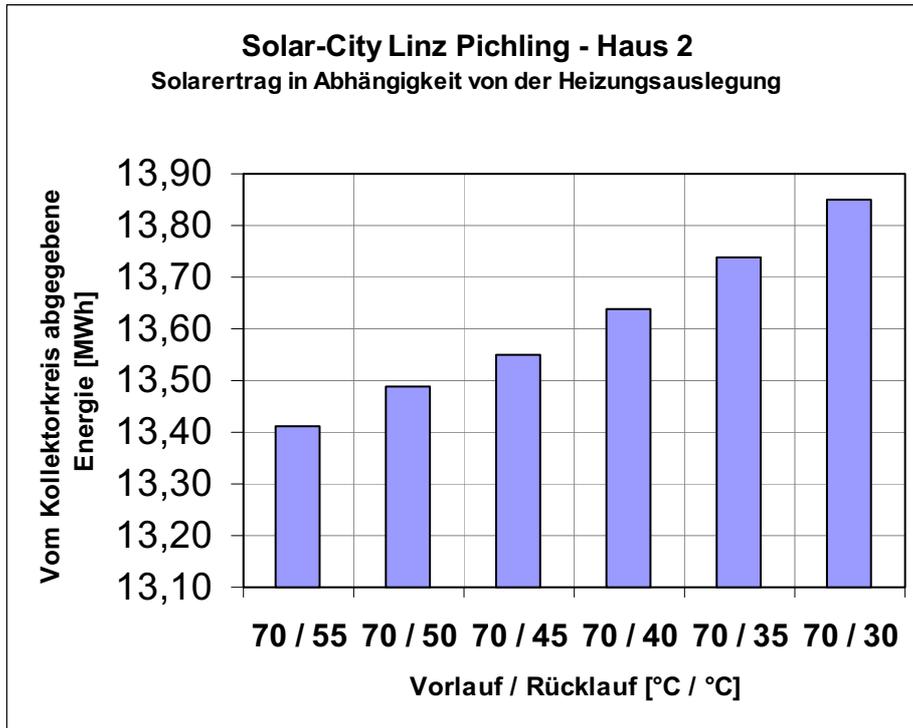


Abb. 2.22.: Solarertrag in Abhängigkeit von der Heizungsauslegung

Abb. 2.22. zeigt den erwarteten Anstieg der Erträge bei Verringerung der Rücklauftemperatur des Heizungssystems.

## 4. Simulationsergebnisse

Für die beispielhaft ausgewählte Solaranlage des Hauses 2 (siehe Abb.2.17.) wurde der Jahresverlauf des solaren Deckungsgrades gemäß Abb. 2.23 ermittelt.

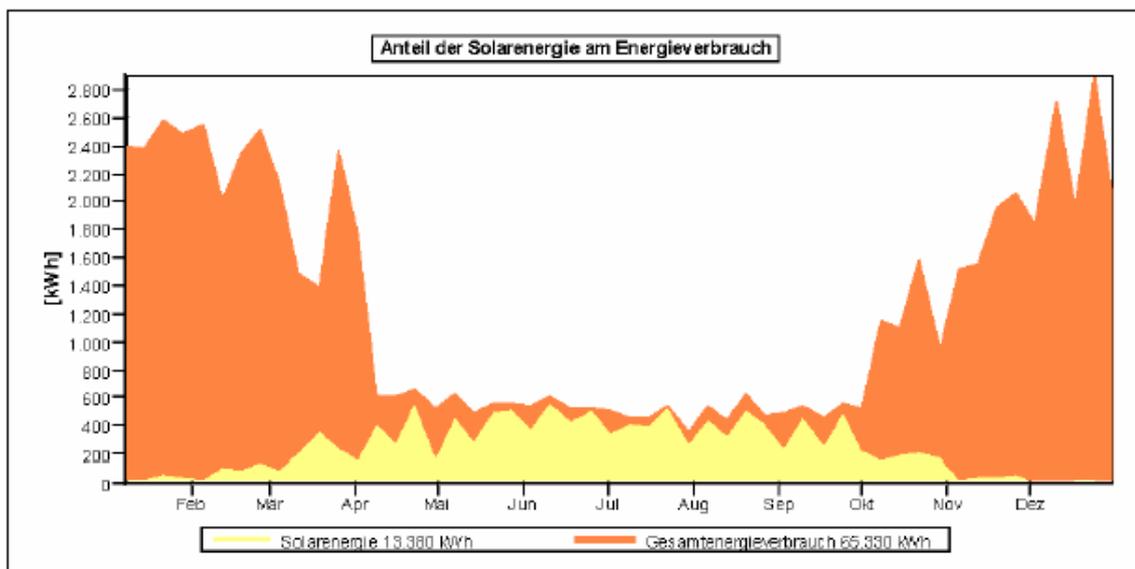


Abb. 2.23: Jahresverlauf des solaren Deckungsgrades für Haus 2

In Abb. 2.24. sind die maximalen Kollektortemperaturen über das Jahr wiedergegeben.

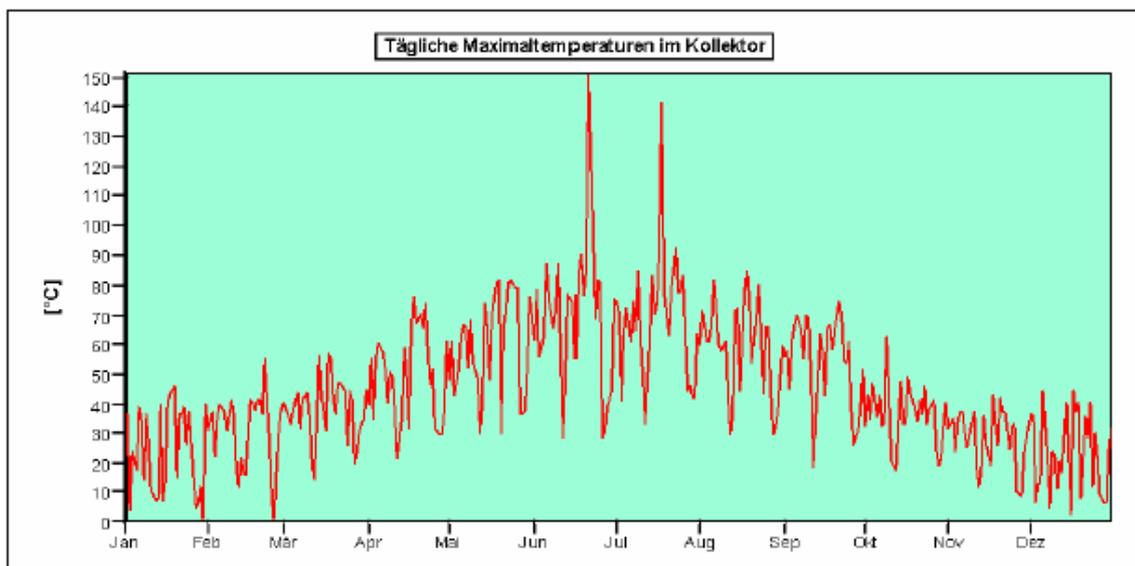


Abb. 2.24.: Jahresverlauf des maximalen Kollektortemperaturen für Haus 2

In der Tabelle 2.3. sind die Ergebnisse der Simulationsrechnungen für die 7 Häuser zusammengefasst.

## SOLARANLAGEN BERECHNUNG

### Arsenal Research

Projekt: Wohnhausanlage EBS

Ort : Linz Pichling

Haus	Nutz- flächen	Kollektor- fläche	Kollektor- Situierung	Warmwasser- Pufferspeicher		Solarer Deckungs- -grad Warmwasser	abgegebene Energie Kollektor- kreis	Energie- lieferung Trinkwasser- erwärmung
				Anzahl	Inhalt Speicher			
	m <sup>2</sup>	[m <sup>2</sup> ]		[Stk.]	[l]	%	MWh	MWh
1	429	24	Flachdach	1	1.250	64	5,47	8,58
2	939	46	Flachdach	2	1.250	55	14,27	26,03
3	816	36	Flachdach	2	1.000	57	9,39	16,61
4	862	36	Flachdach	2	1.000	56	9,38	16,61
5	1520	56	Dachfläche	2	1.500	63	18,62	29,63
6	1520	56	Dachfläche	2	1.500	63	18,62	29,63
7	1520	56	Dachfläche	2	1.500	63	18,62	29,63
Summe	7.606	310		13	9.000	60	94,37	156,72

Tabelle 2.3.: Ergebnisse Simulationsrechnung

Bezogen auf den Warmwasserbedarf ergeben sich für die Solaranlagen Deckungsgrade zwischen 55 und 64 %. Für alle sieben Häuser liegt der gemittelte solare Deckungsgrad bei 60 %.

Die ermittelten solaren Erträge - als abgegebene Energie des Kollektorkreises bezeichnet - und die Deckungsgrade der Solaranlage unterliegen den üblichen Unsicherheiten einer dynamischen Simulation, welche durch Abweichungen bei der Witterung, bei der Fühlerplatzierung, bei der Höhe der Anschlüsse am Pufferspeicher, bei der Reglereinstellung, von Bauteil-Kennwerten und bei der Ausführung der Anlage hervorgerufen werden können. Besonders empfindlich sind die solaren Erträge und die Anlageneffizienz auf mangelhafte Wärmedämmung des Kollektorkreises sowie der Speicher, zu hohe Rücklauftemperaturen in den Pufferspeicher - z.B. ausgelöst durch einen zu hohen Volumenstrom für die Bereitstellung einer Mindesttemperatur an der Wärmeübergabestation in den Wohnungen oder durch Fehlfunktionen der Durchflussbegrenzer bzw. der Thermostatventile bei der Heizwärmeverteilung.

Voraussetzung für die Erreichung der ermittelten Deckungsgrade ist eine strenge Bauaufsicht bei der Haustechnik einschließlich der Inbetriebnahme und Einregulierung, sowie eine entsprechende Wartung durch einen fachkundigen Betreiber. Aber auch bei einer strengen Eingangskontrolle der gelieferten Vorprodukte, sowie sorgfältiger Herstellung und einwandfreiem Betrieb der Anlage und bei Erfüllung aller für die Simulation gewählten Randbedingungen bleibt aus Erfahrung beim solaren Deckungsgrad eine Unsicherheit von ca. +/- 5 % absolut. Beim Vergleich mit Messergebnissen ist natürlich deren Genauigkeit zusätzlich zu berücksichtigen. Darüber hinaus gehenden Abweichungen zwischen realen und simulierten solaren Deckungsgraden sollte unbedingt nachgegangen werden.

# **ABSCHNITT 3**

## **GEBÄUDEHÜLLE**

## AUSFÜHRUNGSDetails

---

### 1. Allgemeines

Die hohen Anforderungen, die an die Ausführung von Passivhäusern gestellt werden, erfordern spezielle Detaillösungen. Im Wesentlichen sind in jeder Detaillösung zu berücksichtigen:

extrem gute Wärmedämmung  
Wärmebrückenfreiheit  
extreme Luftdichtheit

Im gegenständlichen Bauvorhaben wurden auch bei den Niedrigenergiehäusern und im Fast - Passivhaus sehr hohe Qualitätsanforderungen gestellt. So wurden viele Detaillösungen weitgehend vom Passivhaus übernommen. Beim Fast - Passivhaus mit seiner Be- und Entlüftungsanlage wurde auf eine besonders hohe Luftdichtheit geachtet.

Die erhöhten Dämmstärken führen zu Sonderlösungen im Bereich der Attika und der Anschlüsse an kältere Bauteile. Die weitgehende Wärmebrückenfreiheit erfordert spezielle Details bei allen Anschlüssen der Fassade zu den Kellerdecken und zum Dach. Speziell zu konzipieren sind auch alle Befestigungen im Mauerwerk, die durch die 35 cm Dämmstärke beim Passivhaus zu verankern sind. Auch hier müssen Wärmebrücken bestmöglich vermieden werden.

Die breiteren und schwereren Fensterprofile im Passivhaus müssen ebenso wärmebrückenfrei als auch winddicht eingebaut werden. Die Fenster selbst sind mit einer hochwertigen 3-fach - Wärmeschutzverglasung und Edelstahlabstandshaltern ausgestattet. Die Holz- Alurahmen sind durch eine Dämmstoffeinlage thermisch getrennt. Um eine ausreichende Winddichtheit zu erreichen, wurden hochwertige Fugenbänder in Fensterlaibung und Sturz eingeklebt.

Zur Überprüfung der Winddichtheit der Gebäudehülle wurden Blower - Door - Tests durchgeführt. Mit thermographischen Aufnahmen wurde die Gebäudehülle zusätzlich auf mögliche Wärmebrücken untersucht.

Ein weiteres Kriterium war schließlich die konstruktive Integration von Solartechnik und Haustechnik.

Ebenso wichtig wie die ausgereifte Planung aller Details ist allerdings auch die Arbeit auf der Baustelle. Zunächst ist es ein großer Vorteil, wenn die ausführenden Firmen über die Schwierigkeiten des Passivhausbaus informiert sind und schon Erfahrung in der Ausführung haben. Handwerker, die das Prinzip des Passivhausbaues nicht nachvollziehen können, sollten von Ihren Firmen speziell eingeschult werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass nur wenige Firmen sich bereits das nötige Know-How angeeignet haben, um entsprechende Leistungen für die Errichtung von Passivhäusern problemlos anbieten zu können. Darüber hinaus wird leider oft trotz großem Bemühen seitens der ausführenden Firmen bei der Ausführung kostenaufwendiger Details gespart. Es ist zu hoffen, dass mit der Verbreitung der Passivhäuser auch die heute noch speziellen Detaillösungen zum Stand der Technik werden.

Neben der Zusammenarbeit mit erfahrenen Firmen kommt der Kontrolle auf der Baustelle eine wichtige Rolle zu. Richtige Verarbeitung und Qualität der Ausführung sollten von Planern und auch örtlicher Bauaufsicht regelmäßig überprüft werden. Die Know-How - Weitergabe am Bau und die begleitende Kontrolle der Professionisten auf der Baustelle sowie die Abstimmung des korrekten Einbaus der für die geplanten, nachträglichen Messungen notwendigen Geräte und Messtechnik sind Inhalt der Phase 2 - „Umsetzung“ dieses Forschungsprojektes.

## 2. Ausführungsdetails

Im Folgenden werden überwiegend die speziellen Ausführungsdetails des Passivhauses (Haus 1) beschrieben und mit Detailzeichnungen dokumentiert. In eingeschränktem Umfang wird aber auch auf die Lösungen für die anderen Häuser eingegangen. Die für die Ausführung wichtigen Detailpunkte sind in den Schnittzeichnungen mit Kreisen markiert. Die Details werden zu thematischen Gruppen zusammengefasst. Baustellenfotos ergänzen den vorliegenden Bericht als zusätzliche Information.

Die Detaillösungen sind zu folgenden Gruppen zusammengefasst:

- Sockelausbildungen
- Dachanschlüsse und Dachaufbauten
- Durchdringungen der Außenwanddämmung
- Fenster und Türen
- Sonnenschutz
- Schallschutz
- Integration der Haustechnik

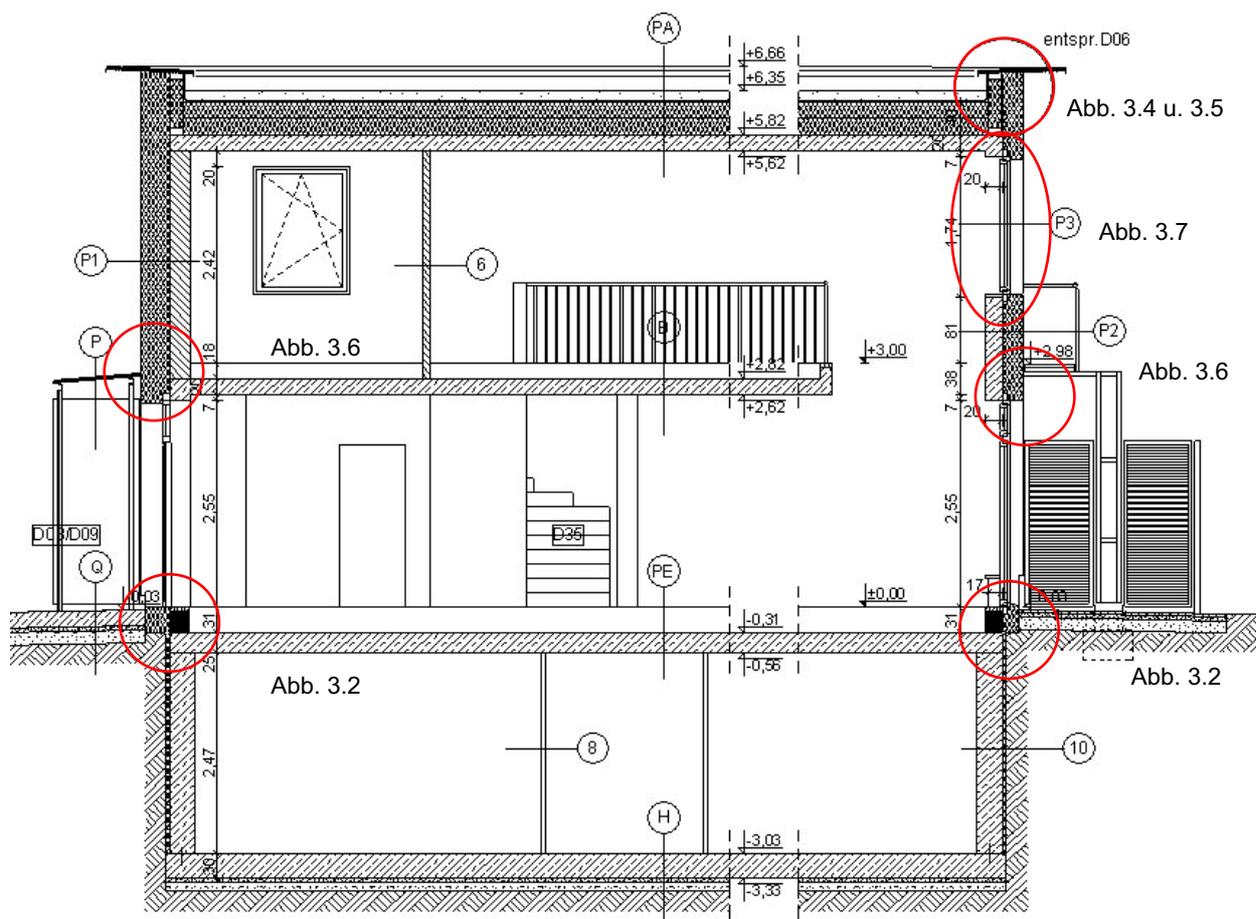


Abb. 3.1: Querschnitt durch das Haus 1 mit Angabe der Detailpunkte

## Sockelausbildungen

Die Anforderung nach weitgehender Wärmebrückenfreiheit verlangt zunächst beim Anschluss der Kellerdecken zum aufgehenden Mauerwerk Sonderlösungen. Dies gilt sowohl für das Ziegelmauerwerk als auch für die Stahlbetonelemente der tragenden Außenwände.

Zur Vermeidung der Wärmebrücken im Sockelbereich des aufgehenden, tragenden Ziegelmauerwerks über der Kellerdecke wurde die unterste Schar aus einer Reihe Gasbetonsteine hergestellt. Alle nicht tragenden Zwischenwände wurden ebenfalls auf Gasbetonsteine gestellt und damit auf die gleiche Weise von der Kellerdecke thermisch getrennt (Abb. 3.2).

Auch die Stahlbetonsäulen in den Wohnungen wurden auf Isokörbe gestellt (Abb. 3.3).

Da die Fensterparapete der Gartenfassaden aus statischen Gründen aus Stahlbeton hergestellt werden mussten, waren auch dort Wärmebrücken zu vermeiden.

Die Lösung bestand darin, dass die Stahlbetonelemente entweder zwischen zwei tragenden Wandscheiben eingespannt wurden, ohne die Kellerdecke zu berühren, oder etwa alle 1,20 m auf kleinen Einzelfundamenten punktförmig aufgelagert wurden. Der freibleibende Zwischenraum wurde mit XPS-Dämmstoff dicht ausgefüllt.



Abb. 3.2: Gasbetonsockel beim Ziegelmauerwerk



Abb. 3.3: Fußpunkt Stahlbetonpfeiler mit Isokorb und Wärmedämmung

## Dachanschlüsse und Dachaufbauten

Auch hier gilt die Forderung nach möglichst großer Wärmebrückenfreiheit. Gerade im Bereich der Attika ist eine besondere Sorgfalt bei der Ausbildung der Details notwendig. Aber auch die spezielle Ausführung aller die Dachhaut durchdringender Bauteile stellt besondere Anforderungen nicht nur an die Dichtheit, sondern auch an die Vermeidung von Wärmebrücken.

Die Attika wurde – ähnlich wie die Sockelausbildung – aus Gasbetonsteinen hergestellt. (Abb. 3.4 und 3.5) Diese wurde oberseitig durch einen Stahlbetonrost statisch gesichert, der im Abstand von ca. 3,0 m punktuell mit der massiven Geschossdecke verbunden ist. Durch den Einsatz dieser besonders leichten Steine (Gasbeton) die eine sehr niedriger Wärmeleitfähigkeit aufweisen wurde der Wärmebrückeneffekt der Attika bereits stark reduziert. Darüber hinaus wurde die Attika außenseitig durch das Hochziehen der Außenwanddämmung in voller Stärke, innenseitig und an der Oberseite mit ca. 8cm Wärmeisolierung überdämmt. Insgesamt ergibt sich so eine ausgezeichnete Lösung mit praktisch vernachlässigbaren Wärmeabflüssen.

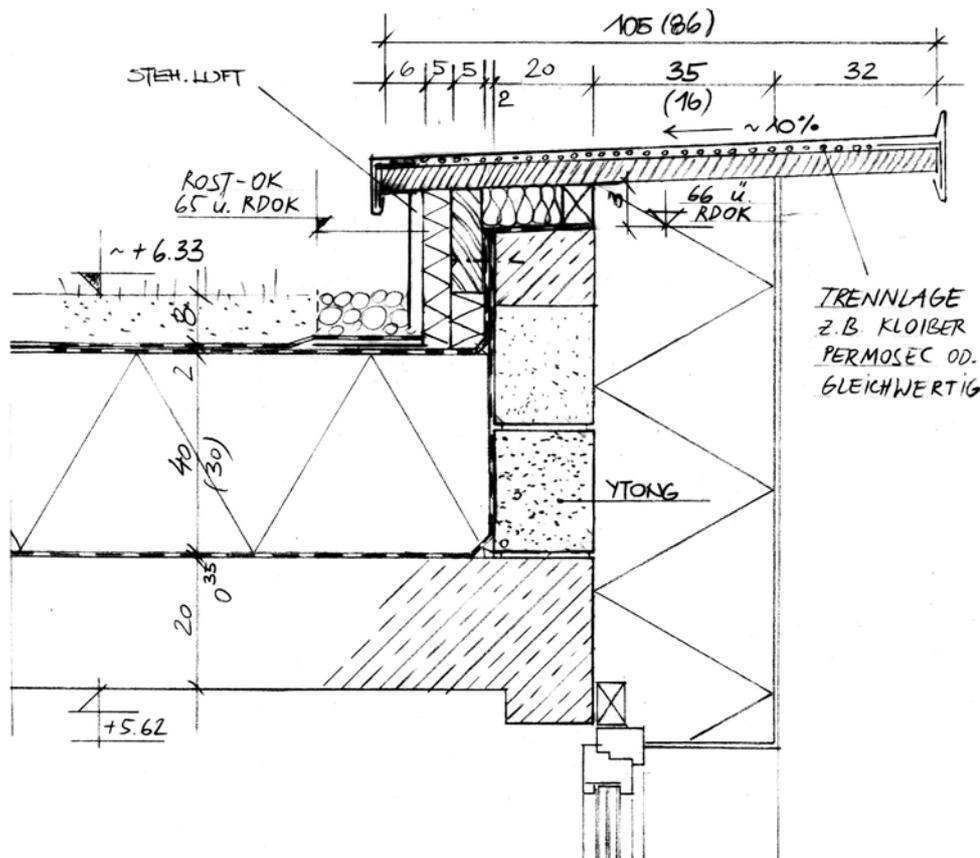


Abb. 3.4: Detailzeichnung der Attika im Passivhaus



Abb. 3.5: Attikaausführung mit Gasbetonsteinen

Die Schachtummauerungen auf der obersten Geschossdecke erfolgten in gleicher Weise wie die Attikaausbildungen, jedoch war hier die Ausbildung eines Stahlbetonrostes statisch nicht notwendig. Der verbleibende Hohlraum zwischen den haustechnischen Leitungen innerhalb des Schachtkopfes wurde dicht mit Wärmedämmung ausgestopft. Zwischen Holzschalung und oberster Blechabdeckung wurde eine Trennlage zur Abführung allfälligen Kondensats angeordnet.

Die Dachterrassen werden gründachseitig durch ein Geländer abgegrenzt, dessen Steher auf Stahlbeton-Fertigteilelementen montiert wurden, die selbst auf der Wärmedämmung aufgelegt sind, ohne diese zu durchdringen. In diesem Fall ist somit überhaupt keine Wärmebrückenwirkung gegeben.

## Durchdringungen der Außenwanddämmung

Die Wärmebrückenproblematik stellte sich vor allem bei der Ausbildung der Fassadenmontagepunkte für das gartenseitig angeordnete Stahl-Balkongerüst sowie der Einbindung der Stahlbeton-Konsolen für die Laubengang-Fertigteilplatten. Die Stahlbeton-Konsolen sind allerdings nur für die Häuser 2 bis 7 vorgesehen.

Das Balkongerüst und die Vordachkonstruktion sind im wesentlichen als eine Art Stahl-Tisch-Konstruktion ausgebildet, das in den jeweiligen Geschossebenen nur punktuell mit der Fassade verbunden ist. Diese Haltepunkte bestehen aus Stahlkonsolen, die normalerweise vor Aufbringen der Wärmedämmung direkt an das tragende Mauerwerk gedübelt werden. Im vorliegenden Projekt wurde ein 3 cm starker Kunststoffteil aus einem Polyolefin zwischen Stahlmontageplatte und Mauerwerk eingebaut und damit eine thermische Trennung erzielt. Durch diese Lösung wurde sowohl beim Passivhaus als auch bei den Niedrigstenergiehäusern eine weitgehende Wärmebrückenfreiheit erreicht (Abb. 3.6).

Die Stahlbeton-Konsolen für die Laubengangplatten wurden mittels Iso-Körben von der Fassade thermisch getrennt.



Abb. 3.6: Thermische Trennung der Vordachverankerung

## Fenster & Türen

Für die Fenster im Haus 1 wurden Passivhaus-zertifizierte Holz-Alu-Konstruktionen mit wärmegeädämmten Rahmen und einem neuen 3-Scheiben-Wärmeschutzglas mit relativ hohem Gesamtenergiedurchlassgrad und einem  $U_G$ -Wert von  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (U-Wert für die Verglasung) ausgewählt. Der  $U_W$ -Wert des Gesamtfensters (U-Wert für Verglasung und Rahmen) liegt zwischen  $0,70$  und  $0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Versetzung der Fenster erfolgte derart, dass die Dämmung der Rahmen auf derselben Ebene wie die Außenwanddämmung beginnt (Abb. 3.7). Zusätzlich wurden die Rahmen so weit wie möglich überdämmt.

Die kritische Zone im Bereich des Sohlbankanschlusses wird durch eine thermische Trennung mittels eines 35 mm starken Purenitelementes zwischen Alu-Sohlbank und Fensterrahmen entschärft (Abb. 3.8 und 3.9).

Die Holz-Alu-Fenster wurden deshalb ausgesucht, um das natürliche und ökologische Material Holz zu verwenden und gleichzeitig durch sparsamen Einsatz von Aluminium, das zu 100% rezyklierbar ist, eine höhere Witterungsbeständigkeit zu erreichen.



Abb. 3.10: Schaubild Passivhausfenster in einer Holz - Alu- Konstruktion  
(Bild: Fa. Lederbauer)





Abb. 3.8: Einbau der Passivhausfenster



Abb. 3.9: Schwelle der Fixverglasungselemente mit Purenit-Streifen

Auch bei den Wohnungseingangstüren wird versucht, möglichst hohe Dämmwerte zu erzielen (Abb 3.11). Zur Ausführung gelangen Holzrahmentüren mit hochwärmegedämmten Türblättern. Besonderes Augenmerk wurde auf die Schwellenausbildung gelegt, die üblicherweise eine massive Wärmebrücke darstellt. Daher werden hier Türschwellen aus glasfaserverstärktem Kunststoff eingebaut, wodurch eine sehr gute thermische Trennung erzielt wird. Derartige Wohnungseingangstüren mit einem  $U_w$ -Wert von etwa  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  werden in den Häusern 2 bis 7 eingesetzt. Im Haus 1 wird die Oberlichte in 3-fach-Wärmeschutzglas ausgeführt und ein  $U_w$ -Wert für die gesamte Türkonstruktion von  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht.

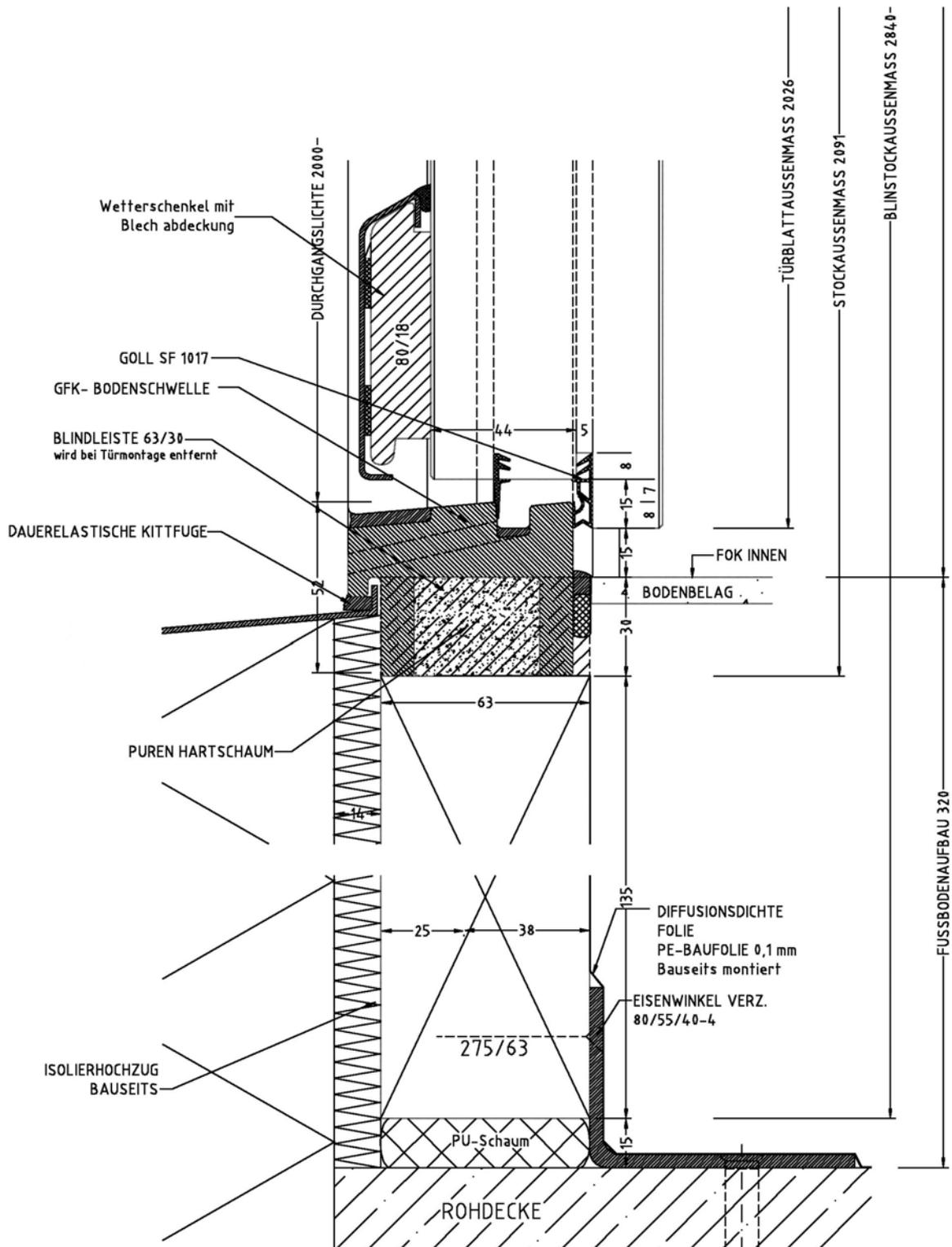


Abb. 3.11 Lotschnitt Wohnungseingangstür im Schwellenbereich – Haus 2 bis 7  
(Zeichnung: Firma Lederbauer)

## Sonnenschutz

Die Montage der Jalousiekästen erfolgte mittels punktuell im Abstand von ca. 1 m angeordneten Stahlwinkeln, die mehrfach thermisch entkoppelt wurden. So wurden die Winkel auf Holzklötzchen von 9 cm Stärke am Ziegelmauerwerk montiert, wobei die Befestigungsschrauben noch versenkt sind. Der eigentliche Jalousiekasten wurde durch ein weiteres Distanzstück aus Holz vom Haltewinkel getrennt. Damit ist der Stahlwinkel allseitig von wärmedämmenden Material umgeben und der durch ihn verursachte Wärmebrückeneffekt praktisch vernachlässigbar. (Abb. 3.12)

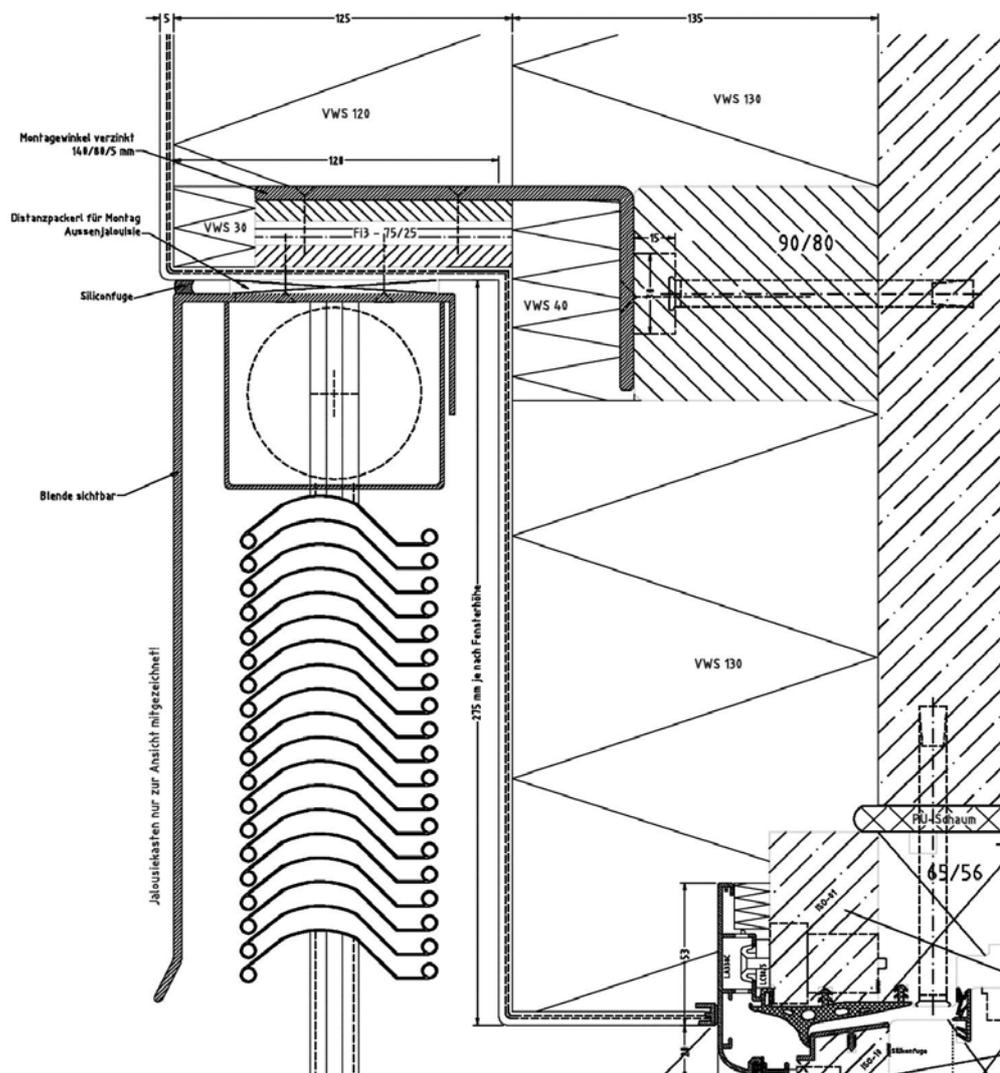


Abb. 3.12: Einbau Jalousiekasten im Haus 1  
(Zeichnung Fa. Lederbauer)

Um die Sommertauglichkeit des vorgeschlagenen Sonnenschutzkonzepts auch rechnerisch nachzuweisen, wurden jeweils ein kritischer Raum an der südostorientierten Fassade des Passivhauses und an der südwestorientierten Fassade des Fast-Passivhauses ausgewählt.

Für die Berechnung wurde ein kommerziell erhältliches Kühllastprogramm nach VDI 2078 eingesetzt, das einen eingeschwungenen Zustand nach mehreren aufeinanderfolgenden, gleichartigen Tagen ermittelt. Dabei wird der Verlauf der Raumtemperatur berechnet, der sich ohne aktive Kühlmaßnahmen einstellt.

Im Passivhaus erhält man für den kritischen Monat Juli bei automatischer Jalousiesteuerung und nächtlicher Querlüftung den Temperaturverlauf laut Abbildung 3.13.

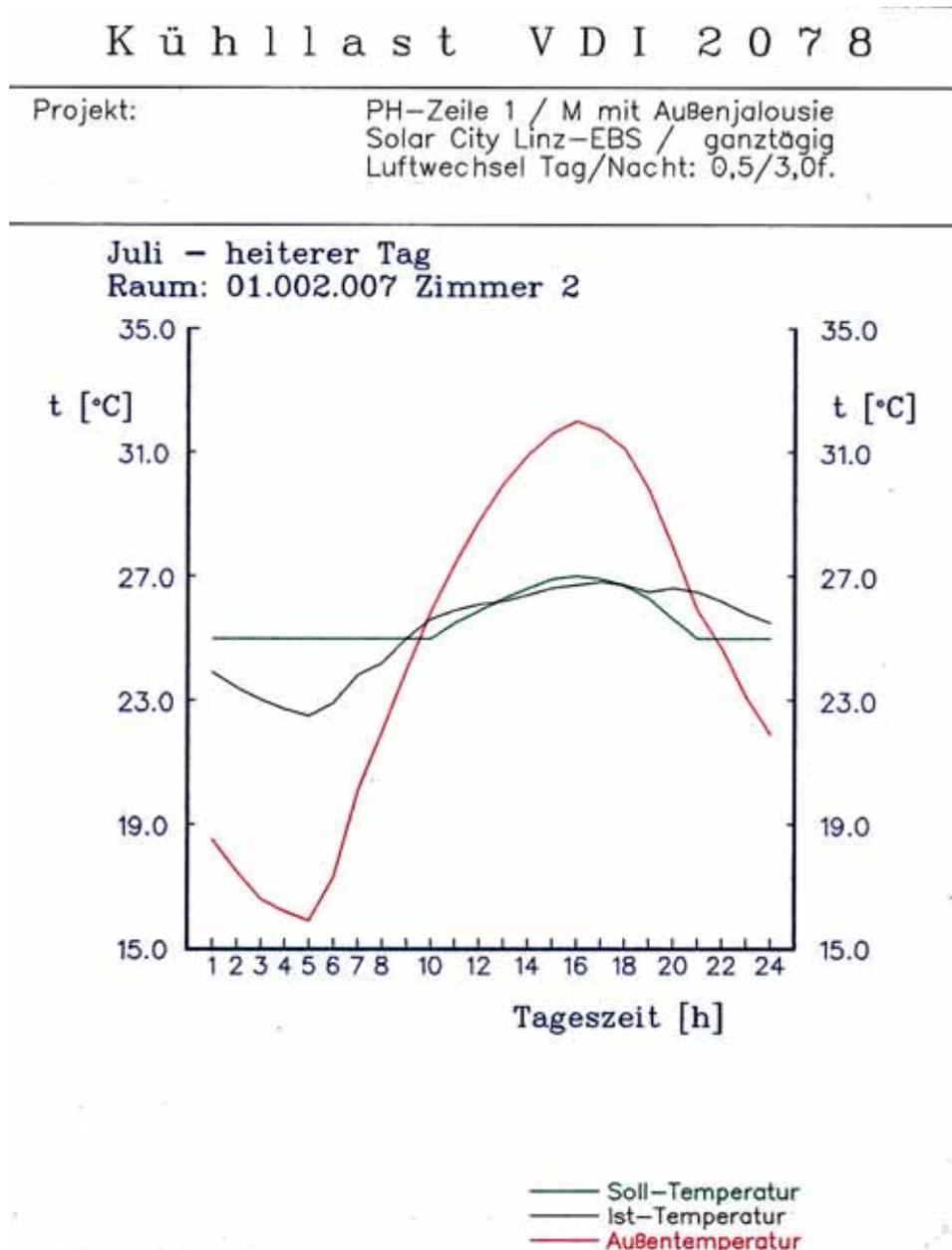


Abb. 3.13: Temperaturverlauf im Juli im Passivhaus

Die errechnete Temperatur (Ist-Temperatur) bleibt unter 27 °C. Der leichte Anstieg am Abend kommt durch die Aktivitäten einer Person zustande, die sich im simulierten Raum aufhält.

Die unter denselben Bedingungen ermittelten Temperaturen für das Fast-Passivhaus sind in Abbildung 3.14 wiedergegeben.

## K ü h l l a s t V D I 2 0 7 8

Projekt: Haus 3 / M mit Außenjalousie  
Solar City Linz-EBS / ganztägig  
Luftwechsel Tag/Nacht: 0,5/3,0f.

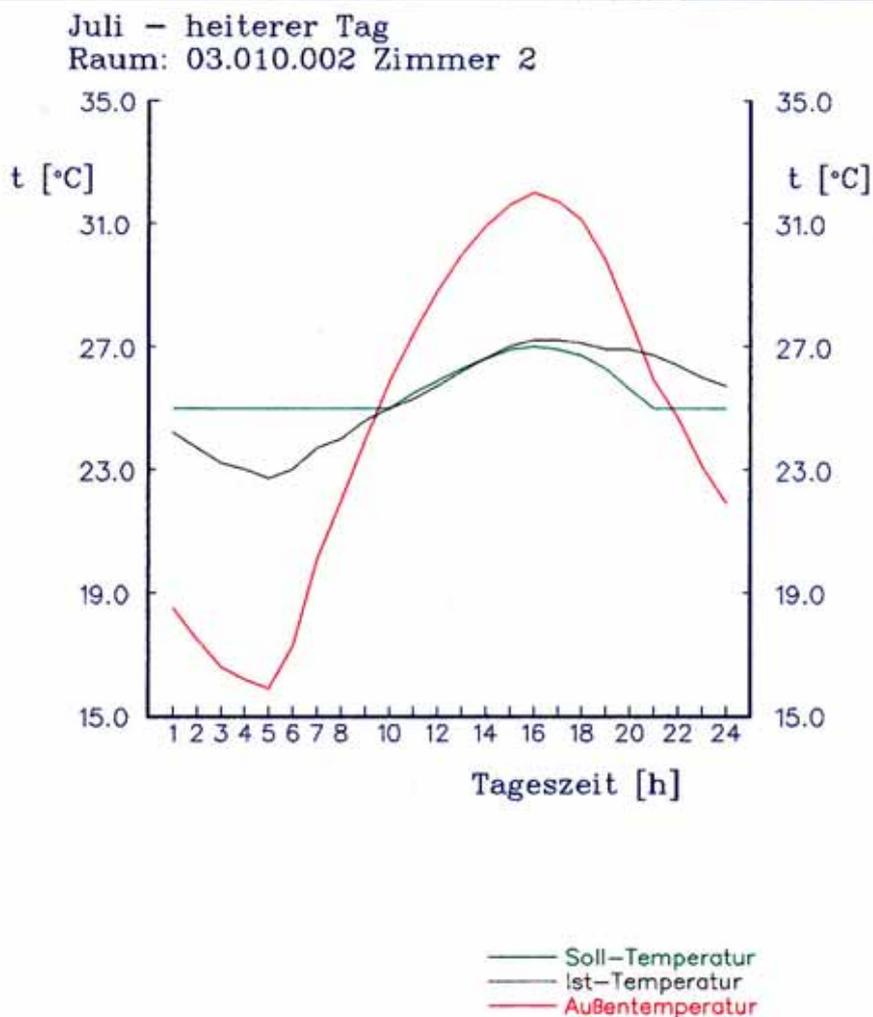


Abb. 3.14.: Temperaturverlauf im Juli im Fast-Passivhaus

In diesem Fall werden 27 °C um etwa 0,2 K geringfügig überschritten. Eine stärkere abendliche Abkühlung wird wieder durch einen anwesenden Bewohner verhindert.

In beiden Fällen werden durch die beschriebenen Sonnenschutzmaßnahmen ausreichende Komfortbedingungen erreicht. Weiters ist eine geringfügige Abkühlung der Raumtemperaturen (etwa 1 bis 2 K) durch die Luftvorkühlung über die Erdreichwärmetauscher möglich.

## Schallschutz

Die Abb. 3.15 zeigt den Abschluss der Wohnungstrennwand an der Südfassade im Haus 1. Anhand dieses Details wird beispielhaft dargestellt, wie die Anforderungen einer extremen Wärmedämmung mit den Erfordernissen eines ausreichenden Schallschutzes kombiniert werden können.

Zwei relativ schwere Wandscheiben aus 17 cm starkem Ziegelmauerwerk werden durch eine 3 cm dicke wärme- und schalldämmende Zwischenlage voneinander getrennt. Dadurch wird eine ausgezeichnete Schalldämmung zwischen den Wohnungen erreicht. Gleichzeitig wird durch die beiden Wandscheiben die gewünschte Wärmespeicherwirkung sichergestellt. Zur Außenseite hin wird die Konstruktion durch die 25 cm dicke Dämmschicht, mit der auch die Fensterstöcke überdämmt werden, abgeschlossen. Insgesamt stellt diese Ausführung sowohl in thermischer wie akustischer Hinsicht eine ausgezeichnete Lösung dar.

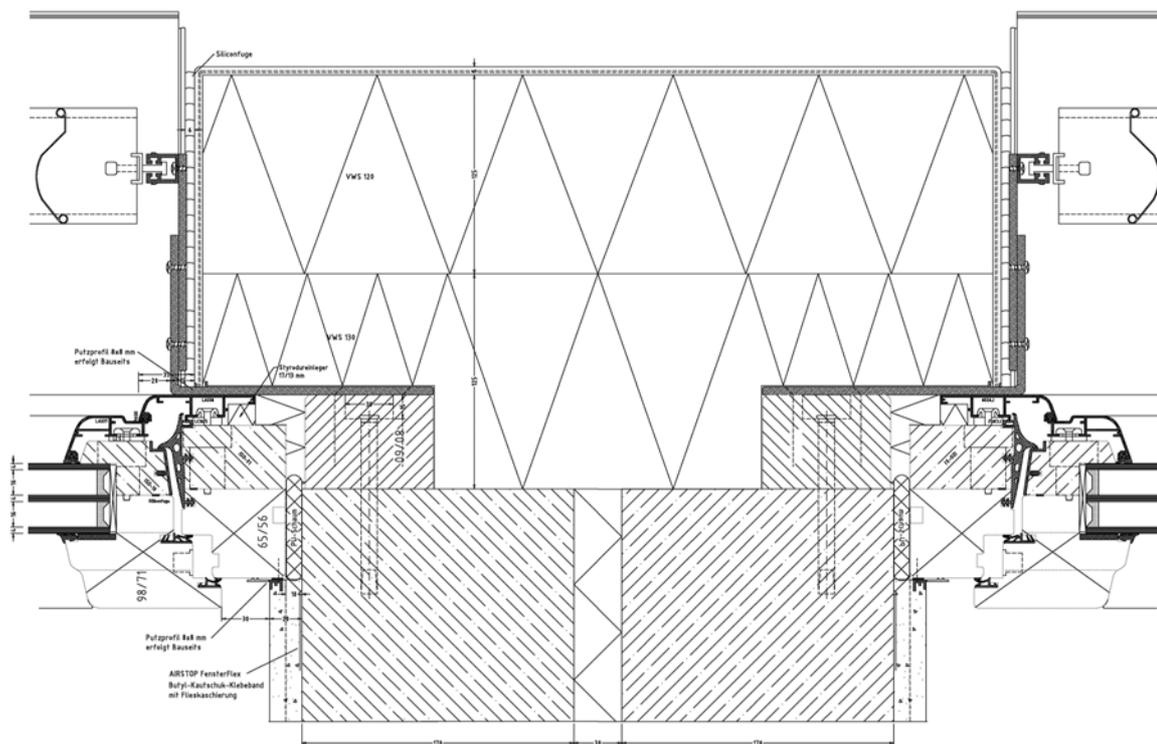


Abb. 3.15: Wohnungstrennwände bei der Südfassade Haus1

## Integration der Haustechnik

Die Solarkollektoren werden auf Stahlbeton-Fertigteile aufgeständert, die auf das Grasdach oben aufgesetzt werden, ohne die Wärmedämmung zu durchdringen.

Die Führung der Solarleitungen von den Sonnenkollektoren in den Haustechnikraum im Keller erfolgt in den Außenwänden, und zwar in der Dämmebene, wobei darauf geachtet wurde, dass rund um die Leitungen ausreichend Wärmedämmung vorhanden ist. Damit wird erreicht, dass einerseits die Wärmeverluste zwischen den Kollektoren und dem Keller verringert werden und andererseits die so reduzierten Verluste zum größten Teil den Wohnräumen zugute kommen. (Abb. 3.16)

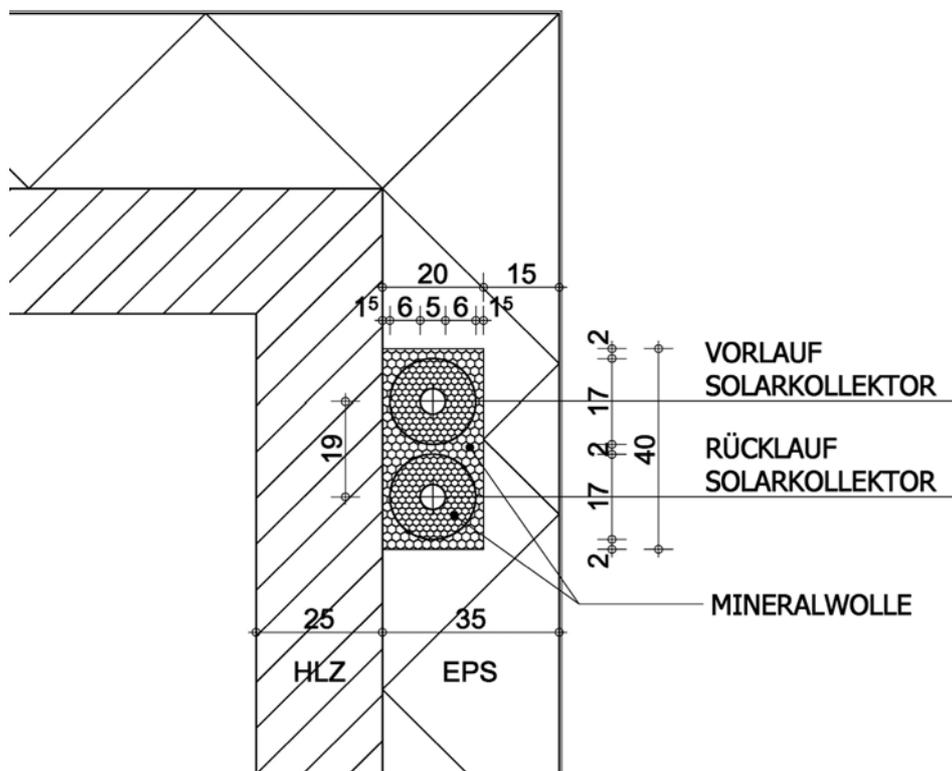


Abb. 3.16: Führung der Solarleitungen in der Außenwanddämmung

## INNOVATIVE KOMPONENTEN

---

Für die Wohnhausanlage der EBS in der Solar City Linz Pichling wurden zwei besonders innovative Haustypen entwickelt. Haus 1 wird als Passivhaus und Haus 3 als Fast-Passivhaus unter Einbindung einer Reihe von innovativen Komponenten und Elementen gebaut. Die Errichtung der beiden zukunftsorientierten Gebäude erfolgte im Rahmen der strengen finanziellen Vorgaben des geförderten mehrgeschossigen sozialen Wohnbaus.

### **Zweigeschossige Maisonettewohnungen in Passivhaus- und Niedrigstenergiebauweise mit hohem Südfensteranteil**

Um großzügige, helle Räume anzubieten, wurden in verschiedenen Häusern Maisonettewohnungen mit zweigeschossig offenen Bereichen geplant. Zur Verbesserung der natürlichen Belichtung und der Aussicht wurden außerdem große südorientierte Verglasungen vorgesehen. Diese Kombination stellt insbesondere im Passivhaus eine besondere Herausforderung dar. In den Wohnungen mit Be- und Entlüftungsanlagen (Passivhaus und Fast-Passivhaus) musste die Luftführung außerordentlich sorgfältig abgestimmt werden um auch im Winter ausreichende Komfortbedingungen zu erzielen. Daher wurden die raumklimatischen Verhältnisse durch spezielle Strömungsanalysen (CFD-Simulationen) überprüft. Dabei stellte sich heraus, dass es an kalten Tagen sehr schwierig ist, komfortable Zustände im Fensterbereich des 2-geschossigen Luftraums durch Variation der Luftströmungen herzustellen. Als wesentlich einfachere Lösung bot sich ein kleiner streifenförmiger Heizkörper unter den Fenstern an.

Weiters wurde überprüft, ob es im Sommer zu Überhitzungserscheinungen kommen kann. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Analysen zeigten, dass bei Verwendung eines automatischen, außenliegenden Sonnenschutzes mit keinen kritischen Überhitzungen zu rechnen ist. In den Wohnungen mit Be- und Entlüftungsanlagen können die Bedingungen außerdem durch die Vorkühlung der Zuluft im Erdreichwärmetauscher verbessert werden.

### **Licht- und jahreszeitlich gesteuerter Sonnenschutz**

Bei allen großflächigen, südorientierten Verglasungen werden automatisch gesteuerte Außenjalousien eingebaut um das Risiko von Überhitzungen im Sommer zu minimieren. Die Jalousien werden über Lichtsensoren so gesteuert, dass sie im Sommer automatisch heruntergelassen werden, wenn das Sonnenlicht einen bestimmten Schwellwert überschreitet. Dadurch ist auch bei Abwesenheit der Bewohner eine optimale Beschattung der Wohnungen sichergestellt. Im Winter fährt die automatische Steuerung die Jalousien bei Tageslicht hoch und lässt sie in der Nacht herunter. Somit werden solare Strahlungsgewinne in der Wintersaison bestmöglich genutzt und die nächtliche Wärmeabstrahlung reduziert. Natürlich können die Nutzer in die Jalousiesteuerung jederzeit eingreifen und den Sonnenschutz auch manuell bedienen.

Die konkrete Ausführung des Sonnenschutzes ist in der Abb. 3.17 wiedergegeben. Neben der weitgehend wärmebrückenfreien Montage der Jalousiekästen musste auch die Kabelzuführung zu den Stellmotoren durch den hohen Anteil an Stahlbetonelementen in der Fassade sorgfältig ausgeführt werden. Es konnten aber auch in diesem Fall zufriedenstellende Lösungen gefunden werden, bei denen die Kabelzuführung auf der Außenseite der Mauer möglichst kurz gehalten und vollständig in die Wärmedämmung eingebettet wurde.

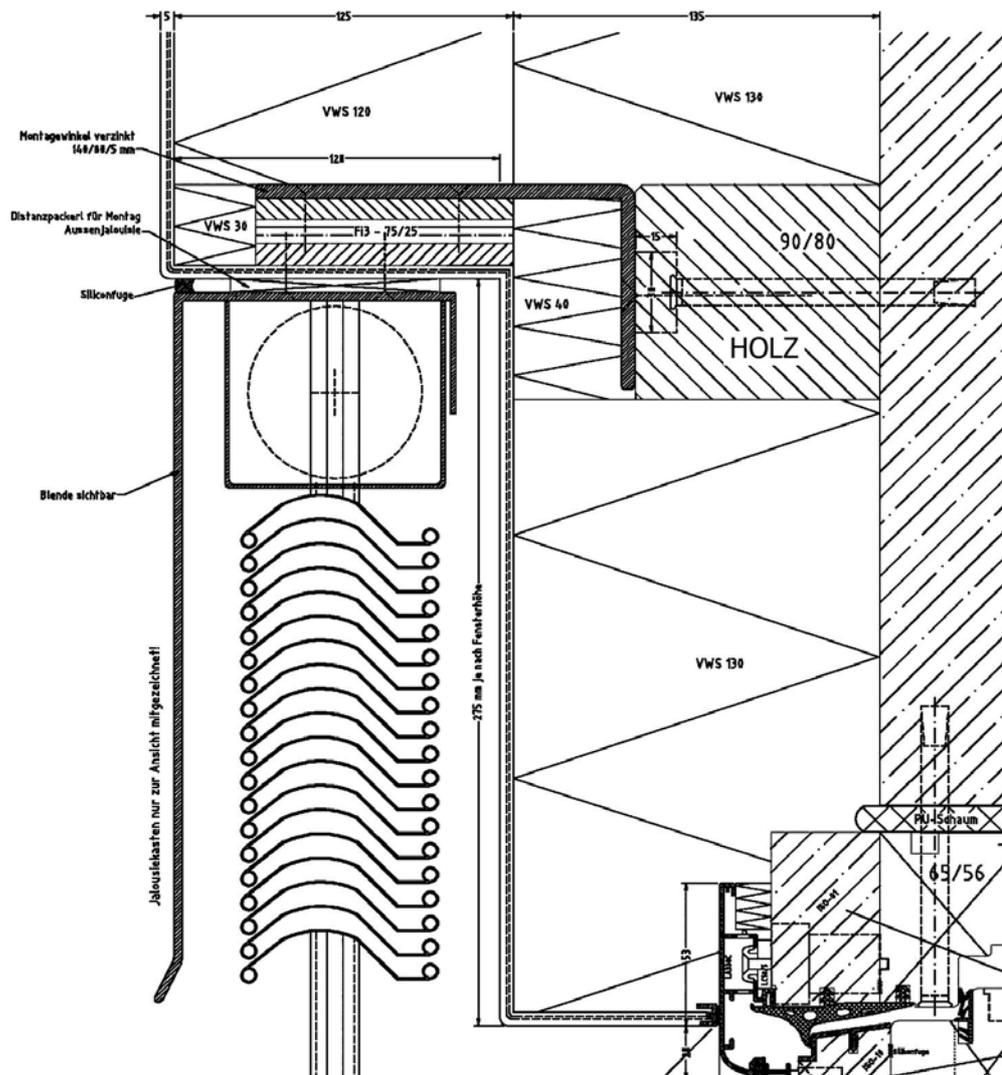


Abb. 3.17: Jalousiekasten im Passivhaus (Zeichnung: Firma Lederbauer)

## Recycling-Speicherziegel aus Ziegelsplitt

Der ausgewählte Recycling-Speicherziegel aus Ziegelsplitt, der im niederösterreichischen Gars am Kamp hätte produziert werden müssen, konnte leider nicht eingesetzt werden, da für ihn zur Zeit der Errichtung der Wohnhausanlage keine bautechnische Zulassung für Oberösterreich vorlag. Als Ersatz wurden relativ schwere Hochlochziegel (Abb. 3.18) verwendet, die in Peuerbach (etwa 40 km westlich von Linz) gefertigt werden. Dadurch reduzierten sich die Transportwege und die damit verbundenen Umweltbelastungen auf etwa ein Viertel gegenüber dem ursprünglich geplanten Recycling-Speicherziegel.



Abb. 3.18: Hochlochziegel Eder HLZ 25x30x23,8 S mit relativ hoher Wärmespeicherung

## Vakuumdämmung für hohe Wärmedämmwerte bei geringsten Materialstärken

Im Bereich des westseitigen Durchganges beim Haus 1 wurde nach unserem Wissenstand erstmalig eine Vakuumdämmung an einer Untersicht angebracht. Die eingesetzten Vakuumdämmplatten weisen etwa die gleiche Dämmwirkung wie ein sieben mal so starkes konventionelles Dämmmaterial auf. Durch den Einsatz der 4 cm dünnen Vakuumdämmung konnte hier also eine zufriedenstellende Durchgangslichte erreicht werden (Abb. 3.19).



Abb. 3.19: Durchgang Haus 1 mit Vakuumdämmung oberhalb der weißen Metallkassettendecke (blauer Pfeil)

Die detaillierte Ausführung zeigen die Abb. 3.20 bis 3.22. Zuerst wird eine EPS-Schicht an die Betondecke geklebt, dann werden zwei Lagen Vakuumdämmung zur Minimierung der Wärmebrücken mit versetzten Stößen verlegt und ebenfalls verklebt. Anschließend wird eine weitere dünne Schutzschicht aus expandiertem Polystyrol angebracht. Zur Absicherung gegen eine Ablösung der Dämmschichten und zum Schutz vor äußerer Beschädigung wird an der Unterseite eine Metallkassettendecke montiert. Insgesamt ergibt sich eine gegen Beschädigungen gut abgesicherte Konstruktion, die den ausgezeichneten U-Wert von  $0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$  bei relativ geringen Materialstärken erreicht.

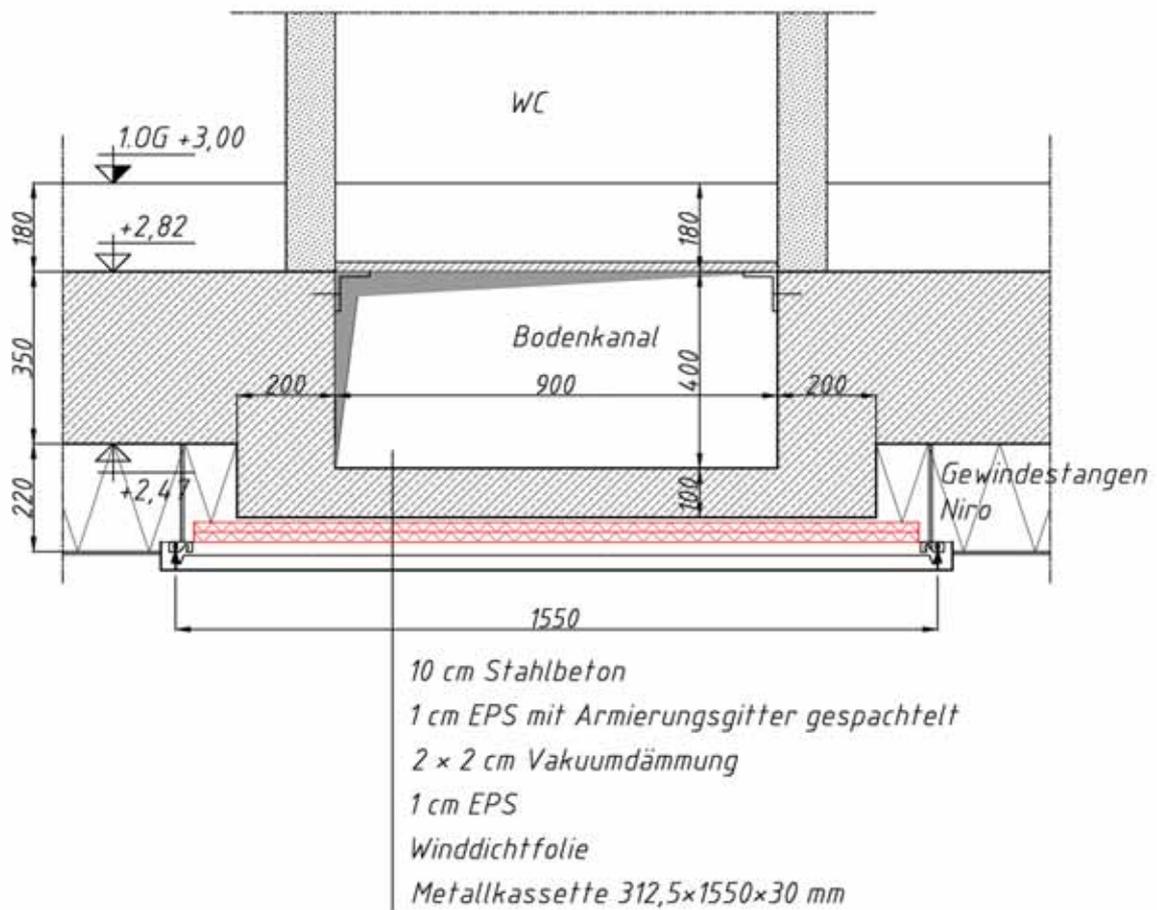


Abb. 3.20: Detailschnitt Vakuumdämmung ( $U=0,095\text{W/m}^2\text{K}$ )

Die Vakuumdämmplatten in Abb. 3.20 sind in roter Farbe hervorgehoben.

In den Abbildungen 3.21 und 3.22 sind ein Muster der Vakuumdämmung und die fertig verlegten Vakuumdämmplatten an der Deckenuntersicht sowie ein Temperaturfühler mit Kabelzuleitung zu sehen.



Abb. 3.21: Musterelement Vakuumdämmung mit Alu-beschichteter Hüllfolie



Abb. 3.22: Vakuumdämmplatten an der Deckenuntersicht verlegt

## Transparente Wärmedämmung (TWD) zur Verbesserung der natürlichen Belichtung und der Energiebilanz

Bei Räumen mit größeren Tiefen werden einfache tageslichtumlenkenden Elemente mit einer Füllung aus transparenter Wärmedämmung (Kapilux TWD) als Oberlichter eingebaut. Neben der wesentlich besseren Ausleuchtung der rückwärtigen Raumbereiche mit natürlichem Tageslicht und der damit verbundenen Kunstlicht – und Stromeinsparung weisen sie auch höhere Nettoenergiegewinne als die besten verfügbaren Wärmeschutzverglasungen auf.

In Abb. 3.23 und 3.24 ist das Prinzip der Tageslichtumlenkung mit der Reflexion des Tageslichts an der Decke dargestellt, die zur besseren Belichtung der tieferen Räume führt. Abb. 3.25 zeigt den Schnitt durch ein derartiges Element, bei dem das TWD-Material zwischen zwei Glasscheiben eingeschlossen ist.

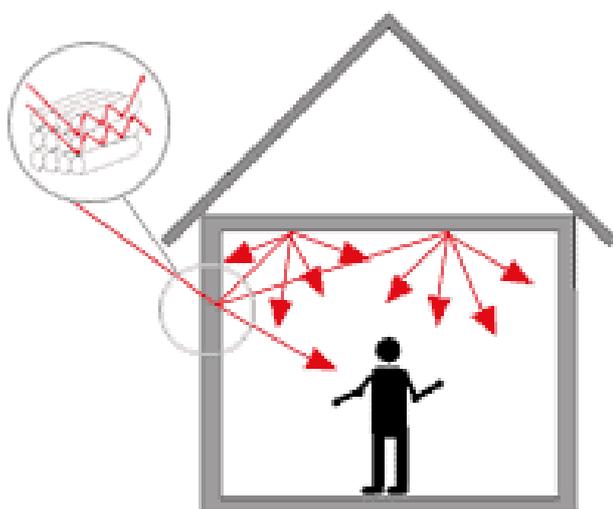


Abb. 3.23: Prinzipdarstellung der Tageslichtumlenkung

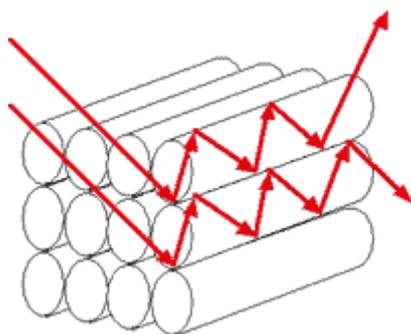


Abb. 3.24: Lichtdurchgang durch TWD-Röhrchen

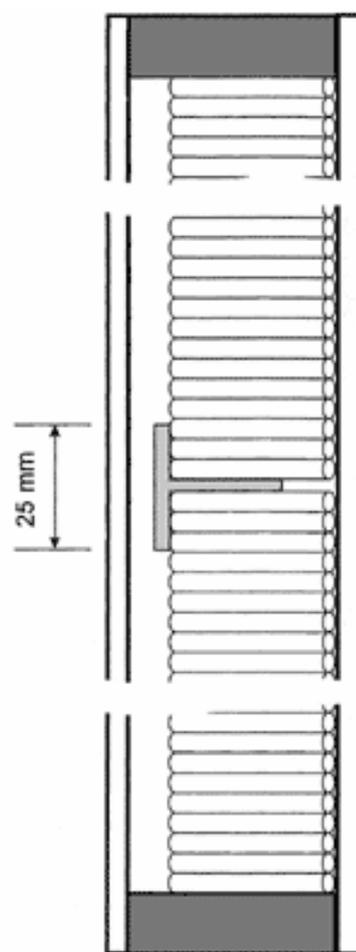


Abb. 3.25: Schnitt durch verwendetes TWD-Element

In Abb. 3.26 wurde ein Muster des TWD-Elementes fotografiert, wie es im Haus 1 zum Einsatz kam. Man erkennt, wie die relativ flach stehende Sonne ein Lichtmuster in den Raum wirft. Weiter rückwärts im Raum ist allerdings kein Lichtmuster, sondern nur mehr ein aufhellender Effekt erkennbar.

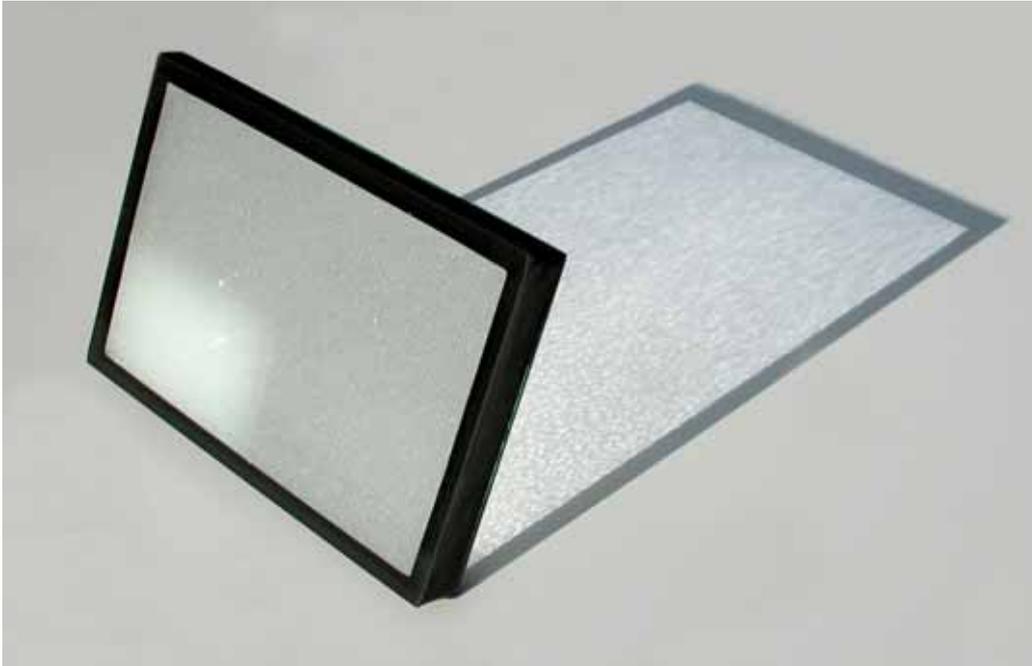


Abb. 3.26: Musterelement Transparente Wärmedämmung (Kapilux TWD)

Die Abbildungen 3.27 und 3.28 geben die eingebauten TWD-Elemente in der Oberlichte wieder.



Abb. 3.27: Verglasung mit TWD Element (violetter Pfeil)



Abb. 3.28: Oberlichte mit TWD Element (violetter Pfeil)

## Wärmeschutzverglasung mit innenliegender Jalousie zur automatischen wartungsfreien Beschattung

Da im Gemeinschaftsbereich des Hauses 3 nicht erwartet werden kann, dass z. B. ein außen liegender Sonnenschutz rechtzeitig betätigt wird, war dort der Einsatz einer automatisch gesteuerten, elektrochromen Verglasung geplant. Leider hat die einzige Firma, die eine solche Verglasung anbietet, den Vertrieb des Produktes eingestellt.

Daher musste die elektrochrome Verglasung ersetzt und auf eine Wärmeschutzverglasung mit innenliegender Jalousie zurückgegriffen werden.

In Abb. 3.29 ist ein Teil der Südwestfassade des Hauses 3 dargestellt, in die die neue Verglasung eingebaut wurde.

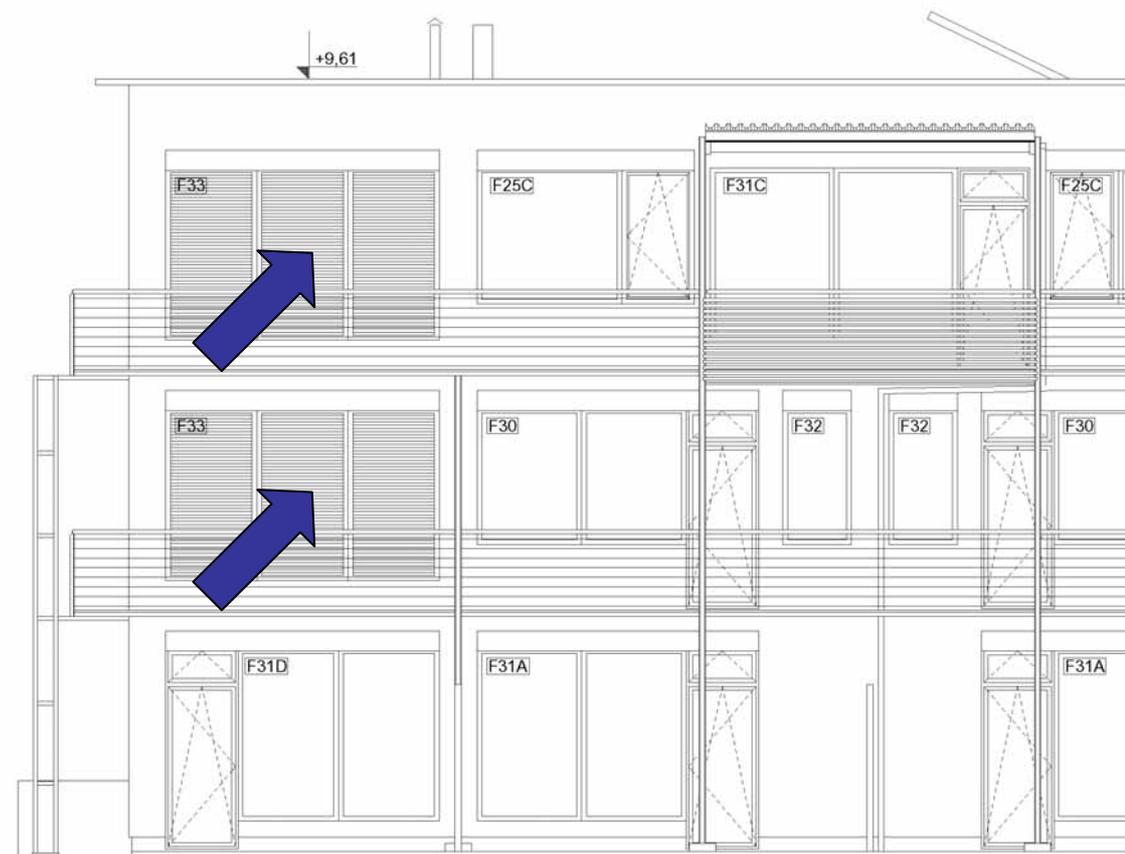


Abb. 3.29: Ansicht Südwestfassade Haus 3 mit Jalousien im Wärmeschutzglas (blaue Pfeile)

Die nachfolgende Abb. 3.30 zeigt den Detailschnitt durch die Verglasungselemente.

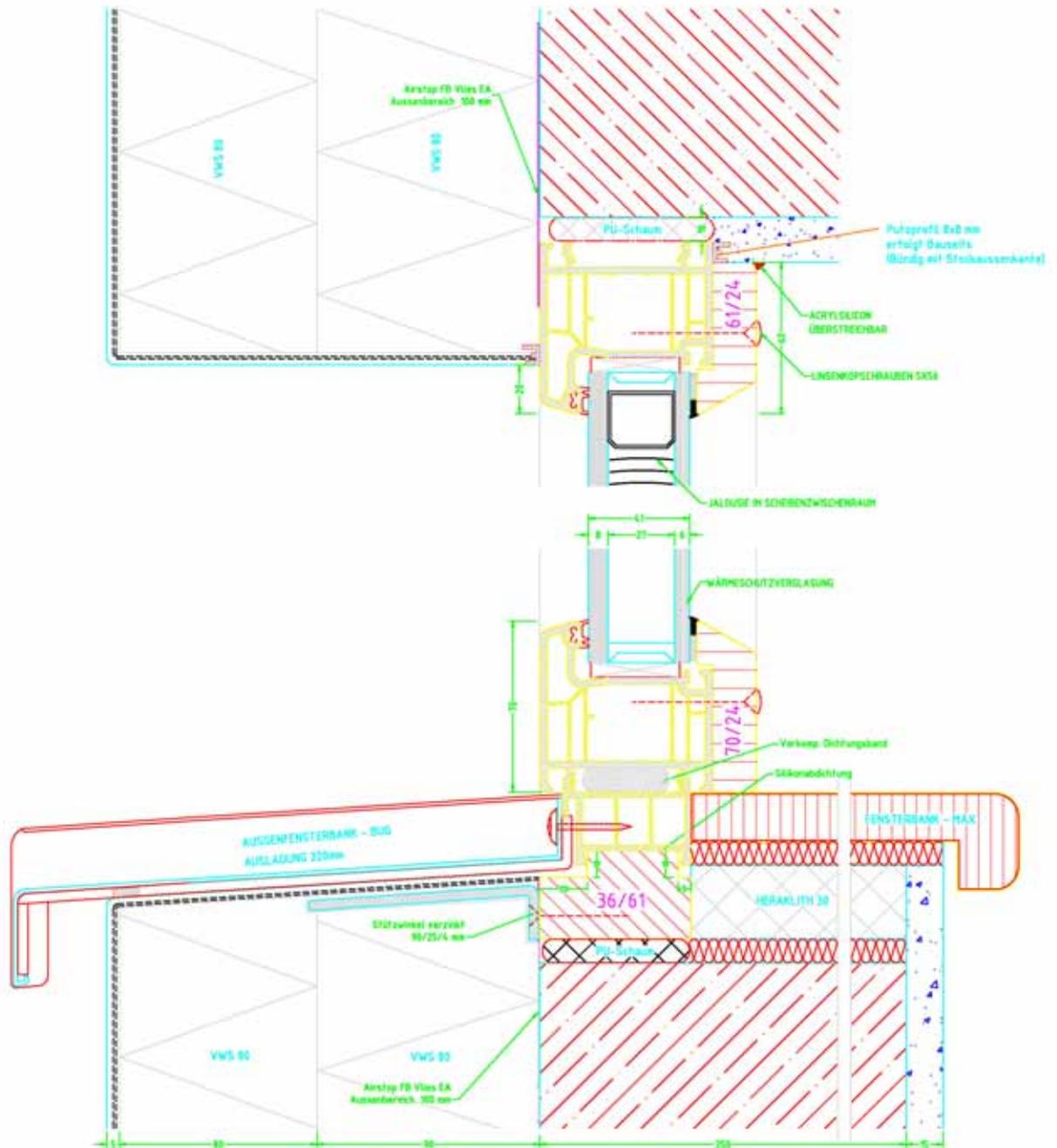


Abb. 3.30: Schnitt durch Wärmeschutzverglasung mit innenliegender Jalousie (Zeichnung Fa. Lederbauer)

## Heizungsumwälzpumpe mit niedrigstem Stromverbrauch

Als weitere innovative Komponente wird eine in der Schweiz entwickelte Heizungsumwälzpumpe eingesetzt, die durch einen drehzahlgeregelten Drehstrom-Synchronmotor mit Permanentmagnet-Rotor und hohen Drehzahlen bis zu 4000 U/min den Stromverbrauch um etwa 60 % reduziert (Abb. 3.31).



Abb. 3.31: Heizungsumwälzpumpe Biral MC 12

## **ABSCHNITT 4**

# **BAULICHE MEHRKOSTEN**

## BAULICHE MEHRKOSTEN

---

### 1. Allgemeines

Durch den Vergleich der drei verschiedenen Haustypen sollten die Möglichkeiten des sozialen Wohnbaus ausgelotet werden. Unterschieden wurden ein fortgeschrittenes Niedrigenergiehaus als Standardtyp, sowie das „Fast - Passivhaus“, das zwar mit einer Be- und Entlüftungsanlage ausgestattet ist, aber keinen erhöhten Dämmstandard aufweist und daher auch reduzierte Heizflächen besitzt, und das „Passivhaus“, das mit 35 cm Wärmedämmung versehen ohne Zusatzheizung auskommt.

Durch die Gegenüberstellung der Errichtungskosten der Niedrigenergiehäuser mit jenen Kosten, die im Passivhaus bzw. im „Fast - Passivhaus“ entstehen, konnten wichtige Schlüsse über die Anwendbarkeit der Passivhaustechnologie im Geschosswohnungsbau gezogen werden. Im konkreten Fall wurden zunächst untersucht:

Haus 1	Passivhaus ohne Zusatzheizung
Haus 2, 4 bis 7:	Niedrigenergiehaus mit Fensterlüftung und konventioneller Radiatorenheizung
Haus 3	Fast - Passivhaus mit Be- und Entlüftung und Wärmerückgewinnung sowie reduzierten Heizflächen

Da es sich hier nicht um ein rein theoretisches Projekt, sondern um ein reelles Wohnbauvorhaben handelt, dessen Errichtung abseits des rein wissenschaftlichen Interesses wirtschaftlich vertretbar durchgeführt werden muss, kommt es immer wieder auch zu Änderungen und Abweichungen in der Ausführung, die sich verzerrend auf das Ergebnis der Gegenüberstellung auswirken können. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass es sich um drei unterschiedlich große und kompakte Gebäude handelt. Das Passivhaus ist mit 472 m<sup>2</sup> Wohnfläche mit Abstand das kleinste der drei Häuser, das kleinste Niedrigenergiehaus mit 862 m<sup>2</sup> annähernd doppelt so groß. Dadurch schneidet die Basisvariante im Kostenvergleich etwas günstiger ab.

Die gesamte Wohnhausanlage wurde mit einem sehr hohen Qualitätsniveau geplant. So wurde für beide Bauphasen höchster Wert auf thermische Trennungen und somit Wärmebrückenfreiheit gelegt. Beispielsweise wurde in allen Häusern die Trennung des aufgehenden Mauerwerks von den Kellerdecken durch einen Ytong-Sockel durchgeführt. Auch die Wohnungseingangstüren haben beste thermische Qualität ( $U = 0,9$  bis  $1,0$  W/m<sup>2</sup>K). Beim Einbau der Fenster wurde auf luftdichte Anschlüsse besonderer Wert gelegt. Dies gilt für die Kunststoffenster der Basisvariante ebenso wie für die speziellen Fenster des Passivhauses in Holz - Alukonstruktion.

Der erste Bauabschnitt mit den Häusern 1 bis 3 wurde Ende 2003 fertiggestellt. Die vorliegende Forschungsarbeit wurde bereits während der Ausführung erstellt und untersucht daher die Kosten basierend auf der Ausschreibung und vergleicht die Mehrkosten ohne Berücksichtigung von Verteuerungen oder Änderungen während der Bauausführung. Die ermittelten Zahlen gelten jeweils nur für diese Bauaufgabe unter Berücksichtigung des gesamten Bauvolumens und des für die einzelnen Häuser geltenden Verhältnisses von Oberfläche zu Nutzfläche (A/V). Die ausgeworfenen Größen sind daher nur als Vergleichswert zu sehen und sind mit ähnlichen Projekten zu überlagern, um einen relevanten Faktor für die Mehrkosten eines Passivhauses im Geschosswohnungsbau zu ermitteln.

## 2. Ausführungsunterschiede

Die Basisvariante für die Gegenüberstellung und die Ermittlung der Mehrkosten für die Errichtung des Passivhauses stellt das Niedrigenergiehaus dar. Auch hier wurde großer Wert auf Wärmebrückenfreiheit und gute thermische Qualität der Gebäudehülle gelegt.

Wesentlicher Bestandteil des Fast - Passivhauses ist die Lüftungsanlage, die natürlich mit Mehrkosten im Bereich der Haustechnik verbunden ist. Da das Haus den gleichen Dämmstandard aufweist wie die Basisvariante, kann auf eine herkömmliche Heizung nicht verzichtet werden. Entsprechende Einsparungen können daher aus dem Punkt Herstellungskosten nicht geltend gemacht werden.

Im Passivhaus wurde der Dämmstandard gegenüber dem Niedrigenergiehaus wesentlich verbessert. Einerseits wurde die Außenwanddämmung auf 35 cm, südseitig auf 25 cm erhöht, andererseits mussten natürlich auch Dächer und Kellerdecken mit wesentlich besserer Wärmedämmung versehen werden. Daraus resultieren direkte und indirekte Mehrkosten. Aufgrund der Mehrstärken der Außenwanddämmung sind auch bei sämtlichen Fassadenverblechungen Mehrkosten entstanden (Sohlbänke, Attikaverblechungen, usw. ).

Ein wesentliches Element des Passivhauses sind die speziellen Fenster. Während beim Standardtyp Kunststofffenster mit Mehrkammerprofilen und Thermix-Abstandhaltern verwendet werden konnten, mussten für das Haus 1 passivhaustaugliche Fenster eingesetzt werden. Durch die ausgewählte aufwendigere Holz-Alu-Konstruktion, die den geforderten  $U_w$ -Wert  $< 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  erreicht, fallen höhere Kosten für die Fenster an.

Wie schon beim „Fast - Passivhaus“ bildet die Integration der Lüftungsanlagen einen wesentlichen Teil des Haustechnikkonzeptes des Passivhauses. Allerdings können gegenüber dem „Fast - Passivhaus“ Kosteneinsparungen bei der Haustechnik verzeichnet werden, da das Passivhaus nahezu ohne Heizung auskommt.

Angeführt sei hier auch der beispielhafte Einsatz innovativer Elemente wie Vakuumdämmung und TWD Elemente, auf die im Abschnitt 3 näher eingegangen wird.

Kostenerhöhungen während der Bauzeit - sei es aufgrund von Planänderungen, Ausschreibungsungenauigkeiten oder Unvorhergesehenem - sind bei keiner Bauausführung zu vermeiden. Bei der Gegenüberstellung der speziellen Kosten des Passivhauses als prozentuelle Kosten der Gesamtanlage kann auch eine derartige Kostenerhöhung bereits verfälschende Wirkung haben.

### **3. Ermittlung der Mehrkosten**

#### **Grundlagen**

Als Grundlage für die Ermittlung der Mehrkosten dienen die Polierpläne mit Stand April 2002 und z. T. Änderungen derselben mit Stand September 2002 sowie die im Zeitraum von April 2001 bis Juni 2001 eingegangenen Ausschreibungen für sämtliche Gewerke. Die Ausschreibung erfolgte Dezember 2000 bis März 2001. Das Bauvorhaben hatte ein Gesamtvolumen von ca. 9,0 Mio €. Nach Ermittlung des Bestbieters wurden Nachträge z.B. für Varianten der Fassadendämmung eingeholt.

Die Massen entsprechen dem Stand der Ausschreibung. Die ermittelten Preise entsprechen der Wirtschaftslage zum Zeitpunkt der Ausschreibung. Veränderungen in der Preisbasis oder Veränderungen der Massen könnten nicht berücksichtigt werden. Das gilt ebenso für etwaige Abweichungen von den ausgeschriebenen Detaillösungen oder sonstigen Verteuerungen, die sich während der Bauphase ergeben haben.

Verglichen wurden jeweils die Häuser 1 (Passivhaus) bzw. 3 (Fast Passivhaus) mit dem Haus 4 als Basisvariante. Haus 4 wurde deshalb ausgewählt, weil es, obwohl annähernd doppelt so groß wie das Passivhaus, als kleinstes der Niedrigenergiehäuser am ehesten vergleichbar ist.

Bei der Erfassung der Kosten wurde eine grobe Einteilung in Leistungsgruppen vorgenommen, wobei - soweit dies sinnvoll war - einzelne Leistungsgruppen zu größeren Einheiten zusammengefasst wurden (z.B. Spengler und Schwarzdecker, Fenster und Sonnenschutz).

Die Aufteilung der Kosten für die Errichtung der allgemeinen Bereiche auf die einzelnen Häuser erfolgte über m<sup>2</sup> Nutzfläche, da alle 7 Häuser anteilig an den Kosten für Tiefgarage, Aufschließung und Außenanlagen beteiligt sind.

Die für die Gegenüberstellung herangezogenen Preise sind Nettopreise nach Abzug etwaiger Nachlässe. Allfällige Skonti sowie die gesetzliche Mehrwertsteuer wurden nicht berücksichtigt.

**Tabelle 4.1**

## Gesamtkostenzusammenstellung aller Gewerke

Gewerk	Anbotssumme nach Nachlaß, vor Steuer		
Aufzug	€ 36.932,33		
Aussenanlagen_Bau	€ 262.238,94		
Aussenanlagen_Möbl	€ 10.298,80		
Baumeisterarbeiten	€ 4.601.623,73		
Estriche, Holz und PVC-Boden	€ 419.495,71		
Spengler und Schwarzdecker	€ 329.991,27		
Fliesenleger	€ 92.720,21		
Beschilderung	€ 3.556,61		
Hausbriefanlage	€ 8.882,00		
Kellertrennwände	€ 25.424,14		
Konstruktiver Stahlbau, Schlosser	€ 556.602,76		
Holzstiegen	€ 151.933,18		
Zimmermann	€ 137.534,55		
Bautischler	€ 64.090,52		
Maler und Anstreicher	€ 155.367,95		
Fenster, Hauseingangstüren, Sonnenschutz	€ 690.884,89		
Brandschutz (Feuerlöscher)	€ 3.595,01		
Schließanlage	€ 6.822,82		
Gemeinschaftseinrichtung	€ 18.433,44		
<b>Summe</b>	<b>€ 7.576.428,85</b>	<b>ATS</b>	<b>104.253.934,0</b>
Elektro (Ausschreibung Büro Mayr)	€ 398.960,12	ATS	5.489.811,0
HKLS (Ausschreibung Büro Boyer)	€ 1.097.599,33	ATS	15.103.296,0
<b>Summe</b>	<b>€ 9.072.988,31</b>	<b>ATS</b>	<b>124.847.041,0</b>
Errichtungskosten pro m <sup>2</sup> Wohnnutzfläche	€ 1.187,37	ATS	16.339,0

In Tabelle 4.1 sind die Gesamtherstellungskosten für Haus 1 bis Haus 7 inklusive allgemeine Bereiche ausgewiesen. Ebenfalls ersichtlich sind die Nettoherstellkosten je m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche.

## Gegenüberstellung Errichtungskosten Haus 1

Im Folgenden wird ein Kostenvergleich mit Aufstellung der Mehrkosten für das Haus 1 bei einer Ausführung als Passivhaus gegenüber einer Ausführung als Niedrigenergiehaus (Basisvariante) dokumentiert. Eine Aufgliederung erfolgt in Leistungsgruppen, wobei Preisunterschiede jeweils durch die Mehrstärken an Dämmung und die daraus resultierenden Details sowie durch die Verwendung spezieller Fenster und durch teilweise aufwendigere Haustechnik entstehen.

Für die Leistungsgruppen Baumeisterarbeiten Estriche, Holz und PVC Böden sowie für Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten wurden die für Haus 1 ermittelten Massen mit den für Haus 4, also die Basisvariante, erzielten Einheitspreisen multipliziert.

Da die Passivhausfenster einen wesentlichen Bestandteil des Passivhauskonzeptes ausmachen, war ein Auspreisen der entsprechenden Fenster als Standard-Fenster nicht vorgesehen. Für Fenster, Hauseingangstüren und Sonnenschutz wurden - soweit möglich - gleiche Fensterformate verglichen. Wo dies nicht möglich war, wurde versucht, ähnliche Fensterformate heranzuziehen.

Da aufgrund der verschiedenen Ausstattung kein direkter Vergleich möglich war, wurde ein durchschnittlicher haustechnischer Mehraufwand bezogen auf die zu errichtende Wohnnutzfläche ermittelt. Als Vergleichsobjekt wurden die Haustechnikkosten für das Haus 4 herangezogen.

Wie zu erwarten war, stellt die Wärmedämmung der Außenhaut eine wesentliche Einflussgröße auf die Herstellkosten und die prozentuellen Mehrkosten dar. Dies trifft insbesondere bei Verwendung von Kork als Fassadendämmmaterial zu. Aufgrund der speziellen Förderungsvorschriften in OÖ wurde auch die Verwendung von Steinwolle für die Dämmung der Basisvariante ausgeschlossen. In weiterer Folge wurde versucht, die Gesamterrichtungskosten weiter zu reduzieren und statt Kork EPS (Expandiertes Polystyrol) zur Anwendung zu bringen. Dadurch ergibt sich eine wesentliche Veränderung zugunsten des Passivhauses. Aufgrund dieses hohen Einsparungseffektes wurden schließlich alle Häuser mit EPS gedämmt.

Diese Variante ist ganz allgemein die billigste und dadurch auch die Variante mit den geringsten Mehrkosten. Im Folgenden sind die Vergleichswerte für die Verwendung von EPS als Fassadendämmmaterial angeführt.

Tabelle 4.2. zeigt die Gegenüberstellung der Errichtungskosten für Haus 1 als Passivhaus und als Niedrigenergiehaus.

Tabelle 4.3. sind die Kosten für Heizung Lüftung und Sanitär zu entnehmen.

**Tabelle 4.2**  
**Kostenvergleich mit Aufstellung der Mehrkosten für das Haus 1**  
**bei einer Ausführung als Passivhaus(EPS) bzw. in der Basisvariante (EPS)**

Gewerk	Haus 1 als Passivhaus (EUR)	Haus 1 als Passivhaus (ATS)	Mehrkosten (EUR)	Mehrkosten (ATS)	Haus 1 als Basisvariante (EUR)	Haus 1 als Basisvariante (ATS)
Allgemeine Bereiche	15.897,38				15.897,38	
Aufzug	-				-	
Aussenanlagen_Bau	286,71				286,71	
Aussenanlagen_Möbel	-				-	
Baumeisterarbeiten	277.117,61		14.325,35	197.121,09	262.792,26	
Estriche, Holz und PVC-Boden	28.194,71		737,04	10.141,89	27.457,67	
Spengler und Schwarzdecker	30.934,72		2.849,59	39.211,18	28.085,14	
Fliesenleger	6.066,43				6.066,43	
Beschilderung	201,15				201,15	
Hausbriefanlage	700,00				700,00	
Kellertrennwände	1.278,94				1.278,94	
Konstruktiver Stahlbau, Schlosser	21.524,93				21.524,93	
Holzstiegen	14.971,74				14.971,74	
Zimmermann	9.634,40				9.634,40	
Bautschler	3.641,39				3.641,39	
Maler und Anstreicher	9.029,37				9.029,37	
Fenster, Hauseingangstüren, Sonnenschutz	76.747,08		31.249,22	429.998,63	45.497,86	
Brandschutz (Feuerlöscher)	-				-	
Schließanlage	515,70				515,70	
Gemeinschaftseinrichtung	2.633,35				2.633,35	
<b>Summe</b>	<b>499.375,60</b>	<b>6.871.558,02</b>	<b>49.161,19</b>	<b>676.472,79</b>	<b>450.214,40</b>	<b>6.195.085,23</b>
Elektro	21.075,12	290.000,00	97,25	1.338,19	20.977,87	288.661,81
HKLS	94.972,93	1.306.856,00	26.728,95	367.798,33	68.243,98	939.057,67
<b>Summe</b>	<b>615.423,65</b>	<b>8.468.414,02</b>	<b>75.987,39</b>	<b>1.045.609,31</b>	<b>539.436,26</b>	<b>7.422.804,71</b>
<b>Kosten pro m² Wohnnutzfläche</b>	<b>1.325,23</b>	<b>18.235,56</b>			<b>1.161,60</b>	<b>15.983,99</b>
<b>Mehrkosten in %</b>	<b>14,09%</b>					

**TABELLE 4.3**

**Kosten für Heizung und Lüftung**

	Haus 1 Passivhaus		Haus 4 Standardhaus	
	ATS	EURO	ATS	EURO
<b>Gesamtanbot HKLS</b>	1.306.856,00	<b>94.972,93</b>	1.610.633,00	<b>117.049,26</b>
m2 Wohnnutzfläche	464,39		862,30	
<b>Kosten je m2 Wohnnutzfläche</b>	2.814,13	<b>204,51</b>	1.867,83	<b>135,74</b>
	150,66%		100,00%	
<b>Veränderbare Leistungsgruppen</b>				
LG 01 Heizung	138.945,00	10.097,53	308.324,00	22.406,78
ULG 02.54 Luftleitungen	210.076,00	15.266,82	-	-
ULG 02.55 Entlüftung WC's Gemeinschaftsraum	-	-	-	-
ULG 02.56 Lüftein- und auslässe	314.025,00	22.821,09	239.905,00	17.434,58
<b>Summe</b>	663.046,00	<b>48.185,43</b>	548.229,00	<b>39.841,36</b>
m2 Wohnnutzfläche	464,39		862,30	
<b>Kosten je m2 Wohnnutzfläche</b>	1.427,78	<b>103,76</b>	635,78	<b>46,20</b>
Referenzwert Haus 4	635,78		635,78	
HKLS-Mehrkosten d. veränd. LG je m2 Wohnnutzfläche	792,00		-	
<b>HKLS-Mehrkosten d. veränd. LG pro Haus</b>	<b>367.798,33</b>	<b>26.728,95</b>	-	-

## Einflussgrößen

Bei einem Vergleich der Errichtungskosten des Hauses 1 als Passivhaus und als Niedrigenergiehaus, wie zuvor beschrieben, ergeben sich für die Ausführung als Passivhaus rein rechnerisch Mehrkosten von 75.987,39 €, das sind **im Vergleich zur Niedrigenergievariante 14,09 %**. An diesen Mehrkosten beteiligt sind die Positionen der Fassadendämmung, die Dämmung von Kellerdecken und Dächern, Spengler und Schwarzdeckerarbeiten, die Verwendung von Passivhaus-tauglichen Fenstern und die speziellen Kosten für die Haustechnik.

### Fassadendämmung

Aufgrund der relativ großen Massen ergeben sich wesentliche Mehrkosten für die dickeren Dämmstärken des Passivhauses.

Um die Kosten für die Fassadendämmung zu vergleichen, werden die Zahlen für die Verwendung von EPS in beiden Varianten herangezogen. Bezieht man die Mehrkosten von 14.325,35 € auf die ausschließlich für die Positionen der Fassadendämmung entstehenden Kosten von 36.983,98 € (Die Summen sind der Tabelle 4.2 „Kostenverfolgung H1 EPS - EPS“ im Anhang des Meilensteines 9 entnommen), ergeben sich 38,37 % Mehrkosten für die Fassadendämmung des Passivhauses.

### Dämmung der Kellerdecken

Weitere Verteuerungen ergeben sich hier aufgrund der höheren Dämmstärken der Decke über dem Kellergeschoß, die im Passivhaus höheren Anforderungen gerecht werden muss.

Die Mehrkosten für diese Positionen betragen 737,04 €, das sind 2,68 % der Kosten für den Fußbodenaufbau.

### Spengler und Schwarzdecker

Bei den Spengler- und Schwarzdeckerarbeiten fallen Mehrkosten für die Dämmung der Flachdächer sowie für die Verblechungen der Attika an, die aufgrund der dickeren Dämmstärken größere Zuschnittsbreiten erfordern. Die Mehrkosten für diese Position betragen 2849,59 €, das sind 10,15 %.

### Fenster

Ein wesentlicher Posten bei der Ermittlung der Mehrkosten sind die für das Passivhaus essentiellen Fenster. Die spezielle Holz-Alu-Fensterkonstruktion mit Dämmeinlagen sowie die eingesetzten Dreifach - Verglasungen bilden die wesentlichen Merkmale der verwendeten Passivhausfenster, die immerhin zu Mehrkosten von 31.249,22 € führen. Das sind 68,68 % Mehrkosten im Vergleich zu den im Niedrigenergiehaus verwendeten Fenstern.

Zu beachten ist hier allerdings, dass im Fall des Niedrigenergiehauses Kunststofffenster zum Einsatz kommen, wogegen man sich im Passivhaus für Holz - Alufenster entschieden hat. Es ist damit zu rechnen, dass bei Verwendung von Passivhaus-tauglichen Fenstern aus Kunststoff deutliche Einsparungen zu realisieren sind.

Im konkreten Fall hat man sich für Passivhausfenster in Holz - Alukonstruktion entschieden, um das natürliche und ökologische Material Holz zu verwenden und gleichzeitig eine höhere Witterungsbeständigkeit zu erreichen. Als weiteren Pluspunkt konnte der Fensterlieferant eine Zertifizierung der Fenster durch das Passivhausinstitut vorweisen.

### **Haustechnik**

Abgesehen von der größeren Kubatur, die das Haus 4 wie oben erwähnt begünstigt, lassen sich die relativ hohen Mehrkosten damit begründen, dass im konkreten Fall auf eine Heizung nicht zur Gänze verzichtet wurde.

Aufgrund der guten raumklimatischen Bedingungen kann im Passivhaus normalerweise auf Heizkörper verzichtet werden. Aus den durchgeführten CFD - Simulationen (siehe Abschnitt 2) ergab sich allerdings die Notwendigkeit in den zweigeschossigen Maisonette - Wohnungen des Hauses 1 aus Komfortgründen einen kleinen Heizkörper mit nur 350W Leistung unter den Fenstern im Wohnzimmer anzuordnen. Da also in diesem speziellen Fall nicht ganz auf eine Heizung verzichtet werden konnte, wurde auch in den Bädern statt einem eher unökologischen Elektro-Strahler ein kleiner Heizkörper installiert. Bei den meisten anderen Grundrisslösungen kann auf eine derartige Heizung verzichtet werden.

Die Haustechnikkosten für das Haus 1 ließen sich dann in absoluten Zahlen auf 84.875 € im Vergleich zu 117.668,26 € beim Niedrigenergiehaus reduzieren. Immer noch unter der Voraussetzung des kleineren Bauvolumens ließen sich die Mehrkosten für die Haustechnik im Passivhaus bezogen auf die Wohnnutzfläche somit rein rechnerisch auf 35,0 % reduzieren. (Tabelle 4.3)

## Gegenüberstellung Errichtungskosten Haus 3

Haus 3 ist von der baulichen Ausstattung dem Niedrigenergiehaus der Basisvariante gleichzusetzen. Auch die Fensterqualität entspricht der der Niedrigenergiehäuser. Mehrkosten ergeben sich hier lediglich durch die unterschiedliche Ausstattung der Haustechnik. Auch hier wurde ein Vergleichswert über den durchschnittlichen Mehraufwand bezogen auf die zu errichtende Wohnnutzfläche ermittelt.

Für die Ermittlung der Mehrkosten der Haustechnik wurde wieder Haus 4 als Vergleichsobjekt herangezogen.

Tabelle 4.4 zeigt den Kostenvergleich mit Aufstellung der Mehrkosten für Haus 3 bei der Ausführung als Fast - Passivhaus bzw. in der Basisvariante.

Ebenfalls in der Tabelle 4.4 ausgewiesen sind die **prozentuellen Mehrkosten von 7,10 %** für das Fast - Passivhaus gegenüber den Herstellungskosten desselben Hauses bei einer Ausführung als Niedrigenergiehaus, wobei die Kosten für das Niedrigenergiehaus mit 100% angesetzt wurden.

**Tabelle 4.4**  
**Kostenvergleich mit Aufstellung der Mehrkosten für das Haus 3**  
**bei einer Ausführung als Fast-Passivhaus bzw. in der Basisvariante (EPS Dämmung)**

Gewerk	Haus 3 als Fast-Passivhaus (EUR)	Haus 3 als Fast-Passivhaus (ATS)	Mehrkosten (EUR)	Mehrkosten (ATS)	Haus 3 als Basisvariante (EUR)	Haus 3 als Basisvariante (ATS)
Allgemeine Bereiche	28.079,47				28.079,47	
Aufzug	-				-	
Außenanlagen_Bau	851,42				851,42	
Außenanlagen_Möbl	-				-	
Baumeisterarbeiten (reduz. Regie LG 20)	362.039,02				362.039,02	
Estriche, Holz und PVC-Boden	52.278,18				52.278,18	
Spengler und Schwarzdecker	37.122,95				37.122,95	
Fliesenleger	10.864,47				10.864,47	
Beschilderung	336,62				336,62	
Hausbriefanlage	1.034,00				1.034,00	
Kellertrennwände	1.973,63				1.973,63	
Konstruktiver Stahlbau, Schlosser	59.351,84				59.351,84	
Holzstegen	23.766,54				23.766,54	
Zimmermann	12.995,95				12.995,95	
Bautischler	7.353,91				7.353,91	
Maler und Anstreicher	15.990,64				15.990,64	
Fenster, Hauseingangstüren, Sonnenschutz	86.242,19				86.242,19	
Brandschutz (Feuerlöscher)	239,67				239,67	
Schließanlage	819,31				819,31	
Gemeinschaftseinrichtung	2.633,35				2.633,35	
<b>Summe</b>	<b>703.973,15</b>	<b>9.686.881,73</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>703.973,15</b>	<b>9.686.881,73</b>
Elektro	38.879,97	535.000,00	1.826,85	25.138,00	37.053,12	509.862,00
HKLS	172.668,62	2.375.972,00	58.840,24	809.659,35	113.828,38	1.566.312,65
<b>Summe</b>	<b>915.521,73</b>	<b>12.597.853,73</b>	<b>60.667,09</b>	<b>834.797,35</b>	<b>854.854,65</b>	<b>11.763.056,37</b>
<b>Kosten / m² Wohnnutzfläche</b>	<b>1.116,15</b>				<b>1.042,19</b>	
<b>Mehrkosten in %</b>	<b>7,10%</b>				<b>0%</b>	

## Gegenüberstellung Passivhaus - Fast - Passivhaus

Der Vergleich der Errichtungskosten des Fast - Passivhauses und des Passivhauses bezogen auf die m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche zeigt deutlich die Abhängigkeit der Kosten von der Größe des Bauvorhabens. Insbesondere ist es das Verhältnis der Wohnnutzfläche zum Volumen und zur Oberfläche des Gebäudes. Da die verstärkte Außenwanddämmung wesentlichen Einfluss auf die Mehrkosten hat, ist eine geringere Oberfläche bei möglichst großem Volumen auch ein wesentliches Einsparungspotential.

Verglichen werden zunächst Haus 1 und Haus 3 jeweils als Basisvariante. Haus 1 hat bei Dämmung mit EPS mit einer Fläche von 464,38 m<sup>2</sup> Errichtungskosten von 1.161,60 €/m<sup>2</sup> (Tabelle 4.2). Haus 3 hat mit derselben Ausstattung Errichtungskosten von 1.042,19 €/m<sup>2</sup> bei einer Fläche von 820,25m<sup>2</sup> (Tabelle 4.4.). Das sind immerhin Mehrkosten von **11,14 % nur aufgrund des kleineren Volumens von Haus 1.**

Für die Ausführung als Niedrigenergiehaus ergeben sich für das größte Haus 7 mit 1519,94 m<sup>2</sup> sogar nur Kosten von 1016,83 €/ m<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu hat das Haus 1 nur aufgrund seiner geringeren Größe und des ungünstigeren Oberflächen – Volums-Verhältnisses sogar Mehrkosten pro m<sup>2</sup> von 14,24 %.

Unter diesem Gesichtspunkt muss auch der direkte Vergleich der Errichtungskosten des Passivhauses mit denen des Fast - Passivhauses gesehen werden. Zu berücksichtigen ist auch, dass im Passivhaus teurere Holz-Alu-Fenster zur Ausführung gekommen sind. Weitere Einsparungen sind hier aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen bei sonst gleicher Fenstergröße nur durch billigere Materialien und besonders preisgünstige Anbieter erzielbar. Aufgrund des Einsatzes der Be- und Entlüftungsanlage könnte allerdings auf einen Teil der offenbaren Fensterflügel verzichtet werden. Bei entsprechender Planung kann zumindest der Anteil der Fixverglasungselemente im Passivhaus erhöht werden, um gegenüber dem Niedrigenergiehaus Kosten einzusparen, ohne bei der notwendigen Qualität Abstriche zu machen.

Auch im Bereich der Heizung sind Einsparungen möglich, da das Passivhaus grundsätzlich ohne Heizkörper auskommt. Die Heizkörper in den Wohnräumen wurden nur aufgrund der zweigeschossigen Wohnraumverglasungen ausgeführt und können bei entsprechenden Grundrissen (keine Galerie bzw. keine zweigeschossigen Verglasungselemente) entfallen.

## 4. Resümee

Doppelter Wohlstand bei halbiertem Naturverbrauch ist die Zielrichtung für die Entwicklung neuer Produkte und Technologien für eine zukunftssichere Kreislaufwirtschaft. Diese Zielsetzung, übertragen auf den Bereich des Wohn- und Siedlungsbaus, bedeutet die Erhöhung der Wohnqualität bei gleichzeitiger Reduktion der Umweltbelastung - „Maximale Wohnqualität bei minimaler Umweltbelastung“. Das Passivhaus entspricht ideal den Anforderungen des Klimaschutzes und kann zu Recht als Leitbild für „Bauen für die Zukunft“ bezeichnet werden.

Das Bauen – und die Wiedergewinnung einer globalen Vielfalt des Bauens – orientiert sich an den unterschiedlichsten vorgegebenen äußeren Standortbedingungen, wie jene in Städten oder in ländlichen Regionen und in Kontinenten des Nordens oder Südens. Die neueste Entwicklung auf dem Gebiet des solaren Bauens - das solare Passivhaus - bedeutet einen weiteren Entwicklungsschritt und beweist die Durchführbarkeit nachhaltiger Zielsetzungen. Verbunden mit besonnten Innenräumen bietet das Passivhaus eine ideale Wohnqualität sowohl im Sommer als auch im Winter. Diese hohe Wohnqualität wird im Winter ohne Heizkörper und ohne das Öffnen von Fenstern zu Lüftungszwecken erreicht.

Mit dem Passivhaus ist die Entwicklung Energiesparhaus (50-60 kWh/m<sup>2</sup>a) – Niedrigenergiehaus (30-50 kWh/m<sup>2</sup>a) auf ihrem vorläufig logischen Höhe- und Endpunkt angelangt, der jetzt die Verfeinerung des Konzeptes zur Folge hat. Aufgrund der vielen positiven Eigenschaften nimmt die Verbreitung des Passivhauses in Deutschland und Österreich ständig zu. Durch ausgereifte und an Prototypen in der Praxis erprobte Details werden auch die Mehrkosten für das Passivhaus immer geringer werden und das Passivhaus wird in absehbarer Zeit auch immer wirtschaftlicher. Dies ist besonders dann möglich, wenn auf eine richtig konzipierte solare Stadtplanung aufgesetzt werden kann.

Eine allgemeine Entwicklung am Bausektor in Richtung Passivhaus ist derzeit vor allem im Bereich der privaten Bauträger zu erkennen. Aber auch bei den Wohnbauträgern steigt die Nachfrage nach Passivhäusern. Das Interesse an den Wohnungen des Passivhauses im gegenständlichen Projekt war erstaunlich groß. Es hätten weit mehr Wohnungen vergeben werden können, als tatsächlich errichtet wurden. Vor dem Hintergrund dieser Erfahrung kann bei weiteren Projekten eine größere Anzahl an Passivhäusern errichtet werden. Wenn diese ein besseres Oberflächen - Volums - Verhältnis aufweisen, ist auch mit immer geringeren Mehrkosten zu rechnen.

Dabei soll eingehend vor einer Entwicklung in Richtung überdimensionaler Passivhaus - Megaprojekte gewarnt werden. Der Mehrgewinn an Wohnqualität im solaren Passivhaus soll nicht durch eine Einbuße an Qualität der Wohnumgebung wettgemacht werden. Belichtung und Besonnung der Räume soll ebenso gewährleistet bleiben wie der nötige Freiraum in unmittelbarer Wohnumgebung. Schon bei der Erstellung der Bebauungspläne muss auf die Wahrung der Maßstäblichkeit geachtet werden. Der Einfluss des Oberflächen – Volums - Verhältnisses darf nicht fehlinterpretiert werden.

Einsparungen aufgrund einer größeren Dichte lassen sich nicht linear steigern. Der Maßstab der Wohnhausanlage im Projekt „einfach:wohnen“ und in der Solar City allgemein kann als Vorbild gesehen werden. Auch soziologische Begleituntersuchungen, wie sie im Abschnitt 1 beschrieben werden, sollten in diesem Zusammenhang beachtet werden.

Die in der vorliegenden Forschungsarbeit dokumentierten realistischen Mehrkosten des Passivhauses in der Höhe von etwa **ca. 14%** gegenüber dem Niedrigenergiehaus als Basisvariante sollten auch vor dem Hintergrund der nachfolgenden Überlegungen gesehen werden:

- Die den Preisangeboten zugrunde liegenden Kostenberechnungsgrundlagen wurden als Standardausschreibung erstellt, da eine öffentliche Ausschreibung durchgeführt werden musste. Spezielle Passivhaus-spezifische Positionen in den Leistungsverzeichnissen fehlen hier allerdings noch zum Teil.
- Aufgrund der öffentlichen Ausschreibung boten hauptsächlich Firmen an, die noch keine Passivhaus - Erfahrung vorweisen konnten. Somit konnte es zu Preisverzerrungen bei den angebotenen Einheitspreisen kommen.
- Das Haus 1 als Passivhaus wurde als Reihenhaus geplant und weist somit ein deutlich schlechteres Oberflächen/Volumsverhältnis auf, als mehrgeschossige Mittelgang-Haustypen, die natürlich aufgrund der geringeren Oberflächen der Außenbauteile im Verhältnis zum umbauten Volumen weitaus günstigere Bedingungen für Kosteneinsparungen in der Passivhaus-Bauweise darstellen.
- Bei Einsatz von Kunststofffenstern anstelle der eingebauten Holz-Alu-Konstruktionen wären weitere Einsparungen möglich.

Unter Beachtung der oben angeführten Punkte sind auch jene Angaben über Mehrkosten von Passivhäusern in der Höhe von **7 – 10%** zu relativieren, die in diversen Veröffentlichungen immer wieder publiziert werden.