

# Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau

Zwischenbericht

Auftragnehmer:  
Schöberl & Pöll OEG

Autoren:  
DI Helmut Schöberl, DI Stefan Hutter  
Schöberl & Pöll OEG  
Univ. Ass. DI Dr. Thomas Bednar  
TU-Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und  
Brandschutz, Fachbereich Bauphysik  
DI Christian Steininger  
Technisches Büro DI Steininger für Maschinenbau,  
Technische Gebäudeausrüstung und Energieplanung  
Univ.Lektor Arch. DI Franz Kuzmich  
DI Peter Bauer  
Werkraum ZT OEG

Wien, August 2002

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Projektstruktur / Arbeitsweise</b>	<b>6</b>
<b>1.3</b>	<b>Projektteam</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangspunkte und Planungsziele.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Internationale Projekte / Kassel / CEPHEUS</b>	<b>8</b>
<b>2.2</b>	<b>Spezifika des sozialen Wohnbaus im Passivhaus</b>	<b>9</b>
2.2.1	Definition Sozialer Wohnbau	9
2.2.2	Bewohner eines Sozialen Wohnbaues	9
2.2.3	Benutzerverhalten im Sozialen Wohnbau	9
<b>2.3</b>	<b>Planungsziele</b>	<b>11</b>
2.3.1	Bauphysikalische Performancekriterien	11
2.3.2	Zusammenfassende Ziele	17
<b>3</b>	<b>Planungsrichtlinien Demonstrationsprojekt Wien Utendorfgasse - Vorläufige Ergebnisse .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Konzept</b>	<b>18</b>
3.1.1	Übersicht	18
3.1.2	Architektonisches Konzept / Entwurf	19
3.1.3	Statisches Konzept	28
3.1.4	Haustechnisches Konzept	33
3.1.5	Nutzereinweisung	42
<b>3.2</b>	<b>Bauphysik / Haustechnik / Simulation</b>	<b>43</b>
3.2.1	Beschreibung der Gebäudemodelle	43
3.2.2	Nachweis der Kriterienerfüllung der ausgewählten Variante	46
3.2.3	Risikoanalyse bei Passivhaussystemen	47
3.2.4	Akustisches Gesamtverhalten	60
<b>3.3</b>	<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung / Wärmezufuhr</b>	<b>64</b>
3.3.1	Komponenten einer kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage	65
3.3.2	Nachheizung / Vorschläge zur optimalen Nutzung der Fernwärme	67
3.3.3	Brandschutz	67
<b>3.4</b>	<b>Warmwasserbereitung</b>	<b>68</b>
3.4.1	Untersuchung der Warmwasserbereitung und –verteilung im Geschosswohnungsbau	68
<b>3.5</b>	<b>Gebäudehülle / Dämmung / Luftdichtheit</b>	<b>72</b>
3.5.1	Vollwärmeschutzfassade	72
3.5.2	Notkamine	72
3.5.3	Schlüsseldetails	73
<b>3.6</b>	<b>Kostenanalyse</b>	<b>75</b>
3.6.1	Marktanalyse Fenster	75
3.6.2	Kostenvergleiche	82
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>83</b>
<b>5</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>86</b>
<b>5.1</b>	<b>Schema Zentraleinheit der Lüftungsanlage Projekt Utendorfgasse</b>	<b>86</b>
<b>5.2</b>	<b>Schema dezentralen Einheiten der Lüftungsanlage Projekt Utendorfgasse</b>	<b>87</b>

## Zusammenfassung

### Aufgabenstellung

Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines Baukonzepts für den Einsatz der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau. Die Anwendung und Überprüfung soll am Demonstrationsprojekt Passivwohnbau Utendorfsgasse 7 in 1140 Wien erfolgen.

### Projektstruktur

Um dem Innovationsgehalt des Projektes gerecht zu werden, wurde die Organisationsstruktur des 3 - Schalenmodells angewandt. Die 3 Schalen sind: Kernteam, erweitertes Projektteam und Experten.

### Planungsziele

Als Basis für die Zieldefinitionen werden die Spezifika des sozialen Wohnbaues genau beschrieben und entsprechende Performancekriterien definiert.

Die Ziele des Projektes sind Baukosten  $\leq 1.055,-$  Euro/m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche, Passivhausstandard und definierte Komfortkriterien.

### Vorläufige Ergebnisse – Planungsrichtlinien - Demonstrationsprojekt Utendorfsgasse Architektur und Statik

Die zwei Gebäudeteile umfassen eine Tiefgarage und 5 Geschosse (Erdgeschoss, 3 Stockwerke und Dachgeschoss) mit 39 Wohnungen mit einer Durchschnittsgröße von 73 m<sup>2</sup>.

Das konstruktive Konzept sieht einen Scheibenbau (tragende Querwände) vor. Dadurch ist bei hoher Wirtschaftlichkeit eine große Nutzungsflexibilität gegeben. Es wird darauf geachtet, den möglichen Spielraum für ein statisch nicht mittragendes Fassadensystem zu erhalten.

Die thermische Entkoppelung zwischen „kalter“ Tiefgarage und dem darrüberliegenden „warmen“ Wohnbereich erfolgt durch die Verdrehung der Scheiben um 90 Grad zwischen dem Keller- und dem Erdgeschoss. Dadurch entstehen punktförmige Aufstandspunkte, die bauphysikalisch optimiert werden.

### Haustechnik

Das Konzept der semizentralen Lüftungsanlage kommt zum Einsatz. Die Zentraleinheit der Lüftungsanlage beinhaltet die zentrale Wärmerückgewinnung, Luftfilterung, Stützventilatoren und ein elektrische Vorheizregister als Frostschutz. Als dezentrale Komponenten (pro Wohneinheit) sind das Nachheizregister und drehzahlgeregelte Ventilatoren (zur 4-stufigen Volumenstromregelung) vorgesehen.

Zum Einbringen der Zuluft in die Zuluftzonen (Schlaf-, Kinder- und Wohnzimmer) werden Weitwurfdüsen verwendet. Der Transport der Luft aus den Zuluftbereichen in die Abluftzonen erfolgt über die Überströmzonen (z.B. Flur) durch Überströmöffnungen in den Türblättern oder Fugen zwischen Türzarge und Wand. Für die Dunstabzugshaube wird ein Umluftbetrieb vorgesehen.

### Bauphysik / Haustechnik / Simulation

Die Variante einer durchlaufenden Außendämmung von 30 cm weist den geringsten Heizwärmebedarf (HWB) auf. Das Stiegenhaus ist in die thermische Hülle inkludiert. In der Grundvariante kann eine Heizlast von 10 W/m<sup>2</sup> und einem mittleren Heizwärmebedarf von 9,75 kWh/m<sup>2</sup>a bei einer resultierenden Temperatur von 22 °C erreicht werden.

Das Risiko des Einflusses von leer stehenden Wohnungen kann als unerheblich bezeichnet werden.

Anzustreben ist eine Dämmung zwischen den Wohnungen, sodass U-Werte von 0,9 W/m<sup>2</sup>K laut Wiener Bauordnung erreicht werden.

Ohne Schalldämpfer kann das maximal zulässige Restgeräusch im Wohnraum von 25 dB(A) [ÖNO01] nicht eingehalten werden. Bei Einsatz eines Schalldämpfers können Weitwurfdüsen zur Lufteinbringung im Wohnraum verwendet werden. Der Schallpegel im Wohnraum der untersuchten Wohnung wurde mit 18 dB(A) ermittelt, was unter der Grenze von 25 dB(A) liegt.

### **Kontrollierte Wohnraumlüftung / Wärmezufuhr**

Als Brandschutzmaßnahme werden Brandschutzklappen beim Übergang in die Wohneinheiten eingebaut.

### **Warmwasserbereitung**

Zur zentralen Wärmeerzeugung für Heizung und Brauchwarmwasserbereitung wird ein gemeinsamer Gasbrennwertkessel mit Brauchwarmwasserspeicher verwendet. Die Brauchwarmwasserverteilung erfolgt über die Zirkulationsleitung und Zirkulationspumpe (gesteuert über Zeitschaltuhr). Mit dem Heizungswarmwasser (Pumpenwarmwasser) erfolgt die Versorgung der dezentralen Nachheizregister.

### **Kostenanalyse**

Um die Kosten der Fenster für das Passivhaus zu optimieren, ist die Ausschreibung genau auszuarbeiten. Kostenreduktionen können beispielsweise durch Anwendung von Fixverglasungen, Verringerung der Anzahl der Fensterflügel, sowie durch Ausarbeitung eines einfachen Details für den Fenstereinbau erreicht werden. Mit allen Möglichkeiten der Kostenreduktion sind technische Probleme verbunden, die zu beachten sind. Der Einsatz von Fenstern ohne Zertifizierung durch das Passivhausinstitut kann eine wesentliche Reduktion der Fensterkosten bringen, entsprechende bauphysikalische Nachweise sind jedoch zu erbringen. Laut durchgeführter Ausschreibung kann beim Demonstrationsprojekt Utendorfgasse für Kunststofffenster ein Marktpreis von ca. 250 €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, exkl. Umsatzsteuer, für Holz-Alu-Fenster mit Zertifizierung durch das Passivhausinstitut ein Marktpreis von ca. 330 €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, exkl. Umsatzsteuer erzielt werden. Für das Demonstrationsprojekt Utendorfgasse ergeben sich für die Verwendung von passivhaustauglichen gegenüber Niedrigenergiefenstern voraussichtliche Mehrkosten von ca. 18 € je m<sup>2</sup>-Wohnnutzfläche.

Die Ausführung einer Tiefgarage verglichen gegenüber einer Bebauung mit ebenerdigen Stellplätzen führt durch die besondere Bebauungssituation zu Mehrkosten von ca. 96 Euro je m<sup>2</sup>-Wohnnutzfläche.

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

### Problemstellung

Der breite Marktdurchbruch der Passivtechnologie steht insbesondere im sozialen Wohnbau aufgrund der höheren Errichtungskosten noch immer aus.<sup>1</sup>

Der soziale Wohnbau stellt spezifische Anforderungen (Nutzer/innen, Baukosten, etc.).

Das Forschungsprojekt versucht auf beide, im Grunde miteinander verknüpfte, Probleme einzugehen. Lösungsansätze im sozialen Wohnbau hätten große Bedeutung für die Verbreitung des Passivhausstandards in allen Kategorien von Wohnbauten.

### Angestrebte Ergebnisse des Forschungsprojekts

- „Planungsrichtlinien“ für sozialen Wohnbau
- Demonstrationsprojekt
- Überarbeitung der „Planungsrichtlinien“ durch Auswertung des Demonstrationsprojekts

### Ziel des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines Baukonzepts für den generellen Einsatz der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau. Den sozialen Wohnbau definieren wir als:

- kostengünstigen Wohnbau
- Mietwohnungen
- städtischen Wohnbau (urbaner Wohnbau)
- mehrgeschossig

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen zeigen, wie der Einsatz der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau unter besonderer Berücksichtigung des Kostendrucks möglich ist. Bauträger werden die zukunftsweisende umweltschonende Passivhaustechnologie erst dann für den sozialen Wohnbau anwenden, wenn es Konzepte gibt, die kostenmäßig mit dem konventionellen Massivbau mithalten können.

### Rahmen des Forschungsprojekts

Die Typologie einer zusammenhängenden, differenzierten Gebäudestruktur, d.h. üblicher Geschosswohnungsbau, wird dem Forschungsprojekt zugrunde gelegt. Die Anwendung und Überprüfung soll am Passivwohnbau Utendorfgasse 7 in 1140 Wien erfolgen.

### Geplante Innovation des Forschungsprojekts

Niedrigste Baukosten (unter EUR 1.075,-- je m<sup>2</sup>, Ziel: EUR 1.055,-- je m<sup>2</sup>)<sup>2</sup>

Passivhausstandard (trotz niedrigster Baukosten)

Höhere Geschoszahl (Aufzug im Passivhaus)

Sozialer Wohnbau

Abgestimmte Optimierung aller Baukomponenten (Wärmetauscher, Lüftungsanlage, Speichermassen, transparente und nichttransparente Fassadenteile, Beschattung)

Integrierte Performancesimulation<sup>3</sup> (Behaglichkeit, Hygiene, Energiebedarf und Nutzungstoleranz)

---

<sup>1</sup> Der Großteil der Bauträger wird womöglich die Passivhaustechnologie erst dann im sozialen Wohnbau einsetzen, wenn die reinen Baukosten aus derzeitiger Marktsituation bei EUR 1.055,--, pro Quadratmeter Wohnnutzfläche liegen.

<sup>2</sup> Grundlage: derzeitige Marktsituation

<sup>3</sup> Rechnerische Nachbildung des gesamten Gebäudes inkl. der haustechnischen Anlage im Jahresverlauf im Gegensatz zu üblichen Einzelnachweisen (Heizlast, sommerliche Überwärmung, etc.) um eine möglichst realistischen Vergleich der Varianten zu ermöglichen.

## 1.2 Projektstruktur / Arbeitsweise

### 3-Schalenmodell

Um auf die unterschiedlichen Anforderungen im Team reagieren zu können, wird die Organisationsstruktur des 3 Schalenmodells angewandt.

1. Kernteam
2. Erweitertes Projektteam (=Kernteam + Teammitglieder)
3. Experten

Kernteam, erweitertes Projektteam und ein Pool von Experten sind je nach Arbeitsphase unterschiedlich aktiv. Hauptaufgaben werden durch das **Kernteam** erledigt.

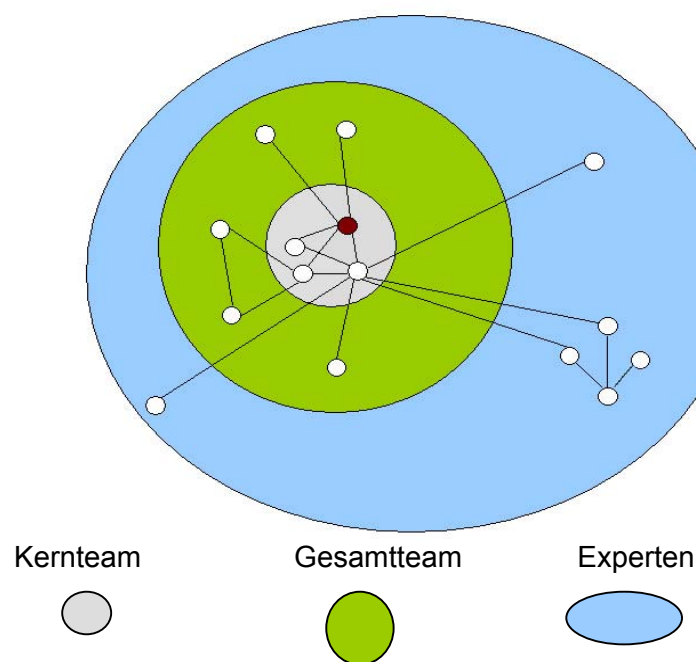


Abb. 1. 3-Schalen-Modell

### Kernteammitglieder

Im Kernteam werden die wichtigen Schlüsselfragen bearbeitet und richtungsweisende Entscheidungen getroffen, während im erweiterten Projektteam Detailfragen bearbeitet werden. Die Mitglieder des Kernteams sind für das Demonstrationsprojekt der Bauphysiker als Vertreter der Haustechniker & Bauphysiker und der Kostenplaner als Vertreter der Disziplinen Bau & Architektur.

### Teammitglieder

Teammitglieder sind die Vertreter der klassischen Fachplaner. Bei vernetzter Planung geht es allerdings nicht um die Perfektionierung des eigenen „Handwerks“, sondern um die gemeinsame Entwicklung von optimierten Lösungen. Die Teammitglieder sind die Fachplaner, beim Demonstrationsprojekt sind das Haustechniker, Architekt und Statiker.

**Experten**

Experten bringen bei innovativen Projekten das oft zusätzlich zu den ständigen Teammitglieder benötigte Fachwissen ein. Für Detailaufgaben können ebenfalls Spezialisten beauftragt werden. Beim Demonstrationsobjekt werden als Experten das erfahrene Bauphysik- und Haustechnikbüro ebök aus Deutschland und ein Hygieniker als Experte für die Beurteilung der Lüftungsanlage beigezogen.

**Projektleiter**

Der Projektleiter der Planung ist für die Umsetzung der Projektziele verantwortlich. Da bei diesem Projekt nicht die Architektur, sondern die Baukostenoptimierung und das vernetzte Planen an erster Stelle steht, wird nicht wie meistens üblich der Architekt, sondern ein Mitarbeiter aus dem Büro der Kostenplaners und Projektkoordinators als Projektleiter eingesetzt.

**1.3 Projektteam****Kernteammitglieder**

Kostenanalyse DI Helmut Schöberl, Schöberl & Pöll OEG

Bauphysik Univ. Ass. DI Dr. Thomas Bednar, TU-Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Fachbereich Bauphysik

**Teammitglieder**

Haus-/Elektrotechnik DI Christian Steininger & DI Günther Sammer, Technisches Büro DI Steininger für Maschinenbau, Technische Gebäudeausrüstung und Energieplanung

Architektur ZT Univ.Lektor Arch. DI Franz Kuzmich

Tragwerksplanung ZT DI Peter Bauer, Werkraum ZT OEG

Bauphysik DI Christian Jachan, TU-Wien, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Fachbereich Bauphysik

**Projektleiter**

Projektkoordination, DI Stefan Hutter, Schöberl & Pöll OEG

**Experten**

Haustechnik DI J. Werner, Eböck - Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR, Tübingen

Hygieniker n.n.



## 2 Ausgangspunkte und Planungsziele

### 2.1 Internationale Projekte / Kassel / CEPHEUS

Kassel Marbachshöhe ist defakto zur Zeit das einzige internationale Beispiel für die Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau welches insbesondere die Kostenvorgaben des sozialen Wohnbaus erreicht hat.

Kassel Marbachshöhe war auch Teil des CEPHEUS-Projekt. CEPHEUS - **C**ost **E**fficient **P**assiv **H**ouses as **E**Uropean **S**tandards ist ein Projekt innerhalb des Thermie-Programms der Europäischen Kommission welches 2001 abgeschlossen wurde. Im Rahmen dieses Projekts wurden 14 Passivhäuser errichtet und dokumentiert.

Nachfolgend die wichtigste Literatur über das Fachgebiet des Forschungsprojekts:

Fachinformationen des Passivhaus Instituts (PHI), insbesondere:

- Schnieders, J., Feist, W., Pfluger, R., Kah O.: CEPHEUS - Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung - Endbericht. Fachinformation PHI-2001/9, CEPHEUS Projektinformation Nr. 22, Passivhausinstitut, Darmstadt 2001
- Pfluger, R., Feist, W.: Meßtechnische Untersuchung und Auswertung - Kassel Marbachshöhe. Fachinformation PHI-2001/2, CEPHEUS Projektinformation Nr. 22, Passivhausinstitut, Darmstadt 2001
- Pfluger, R., Feist, W.: Kostengünstiger Passivhaus-Geschoßwohnungsbau in Kassel Marbachshöhe. Fachinformation PHI-2000/1, CEPHEUS Projektinformation Nr. 11, Passivhausinstitut, Darmstadt 2000
- Pfluger, R., Feist, W.: Thermographische und strömungstechnische Untersuchung des Passivhaus-Geschoßwohnungsbau - Kassel Marbachshöhe. Fachinformation PHI-2001/4, CEPHEUS Projektinformation Nr. 11, Passivhausinstitut, Darmstadt 2001
- Pfluger, R., Feist, W.: Kostengünstiger Passivhaus-Geschoßwohnungsbau in Kassel Marbachshöhe. Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Fachinformation PHI-2001/3, CEPHEUS Projektinformation Nr. 16, Passivhausinstitut, Darmstadt 2001
- Feist, W., Baffia, E., Schnieders, J., Pfluger, R.: Passivhaus Projektierungs Paket 2002. 4. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt 2002
- Fingerling, K., Feist, W., Otte, J., Pfluger, R.: Das kostengünstige mehrgeschossige Passivhaus in verdichteter Bauweise. Teil 1 bis 4. gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung F 2382, Bonn 2000
- Krapmeier, H., Feist, W.: Tagungsband der 3. Passivhaus-Tagung", Energieinstitut Vorarlberg, Passivhaus Institut, Dornbirn 1999
- Feist, W.: Tagungsband der 4. Passivhaus-Tagung, Passivhaus Dienstleistung GmbH, Kassel 2000
- Steinmann, M.: Tagungsband der 6. Europäischen Passivhaus-Tagung, Fachhochschule beider Basel, Institut für Energie, Muttenz bei Basel 2002
- Krapmeier, H., Drössler E.: CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung. Springer Verlag, Wien 2001
- Danner, M.: Wohnen in der Passivhaussiedlung Lummerlund im Neubaugebiet Hannover - Kronsberg. Abschlußbericht einer Sozialwissenschaftlichen Evaluation. U-Konzept Agentur für Umweltkommunikation e.V. beauftragt durch die Stadtwerke Hannover, Lüneburg 2001
- Passawa, R.: Die Technologie des Passivhauses im Wiener Sozialen Wohnbau, Diplomarbeit Donau Universität Krems, Wien 2001
- Korab, R., Schwarzmüller, E.: Passivhausstandard im Wiener Wohnungsneubau, Machbarkeitsuntersuchung im Auftrag der Stadt Wien, Wien 2002

## **2.2 Spezifika des sozialen Wohnbaus im Passivhaus**

### **2.2.1 Definition Sozialer Wohnbau**

Den sozialen Wohnbau definieren wir als kostengünstigen Wohnbau, Mietwohnungen, städtischen Wohnbau (urbaner Wohnbau) und mehrgeschossig.

### **2.2.2 Bewohner eines Sozialen Wohnbaues**

Unter anderem können folgende Menschen mit unterschiedlichen Bedürfnissen Bewohner eines Sozialen Wohnbaues sein: Jungfamilien, Zuwanderer, Behinderte, ältere Menschen, Arbeitslose, Alleinerzieher, Single.

Aus dem Spektrum der Nutzer ergeben sich unter anderem folgende Anforderungen: Aufgrund ihrer Einkommenssituation kann für Bewohner eine Minimierung der Ausgaben wichtig sein. Unterschiede in Gewohnheiten und Verhaltensweisen, wie z.B. Besucherverhalten sind zu beachten.

### **2.2.3 Benutzerverhalten im Sozialen Wohnbau**

#### **2.2.3.1 Belegungsdichte**

Durchschnittlich wird in Wien eine Wohnung von geschätzten 2,3 Menschen bewohnt (Quelle unbekannt).

#### **2.2.3.2 Nutzerverhalten**

Die Bewohner produzieren in Abhängigkeit ihrer körperlichen Aktivität Wärme, Feuchte und Schadstoffe. Ihre Tätigkeiten im Inneren eines Gebäudes sind weitere Quellen.

Der Nutzer regelt die Lüftung durch Öffnen und Schließen der Fenster und Türen bzw. steuert er die haustechnischen Anlagen. Er bestimmt die Sonneneinstrahlung durch das Bewegen von Verschattungseinrichtungen. Dabei ist ein unplanmäßiges Verhalten bzw. ein Fehlverhalten nicht auszuschließen.

Die Normverfahren verwenden zur Beschreibung der Situation im Inneren eines Gebäudes Standardnutzungsbedingungen, die von einem Nutzer ausgehen, der sich so verhält, wie das eine große Zahl von Bewohnern im Mittel tun würde.

Das reale Verhalten der einzelnen Nutzer kann nun mehr oder weniger vom Standardbenutzerverhalten abweichen. Der quantitative Einfluss solcher Standardabweichungen im Nutzerverhalten wird durch die Reaktionssensitivität des Gebäudesystems bestimmt. So stellt sich die Frage, ob das Fehlverhalten eines oder mehrerer Nutzer das Gesamtsystem überdurchschnittlich beansprucht, bzw. der gewünschte Passivhausstandard dadurch nicht mehr zu erreichen ist.

Untypische und extreme Nutzungen können die Bausubstanz belasten und folglich auch das Schadensrisiko erhöhen und sind daher von besonderem Interesse. Mögliche Ursachen, dass beim Betrieb eines Gebäudes extreme Verhältnisse entstehen, können sein:

- Wunsch des Nutzers nach hohen oder niedrigen Innentemperaturen
- viel Lüften
- wenig Lüften, z.B. aufgrund von Lärmbelastung bei geöffnetem Fenster
- wenig Lüften, wenig Heizen durch sparsames Verhalten, um Betriebskosten zu reduzieren
- keine Fensterlüftung außerhalb der Betriebszeiten bzw. nachts durch Hausordnung, Einbruchgefahr etc.
- Rauchen im Innenraum
- Feuchtelast durch Wäschetrockenern, Pflanzen, Aquarien,...
- Schadstofflast aus Möbel, Boden, Anstriche, Farben,...
- Schadstofflasten durch die Haltung von Tieren: Hunde, Katzen,...
- Verursachen von Lärm: Radio, Fernseher,...
- Produktion großer Feuchtelast durch Wäschetrockenern, Pflanzen, Aquarien,...  
mangelnde Reparatur und Service der Lüftungsanlage (Zugang in die Wohnung nicht gewünscht)

### 2.2.3.3 Nutzerklassenmodell

Die verschiedenen Nutzungen werden zu einem Nutzerklassenmodell zusammengefasst, das als Grundlage für die Risikoanalyse in Kapitel 3 dient.

Parameter	Klasse		
	atypisch - niedrig	normal	atypisch - hoch
Temperatur	18°C	20 bis 22 °C	24°C
Feuchteproduktion	1,5 kg/d·Person	3 kg/d·Person	4,5 kg/d·Person
Lüftungsverhalten	n = 0,3 /h	n = 0,5 /h	n = 1 /h
Schallproduktion	normal		hoch
Rauchen	nein		ja

Tab. 1. Nutzerklassenmodell

## **2.3 Planungsziele**

### **2.3.1 Bauphysikalische Performancekriterien**

In den ersten beiden Punkten des Abschnittes über bauphysikalische Kriterien sind Anforderungen an den Innenraum (Kapitel 2.3.1.1) bzw. an die Konstruktion (Kapitel 2.3.1.2) angeführt, die einzuhalten sind. Unter Kapitel 2.3.1.3 ist eine Grenze für die Errichtungskosten angegeben, die unterschritten werden soll. Die anfallenden Betriebskosten sind zu minimieren.

#### **2.3.1.1 Behaglichkeit und Gesundheit im Innenraum**

Das Raumklima wirkt auf Behaglichkeit und Gesundheit des Menschen. Gesundheit wird oft als Abwesenheit von Krankheit definiert. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine weit umfassendere Definition vorgegeben:

"Gesundheit ist nicht nur das Freisein von Krankheiten und Gebrechen, sondern der Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens". [RIE94] Die WHO hat damit auch die Behaglichkeit entsprechend gewichtet.

Ein Raumklima zu erzeugen, das Behaglichkeit und Gesundheit für alle sichert, ist aufgrund der großen individuellen Streuung in der Empfindung der Einzelnen schwierig. Von Interesse sind alle Parameter, die Einfluss auf Wohlbefinden und Gesundheit des Menschen haben.

##### **2.3.1.1.1 Raumluftqualität**

Der Raumnutzer hat zwei Forderungen an die Raumluft. Einerseits soll die Luft als frisch und angenehm und nicht abgestanden und muffig empfunden werden. Zum anderen darf das Einatmen der Luft kein Gesundheitsrisiko darstellen. [REC00]

#### **Luftverunreinigungen**

Hauptsächlich entstehen Luftverunreinigungen durch die Benutzung der Räume, durch Geräte, Einrichtungen, durch haustechnische Anlagen und durch Eintrag von Außen. Die Zuluft soll Außenluftqualität aufweisen, sofern diese nicht durch außergewöhnliche Belastungen verunreinigt ist.

Die maximal zulässige Konzentration gesundheitsschädlicher Stoffe ist in der MAK-Liste (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration), die sich auf eine Expositionszeit im Regelfall von 8 h bezieht, festgehalten. In der ÖNORM H 6000-3 sind die Grenzwerte in Wohnräumen mit 10 % der MAK-Werte angegeben. [ÖNO89]

#### **Luftwechsel**

Aufenthaltsräume sind ausreichend zu belüften, um eine ausreichende Versorgung mit Frischluft sicherzustellen, und die unerwünschten Beimengungen in der Raumluft zu entfernen.

### Personenbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom

Bei Räumen, die vorwiegend zum Aufenthalt von Personen bestimmt sind, stellt das Kohlendioxid eine Luftverunreinigung dar, die proportional zur Raumbesetzung ist. ÖNORM H 6000-3 benutzt die CO<sub>2</sub>-Konzentration zur Bemessung der hygienischen Luftwechselrate. In Wohnräumen mit Rauchverbot ergeben sich bei einem CO<sub>2</sub>-Volumenanteil in der Außenluft von 350 ppm (parts per million, entspricht Milliliter je Kubikmeter) und bei einer zulässigen CO<sub>2</sub>-Konzentration in Räumen von 1000 ppm folgende Anforderungen in Abhängigkeit von der Gesamtwärmeabgabe:

Aktivitätsniveau	Gesamtwärmeabgabe in W	Mindest-Außenluft- Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h
ruhig sitzen (z.B. lesen)	100	ca. 20
leichte manuelle Arbeit im Sitzen	120	ca. 30
leichte manuelle Arbeit im Stehen	150	ca. 35
mittelschwere Arbeit	200	ca. 45

Tab. 2. Personenbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom in Abhängigkeit von der Gesamtwärmeabgabe [ÖNORM 89]

Um in Räumen mit Raucherlaubnis die gleichen hygienischen Verhältnisse herzustellen, ist der 6fache Mindest-Außenluftvolumenstrom erforderlich.

[ÖNORM 83] verlangt für die Mindestdauerlüftung einen Luftwechsel von  $\geq 0,5$  /h in Wohnräumen. Als Grundlüftung in Küchen sind  $\geq 0,5$  m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> und in Bädern und WCs sind  $\geq 0,4$  m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> gefordert, wobei diese Werte auf die Nettogrundrissfläche der gesamten Wohnung bezogen sind. Die erforderliche Betriebslüftung wird für die Küche mit 120 m<sup>3</sup>/h, für das Bad mit 70 m<sup>3</sup>/h und für das WC mit 50 m<sup>3</sup>/h festgelegt.

#### 2.3.1.1.2 Thermisch-hygrische Komfortkriterien

##### Oberflächentemperaturen

Die Körperoberfläche des Menschen steht im Strahlungsaustausch mit den Oberflächen seiner Umgebung. Zu große Unterschiede der Umschließungsoberflächentemperaturen, insbesondere zwischen Fenster und Innenwände, sind zu vermeiden. In [FEI98] wird die Behaglichkeitsgrenze von Strahlungstemperatur-Asymmetrien mit 2,5 K angegeben.

Die mittlere Strahlungstemperatur wird als diejenige Temperatur aller umgebenden Flächen definiert, die denselben Strahlungswärmeaustausch hervorrufen, wie die tatsächlich unterschiedlichen Oberflächentemperaturen. [RIE94]

##### Raumlufttemperatur

Die Raumlufttemperatur ist die mit einem strahlungsgeschützten Thermometer gemessene Temperatur der Luft. Die Körperoberfläche des Menschen steht im konvektiven Wärmeaustausch mit der Raumluft. Wird die Frischluftversorgung über eine Lüftungsanlage vorgenommen, muss die Zulufttemperatur über 16,5 °C und unter 50 °C liegen. [FEI99a]

##### Empfundene Temperatur

Die empfundene oder operative Temperatur berücksichtigt die Raumlufttemperatur, die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung und die kurzweilige Strahlung. Durch kurzweilige Strahlung, z.B. Sonnenstrahlung, erhöht sich die empfundene Temperatur des Menschen. Sie hat unmittelbare Wirkung auf den Wärmehaushalt des Menschen und ist maßgebend für dessen thermische Behaglichkeit.

Zeitliche und örtliche Schwankungen in der empfundenen Temperatur sollten möglichst gering sein. Je weniger die Lufttemperatur und die Temperatur der Umschließungsflächen voneinander abweichen und je mehr sie sich dem Mittelwert von 20 bis 22 °C nähern, desto

gleichmäßiger ist die Entwärmung des Menschen. Der Unterschied Lufttemperatur zu Temperatur der Umfassungsflächen darf maximal 3°C betragen. [REC00] Bei zu großen Unterschieden kommt es zu Zegerscheinungen. Nach DIN ISO 7730 muss die Temperaturdifferenz zwischen 1,1 m und 0,1 m über dem Boden kleiner 3 K sein.

Die untere Grenze des Komfortbereiches für Wohnräume liegt bei 20 °C. Der Überwärmungsbeginn, ab dem die Behaglichkeit beeinträchtigt wird, ist in der Literatur, z.B. [KEL97], mit 26 °C angegeben. DIN ISO 7730 empfiehlt Raumtemperaturen bei leichter sitzender Tätigkeit in der Heizperiode von  $22 \pm 2$  °C und in der Kühlperiode von 23 bis 26 °C. [DIN95] Für Aufenthaltsräume in Wohnungen soll die Raumtemperatur bei ca. 20 - 22 °C liegen. Im Bad wird oft eine etwas höhere und im Schlafraum eine etwas niedrigere Temperatur gewünscht.

### Luftgeschwindigkeit

DIN ISO 7730 empfiehlt eine mittlere Luftgeschwindigkeit bei leichter sitzender Tätigkeit in der Heizperiode von unter 0,15 m/s und in der Kühlperiode unter 0,25 m/s. [DIN95]

### Luftfeuchtigkeit

Aus hygienischen Gründen sollen 80 % nicht überschritten werden. Ab dieser Grenze wird das Wachstum der Hausstaubmilbe und von Schimmelpilz stark begünstigt.

Für raumlufttechnische Anlagen mit Feuchteregelung werden in ÖNORM H 6000-3 die Grenzen der Raumlufffeuchtigkeit wie folgt festgelegt: [ÖNO89]

- obere Grenze: 65 % relative Luftfeuchtigkeit
- untere Grenze: 35 % relative Luftfeuchtigkeit

#### 2.3.1.1.3 Schallschutzanforderungen an Bauteile

Zu erfüllende Anforderungen an den Schallschutz sind in der Wiener Bauordnung (siehe auch Anhang) und in der ÖNORM B 8115-2, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Anforderungen an den Schallschutz, definiert.

#### 2.3.1.1.4 Schallschutz von Anlagen

Um die Behaglichkeit des Nutzers nicht einzuschränken, sind bei haustechnischen Anlagen Schallschutzanforderungen an das Gerät und an dessen Leitungen zu stellen. [ÖNO01] gibt folgende Werte für die Einhaltung des Mindestschallschutzes beim Betrieb von haustechnischen Anlagen und Toren vor:

Betrieb	Anlagengeräuschpegel $L_{AFmax,nT}$ ( in dB)
bei einem gleich bleibenden oder intermittierenden Geräusch (z.B. Heizanlage, Pumpe)	25
bei einem kurzzeitig schwankenden Geräusch (z.B. Aufzug, WC-Spülung)	25

Tab. 3. Mindestschallschutzes beim Betrieb von haustechnischen Anlagen nach ÖNORM B 8115-2

Im Aufstellraum des Gerätes mit einer Absorptionsfläche von 4 m<sup>2</sup> hat der Schalldruckpegel unter 35 dB(A) zu liegen. Der durch haustechnische Geräte und Leitungen verursachte Schalldruckpegel muss in Wohnräumen unter 25 dB(A). [FEI99a]

## 2.3.1.2 Konstruktion und Haustechnik

### 2.3.1.2.1 Passivhausqualität der Hülle

Die thermische Hülle der warmen Zone muss ununterbrochen eine Dämmstärke von größer 25 cm aufweisen. [FEI99b] Das entspricht einem U-Wert der opaken Hüllkonstruktion von kleiner  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Das Dämmniveau von Dachkonstruktionen ist meist höher. In der Dämmebene sind Hohlräumen zu vermeiden, da sie den Wärmeverlust durch konvektiven Wärmetransport erhöhen. [FEI99] Die verwendeten Konstruktionen sind wärmebrückenfrei zu halten. Lineare Wärmebrücken gelten als wärmebrückenfrei, wenn deren Verlustkoeffizienten  $\psi$  kleiner  $0,01 \text{ W/mK}$  ist. [FEI99b]

Passivhaustaugliche Fenster sollen einen effektiven Wärmeverlustkoeffizienten  $U_{\text{Ges}}$  von kleiner  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  und einen Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  bei senkrechter Einstrahlung von größer  $0,5$  aufweisen. [FEI00]

### 2.3.1.2.2 Luftdichtheit

Unter Luftdichtheit wird die Verhinderung von konvektiven Strömungen in Richtung des Dampfdruckgefälles verstanden, also das Eindringen von Luft in Bauteile von innen nach außen oder gegebenenfalls umgekehrt. Luftdichtheitsebenen werden in der Regel auf der Innenseite von Außenbauteilen angeordnet.

Die Luftdichtheit ist durch eine geschlossene Hülle mit geeigneten, altersbeständigen Materialien herzustellen. Besonderes Augenmerk ist auf die Ausführung von Anschlusspunkten unterschiedlicher Konstruktionen, Fenster- und Außentüren zu legen. [FEI99] Zulässige Durchstoßpunkte sind die Leitungen der Lüftungsanlage, die Wasserzu- und Ableitung und die Stromzufuhr. Die Prüfung der erforderlichen Ausführungsqualität erfolgt mit einer Blower Door Messung. Der zulässige Luftwechsel  $n_{50}$  bei der Druckdifferenz zwischen Innenraum und Außenbereich von  $50 \text{ Pa}$  muss unter der Grenze von  $0,60 /\text{h}$  liegen. [FEI00]

### 2.3.1.2.3 Energieverbrauch

Die Heizlast eines Passivhauses muss unter  $10 \text{ W/m}^2$  liegen, um die Zufuhr der benötigten Heizenergie über die Luft zu ermöglichen. Unter dieser Grenze kann auf ein konventionelles Heizsystem verzichtet werden. Der Heizwärmebedarf wird mit  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  limitiert. Der Primärenergieverbrauch, inklusive Haushaltsverbrauch und Warmwasserbereitung, soll unter  $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  liegen. [FEI00]

### 2.3.1.2.4 Haustechnik

An das Zentralgerät mit Wärmerückgewinnung einer Lüftungsanlage werden in [FEI98a] folgende Anforderungen gestellt:

- Rückwärmezahl  $> 80\%$
- elektrische Leistungsaufnahme  $< 0,4 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
- Jahresarbeitszahl  $> 10$
- Gute Wärmedämmung des Gehäuses
- Leichte Zugänglichkeit zu Gehäuse, Filter, Lüfter und Wärmetauscher zwecks Inspektion, Reinigung und Wartung

### 2.3.1.3 Kosten

#### 2.3.1.3.1 Errichtungskosten

Die reinen Baukosten sind unter dem kritischen Kostenlimit für den sozialen Wohnbau von 1055 €/m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche exkl. Ust. und ohne Nebenkosten wie Planung (Preisbasis 2001) zu halten.

#### 2.3.1.3.2 Betriebskosten

Zum Variantenvergleich werden die durch die Passivbauweise beeinflussten laufenden Kosten herangezogen. Diese sind:

- Heizkosten
- Stromkosten für den Betrieb der Lüftungsanlage
- Kosten für die Warmwasserbereitung
- Wartungskosten für Filterwechsel und Reinigung etc.

Das Ziel ist, die Aufwendungen zur Beheizung zu optimieren. Weitere laufende Kosten, die aus dem Betrieb der Wohnungen erwachsen, sollen unter dem Niveau einer Standardwohnung zu liegen.

### 2.3.1.4 Zusammenfassung der Performancekriterien

#### 2.3.1.4.1 Zusammenfassung der Anforderungen an den Innenraum

Kriterium	günstiger Bereich	Quelle
Mindest-Außenluftvolumenstrom	> 30 m <sup>3</sup> /h bei leichte manuelle Arbeit im Sitzen	ÖNORM H 6000-3
Mindestdauerlüftung	≥ 0,5 /h in Wohnräumen	ÖNORM M 7636
Empfundene Temperatur	> 20°C und < 26 °C	DIN ISO 7730
Luftgeschwindigkeit	< 0,15 m/s in Kühlperiode < 0,25 m/s in Heizperiode	DIN ISO 7730
relative Luftfeuchtigkeit	> 35 % und < 65 %	ÖNORM H 6000-3
Schallschutzanforderungen an Bauteile	Bauordnungen und ÖNORM B 8115-2	Bauordnungen ÖNORM B 8115-2
Schallschutz von Anlagen	< 25 dB(A)	ÖNORM B 8115-2

Tab. 4. Anforderungen an den Innenraum



### Zusammenfassung der Anforderungen an die Hüllkonstruktion und an die Haustechnik

Kriterium	günstiger Bereich	Quelle
Hüllkonstruktion	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	[FEI99b]
lineare Wärmebrücken	$\psi < 0,01 \text{ W/mK}$	[FEI99b]
Fensterkonstruktion	$U_{w,eff} < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	[FEI00]
Gesamtenergiedurchlassgrad	$g > 0,5$	[FEI00]
Luftdichtheit	$n_{50} < 0,60 \text{ 1/h}$	[FEI00]
Heizlast	$< 10 \text{ W/m}^2$	[FEI00]
Heizwärmebedarf	$< 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	[FEI00]
Primärenergieverbrauch	$< 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	[FEI00]
Zentralgerät der Lüftungsanlagen	Rückwärmezahl $> 80\%$ el. Leistungsaufnahme $< 0,4 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ Jahresarbeitszahl $> 10$	[FEI98a]

Tab. 5. Anforderungen an die Hüllkonstruktion

### Zusammenfassung der Anforderungen an die Kosten

Kriterium	günstiger Bereich
Errichtungskosten	$< 1055 \text{ €/m}^2$ Wohnnutzfläche exkl. Ust. (Preisbasis 2001)
Betriebskosten	$< \text{Niveau einer Standardwohnung, Heizkosten optimieren}$

Tab. 6. Anforderungen an die Kosten

### 2.3.2 Zusammenfassende Ziele

Im Zuge der Vorbereitungen und des Start-Up Treffen wurden die folgenden Ziele mit allen Projektpartnern gemeinsam festgelegt.

#### 1. Baukosten $\leq 1.055,-$ Euro/m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche

Gesamtbaukosten laut ÖN B1801 -1<sup>4</sup>

#### 2. Passivhausstandard<sup>5</sup>

Heizwärmebedarf <sup>6</sup>	$\leq 15$ kWh/m <sup>2</sup> a
Luftdichtheit n <sub>50</sub>	$\leq 0,6$ /h
Heizlast	$\leq 10$ W/m <sup>2</sup>
Primärenergiebedarf <sup>7</sup>	$\leq 120$ kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### 3. Umsetzung

Umsetzung der Forschungsergebnisse durch das Team in Planungsprojekten  
Standortspezifisches Konzept in Entwurfsqualität  
Grundsätzliche Lösung und Darstellung aller Schlüsseldetails

#### 4. Komfort (Die genaue Spezifikation der Komfortziele erfolgt im Laufe des

Forschungsprojekts) vgl. hierzu Kapitel 2.3.1 Bauphysikalische Performancekriterien

Akustik Schlafbereich Vorschlag: "unhörbaren" Betrieb

Akustik Aufenthaltsräume Vorschlag:  $\leq 30$  dB

Hygiene<sup>8</sup> Vorschlag:  $\leq$  als in der Außenluft

Luftfeuchtigkeit<sup>5,9</sup> Vorschlag:  $\geq 30$  %

Luftgeschwindigkeit laut ÖNORM  $\leq 0,25$  m/s

Nutzungstoleranz

<sup>4</sup> (also ohne Honorare und Nebenkosten und exkl. USt.)

<sup>5</sup> Gemäß ÖNORM B 8110-5 (im Entwurf befindlich)

<sup>6</sup> Wird wahrscheinlich vom AEE INTEC (Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie/Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf) nach Fertigstellung gemessen.

<sup>7</sup> Gemessen wird der Endenergiebedarf. Bewertet soll der Primärenergiebedarf werden. Zusätzlich wird der Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser gemessen [ $\leq 42$  kWh/(m<sup>2</sup>a)].

<sup>8</sup> Keine mikrobielle Verunreinigungen, die zu einer Belastung der Zuluft bzw. der Raumluft führen (Schimmelpilze insbesondere Cladosporium, Bakterien insbesondere gram-positive Stäbchen und gram-positive Kokken).

<sup>9</sup> Darüber hinaus werden Lufttemperatur und eventuell im Schlafbereich die CO<sub>2</sub>-Belastung gemessen

### 3 Planungsrichtlinien Demonstrationsprojekt Wien Utendorfasse - Vorläufige Ergebnisse

#### 3.1 Konzept

##### 3.1.1 Übersicht

 <p>PERSPEKTIVE SDFASSADE</p>	<p><b>Sozialer Wohnbau 1014 Wien, Utendorfasse 7</b> 39 Wohneinheiten mit Tiefgarage, Lift und Loggien, bzw. Mietergärten</p> <p><b>Bauträger:</b> Heimat Österreich, Dir. DI Haertl, Salzburg</p> <p><b>Generalplanung:</b> Schöberl &amp; Pöll OEG Wien, DI Schöberl</p> <p><b>Bauphysik:</b> Inst. Bauphysik TU Wien, Dr. Bednar</p> <p><b>Architektur:</b> Arch. Kuzmich, Wien</p> <p><b>Haus- und Elektrotechnik:</b> TB Steininger Wien, DI Steininger</p> <p><b>Tragwerksplanung:</b> Werkraum Wien, DI Bauer</p>
<p><b>U-Werte geplant:</b> Außenwand ca. 0,13 W/(m<sup>2</sup>K) Kellerdecke ca. 0,14 W/(m<sup>2</sup>K) Dach ca. 0,10 W/(m<sup>2</sup>K) Fenster gesamt 0,8 – 0,9 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p><b>Energiekennzahlen (vorläufige Ergebnisse):</b> Heizlast 10 W/m<sup>2</sup> Mittlerer Heizwärmebedarf 9,75 kWh/m<sup>2</sup>.a Resultierende Temperatur 22°C</p> <p><b>Nachweis der Energiekennzahlen:</b> Gebäude- und Anlagensimulation</p> <p><b>Baukosten geplant (laut ÖNORM B 1801-1):</b> Bauwerkskosten (Rohbau+Technik+Ausbau): ca. 1.055,- €/m<sup>2</sup>-WNF</p> <p><b>Fertigstellung geplant:</b> Anfang 2006</p>	<p><b>Konstruktion:</b> Scheiben/Decken-Massivbauweise statisch nicht mittragendes Fassadensystem</p> <p><b>Heizung, Lüftung, Warmwasser:</b> Semizentrale Lüftungsanlage: zentrale WRG, Luftfilterung, Stützventilatoren und elektrischem Vorheizregister als Frostschutz dezentrale (pro Wohneinheit) Nachheizregister und drehzahlgeregelte Ventilatoren (4-stufige Volumenstromregelung)</p> <p>Wärmerzeugung für Heizung und Warmwasserbereitung in gemeinsamen Gasbrennwertkessel mit Brauchwarmwasserspeicher.</p> <p>Versorgung des Nachheizregisters über Pumpenwarmwasser.</p> <p>Brauchwarmwasserverteilung mit Zirkulationsleitung und Zirkulationspumpe (gesteuert über Zeitschaltuhr).</p>

## **3.1.2 Architektonisches Konzept / Entwurf**

### **3.1.2.1 Grundsätzliche städtebauliche Problemstellung**

Die baustrukturelle Prämisse von Passivhäusern, nämlich optimale Kompaktheit (optimales Verhältnis Volumen/Oberfläche) bedeutet zunächst ein möglichst ausgewogenes Verhältnis von Gebäudelänge, Gebäudetiefe und Gebäudehöhe.

In innerstädtischen Gebieten ist jedoch die Bebauungsstruktur meist schon durch den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan festgelegt. Vorgegeben ist darin die zulässige Höhe, die (maximale) Trakttiefe und meist durch die Blockstruktur die Orientierung der Baukörper. Die Trakttiefe beträgt in Wien im Regelfall 12-15 m, kann aber bis 20 m reichen.

Trakttiefe und Orientierung haben großen Einfluss auf die Wohnungsgrundrisse, insbesondere bei den im sozialen Wohnungsbau üblichen kleinen Wohnungen (Durchschnittsgröße 3-Zimmer-Wohnung 75 m<sup>2</sup>). Je tiefer die Wohnungen, desto schmaler müssen sie bei gleichbleibender Größe sein, wobei die minimale Breite einer Wohnung auch durch die erforderliche Anzahl der außenliegenden (zu belichtenden) Zimmer bestimmt wird. Sie kann bei zweiseitig orientierten 3-Zimmer-Wohnungen kaum unter 5 m betragen (was wiederum bei 75 m<sup>2</sup> Nutzfläche eine maximale Trakttiefe von 15 m bedeutet).

### **3.1.2.2 Projekt Utendorfsgasse**

Das gegenständliche Grundstück Utendorfsgasse 7 in Wien 14., hat eine Fläche von 2.593m<sup>2</sup>. Auf der Westseite schließt eine geschlossene Blockrandbebauung an. Der bisherige Flächenwidmungs- und Bebauungsplan (aufgehoben durch eine Bausperre) sah eine geschlossene winkelförmige Bebauung, die Bauklasse II (zulässige Höhe 12 m) und eine Trakttiefe von 15 vor.

Die Bauform erschien weder städtebaulich noch für das Passivhausprojekt ideal. Unter Berücksichtigung der angrenzenden Feuermauern, der unmittelbar gegenüber der Lindheimgasse im Süden verlaufenden Westbahntrasse und Stadtausfahrt zur Westautobahn wurden mehrere Bebauungsvarianten überlegt (siehe Abb. 3). Im Einvernehmen mit der MA 21 wurde schließlich die Variante 3 zur weiteren Bearbeitung ausgewählt, die bei der Neufestsetzung des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes berücksichtigt werden soll.

Der jetzige Entwurf sieht zwei fast parallele, west-ost-verlaufende Baukörper vor, die an die bestehenden Feuermauern der benachbarten Häuser anschließen. Die Trakttiefe beträgt 13,90 m. Der nördliche, an der Utendorfsgasse liegende Baukörper ist ca. 40 m lang, der südliche Baukörper an der Lindheimgasse 20 m. Alle Wohnungen haben südseitige Fenster und Balkone (im Dachgeschoss Terrassen).

Die Gebäude umfassen ein Erdgeschoss, 3 Stockwerke und ein Terrassengeschoss.

Die Erschließung des nördlichen Baukörpers erfolgt durch 2 nordseitig gelegene Stiegenhäuser, die des südlichen Baukörpers durch ein Stiegenhaus. Damit werden durchgehende (querdurchlüftete) Wohnungsgrundrisse möglich.

Die Erschließung durch Einzelstiegenhäuser hat auch Vorteile bei der Führung der vertikalen Lüftungsleitungen (Zugänglichkeit vom Stiegenhaus, kurze Wege zu den angeschlossenen Wohnungen).

Das konstruktive Konzept sieht einen Scheibenbau (tragende Querwände) vor. Dadurch ist bei hoher Wirtschaftlichkeit eine große Nutzungsflexibilität gegeben.

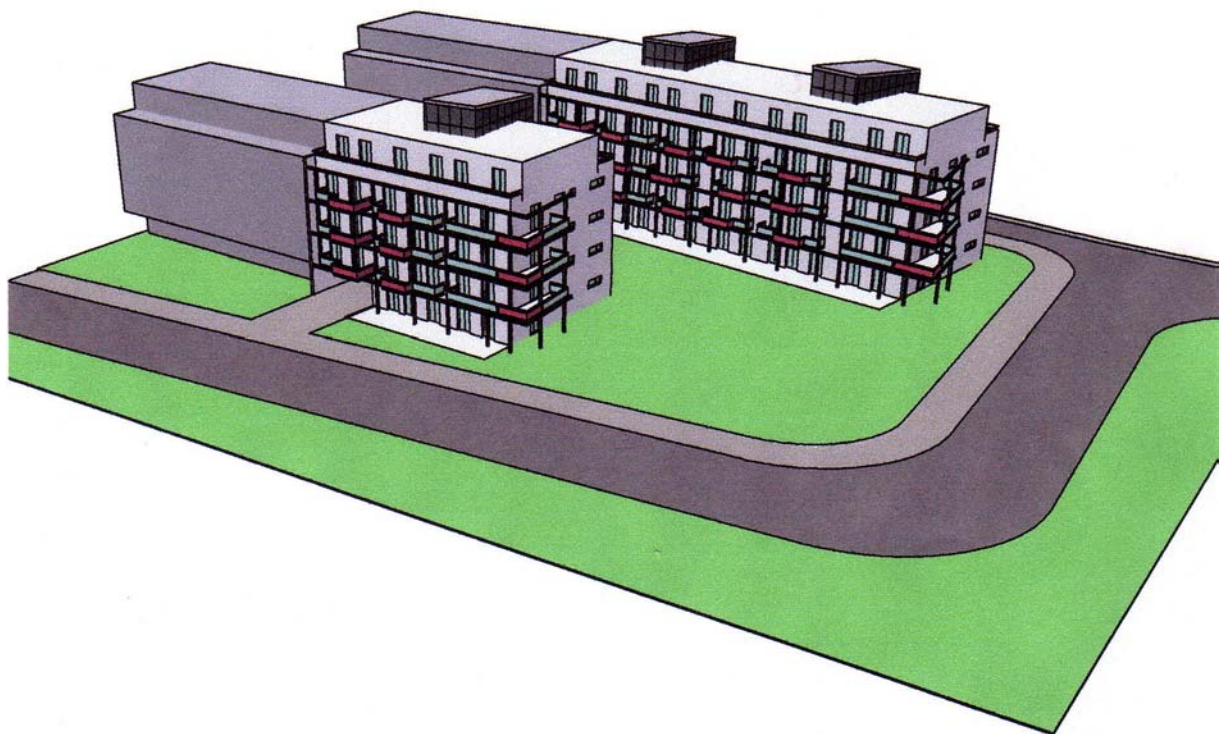
Diese ermöglicht unterschiedliche Wohnungsgrößen und Grundrisslösungen. Im Rahmen des Forschungsprojektes und in Hinblick auf die spätere Umsetzung wurden folgende Annahmen getroffen:

- 14 2-Zimmer-Wohnungen (2 Personen)
- 21 3-Zimmer-Wohnungen (3-4 Personen)
- 4 4-Zimmer-Wohnungen (4-5 Personen)

Insgesamt gibt es 39 Wohnungen mit einer Durchschnittsgröße von 73 m<sup>2</sup>.

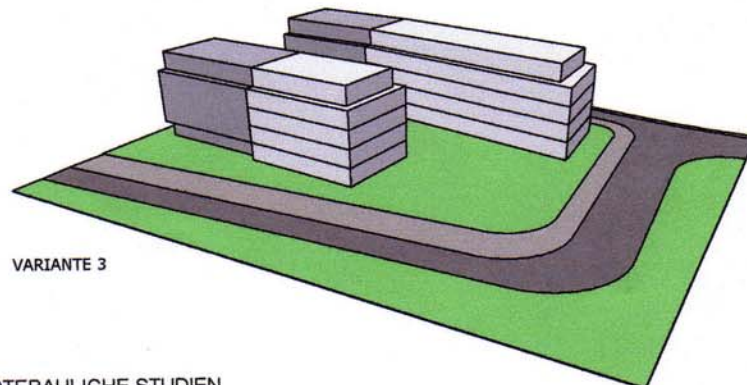
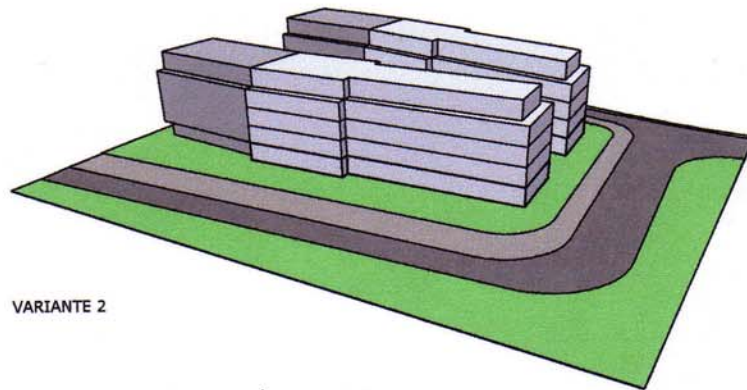
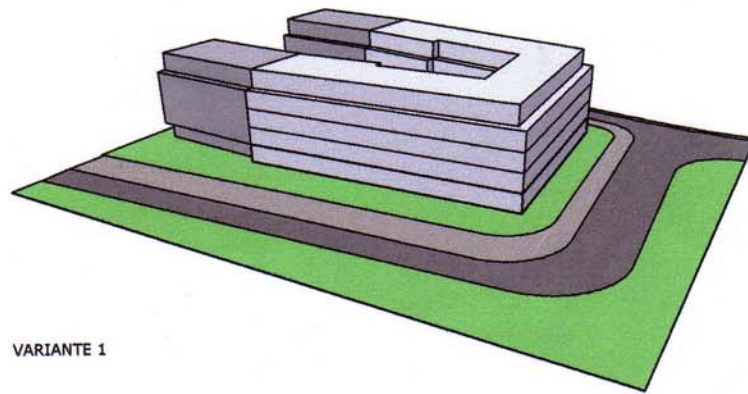
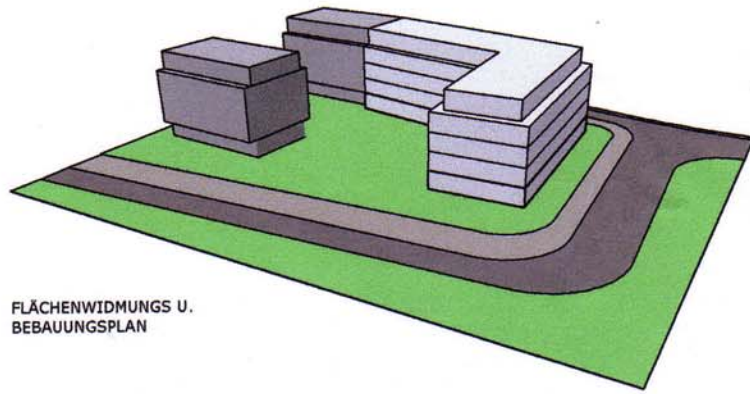
Während die nordseitigen Fassaden geschlossen sind und kleine Fensteröffnungen haben, ist vor den südseitigen Fassaden eine Zone mit Balkonen/Loggien vorgesehen, die thermisch vom Gebäude getrennt ist.

Die erforderlichen Pflichtstellplätze werden unterirdisch in einer Tiefgarage untergebracht.



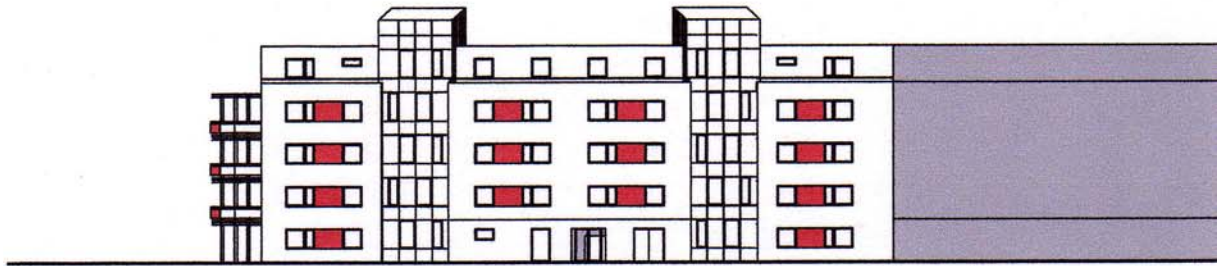
PERSPEKTIVE SÜDFASSADE

**Abb. 2.** Demonstrationsprojekt Utendorfgasse - Perspektive

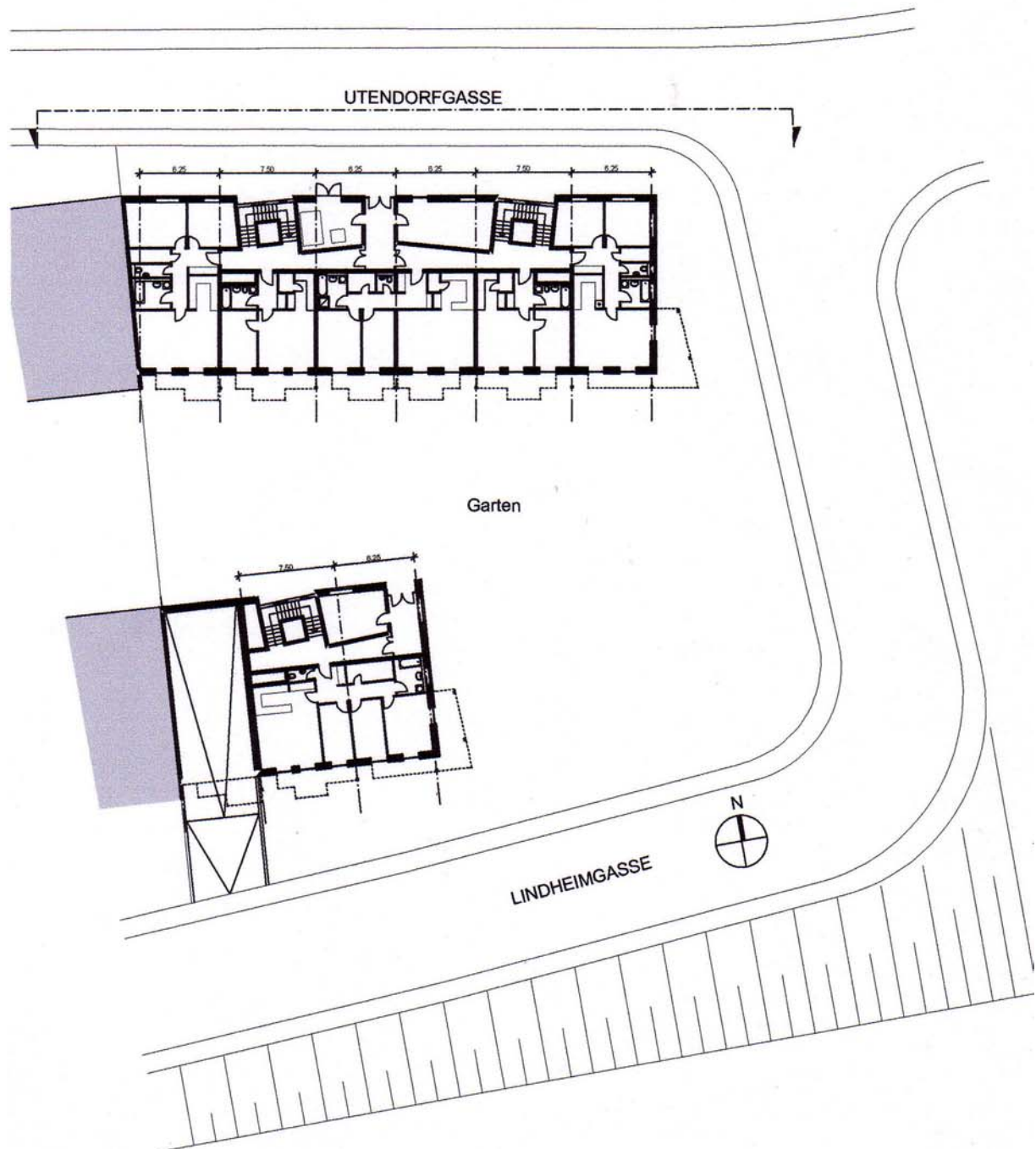


PERSPEKTIVEN STÄDTEBAULICHE STUDIEN

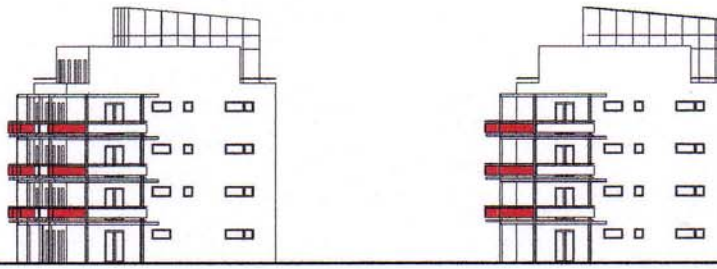
Abb. 3. Demonstrationsprojekt Utendorfgasse - Bebauungsvarianten



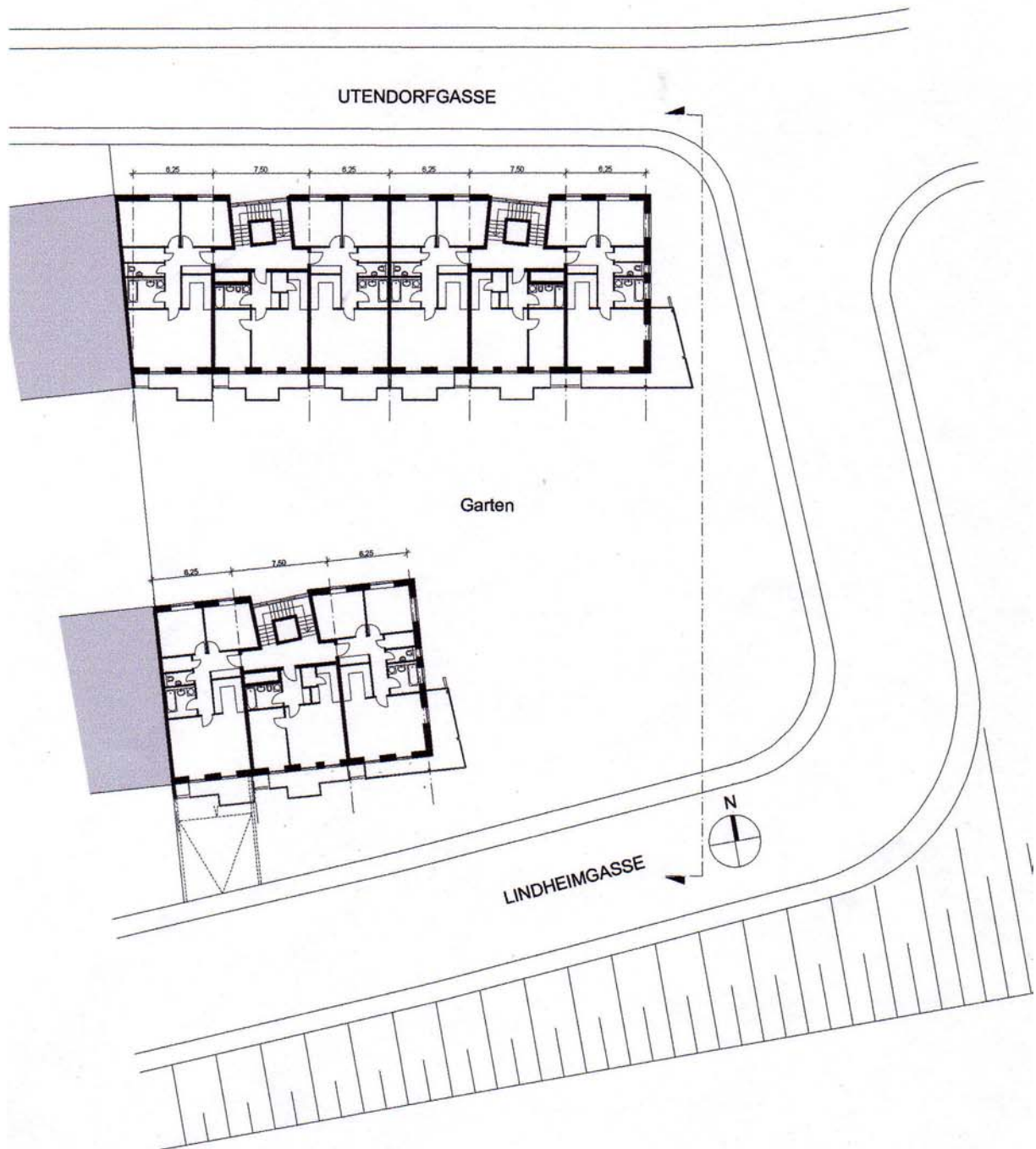
ANSICHT NORD M 1 : 500



GRUNDRISS ERDGESCHOSS M 1 : 500



ANSICHT OST M 1 : 500

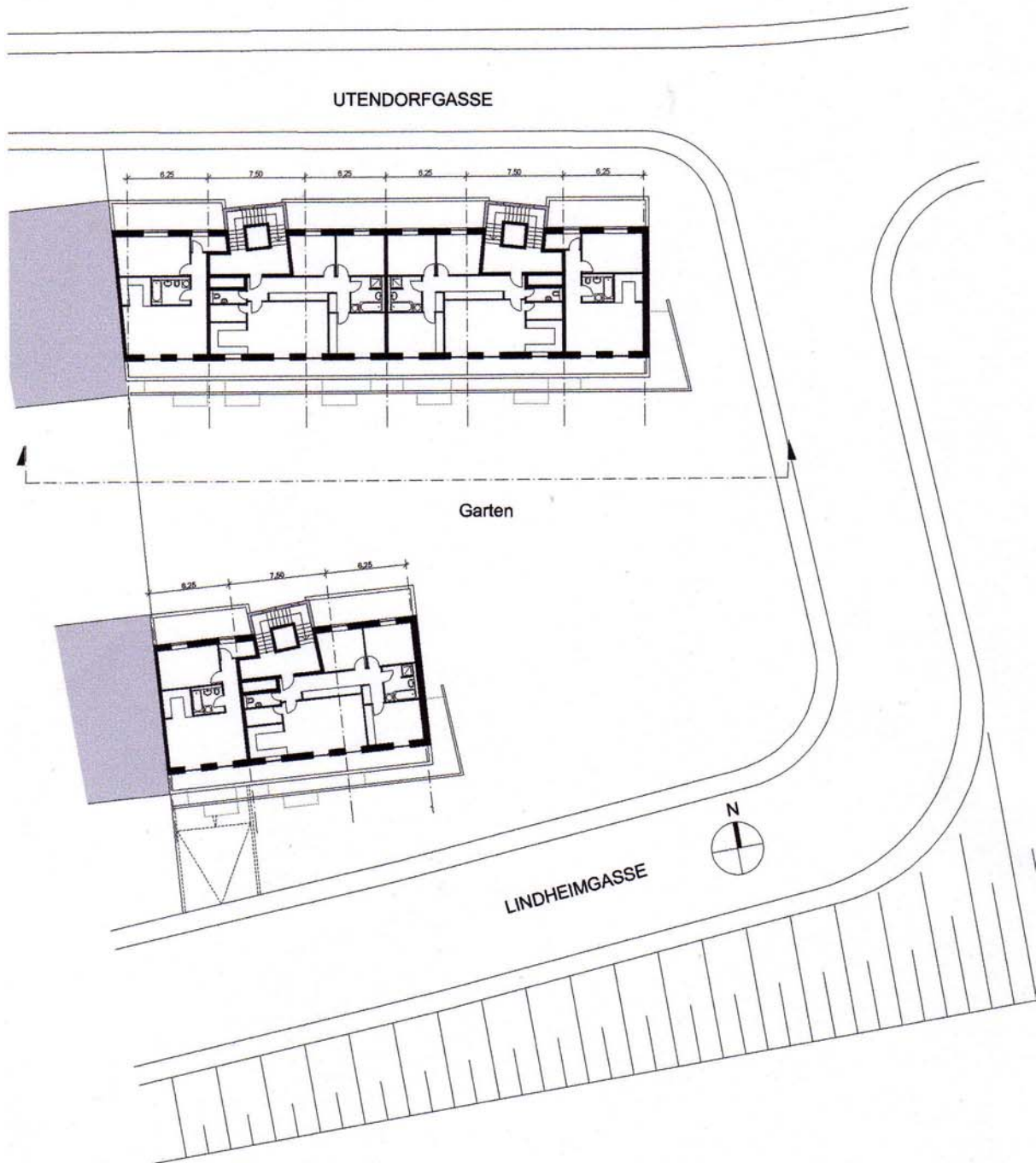


GRUNDRISS REGELGESCHOSS M 1 : 500

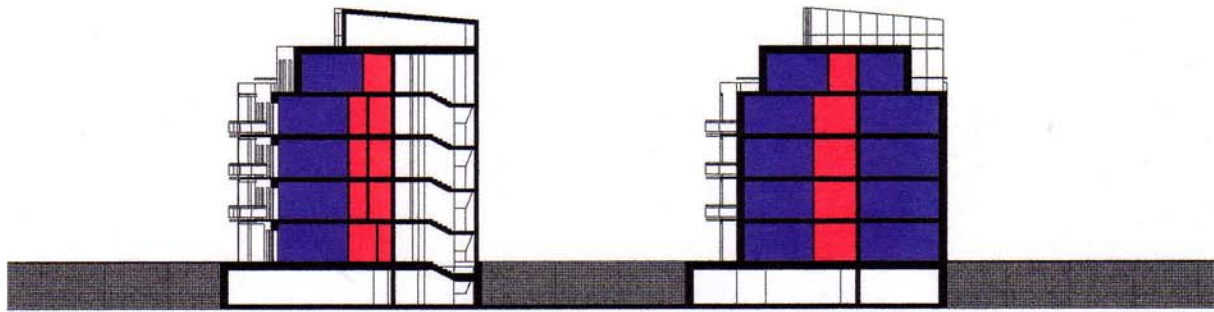




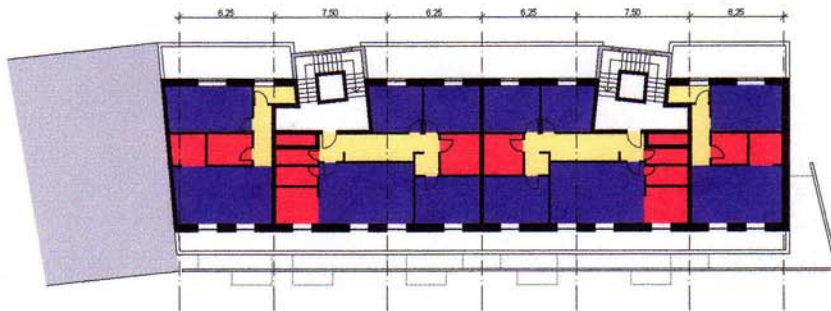
ANSICHT SÜD M 1 : 500



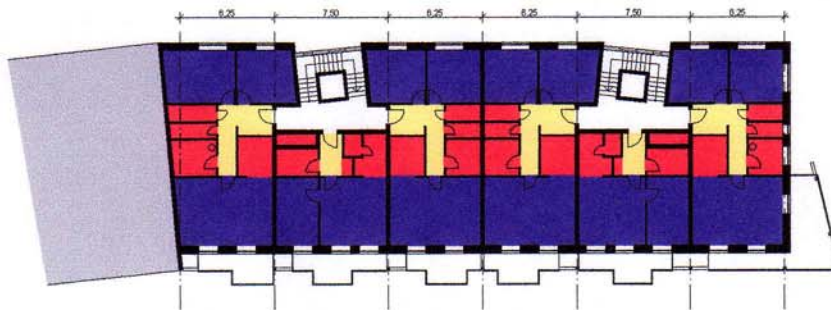
GRUNDRISS DACHGESCHOSS M 1 : 500



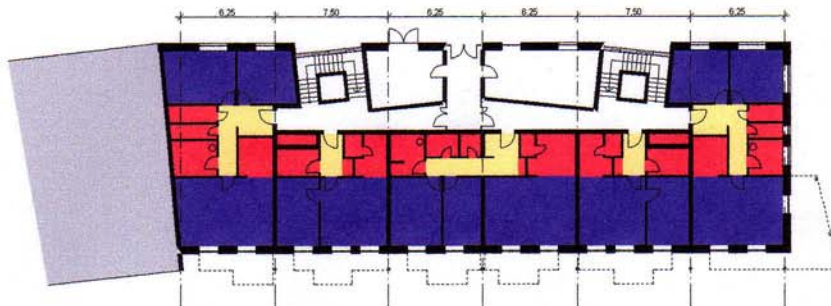
SCHNITT M 1 : 500



GRUNDRISS DACHGESCHOSS M 1 : 500



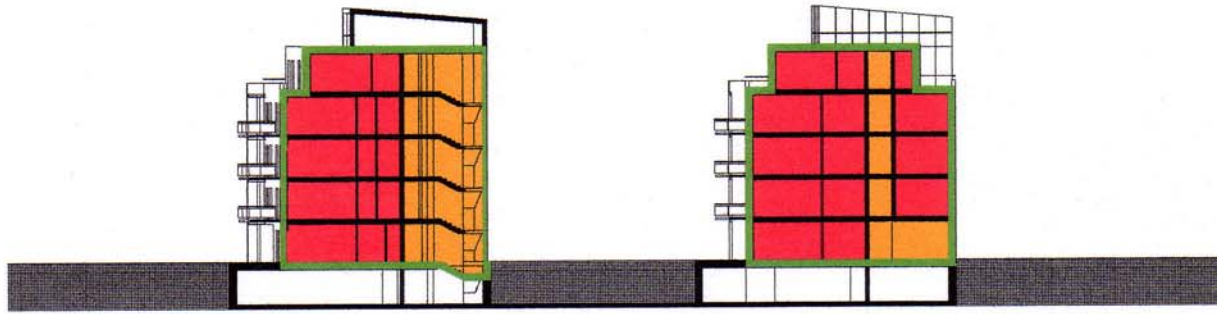
GRUNDRISS REGELGESCHOSS M 1 : 500



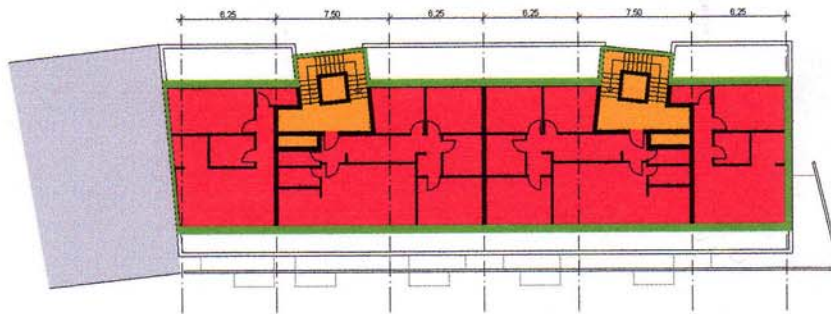
GRUNDRISS ERDGESCHOSS M 1 : 500



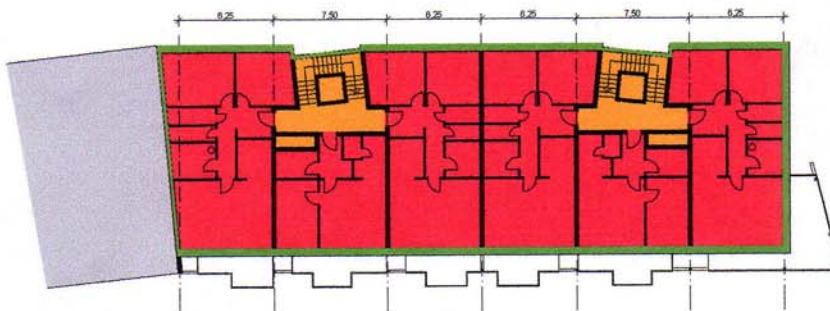
Abb. 4. Zu- und Abluftschema mit Überströmzonen



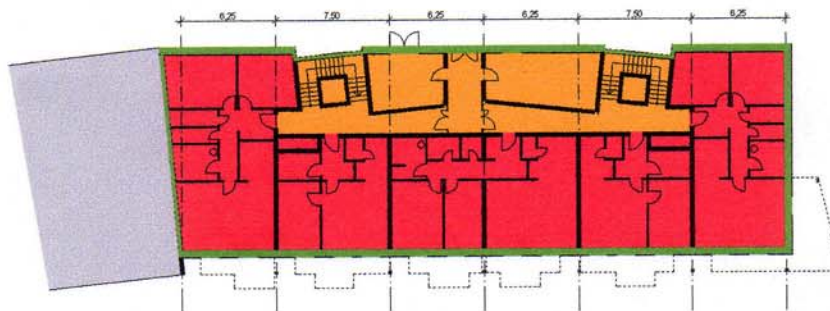
SCHNITT M 1 : 500



GRUNDRISS DACHGESCHOSS M 1 : 500



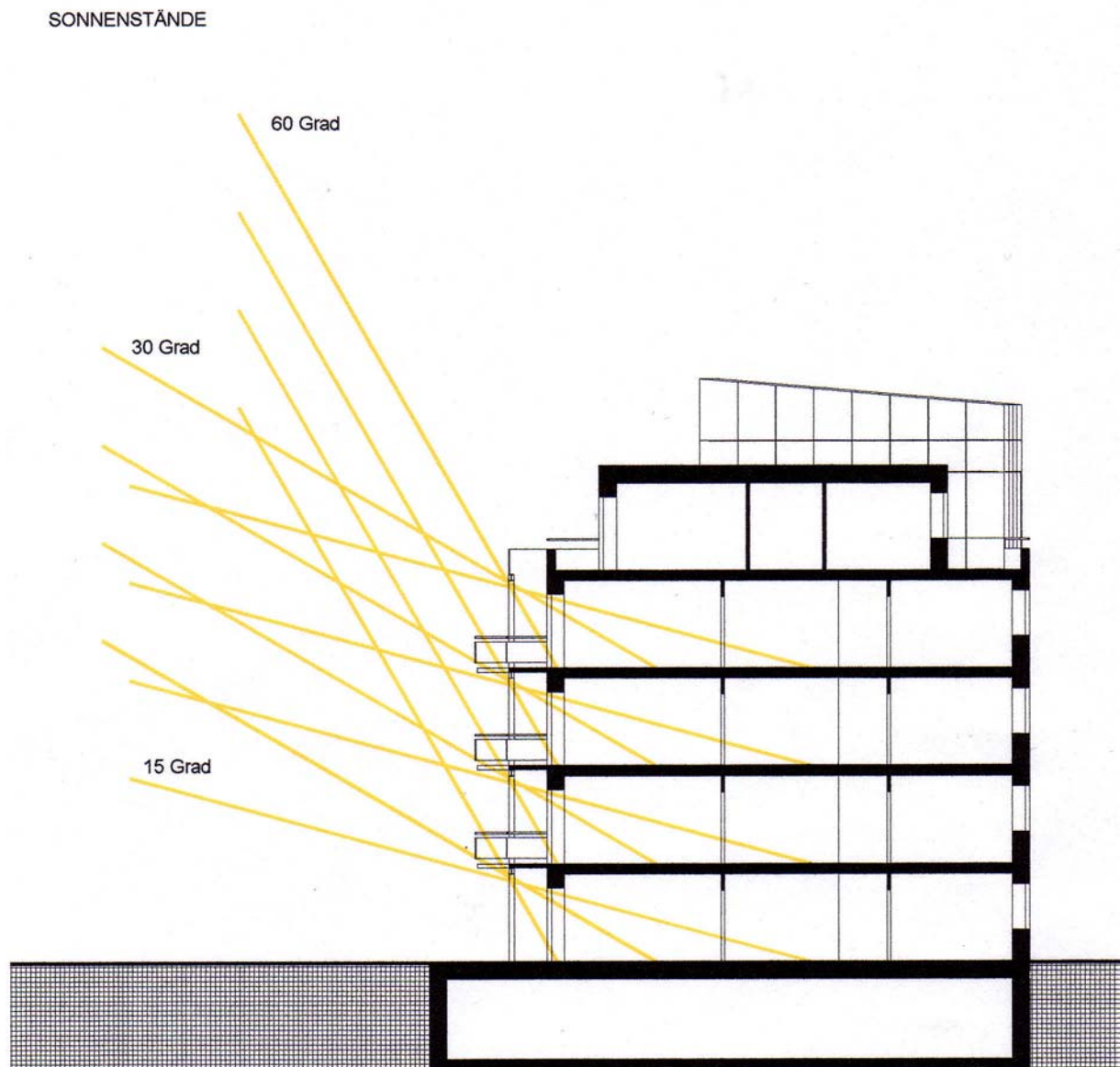
GRUNDRISS REGELGESCHOSS M 1 : 500



GRUNDRISS ERDGESCHOSS M 1 : 500



Abb. 5. Thermische Zonen



VERSCHATTUNGSSCHEMA SÜDFASSADE M 1 : 200

Abb. 6. Verschattungsschema

### 3.1.3 Statisches Konzept

Im Folgenden wird für den Zwischenbericht das statische Konzept des Demonstrations-Projektes Wien Utendorfgasse vorgestellt. Besonderes Augenmerk wurde der passivhaustauglichen Auflagersituation im Kellerbereich zur Minimierung der Wärmebrücken geschenkt.

Die Struktur des Gebäudes ist eine Scheiben/Decken-Massivbauweise. Die Spannweiten für die Decken sind max. ca. 7.50m. Dies ermöglicht eine sehr wirtschaftliche Bauweise. Die folgenden Überlegungen gehen vorwiegend davon aus, den möglichen Spielraum für ein statisch nicht mittragendes Fassadensystem zu untersuchen. Die räumliche Lastabtragung soll hier nur über die inneren Scheibensysteme erreicht werden.

#### ***Vorläufiges Ergebnis Thermische Trennung Warmer und Kalter Zone***

*Durch die Verdrehung der Scheiben um 90 Grad zwischen dem Keller- und dem Erdgeschoss entsteht eine punktförmige Berührung der Obergeschosse mit dem Kellergeschoss. Da die Obergeschosse zur "warmen Zone" gehören und der Keller zur "kalten Zone" kann so wirtschaftlich und einfach thermisch entkoppelt werden. Die Aufstandspunkte, die die Wärmedämmung durchdringen, können so minimiert und bauphysikalisch optimiert werden.*

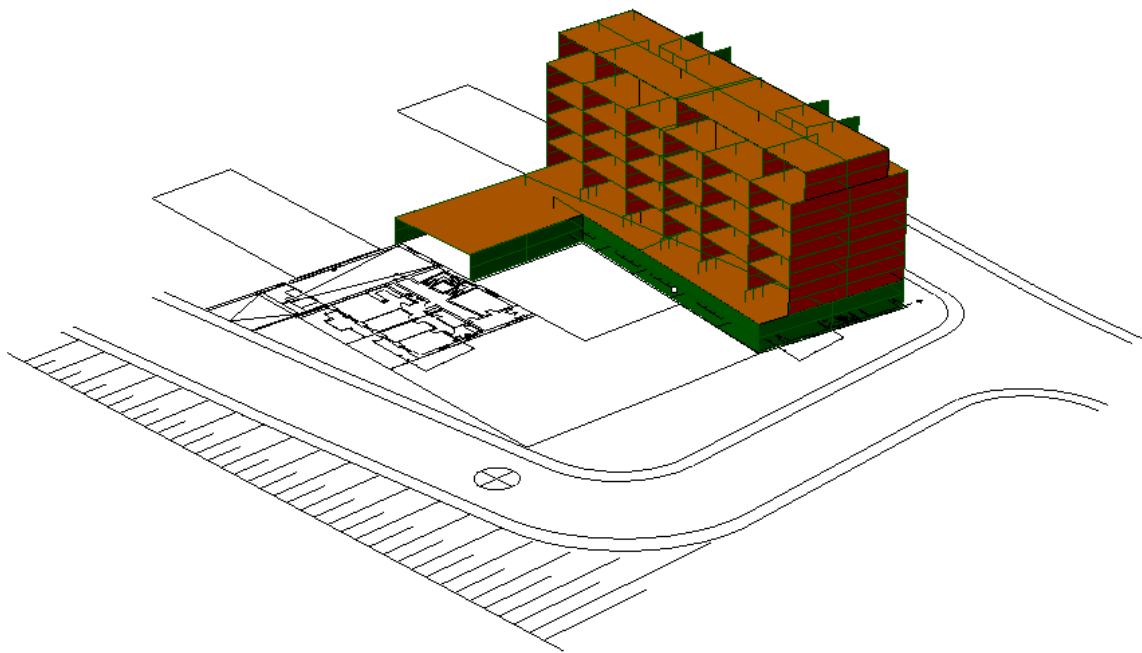


Abb. 7. Statische Gesamtstruktur

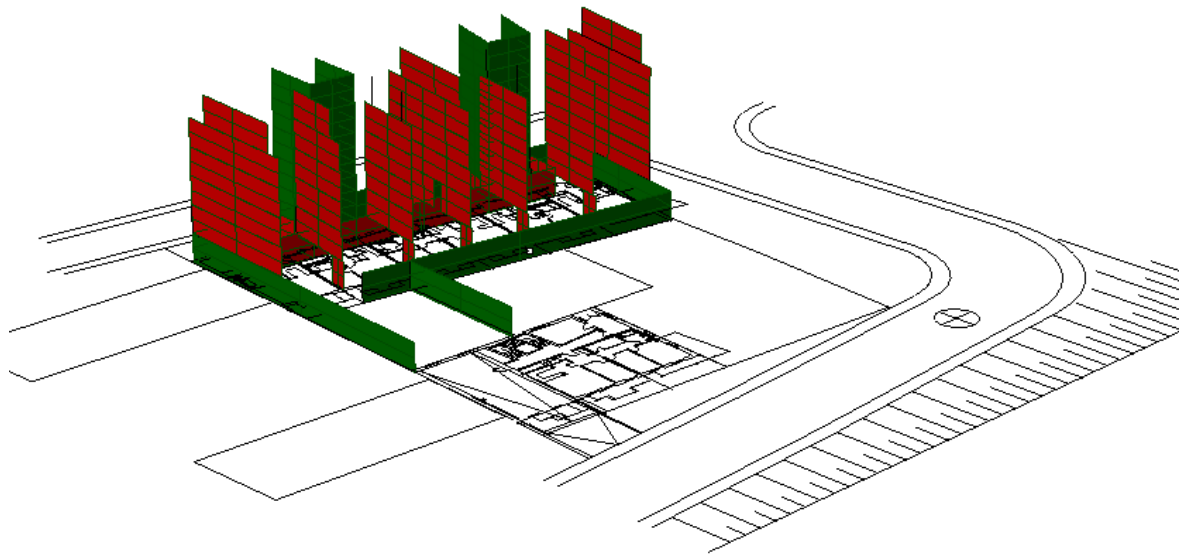


Abb. 8. Aufgehende Wände

### Nachweis einer Regelgeschossdecke

Baustoffe: B30 (c25/30) /bst550, Deckenstärke: 20cm

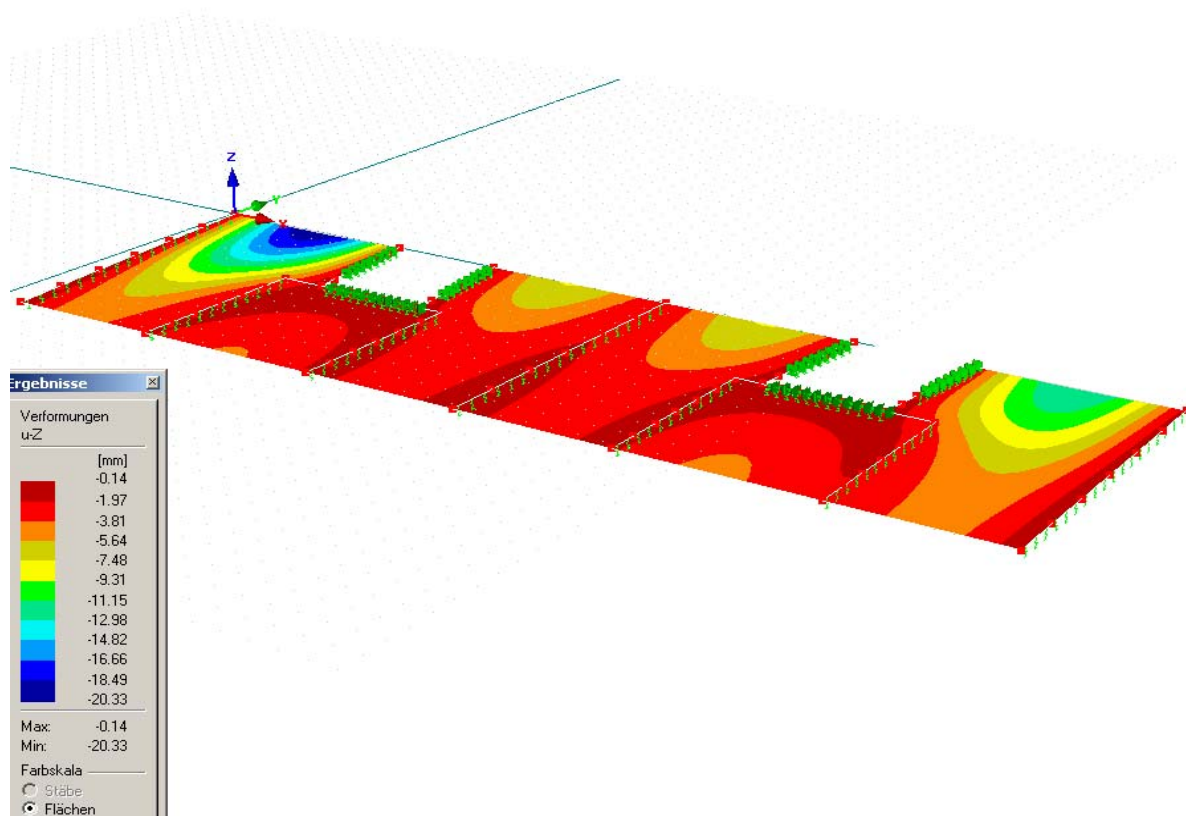


Abb. 9. Verformungen in [mm] unter quasiständigen Lasten

Die Langzeitverformungen sind ca. mit dem Faktor 5 zu bewerten. Um das kritische Randfeld nicht bemessungsrelevant werden zu lassen, ist dort eine Stütze im Außenwandbereich notwendig (blauer Bereich des Bildes Abb. 3.1.2.10). Diese Stütze kann auch in die Wand eingebaut werden und aus Stahl sein, da sie nur für die Gebrauchstauglichkeit (Verformung) notwendig ist.

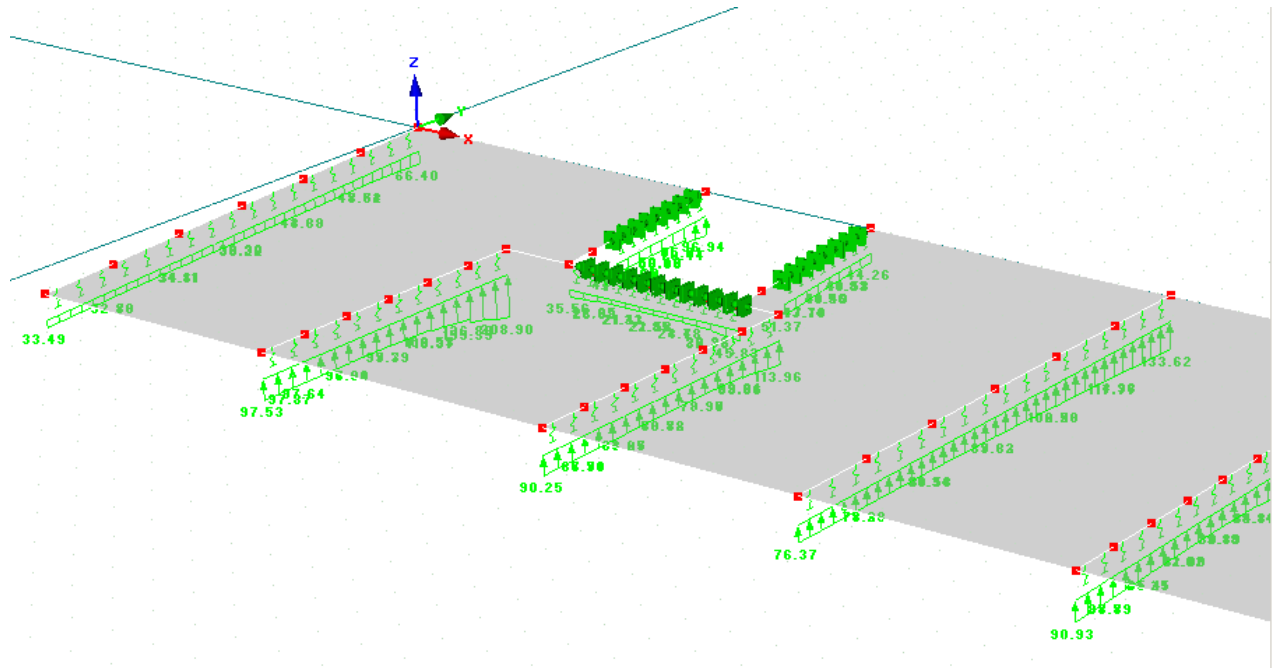


Abb. 10. Auflagerkräfte in [kN] unter Traglasten

Als Bauweise werden Elementdecken vorgeschlagen. Als Wandsystem kommen Hohlwandelemente in Frage, Dicke 20cm, B30 (c25/30), bst550.

Die Auflagersituation im Detail (um min. Berührungspunkte zu erhalten):

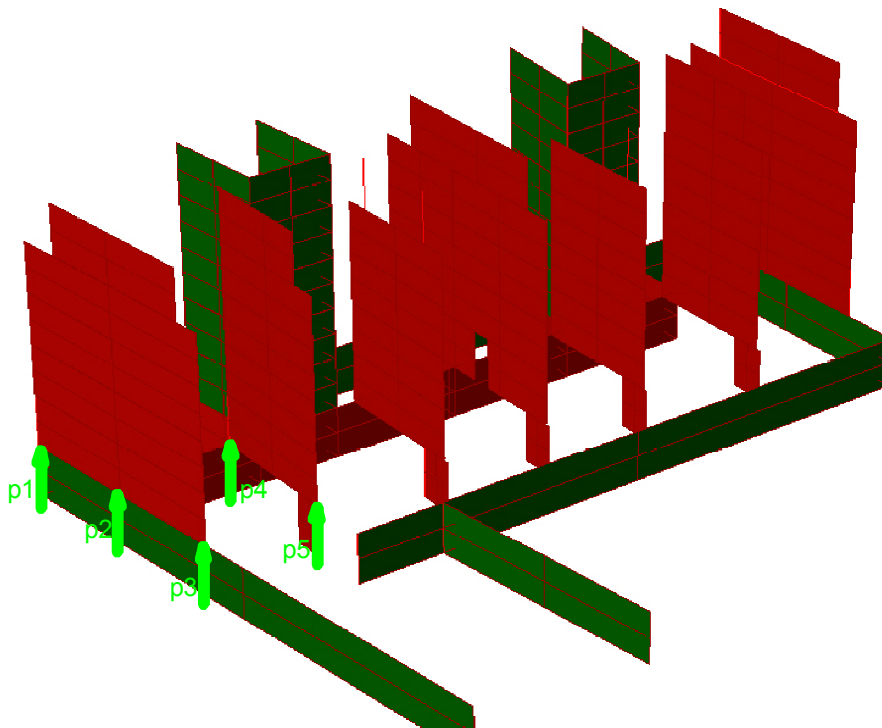


Abb. 11. Auflagerpunkte der Wandscheiben im Kellergeschoss

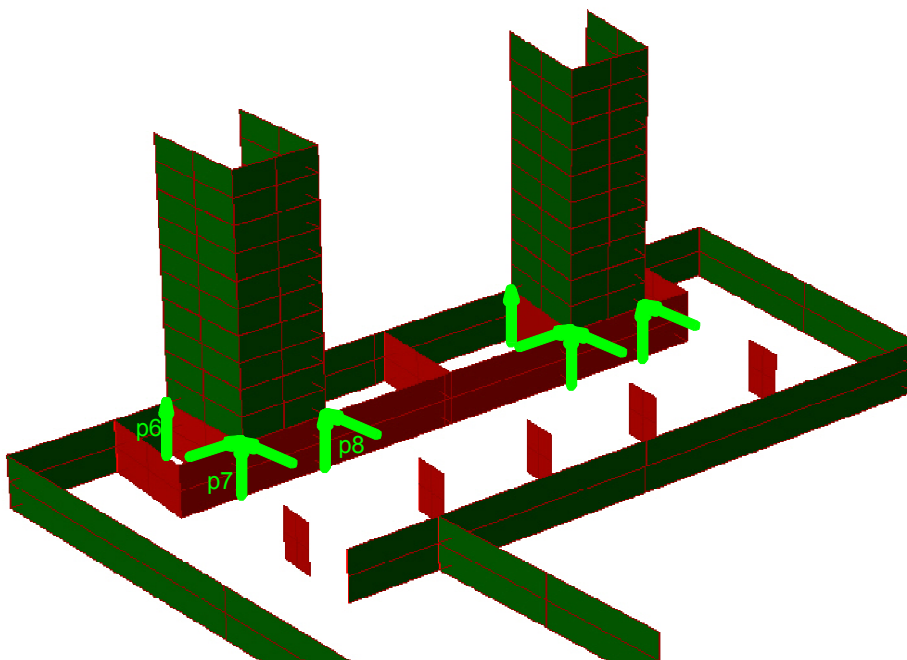


Abb. 12. Auflagerpunkte der Stiegehäuser im Kellergeschoss

Gut ersichtlich ist die sehr gute horizontale Lastabtragung in Querrichtung des Gebäudes. Hier gibt es lange (Trakttiefe) Scheiben in Abständen von ca. 7m. Die horizontale Lastabtragung in Längsrichtung des Gebäudes kann, bei Verzicht auf die Außenfassaden, nur über die Stieghauskerne bewältigt werden.



Abgeschätzte Auflagerreaktionen:

lastaufstellung [kn]

vorentwurf +/-15% genauigkeit

#### traglast

punkt	z	auflagerfläche c25/30 fcd=1.7 kn/cm2	auflagerfläche 20*xx [cm]	y	x
1	1,090.00	641.18	33.00		
2	3,270.00	1,923.53	97.00		
3	1,090.00	641.18	33.00		
4	2,745.00	1,614.71	81.00		
5	2,745.00	1,614.71	81.00		
6	1,315.00	773.53	39.00		
7	1,840.00	1,082.35	55.00		
8	1,840.00	1,082.35	55.00		

#### erdbeben -(reduzierte sicherheiten!)

#### quasistatische Methode

punkt	z (aus v- last)	+z (aus h- last)	z(max. druck)	z(max. zug)	Auflager- fläche c25/30 fcd=1.9 kn/cm2	auflagerfl äche 20*xx [cm]	+y	+x
1	680.00		680.00	0	357.89	18.00		
2	2,040.00		2,040.00	0	1,073.68	54.00		
3	680.00		680.00	0	357.89	18.00		
4	1,705.00		1,705.00	0	897.37	45.00		
5	1,705.00		1,705.00	0	897.37	45.00		
6	895.00	1410	2,305.00	-515.00	1,213.16	61.00		
7	1,215.00	3390	4,605.00	-2,175.00	2,423.68	122.00	856.00	1,713.00
8	1,215.00	3390	4,605.00	-2,175.00	2,423.68	122.00	856.00	

Problematisch sind die Zugkräfte. Diese können bei längeren Scheiben (vor allem in y-Richtung) vermieden werden, z.B. durch Aktivierung der Außenwände. Die Ermittlung der Erdbebenlasten nach der Antwortspektrenmethode (statt der quasistatischen Ermittlung) könnte die Lasten ebenfalls deutlich reduzieren.

Im Weiteren wird die Auswirkung eines Systems mit mittragenden Außenwänden untersucht werden. Zu erwarten sind geringere Deckenstärken, wegen der Möglichkeit sie entlang des Umfangs zu lagern, und die Eliminierung der Zugkräfte im Lastfall Erdbeben.

### **3.1.4 Haustechnisches Konzept**

#### **3.1.4.1 Lüftungsanlage**

##### **3.1.4.1.1 Lüftungskonzepte für Passivhäuser**

Eines der Kriterien um Passivhausstandard zu erreichen ist ein maximaler Heizwärmebedarf von 15 kWh/m<sup>2</sup>.a. Um dies zu erreichen muss zur Reduktion der Lüftungswärmeverluste eine Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung eingesetzt werden. Grundsätzlich stehen für Passivhäuser im Geschosswohnungsbau drei verschiedene Lüftungskonzepte zur Verfügung:

#### **1.) Dezentrale Anlagen**

Bei dezentralen Anlagen wird jede Wohnung über einen eigenen Wärmeüberträger versorgt. Das Lüftungszentralgerät besteht aus einem Wärmetauscher, Zu- und Abluftventilatoren, Filtern, Steuerung und eventuell Schalldämpfern und kann sowohl innerhalb als auch außerhalb der wärmedämmenden Hülle angeordnet sein. Unabhängig ob das Lüftungsgerät innerhalb oder außerhalb angeordnet ist, ist jedenfalls darauf zu achten, dass es in der Nähe der Durchtrittsstelle durch die wärmedämmende Hülle situiert ist. Für das Zuluftkanalnetz sind Schalldämpfer sowohl für die Hauptleitung als auch für jeden Einzelstrang erforderlich. Dezentrale Anlagen werden hauptsächlich in Einfamilien- und Reihenhäusern eingesetzt, können aber unter bestimmten Umständen auch in Mehrfamilienhäusern bzw. im Geschosswohnungsbau eingesetzt werden. [FEI01]

#### **2.) Zentrale Anlagen**

Bei zentralen Anlagen werden mehrere Wohneinheiten von einem einzelnen Wärmeüberträger versorgt. Weiters werden auch zentrale Zu- bzw. Abluftventilatoren zur Förderung der Luft verwendet. Diese zentralen Ventilatoren können im Vergleich zu den kleineren Einzelventilatoren der dezentralen Ausführung relativ hohe Wirkungsgrade erzielen. Problematisch ist die Volumenstromregelung der einzelnen Wohneinheiten. Die Regelung erfolgt meist über Klappen, die normalerweise in den Wohnungen untergebracht sind. Der Nachteil dieser Klappen ist, dass sie einen nicht unwesentlichen Druckabfall besitzen und relativ wartungsanfällig sind. Die unbefriedigende Regelung ist ein Hauptnachteil von zentralen Anlagen im Geschosswohnungsbau.

#### **3.) Semizentrale Anlagen**

Semizentrale Anlagen stellen ein Art Kombination der Konzepte der dezentralen und der zentralen Anlagen dar. Sie verwenden einerseits, wie zentrale Anlage einen gemeinsamen Wärmeüberträger für mehrere Wohneinheiten (inklusive den notwendigen Frostschutzeinrichtungen und Filter) und andererseits dezentrale Einzelventilatoren für jede Wohneinheit, wodurch die Regelung der Wohneinheit erheblich erleichtert wird. Auch die Nachheizung der Zuluft erfolgt dezentral für jede Wohneinheit, wodurch die Raumtemperatur Wohnungsweise eingestellt werden kann. Zusätzlich zu den dezentralen Einzelventilatoren können zentrale Ventilatoren eingesetzt werden, die vor allem zur Überwindung der Druckverluste des Wärmetauschers und der vorgeschalteten Filter dienen.

Für das konkrete Projekt wurde eine semizentrale Lüftungsanlage gewählt. Eine zentrale Lüftungsanlage wurde aus den oben beschriebenen Problemen bei der Regelung der einzelnen Wohneinheiten nicht weiter in Betracht gezogen.

Die Vor- und Nachteile der dezentralen Lösung, die durchaus auch in Frage kommen würde sind im Folgenden dargestellt.

**Vorteile:**

- Die Anzahl von Anbietern passivhaustauglicher Lüftungsanlagenkomponenten oder Kompaktaggregaten für dezentrale Anlagen, die wesentlich geringere Volumenströme besitzen als die Zentraleinheiten der semizentralen Anlagen, ist wesentlich größer (siehe auch Kapitel 3.3).
- Die Verrechnung und Aufteilung der benötigten Heizwärme ist einfacher als bei semizentralen Anlagen.
- Normalerweise sind geringere Rohrleitungslängen notwendig, da die Ansaugung direkt durch die Außenwand erfolgt und kein zusätzlicher zentraler Lüftungsschacht zur Versorgung der Wohneinheiten notwendig ist. Voraussetzung dafür ist, dass der Grundriss und die Aufteilung der Wohneinheiten die Ansaugung der Luft durch die Außenwand und eine einfache Verteilung der Luft innerhalb der Wohnung ermöglichen.

**Nachteile:**

- Es gibt eine Vielzahl von Wanddurchbrüchen durch die Außenwand und somit Wärmebrücken, da für jede Wohneinheit zwei Durchbrüche (einer für die Zuluft, einer für die Abluft) notwendig sind. Die semizentrale Anlage kommt hingegen mit 2 Durchbrüchen pro zentraler Einheit, im konkreten Projekt pro 13 Wohneinheiten aus.
- Die Investitionskosten für dezentrale Anlagen sind höher.
- Die Wartung der zentralen Anlagenteile (Filter, Wärmetauscher, etc.) ist bei semizentralen Anlagen einfacher, da sie erfolgen kann, ohne dass die einzelnen Wohneinheiten betreten werden müssen.

Der Vorteil der geringeren Rohrleitungslängen entfällt im konkreten Projekt, da eine direkte Ansaugung durch die Außenwand aufgrund der Aufteilung der Wohnungen nicht möglich ist. Das heißt, dass auch bei der dezentralen Anordnung ein zentraler Lüftungsschacht notwendig wäre. Im Gegensatz zur semizentralen Lösung, bei der der Lüftungsschacht von vorgewärmter Zuluft durchströmt wird, wird der Schacht bei der dezentralen Variante von kalter Außenluft durchströmt.

Selbst bei sehr guter Wärmedämmung, die jedenfalls notwendig wäre, ist dies nicht zu empfehlen, da die Länge von kalten Außenluftleitungen innerhalb der wärmegeprägten Hülle möglichst kurz gehalten werden sollte.

Eine andere Möglichkeit bestünde darin, den Schacht außerhalb der wärmedämmenden Hülle anzuordnen. Dazu müsste jedoch der gesamte Schacht entsprechend wärmegeprägtem werden, wodurch zusätzlich zu den Kosten für die Wärmedämmung auch die Nutzfläche verringert werden würde. Weiters müsste im konkreten Fall ein zusätzlicher Schacht für weitere Rohrleitungen wie Warmwasser oder Heizungsvor- und Rücklauf vorgesehen werden, weil es sicherlich nicht sinnvoll ist diese Leitungen über große Längen außerhalb der wärmegeprägten Hülle zu führen.

***Vorläufiges Ergebnis Lüftungskonzept:***

*Aufgrund der im Kapitel angeführten Vor- und Nachteile der verschiedenen Konzepte wurde im konkreten Projekt der semizentralen Lüftungsanlage der Vorzug gegenüber sowohl der dezentralen als auch zentralen Anordnung gegeben.*

### 3.1.4.1.2 Beschreibung Semizentrale Lüftungsanlage

Im nachfolgenden Abschnitt wird der Aufbau der semizentralen Lüftungsanlage genauer beschrieben.

Aufgrund der derzeit vorliegenden Grundrisse wird pro Stiegenhaus eine semizentrale Lüftungsanlage vorgesehen. Somit ergeben sich für den „Block Utendorfasse“ zwei und für den „Block Lindheimgasse“ eine semizentrale Anlage mit jeweils einer Zentraleinheit.

Die Zentraleinheiten sind jeweils auf der Dachebene untergebracht und befinden sich somit außerhalb der „warmen Hülle“ des Gebäudes, wobei der Haustechnikschacht, über den die Versorgung der einzelnen Wohneinheiten erfolgt, direkt unter der Lüftungszentrale am Dach vorgesehen ist, um die Leitungslängen außerhalb der „warmen Hülle“ möglichst gering zu halten.

Da die Aufstellung der Zentraleinheiten außerhalb der Gebäudehülle erfolgt, müssen die Einhausungen der Lüftungszentralen auf allen Seiten sehr sorgfältig gedämmt werden. Auch innerhalb der Einhausung müssen die Leitungen und auch der Wärmetauscher eine mindestens 10 cm starke Dämmung aufweisen [FEI00].

Pro Stiegenhaus ist ein Haustechnikschacht vorgesehen, in dem auch die weiteren haustechnischen Versorgungsleitungen wie Kaltwasser, Heizungsvor- und Rücklauf, Warmwasser, Warmwasserzirkulation und Abwasser untergebracht sind.

Ausgehend vom Haustechnikschacht werden die einzelnen Wohneinheiten versorgt. Die dezentralen Einheiten der einzelnen Wohneinheiten sind in den abgehängten Decken des Vorraums bzw. Eingangsbereichs oder den Badezimmern untergebracht. Auch die Luftrohrleitungen verlaufen zur Gänze in den abgehängten Zwischendecken. Pro Etage werden 2 bis 3 Wohneinheiten aus dem selben Haustechnikschacht versorgt.

Der Aufbau der Zentraleinheit und der dezentralen Einheiten wird im Folgenden beschrieben. Das Schema der Lüftungsanlage kann dem Anhang entnommen werden.

- Aufbau der Zentraleinheit (Außenluft/Zuluft)
  1. Filter der Klasse F7; Kompaktfilter mit großer Filterfläche
  2. Elektrisches Vorheizregister als Frostschutz
  3. Gegenstrom-Plattenwärmetauscher
  4. Stützventilator eventuell mit EC-Antrieb<sup>10</sup>
  5. Schalldämpfer
  
- Aufbau der Zentraleinheit (Abluft/Fortluft)
  1. Schalldämpfer
  2. Stützventilator eventuell mit EC-Antrieb<sup>10</sup>
  3. By-Pass der Wärmerückgewinnung für den Sommerbetrieb
  4. Filter der Klasse F6; Kompaktfilter mit großer Filterfläche
  5. Gegenstrom-Plattenwärmetauscher

---

<sup>10</sup> EC – Antrieb = elektronisch kommutierter Gleichstrommotor

- Aufbau der dezentralen Einheit (Zuluft für jede Wohneinheit)
  1. Brandschutzklappe beim Übergang in die Wohneinheit
  2. Zuluftventilator mit EC-Antrieb<sup>10</sup>
  3. Nachheizregister
  4. Rückschlagklappe
  5. Starrer oder flexibler Rohrschalldämpfer mit innerer Lochblechabdeckung der Schallabsorptionspackung
  6. Weitere separate Schalldämpfer für jeden Zuluftstrang
  7. Weitwurfdüsen als Luftauslässe
  
- Aufbau der dezentralen Einheit (ABL je WE):
  1. Tellerventilen mit Filter (G3) im Abluftstrang
  2. Separate Schalldämpfer in jedem Abluftstrang
  3. Zusätzlich Schalldämpfer vor Abluftventilator
  4. Rückschlagklappe
  5. Abluftventilator mit EC-Antrieb<sup>10</sup>
  6. Brandschutzklappe beim Übergang aus der Wohneinheit

Derzeit sind sowohl bei den zentralen Stützventilatoren als auch bei den dezentralen Ventilatoren Schalldämpfer vorgesehen. Zusätzlich sind in den einzelnen Abluft- und Zuluftsträngen jeweils Schalldämpfer vorgesehen. Die schalltechnische Berechnung ergab, dass sowohl die Schalldämpfer nach den zentralen Ventilatoren als auch die Schalldämpfern in den einzelnen Abluft- und Zuluftsträngen nicht unbedingt erforderlich sind. Eine endgültige Festlegung erfolgt bei der konkreten Auslegung der Lüftungsanlage.

### 3.1.4.1.3 Beschreibung einzelner Komponenten Semizentrale Lüftungsanlage

Im Folgenden werden wesentliche Informationen zu einzelnen Komponenten der Zentraleinheit und der dezentralen Einheiten angeführt. Weitere Informationen insbesondere zu Wärmetauschern und Ventilatoren sind in Kapitel 3.3.1 zusammengestellt.

#### **Luftfilter:**

Vor dem Wärmetauscher der Zentraleinheit sind sowohl auf der Außenluft-, als auch auf der Abluftseite Filter vorgesehen. Diese Filter haben einerseits die Aufgabe den Wärmetauscher und andere Einbauten der Lüftungsanlage vor Verschmutzungen zu schützen, andererseits dient der Filter im Außenluftkanal auch zur Reinigung der Zuluft. Der Filter im Außenluftstrom wird vor dem elektrischen Vorheizregister angeordnet, um ein Verschmutzen des Registers zu verhindern.

Filter sind mit unterschiedlichen Abscheidegraden erhältlich. Die Einteilung der Filter in verschiedene Filterklassen erfolgt gemäß [DIN94] in Abhängigkeit der Abscheidegrade bei verschiedenen Partikelgrößen. Für den Außenluft-/Zuluftstrang wurde ein Filter der Klasse F7 (Feinstaubfilter) vorgesehen. Das Filter im Abluftstrang vor dem Wärmetauscher ist ein Filter der Klasse F6.

Bei der Dimensionierung der Filterfläche müssen die Standzeit (Wartungsintervalle) und der Druckverlust besonders berücksichtigt werden. Beide Punkte sprechen für den Einsatz von großen Filterflächen und damit für hohe Standzeiten und kurze Wartungsintervalle.

### **Elektrisches Vorheizregister:**

Als Frostschutzsicherung wurde ein elektrisches Vorheizregister gewählt, da es eine einfache und kostengünstige Lösung darstellt. Eine Frostschutzsicherung ist notwendig, da aufgrund der hohen Wärmerückgewinnungsraten bei tiefen Außentemperaturen ein Vereisen des Wärmetauschers möglich ist und dies zum Schutz des Wärmetauschers verhindert werden muss. Mit dem Vereisen muss bei Außenlufttemperaturen unter etwa  $-4\text{ °C}$  gerechnet werden.

Das Vorheizregister wird zwischen dem F7 Filter im Außenluftstrang und dem Wärmetauscher angeordnet. Die Betriebskosten für den Stromeinsatz sind von den klimatischen Verhältnissen abhängig und liegen für Wien für eine  $100\text{ m}^2$  Wohnung bei etwa 15 bis 25 EURO/a<sup>11</sup>. Einsparungen bei den Nachheizungen, die durch die Vorwärmung anfallen sind bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Die Regelung des Vorheizregisters erfolgt über einen Temperaturfühler in der Fortluft.

Statt dem elektrischen Vorheizregister könnte auch ein Vorheizregister eingesetzt werden, dass von einem mit entsprechendem Anteil Frostschutzmittel gefülltem Heizkreis versorgt wird. Der gegen Einfrieren gesicherte Heizkreis wäre allerdings sowohl bei den Investitionen (Wärmetauscher, Pumpen Glykol/Wassergemisch) als auch bei der Wartung zu aufwendig.

Eine weitere Alternative wäre ein Erdreichwärmetauscher. Im konkreten Fall wurden keiner vorgesehen, da einerseits durch die Aufstellung der Lüftungszentralen auf den Dächern große Leitungslängen notwendig wären und andererseits im Geschosswohnungsbau in den meisten Fällen, aufgrund der großen vorzuwärmenden Luftvolumenströme eine kostengünstige Realisierung der Erdreichwärmetauscher nicht möglich ist.

### **By-Pass Wärmerückgewinnung (Sommerbetrieb)**

Im Sommerbetrieb ist eine Verwendung der Wärmerückgewinnung unnötig. Aus diesem Grund wird auf der Abluft-/Fortluftseite ein By-Pass zum Wärmetauscher vorgesehen. Durch diesen By-Pass werden auch die Druckverluste auf der Abluftseite durch den Wegfall des Wärmetauschers und des Filters reduziert, wodurch eventuell ein Abschalten der Zuluftventilatoren möglich ist.

### **Nachheizregister:**

Zur Nacherwärmung und Regelung der Zulufttemperaturen werden dezentrale Nachheizregister verwendet. Die Nachheizregister sind nach den dezentralen Zuluftventilatoren in den Zwischendecken der einzelnen Wohneinheiten angeordnet. Die Wärmeversorgung der Nachheizregister erfolgt mittels Heizungswarmwasser.

Die Erwärmung der Zuluft ist im Nachheizregister auf bis zu etwa  $50\text{ °C}$  zulässig. Höhere Temperaturen können nicht erzielt werden, da die Oberflächentemperatur des Nachheizregisters auf  $55\text{ °C}$  beschränkt ist, um eine Staubverschmelzung zu vermeiden [FEI96].

### **Zu- und Abluftventile in den Wohneinheiten:**

Das Einbringen der Zuluft in das Wohnzimmer und die Schlaf- und Kinderzimmer kann in Passivhäusern über Weitwurfdüsen erfolgen. Durch die Verwendung der Weitwurfdüsen kann die benötigte Rohrleitungslänge für die Lüftungsanlage erheblich reduziert werden, da diese vorwiegend in den Raumwänden zum Flur angeordnet werden können.

---

<sup>11</sup> Die Berechnung basiert auf einer Vorheizung der Außenluft auf etwa  $0\text{ °C}$  ab einer Außenlufttemperatur  $< -3\text{ °C}$  und einem Strompreis von etwa 0,14 EURO/kWh.

Zur Absaugung der Luft werden Tellerventile in den Abluftsträngen vorgesehen. Die Absaugung erfolgt in Küche, Badezimmer, WC-Anlagen und Abstellräumen. Vor den Tellerventilen werden Filter der Klasse G3 (Grobstaubfilter) vorgesehen, die vorwiegend dazu dienen das Abluftsystem vor Kleider- und Möbelflusen zu schützen.

Die übrigen Räume und Gänge werden als Überströmzonen zwischen den Zuluft- und Abluftzonen verwendet.

Durch die oben beschriebene Art der Lufteinbringung und Absaugung wird eine definierte Strömungsrichtung innerhalb der Wohnung vorgegeben. In den Aufenthaltsräume wie Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer wird die frische Außenluft zugeführt, während aus jenen Räumen die spezifische Belastungsquellen darstellen wie Bad, WC oder Küche die Luft abgesaugt wird.

***Vorläufige Ergebnisse / Komponenten Semizentrale Lüftungsanlage:***

*Als Frostschutzsicherung wird ein elektrisches Vorheizregister verwendet.*

*Die Wärmeversorgung der dezentralen Nachheizregister erfolgt mittels Pumpenwarmwasser.*

*Zum Einbringen der Zuluft in die Zuluftzonen werden Weitwurfdüsen verwendet.*

#### 3.1.4.1.4 Zusatzangaben für die Lüftungsprojektierung

Weitere wesentliche Bereiche, die bei der Projektierung der Lüftungsanlage besonders berücksichtigt werden müssen, sind im Folgenden beschrieben.

##### **Überströmöffnungen:**

Wie bereits erwähnt erfolgt der Transport der Luft von den Zuluftbereichen (Wohnzimmer, Kinderzimmer, Schlafzimmer, etc.) in die Abluftzonen (Badezimmer, Küche, WC, etc.) über die Überströmzonen. Hierfür müssen Lüftungsgitter bzw. Überströmöffnungen in den Türblättern oder Fugen zwischen Türzarge und Wand vorgesehen werden.

Der Druckverlust/Druckabfall in den Überströmöffnungen sollte nicht größer als 1 Pa sein [FE196c]. Ein weiteres Kriterium zur Auslegung der Überströmöffnungen stellt die Zugluftfreiheit dar (Luftgeschwindigkeit kleiner als 1 m/s). Bezüglich des Schallschutzes sollten die Überströmöffnungen den Innentüren und Innenwänden entsprechen.

Die ausschließliche Verwendung von Schlitzfenstern unter den Türblättern als Überströmöffnung ist nicht möglich, da diese beispielsweise durch zusätzliche Teppiche oder ähnlichem leicht abgedeckt werden können.

Durch mangelhafte bzw. nicht ausreichend große Überströmöffnungen können merkliche Druckunterschiede zwischen den Zu- und Abluftzonen entstehen. Diese Druckdifferenzen führen dazu, dass in Räumen der Zuluftzone Luft über die Gebäudehülle ausströmt und in der Abluftzone einströmt. Mangelhafte Überströmöffnungen führen also zu erhöhter In- und Exfiltration über die Gebäudehülle, die keiner Wärmerückgewinnung unterliegen [FE196b].

##### **Regelung:**

Zur Regelung der einzelnen Wohneinheiten wird eine vierstufige Volumenstromregelung vorgesehen. Von besonderer Bedeutung ist, dass die Zu- und Abluftvolumenströme sehr gut balanciert und somit in allen Betriebszuständen in etwa gleich groß sind.

Durch die in diesem Projekt vorgesehene semizentrale Lüftungsanlage mit dezentralen Ventilatoren kann eine Wohnungsweise balancierte Lüftung erreicht werden. Eine

balancierte Luftführung ist deshalb notwendig, weil durch nicht balancierte Zu- und Abluftströme erhöhte Infiltration und Exfiltration erzwungen werden, die zu zusätzlichen Lüftungswärmeverlusten führen.

In Tab. 7 sind die vier vorgesehenen Stufen angeführt. Die angegebenen Volumenströme beziehen sich auf eine Wohneinheit mit 100 m<sup>2</sup>.

Stufe	Volumenstrom	Prozent von „Normal“
AUS	0 m <sup>3</sup> /h	0 %
NIEMAND ZU HAUSE	90 – 100 m <sup>3</sup> /h	~ 70 – 80 %
NORMAL	125 m <sup>3</sup> /h	100 %
STARK	> 150 m <sup>3</sup> /h	> 120 %

Tab. 7. Volumenstromregelung

Der in Tab. 7 angegebene Volumenstrom von 125 m<sup>3</sup>/h entspricht einem 0,5-fachen Luftwechsel in einer 100 m<sup>2</sup> Wohnung mit einer Raumhöhe von 2,5 m.

Für Passivhäuser werden häufig 0,4-fache Luftwechsel im Normalbetrieb empfohlen. Da im sozialen Wohnbau mit einem höheren durchschnittlichen Belag der Wohnungen zu rechnen ist, wurde für den Betriebszustand „NORMAL“ ein Luftwechsel von etwa 0,5 angesetzt. Für die erhöhte Lüftungsstufe (Stellung „STARK“) wird eine automatische Rückstellung nach einem bestimmten Zeitraum in den „NORMAL“ Betrieb vorgesehen.

### Dunstabzugshaube:

Für die Küche wird eine Dunstabzugshaube vorgesehen, die jedoch nicht in das „normale“ Abluftsystem eingebunden wird, sondern für die ein Umluftbetrieb vorgesehen ist. Die Gründe liegen einerseits darin, dass der Wärmetauscher der Wärmerückgewinnung vor den Verschmutzungen der Küchenabluft geschützt werden soll, und andererseits die Volumenströme von Dunstabzugshauben wesentlich höher sind als die Volumenströme im normalen Abluftbetrieb, wodurch die Lüftungsanlage erheblich größer dimensioniert werden müsste, wenn die Abluft der Dunstabzugshaube eingebunden werden soll.

### Rohrleitungen:

Soweit möglich werden einerseits aus Kostengründen und andererseits aus Gründen des Druckverlusts Wickelfalzrohre für die Lüftungsleitungen verwendet. Die Auslegung der Rohrdimensionen erfolgt unter der Bedingung einer maximalen Luftgeschwindigkeit in den Rohrleitungen von 3 m/s. Die Anbindung des Zu- und Abluftkanals erfolgt mit Segeltuchstutzen erfolgen. Um die Druckverluste der Rohrleitungen gering zu halten wird versucht die Rohrleitungsführung dahingehend zu optimieren, sodass möglichst wenig Formstücke verwendet werden müssen.

### Wärmedämmung der Luftrohrleitungen:

Der überwiegende Teil der Luftrohrleitungen verläuft in den Haustechnikschächten bzw. in den Zwischendecken der einzelnen Wohneinheiten. Inwieweit eine Wärmedämmung der Luftrohrleitungen in den Haustechnikschächten notwendig und sinnvoll ist, wird in weiterer Folge des Forschungsprojektes anhand der Simulation der Schachttemperatur und der Verluste der einzelnen im Schacht untergebrachten Rohrleitungen eingehend untersucht.

Eine sehr gute Wärmedämmung (mindestens 5 cm Mineralwolle o. ä.) ist auf jeden Fall für jene Leitungen notwendig, die sich in den Lüftungszentralen am Dach befinden, da diese nicht mehr zur wärmegeämmten Hülle zählen.



***Vorläufige Ergebnisse Zusatzangaben für die Lüftungsprojektierung:***

*Es werden Überstromöffnungen zum Transport der Luft von den Zuluftbereichen in die Abluftzonen als Lüftungsgitter bzw. Überströmöffnungen in den Türblättern oder Fugen zwischen Türzarge und Wand vorgesehen.*

*Zur Regelung der einzelnen Wohneinheiten wird eine vierstufige balancierte Volumenstromregelung (drehzahlgeregelte Ventilatoren) vorgesehen.*

*Für die Dunstabzugshaube wird Umluftbetrieb vorgesehen.*

*Für die Luftrohrleitungen sind Wickelfalzrohre vorgesehen. Die Notwendigkeit einer Wärmedämmung, bzw. die erforderliche Dämmstärke wird weiter untersucht.*

**3.1.4.2 Heizung / Warmwasser**

Zur Heizwärmeversorgung der einzelnen Wohneinheiten wird eine Frischluftheizung vorgesehen. Die Wohnungsweise Nacherwärmung der Zuluft erfolgt über Warmwasser-nachheizregister, die in den Zwischendecken der Vorräume oder Badezimmer untergebracht sind. Aufgrund des niedrigen Heizwärmebedarfs von Passivhäusern ( $< 10 \text{ W/m}^2$ ) ist eine Heizwärmeversorgung durch Nacherwärmung der Zuluft ausreichend. Auf ein konventionelles Heizsystem kann somit verzichtet werden. Die Zulufttemperatur ist auf etwa  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  begrenzt, da die Oberflächentemperatur des Nachheizregisters maximal  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  erreichen darf, um Staubverschmelzungen zu vermeiden.

Da im Badezimmer häufig höhere Temperaturen gewünscht werden, wird optional der Anschluss für einen elektrischen Heizstrahler vorgesehen. Ein elektrischer Heizstrahler wird vorgesehen, da dieser verglichen mit einer Fußbodenheizung oder einem Heizkörper sehr schnell auf die bei Bedarf gewünschten höheren Temperaturen erreichen kann.

Die zur Nachheizung notwendige Wärme wird gemeinsam mit dem benötigten Warmwasser durch eine Gasbrennwerttherme oder einen Gasbrennwertkessel mit entsprechend großem Warmwasserspeicher bereitgestellt. Wiederum ist pro Stiegenhaus bzw. pro Haustechnikschacht eine Therme (insgesamt drei) vorgesehen, die im Keller aufgestellt wird.

Die Verwendung von Fernwärme zur Bereitstellung der benötigten Wärme für Warmwasser und Heizung kommt an diesem Standort nicht in Frage, da vonseiten der Fernwärme keine Anschlussmöglichkeit besteht, ist aber grundsätzlich eine mögliche Alternative zu Gasbrennwertkesseln in Passivhäusern.

Im Gegensatz zum Heizwärmebedarf kann der Warmwasserbedarf im Passivhaus verglichen mit Standardhäusern nicht nennenswert reduziert werden.

Veränderungen des Verbrauchs (Energie und Wasser) im Passivhaus im Gegensatz zum Standardhaus können sich durch den Warmwasseranschluss der Wasch- und Spülmaschine (erhöhter Warmwasser-, aber verringerter Stromverbrauch) und durch die Verwendung von Wasserspararmaturen (Verringerung des Warm- und Kaltwasserverbrauchs) ergeben. Wasserspararmaturen können natürlich auch in Standardhäusern eingesetzt werden und sind nicht nur auf Passivhäuser beschränkt.

Zur Wärmeverteilung wurde ein getrenntes Rohrleitungsnetz für Warmwasser und Heizungswasser (4-Leitersystem) gewählt. Auch ein 2-Leitersystem, bei dem die Wärmeverteilung für Heizung und Warmwasser gemeinsam erfolgt ist möglich. Die Gründe für die Verwendung eines 4-Leitersystems können dem Kapitel 3.4 entnommen werden.

### Wärmedämmung der Rohrleitungen:

Jene Rohrleitungen die warmes Wasser führen (Warmwasserleitung, Warmwasserzirkulationsleitung und Heizungsvor- und Rücklauf) müssen auf jeden Fall gedämmt werden, auch wenn sie zum Grossteil im gedämmten Bereich des Hauses verlaufen.

Der Grund dafür liegt nicht nur darin, dass die Verluste reduziert werden sollen, sondern auch um eine Aufheizung des Gebäudes im Sommer zu vermeiden. Zusätzlich wird bei der Auslegung des Warmwassernetzes und der Zirkulationsleitung darauf geachtet die Leitungslängen so kurz wie möglich zu halten.

In Abb. 13 sind die spezifischen Wärmeverluste in W/K und Meter Rohrleitung in Abhängigkeit von der verwendeten Dämmstärke dargestellt. Es wird ersichtlich, dass zunächst durch eine Vergrößerung der Dämmstärke die Wärmeverluste sehr stark reduziert werden können. Die Abnahme der Verluste wird ab einer bestimmten Dämmstärke immer geringer. Beispielsweise hat eine Verdoppelung der Dämmstärke von 5 auf 10 cm nur mehr eine geringfügige Abnahme der spezifischen Wärmeverluste zur Folge.

#### **Vorläufiges Ergebnis Dämmstärke Warmwasserleitungen:**

*Die optimale Dämmstärke für die Warmwasserleitungen dürfte im konkreten Fall somit bei etwa 50 mm liegen.*

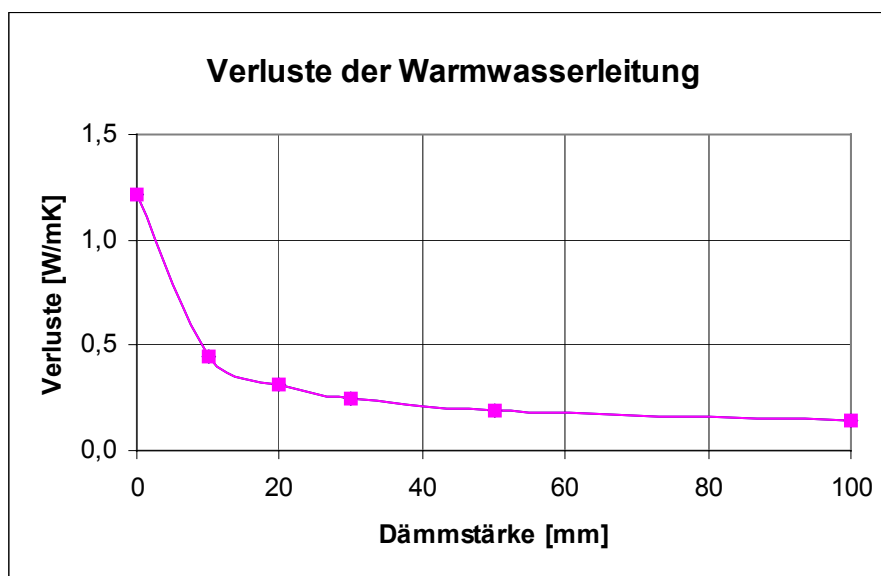


Abb. 13. Wärmeverluste der Warmwasserleitung

#### 3.1.4.3 Haustechnikschacht

Aus den, in den vorhergehenden Kapiteln dargestellten Konzepten für die Lüftungsanlage, die Nachheizung und Warmwasserversorgung ergibt sich die nachfolgende Belegung der Haustechnikschächte:

1. Zuluftkanal
2. Abluftkanal
3. Kaltwasserleitung
4. Warmwasserleitung
5. Warmwasserzirkulationsleitung
6. Heizungsvorlauf
7. Heizungsrücklauf
8. Abwasserkanal

### 3.1.5 Nutzereinweisung

Insbesondere durch die mechanische Lüftungsanlage ist in Passivhäusern teilweise ein anderes Nutzerverhalten notwendig als im herkömmlichen Wohnbau. Aus diesem Grund ist die Einweisung der Nutzer im Passivhaus unbedingt erforderlich. Die Information der Nutzer kann über Kurzinfolblätter, Mieterversammlungen mit den Planern und Benutzerhandbücher erfolgen.

Die wesentlichen Inhalte der Einweisung sind basierend auf [FEI99a] zusammengestellt:

- Lüftung: Erklärung des Funktionsprinzips / Abrechnung / laufende Kosten  
Erklärung der Bedeutung der Lüftungsanlage im Gegensatz zur Fensterlüftung  
Einstellung der Lüfterstufen / Regelung
- Wärme: Erklärung des Funktionsprinzips / Abrechnung / laufende Kosten  
Nachtabenkung, Urlaub
- Sanitär: Erklärung des Funktionsprinzips / Abrechnung / laufende Kosten
- Elektro: Erklärung des Funktionsprinzips / Abrechnung / laufende Kosten  
Bedeutung von Energiesparlampen. Stand-by Betrieb und energieeffizienten Geräten

Zusätzlich sollten den Nutzern des Passivhauses Checklisten zur Wartung der technischen Anlagen zur Verfügung gestellt werden, um die Anlagen instand zu halten und so vor Defekten und höheren Stromverbräuchen zu schützen.

## 3.2 Bauphysik / Haustechnik / Simulation

### 3.2.1 Beschreibung der Gebäudemodelle

#### 3.2.1.1 Gebäudemodell nach EN 832

Mit dem Programm buildopt [BUI02] wurden ein Gebäudemodell erstellt, dass den Wärmeverlust nach EN 832 [ÖNO98] berechnet.

##### 3.2.1.1.1 Stiegenhausdämmung

Im folgenden Abschnitt wird untersucht, ob das unbeheizte Stiegenhaus grundsätzlich aus der gedämmten Hülle ausgeklammert werden soll, oder ob das Durchziehen der Dämmung an der Außenwand günstiger ist.

Mit dem Modell wurden verschiedene Varianten erstellt, wobei die Dämmsituation verändert wurde. Das Grundmodell ist auf 20 °C beheizt und hat einen Luftwechsel von 0,5 /h in den Wohnungen, wobei der Wärmerückgewinnungsgrad bei 80 % liegt. Das Stiegenhaus weist einen Luftwechsel von 0,2 /h auf. Ausgehend von einer durchgehenden Dämmstärke von 30 cm an der Außenfassade und einer 5 cm starken Dämmung der Stiegenhausinnenwände wurde die Dicke in Schritten von 5 cm variiert. Alle anderen Parameter des Modells blieben unverändert. Die errechneten Heizwärmebedarfswerte sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

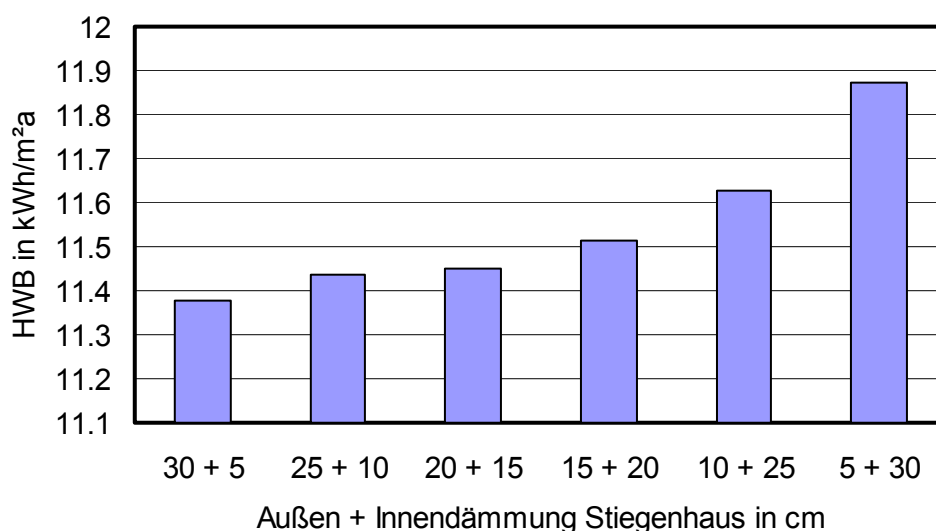


Abb. 14. Heizwärmebedarfswerte verschiedener Dämmanordnungen

#### **Vorläufiges Ergebnis Stiegenhausdämmung:**

Die Variante einer durchlaufenden Außendämmung von 30 cm weist den geringsten Heizwärmebedarf (HWB) auf. Bei Ausführung der Trennwände zwischen den Wohnungen und dem Stiegenhaus als Dämnhülle ergibt sich ein um ca. 4 % höherer HWB. Bei Demonstrationsprojektes Wien Hütteldorf ist daher das Stiegenhaus in die thermische Hülle inkludiert.

Die Vorteile der für die weiter Untersuchung ausgewählten Dämmanordnung im Vergleich zu den anderen sind:

- geringerer Heizwärmebedarf (HWB)
- höhere Temperaturen im Stiegenhaus
- das System der Außenwanddämmung wird nicht unterbrochen, daher sind Wärmebrücken reduziert
- weniger Dämmung wird benötigt, die Dämmebene ist kostengünstiger herzustellen
- Wärmebrücken zwischen den Wohnungen und dem Stiegenhaus sind unbedeutend
- an die Dämmeigenschaften der Wohnungseingangstüren werden keine besonderen Anforderungen gestellt, was sich kostenmäßig positiv niederschlägt

Die Stellung der Fenster im Stiegenhaus hat wesentlichen Einfluss auf den Luftwechsel im Stiegenhaus und somit den HWB bzw. auf eine eventuelle Überwärmung im Sommer. Die Fenster sind daher nur von unterwiesenen Personen, z.B. dem Hausmeister, zu bedienen.

### **3.2.1.2 Gebäudemodell in BSim2000**

Das verwendete Klimasimulationsprogramm BSim2000 [BSI02] ist fähig, haustechnische Anlagen, sowie Energie- und Massenströme in Gebäuden zu simulieren, insbesondere thermisches Innenklima, Tageslichtzustand, Luftfeuchtigkeit, Energieverbrauch, Kontrollfaktoren und Nutzung von passiver Solarenergie.

Die Zonen eines Gebäudes werden durch Geometrie, Konstruktion und Nutzerprofile, die das Verhalten der Benutzer idealisieren, beschrieben. Im gegenwärtigen Fall entsprechen die Zonen den Wohnungen bzw. dem Stiegenhaus des Bauwerkes.

### 3.2.1.3 Grundvariante

In der folgenden Abbildung ist das BSim2000-Modell des Demonstrationsprojektes Wien Hütteldorf dargestellt.

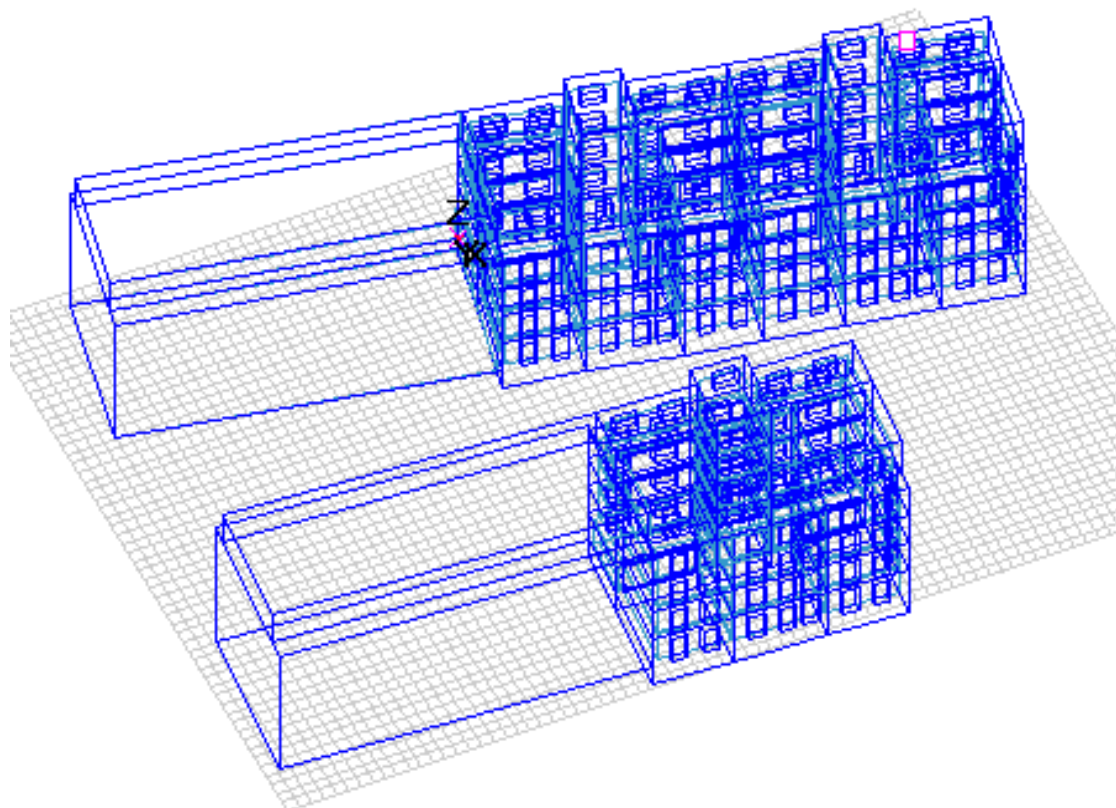


Abb. 15. BSim2000-Modell

Der Referenzfall wurde im Simulationsprogramm BSim2000 aus folgenden Konstruktionen aufgebaut:

Konstruktion	thermisch relevante Schichten	Dicke in cm	U-Wert in W/ <sup>2</sup> K
Außenwand und Wand zum Nachbargebäude	Stahlbeton Wärmedämmung	20 30	0,13
Oberste Geschossdecke	Stahlbeton Wärmedämmung	20 40	0,10
Bodenplatte	Estrich Trittschalldämmung Stahlbeton Wärmedämmung Boden	6 2 20 25	0,14
Wohnungstrenndecke	Estrich Trittschalldämmung Stahlbeton	6 2 20	0,98
Wohnungstrennwand	Gipskartonplatte Dämmung Stahlbeton	1,5 5 20	0,61
Stiegenhaustrennwand	Gipskartonplatte Dämmung Stahlbeton	1,5 10 20	0,35

Tab. 8. Aufbauten der Grundvariante in BSim2000

Die verwendeten Fenster weisen einen  $U_w$ -Wert von  $0,74 \text{ W/m}^2\text{K}$  und einen  $g$ -Wert von  $0,53$  auf. Sämtliche Fensteröffnungen wurden an der Nordseite mit einer Größe von  $B/H = 185/135 \text{ cm}$  und an der Süd- und Ostseite mit einer Fenstertürgröße von  $B/H = 125/220 \text{ cm}$  angenommen. Das Stiegenhaus wurde in die thermische Gebäudehülle mit einbezogen, und erhält daher ebenso je Geschoss ein Fenster mit einem Ausmaß von  $B/H = 185/135 \text{ cm}$ , und im EG eine Tür mit einem Ausmaß von  $B/H = 185/220 \text{ cm}$ .

Der Luftwechsel wurde mit  $0,5 / \text{h}$  und der Wärmerückgewinnungsgrad mit  $0,8$  festgelegt. Die Heizlast wurde mit  $10 \text{ W/m}^2$  begrenzt und die Sollinnenlufttemperatur wurde mit  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  angesetzt. Bei den  $50 \text{ m}^2$  großen Wohnungen wurde von einer Belegung mit 2 Personen und bei den  $80 \text{ m}^2$  großen mit 3,5 Personen ausgegangen. Die inneren Lasten wurden entsprechend der Belegung gewählt. Die Grundvariante ist dem Klima des Jahres 1997 von Wien, gemessenen durch die Hohe Warte, ausgesetzt. Die südseitigen Balkone wurden mit einer mittleren Breite von  $1,55 \text{ m}$  idealisiert. Es ist keine Verschattung durch Bewuchs berücksichtigt und der Höhenwinkel des Horizontes wurde mit  $10^\circ$  festgelegt.

### 3.2.2 Nachweis der Kriterienerfüllung der ausgewählten Variante

#### 3.2.2.1 Heizwärmebedarf und Heizlast

In der folgenden Abbildung sind die mit BSim2000 ermittelten Heizwärmebedarfswerte der Grundvariante des südlichen Stiegenhauses dargestellt.

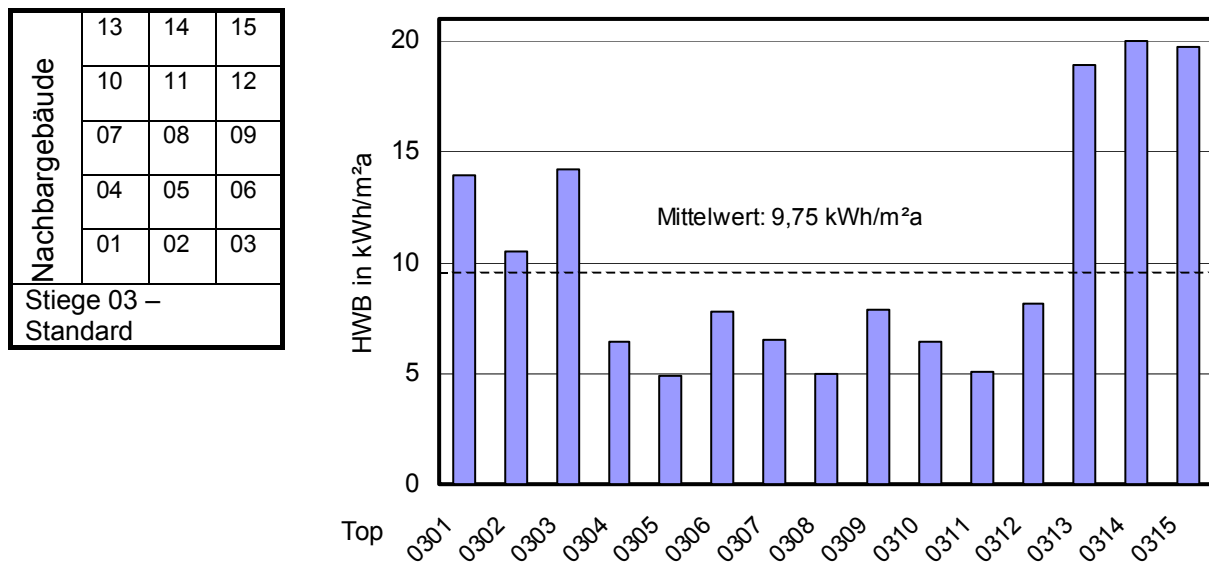


Abb. 16. Schema der Wohnungsanordnung und Heizwärmebedarf der Referenzvariante

#### **Vorläufiges Ergebnis Heizwärmebedarf und Heizlast:**

*In der Grundvariante kann mit der Heizlast von  $10 \text{ W/m}^2$  und einem mittleren Heizwärmebedarf von  $9,75 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  eine resultierende Temperatur von  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  erreicht werden.*

### **3.2.3 Risikoanalyse bei Passivhaussystemen**

#### **3.2.3.1 Grundlagen der Risikoanalyse**

##### **3.2.3.1.1 Begriffsdefinitionen**

###### **Risk (Risiko)**

Das Potential für das Eintreten von unerwünschten und nachteiligen Konsequenzen bezüglich Leben und Gesundheit des Menschen, Vermögen oder Umwelt. [SRA02]

###### **Risk analysis (Risikoanalyse)**

Eine detaillierte Untersuchung einschließlich Risikofestsetzung, -einschätzung und -management, durchgeführt um die Natur der negativen, unerwünschten Konsequenzen in Bezug auf Leben und Gesundheit des Menschen, Vermögen und der Umwelt zu verstehen. Ein analytischer Prozess um Information im Hinblick auf unerwünschte Auswirkungen eines Ereignisses zu erhalten. Die Quantifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit von identifizierten Risiken und deren Auswirkungen. [SRA02]

###### **Risk Assessment (Risikofestsetzung)**

Risk Assessment ist ein Prozess zur Festlegung von Risiken begründet auf Informationen bezüglich der Akzeptierbarkeit von Risikoauswirkungen für eine Einzelperson, eine Gruppe, die Gesellschaft oder die Umwelt. [SRA02]

###### **Risk estimation (Risikoeinschätzung)**

Dies beinhaltet die Größe, den räumlichen Maßstab, die Dauerhaftigkeit und die Intensität von nachteiligen Konsequenzen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit, sowie eine Beschreibung der Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsparametern (Auswirkungen). [SRA02]

###### **Risk evaluation (Risikobewertung)**

Ein Teil der Risikofestsetzung, in welcher die Risikosignifikanz und Risikoakzeptanz festgelegt werden. [SRA02]

###### **Risk identifikation (Risikoidentifizierung)**

Das Erkennen einer Gefahr und deren Charakterisierung. Risikoidentifizierung kann einerseits auf einem analytischen Prozess beruhen, in welchem versucht wird alle möglichen Gefahren und deren Auswirkungen zu erkennen und andererseits durch einen experimentellen Ansatz begründet sein. [SRA02]

##### **3.2.3.1.2 Aufbau eines Risk assessment Systems**

###### **Allgemeine Vorgangsweise**

Die einfachste Möglichkeit der Sicherheitsprognose ist das Übertragen von Störfallhäufigkeiten und -arten aus der Vergangenheit auf die Zukunft ohne auf die Zusammenhänge bedacht zu nehmen, welche zum jeweiligen Störfall geführt haben. In einem qualitativen Modell lassen sich jedoch bereits Ursachen von Störfällen erkennen. Ein wirklich geeignetes Prognoseinstrument ist eine Risikoanalyse, die alle Ursachen-Wirkungsbeziehungen qualitativ und quantitativ erfasst. Der Vorteil der einfachen Übernahme der Störfallauswertung aus der Vergangenheit liegt mit Sicherheit im vergleichsweise geringen Aufwand der Anwendung. Im Gegensatz dazu steht die quantitative Modellrechnung, welche umfangreiche Erhebungen und statistische Auswertungen erfordert (siehe nachstehende Abbildung).



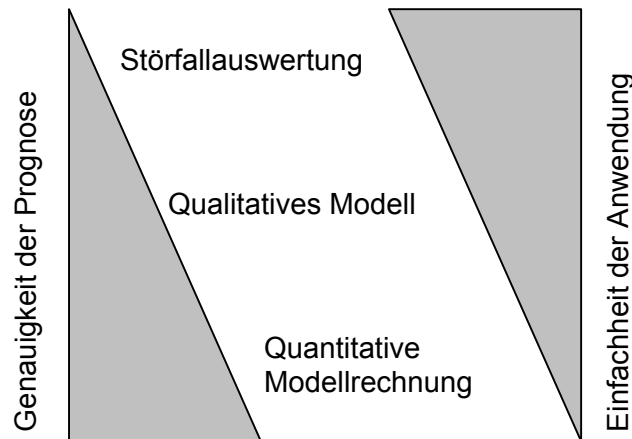


Abb. 17. Prognoseansätze

Das Prinzip der Risikoanalyse besteht darin, den Systemablauf zu modellieren, welcher zu einem Störfall führen kann. Ein Störfall sei wie folgt definiert:

„Ein Störfall im Passivhaussystem liegt dann vor, wenn durch ein bestimmtes Verhaltensmuster der Benutzer oder durch den Ausfall oder die Fehlfunktion von kritischen Anlagenteilen (z.B. Lüftung) die Behaglichkeitsgrenzen in einer Wohneinheit oder im gesamten System über- bzw. unterschritten werden.“ Nicht jedes Fehlverhalten oder jede Fehlfunktion führt zu einem „Störfall“, d.h. das System reagiert auf diese Fehler nicht sensitiv und kann sie daher ohne jede Auswirkung für die Behaglichkeit der Nutzer abfedern.

Das Passivhaussystem stellt in seiner Gesamtheit ein umfangreiches und vielschichtiges dynamisches System dar. Es setzt sich aus mehreren Teilsystemen zusammen:

- Nutzer (Bewohner, Besucher in ihrer Altersstruktur und mit ihren psychischen und physischen Eigenschaften)
- Hausverwaltung einschließlich Personal, Regeln usw.
- Technische Anlagen (Lüftung, E-Geräte, Warmwasserbereitung, usw.)
- Bauteile (Fenster, Türen, Wände, usw.)
- Bruttofläche/-räume (Allgemeine Flächen/Räume, Erschließungsflächen/-räume, Wohnflächen/-räume)
- Gesellschaft (Gruppen, Normen, Gesetze)

Alle Teilsysteme stehen untereinander in Wechselwirkung. Änderungen in einem Teilsystem bewirken im Allgemeinen Änderungen in den anderen Teilsystemen. Beispielsweise wirkt sich eine Änderung im Nutzerverhalten (z.B. Raucher) auf das Bauteil „Fenster“ (geöffnet), dieses sich wiederum auf die technische Anlage „Lüftung“ aus, und dies hat Folgen auf das Behaglichkeitsgefühl der Nutzer (geschlossener Regelkreis – außer wenn andere Nutzer als die „Raucher“ betroffen sind). Dagegen hat eine Änderung im Teilsystem Gesellschaft z.B. eine allgemein schlechte Wirtschaftslage mit hoher Arbeitslosigkeit, nicht sofort zur Folge, dass alle Benutzer versuchen möglichst wenig Energie zu verbrauchen um Betriebskosten zu sparen oder auch umgekehrt.

Am Beispiel der erwähnten Teilsysteme, welche sich wiederum in einzelne Untersysteme differenzieren lassen, wird deutlich, wie umfangreich die Modellbildung werden müsste, will man alle nur denkbaren Einflüsse und Abhängigkeiten (Ursache-Wirkungsbeziehung) erfassen, die direkt oder indirekt den Prozessablauf bestimmen und zur endgültigen Situation führen. Die Modellierung wird also umso schwieriger, je spezieller das Systemverhalten dargestellt werden soll.

Im Interesse eines statistisch abgesicherten, aussagekräftigen Ergebnisses müssten eine große Anzahl spezieller Situationen im Ablauf simuliert und danach analysiert werden. Da dies vom wirtschaftlichen Aufwand her kaum möglich ist, bietet es sich an, statt mit Einzelwerten mit statistischen Verteilungen zu arbeiten. Statistische Verteilungen können die zahlreichen Ungewissheiten und Streuungen berücksichtigen.

### **Systemansatz theoretisch**

Nach [LIP94] besteht eine Risikoanalyse aus 3 Phasen:

#### Qualitative Modellbildung

- Erfassen aller wichtigen Größen, die mit dem zu untersuchenden Problem direkt oder indirekt in Zusammenhang stehen (können). Alle Größen sollten sich zahlenmäßig beschreiben lassen (durch Einzelwerte oder Verteilungen siehe auch [BEC01]).
- Eingrenzen des Systemumfangs. Es wird überprüft, ob sich alle erfassten Größen sowohl quantitativ als auch qualitativ in die spätere Berechnung einbeziehen lassen. Ist das nicht möglich, sind entweder sinnvolle Annahmen zu treffen oder diese Teile vorerst bei der Risikoanalyse auszuklammern.
- Festlegen einer zweckmäßigen Gliederung des Systems. Bei Risikoanalysen wird es sich in der Regel um eine ablauforientierte Gliederung handeln.
- Ordnen der erfassbaren Größen nach Situationen und Abläufen. Hier ist festzulegen, ob sie Teile des „Systeminneren“ sind oder von „Außen“ als Randbedingung oder Störgrößen wirken.
- Logisches Zusammenfügen der Situationen und Abläufe hinsichtlich ihrer Ursache-Wirkungs-Beziehungen entsprechend der gewählten Systemgliederung.
- Überprüfen und Verbessern des Modells, z.B. nach Diskussion mit anderen Fachdisziplinen, indem verschiedene tatsächlich auftretende „Störfälle“ nachvollzogen werden.

#### Quantifizierung

- Belegen aller Situationen und Abläufe des Modells mit der Häufigkeit ihres Auftretens (Einzelwerte, Verteilungen)
- Modellrechnung mit bekannten Eingangsgrößen
- Überprüfen der Ergebnisse anhand von realistischen Vergleichswerten oder Erfahrungen. Bei Bedarf Korrektur einzelner Annahmen und Verfeinerung des Modells (Justierung, Eichung, Validierung der Simulation).

#### Auswertung

- Modellrechnung in mehreren Varianten mit jeweils unterschiedlicher Abhängigkeit, um den Einfluss einzelner Größen auf das Gesamtergebnis zu ermitteln (Sensitivitätsanalyse) und Beschränkung auf die wichtigsten Einflussgrößen
- Darstellen der Ergebnisse

### 3.2.3.2 Untersuchung von leerstehenden Wohnungen


Mit einer Simulationsrechnung wurde das Südgebäude untersucht, um den Einfluss von leerstehenden Wohnungen auf das Erreichen der Komfortkriterien festzustellen.

Variante A stellt das Risiko von unbewohnten Wohnungen und deren Auswirkungen auf eine dazwischen situierte bewohnte Wohnung dar. Die Wohnungstrennwände dieser Variante besteht aus einer Stahlbetonwand mit einer Vorsatzschale und weisen eine U-Wert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K auf. Im Sinne der Risikoanalyse wurde hier von einem „worst case – Szenario“ ausgegangen und sämtliche Wohnungen, welche an die untersuchte Wohnung angrenzen, als unbewohnt angenommen. Dabei wurde die Standardbelegung für die unbelegten Wohnungen wie folgt verändert:

- keine Verschattung durch Jalousien, keine künstliche Beleuchtung,
- keine inneren Lasten, kein natürliches oder mechanisches Lüften

Variante A (leer stehende Wohnungen U-Wert Trennwand = 0,6 W/m<sup>2</sup>K)

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall A1			
Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall A2			
Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall A3			
Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall A4			

 unbeheizte Zone

Tab. 9. Variantenspezifikation A– Systemlängsschnitt durch den Südblock mit Blickrichtung Norden

### 3.2.3.2.1 Empfundene Temperatur

In diesem Abschnitt ist die empfundene Temperatur der Variante A3 dargestellt, da diese aufgrund der unbeheizten Nachbarwohnungen bzw. des angrenzenden Außenbereiches den kritischsten Fall bildet. Die Ergebnisse der anderen Varianten verhalten sich ähnlich. In der folgenden Abbildung sind die resultierenden Temperaturen der betroffenen Wohnungen des Falles A3 dargestellt.

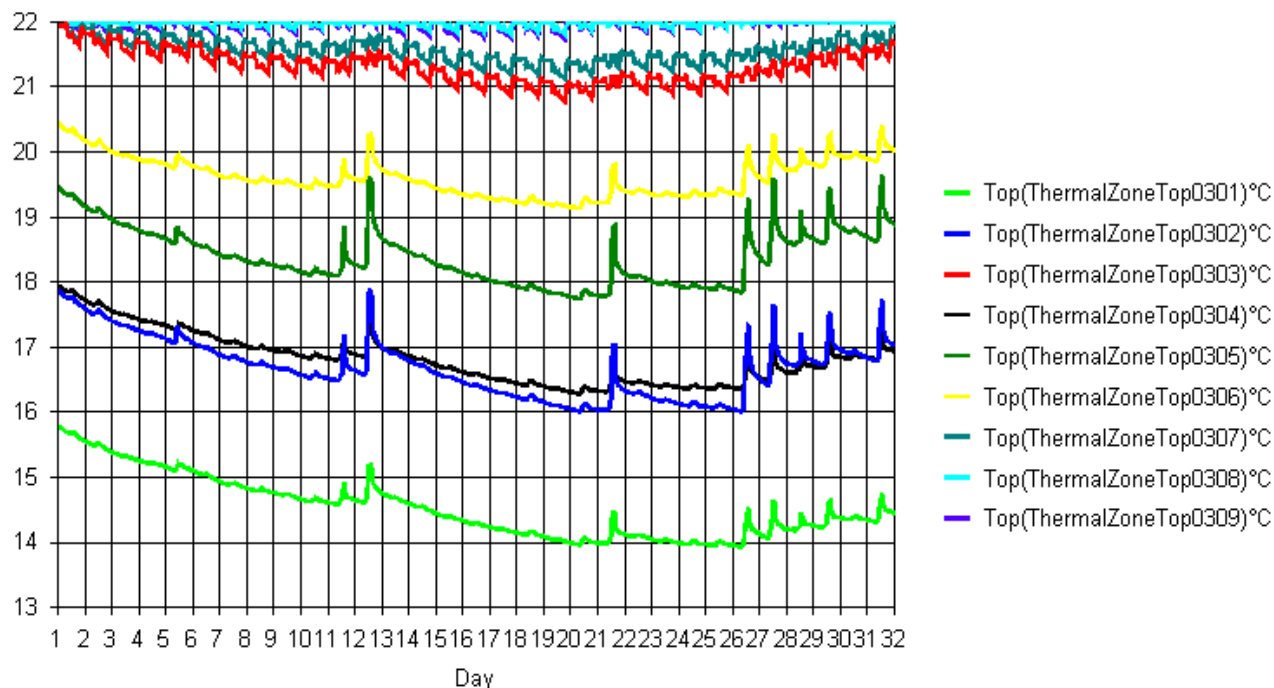
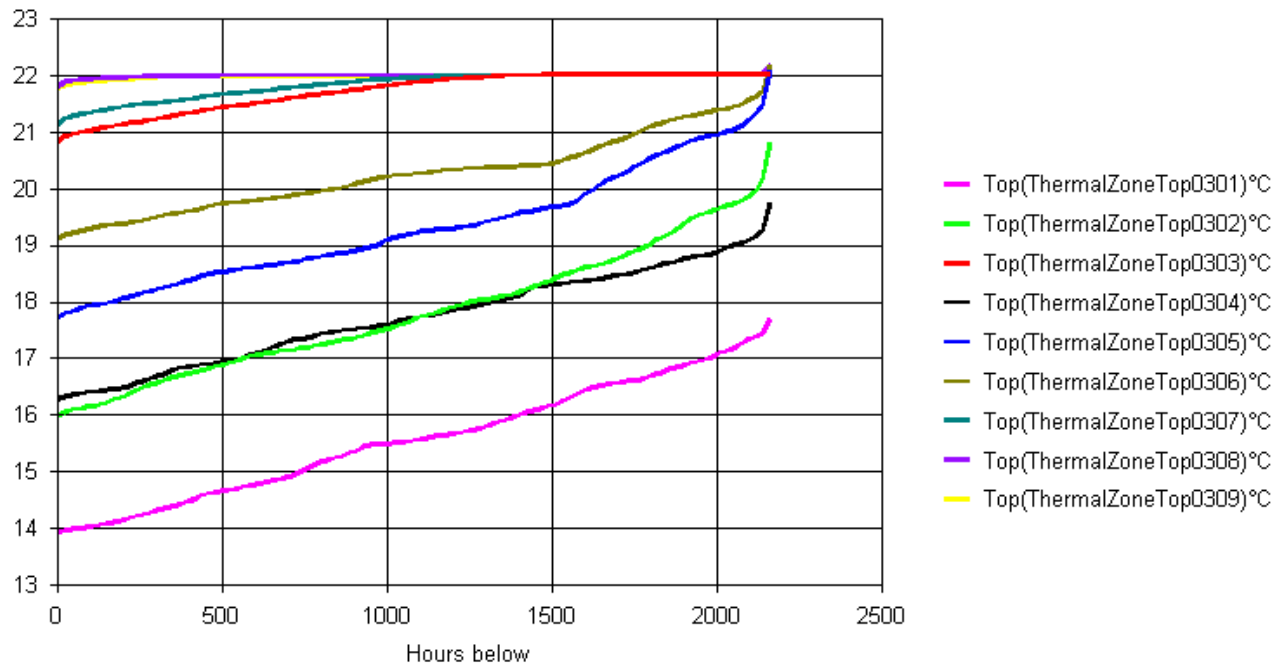


Abb. 18. Temperaturverlauf Jänner der betroffenen Wohnungen – Fall A3

Wohnungen, die an beheizte angrenzen, werden durch Querwärmeströme mitgeheizt. Da keiner der Nachbarwohnung von Top 01 beheizt ist, stellt sich dort mit ca. 14 °C die tiefste empfundene Temperatur ein. Die Wohnung Top 06 weist eine verhältnismäßig hohe Mindesttemperatur von 19,1 °C auf und eine Jahresdurchschnittstemperatur von 22,5 °C. Im Jänner pendelt sich die Durchschnittstemperatur bei 19,8 °C ein. Top 07 liegt über zwei unbeheizten Tops und weist daher leicht erhöhte Wärmeverluste im Vergleich zu Top 09 auf, welche sich im Temperaturverlauf widerspiegeln.

Das beheizte Top 03 weist eine Mindesttemperatur von 20,8 °C auf und eine marginal veränderte Jahresdurchschnittstemperatur von 22,6 °C. Im dargestellten kältesten Monat ist der Abfall der Temperatur um bis zu 1,2 °C ersichtlich. Die empfundene Temperatur liegt im akzeptablen Bereich zwischen 20 °C und 22 °C.

In der folgenden Abbildung sind Unterschreitungszeiten der empfundenen Temperaturen des Falles A3 dargestellt.



**Abb. 19. Unterschreitungsstunden von Dezember bis Februar – Fall A3**

Die beheizte Wohnung Top 03 weist eine Abweichung zur Solltemperatur von maximal 1,2 °C für bis zu 1500 Stunden (ca. 17 % der Gesamtzeit) auf. Dies liegt aufgrund des Überschreitens der Normheizgrenze von 20 °C im tolerierbaren Bereich. Die schlechteren Werte der Wohnung Top 07, wo die Temperatur für ca. 1500 Stunden auf unter 22 °C absinkt, im Vergleich zu Top 08 und Top 09 sind durch den höheren Anteil an Transmissionswärmeverlusten nach außen begründet.

## 3.2.3.2.2 Heizwärmebedarf

In der folgenden Tabelle ist der Heizwärmebedarf der Standardbelegung und der Varianten A1 bis A4 aufgelistet.

Variante / Stichwort		Standard		A 1		A 2		A 3		A 4	
		Normalbelegung		1,3,4,5,6 unbelegt		10,11,12,13,15 unbelegt		1,2,4,5,6 unbelegt		10,11,12,13,14 unbelegt	
Top	WNF	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>
	m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a
0301	88,53	1.234	13,94	0	0,00	1.121	12,66	0	0,00	1.105	12,49
0302	49,14	514	10,46	1.077	21,91	531	10,81	0	0,00	520	10,59
0303	79,77	1.130	14,17	0	0,00	1.153	14,45	1.601	20,07	1.139	14,28
0304	88,53	568	6,42	0	0,00	610	6,89	0	0,00	608	6,87
0305	49,14	242	4,92	0	0,00	252	5,13	0	0,00	244	4,97
0306	79,77	623	7,81	0	0,00	684	8,57	0	0,00	629	7,88
0307	88,53	581	6,56	1.430	16,15	1.454	16,42	1.472	16,62	1.459	16,47
0308	49,14	244	4,96	423	8,60	465	9,45	554	11,27	576	11,73
0309	79,77	632	7,92	1.444	18,11	1.437	18,01	999	12,52	1.028	12,88
0310	88,53	572	6,46	589	6,66	0	0,00	595	6,73	0	0,00
0311	49,14	247	5,03	252	5,13	0	0,00	249	5,07	0	0,00
0312	79,77	648	8,12	684	8,57	0	0,00	653	8,18	0	0,00
0313	52,36	993	18,96	1.001	19,12	0	0,00	999	19,09	0	0,00
0314	27,10	542	20,02	552	20,35	1.003	37,03	550	20,29	0	0,00
0315	49,14	967	19,69	975	19,85	0	0,00	974	19,83	1.347	27,41
Σ	998,36	9.736	9,75	8.426	8,44	8.709	8,72	8.646	8,66	8.655	8,67
<b>tatsächlich beheizte Fläche in m<sup>2</sup></b>				612,62		679,42		643,25		701,46	
<b>HWB bezogen auf die tat. beheizte Fläche in kWh/m<sup>2</sup>a</b>				13,75		12,82		13,44		12,34	

Abb. 20. Heizwärmebedarf Variante A

Um die Mehrverbräuche monetär bewerten zu können, wurde von einem Strompreis inkl. USt. und mit Zuschlag für erneuerbare Energie und Energieabgabe von 0,1424 €/kWh (laut Wien Energie) ausgegangen.

Im Fall A1 erhöht sich der Heizwärmebedarf in der Wohnung Top 02 auf 1077 kWh/a, was zusätzliche Heizkosten von ca. € 80 verursacht. Durch die leer stehenden Wohnungen 04, 05, und 06 erhöht sich der Heizwärmebedarf der darüber liegenden Wohnungen mehr als der HWB der von leer stehenden Wohnungen umgebenen Wohnung Top 2. Die Erhöhung der Heizkosten beträgt in Top 07 ca. € 121 und in Top 08 ca. € 26. Für die Wohnung Top 09 ergibt sich ein Mehraufwand von ca. € 116. In den übrigen Varianten ist das Ergebnisszenario vergleichbar.

### 3.2.3.2.3 Ergebnisse leerstehende Wohnungen

Aus den Rechnungen ist erkennbar, dass die Wärmestromrichtung eine untergeordnete Rolle spielt und die Wärmedämmung zwischen den Wohnungen maßgeblich ist.

Bei der Jahressimulation kam es zu einer maximalen Erhöhung der Heizkosten um ca. € 121. Absolut gesehen ist dieser Kostenanteil wenig bedeutsam.

Aus Sicht der Bewohner könnte die Erhöhung des Heizenergieverbrauches bis zum 2,5-fachen ein psychisches Problem darstellen.

***Vorläufiges Ergebnis leerstehende Wohnungen:***

*Das Risiko des Einflusses von leer stehenden Wohnungen kann bei Ausführung der Trennwände gemäß Bauordnung aus bauphysikalischer und wirtschaftlicher Sicht als unerheblich bezeichnet werden.*

### 3.2.3.3 Untersuchung Wohnungstrennwände

Bei dieser Simulationsrechnung wurde der Einfluss des Dämmniveaus der Trennwände zwischen den Wohnungen untersucht, um den Einfluss auf das Erreichen der Komfortkriterien festzustellen.

Ausgehend von Variante A wurde bei Variante B der Aufbau der Wohnungstrennwand verändert. Diese besteht hier aus einer 20 cm starken Stahlbetonwand mit einem U-Wert von 2,61 W/m<sup>2</sup>K.

Variante B (leer stehende Wohnungen U-Wert Trennwand = 2,61 W/m<sup>2</sup>K)

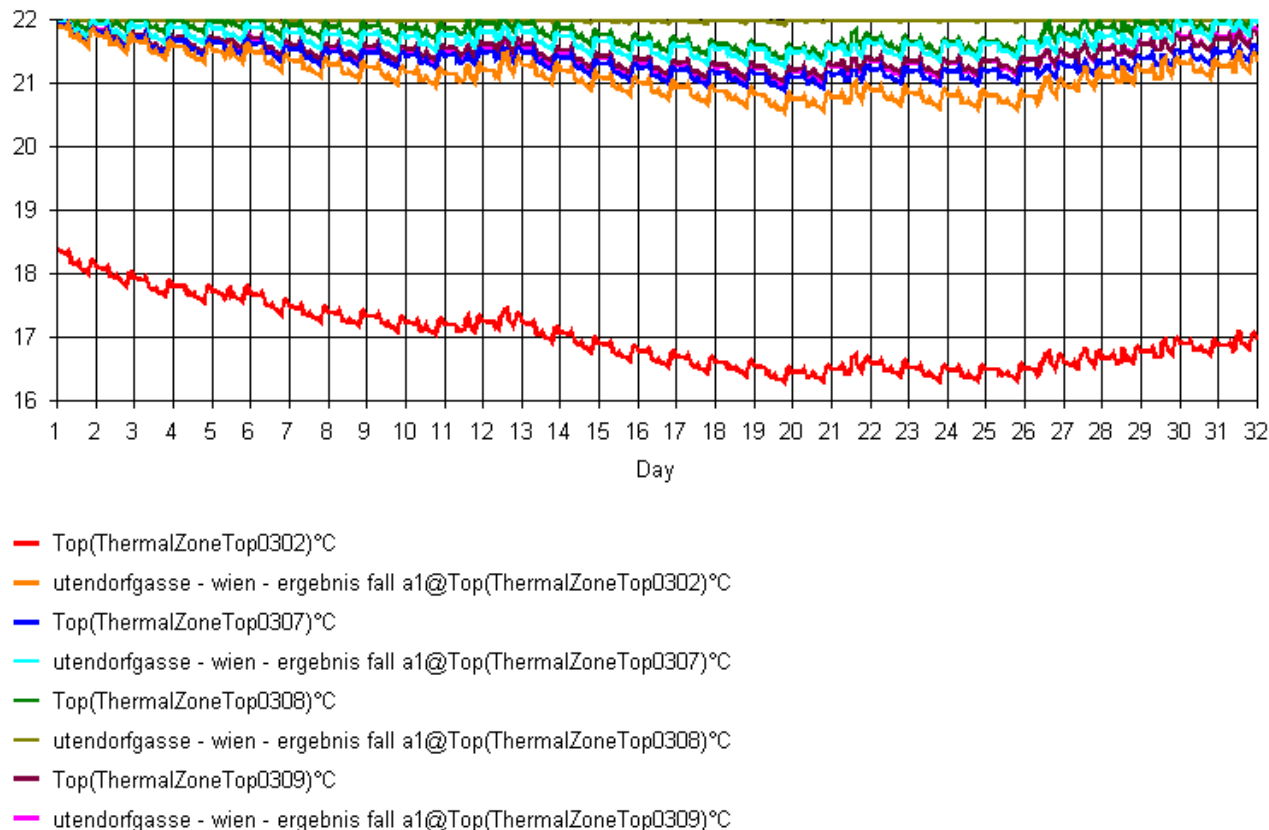
Nachbargebäude	13	14	15	Nachbargebäude	13	14	15	Nachbargebäude	13	14	15	Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12		10	11	12		10	11	12		10	11	12
	07	08	09		07	08	09		07	08	09		07	08	09
	04	05	06		04	05	06		04	05	06		04	05	06
	01	02	03		01	02	03		01	02	03		01	02	03
	Stiege 03 – Fall B1				Stiege 03 – Fall B2				Stiege 03 – Fall B3				Stiege 03 – Fall E4		

Leer stehende Wohnungen

Tab. 10. Variantenspezifikation B – Systemlängsschnitt durch den Südblock mit Blickrichtung Norden

### 3.2.3.3.1 Temperaturverläufe

In diesem Abschnitt ist die empfundene Temperatur der Variante B1 dargestellt, da diese aufgrund der Trennbauteileigenschaften den kritischsten Fall bildet. In der folgenden Abbildung sind die resultierenden Temperaturen der betroffenen Wohnungen des Falles B1 dargestellt.

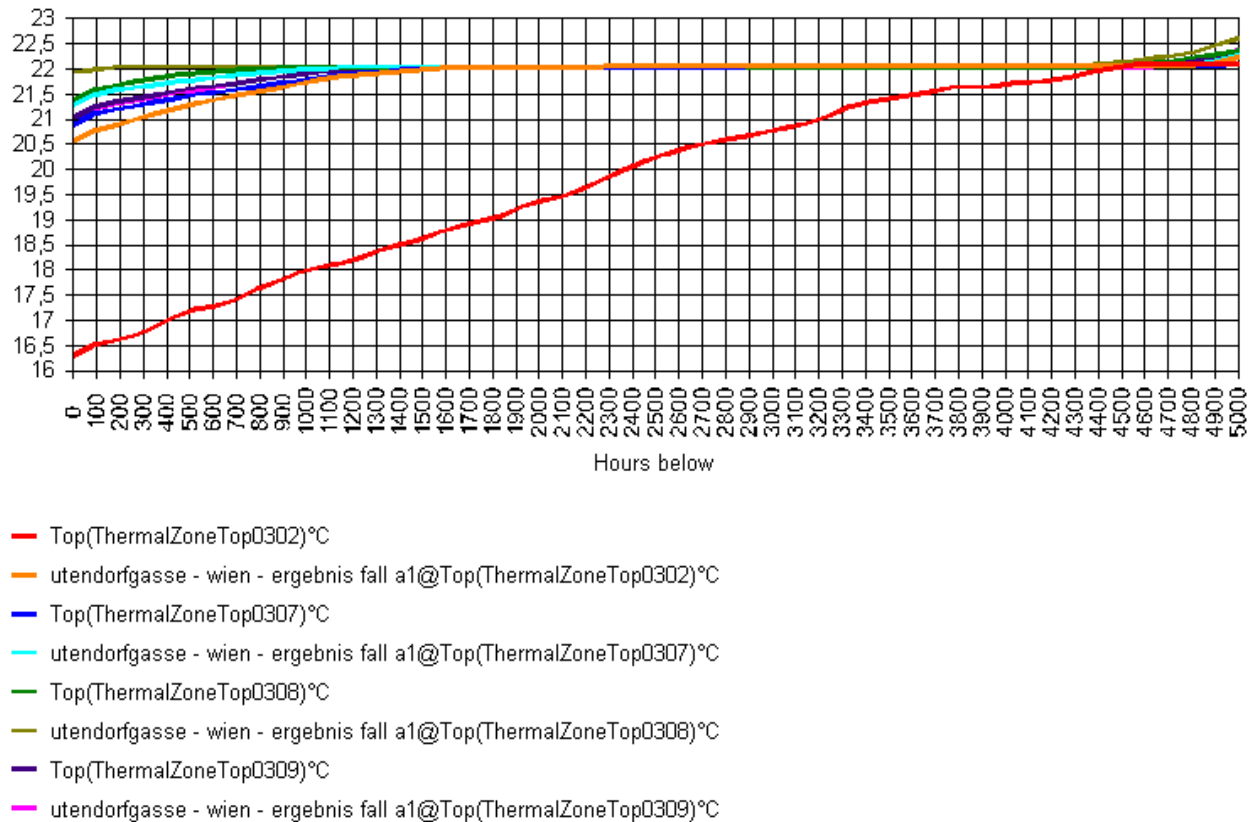


**Abb. 21. Temperaturverlauf Jänner 1997 der betroffenen Wohnungen – Fall B1**

Der Temperaturverlauf der untersuchten Wohnung wird durch den U-Wert der Wohnungstrennwände von  $2,61 \text{ W/m}^2\text{K}$  mehr abhängig von den thermischen Zuständen in den Nachbarwohnungen. Die Wohnungstrenndecke bleibt gleich, und daher verhalten sich die Wohnungen Top 07, 08, 09 über den unbeheizten Zonen wie in Variante A. Die empfundene Temperatur in der untersuchten Wohnung liegt im dargestellten Monat Jänner bei einem Minimum am 20.01. von  $16,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die Monatsmitteltemperatur beträgt  $17,0 \text{ }^\circ\text{C}$  und liegt somit unter den geforderten Komfortwerten.



In der folgenden Abbildung sind Unterschreitungszeiten der empfundenen Temperaturen des Falles B1 dargestellt.



**Abb. 22. Unterschreitungsstunden von Dezember bis Februar – Fall B1**

Bei Fall B1 sind 4400 Stunden mit unter dem gewünschten Temperaturniveau von 22 °C. Es sind mit 2600 Stunden um ca. 63 % mehr Stunden unter der Komfortgrenze als bei Fall A.

## 3.2.3.3.2 Heizwärmebedarf

In der folgenden Tabelle ist der Heizwärmebedarf der Standardbelegung und der Varianten B1 bis B4 aufgelistet.

Variante / Stichwort		Standard		B 1		B 2		B 3		B 4	
		Normalbelegung		1,3,4,5,6 unbelegt		10,11,12,13,15 unb.		1,2,4,5,6 unbelegt		10,11,12,13,14 unb.	
Top	WNF	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>	HWB	HWB <sub>bez.</sub>
	m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a
0301	88,53	1.234	13,94	0	0,00	3.021	34,13	0	0,00	3.021	34,12
0302	49,14	514	10,46	1.994	40,57	794	16,16	0	0,00	789	16,06
0303	79,77	1.130	14,17	0	0,00	1.175	14,73	2.259	28,32	1.145	14,35
0304	88,53	568	6,42	0	0,00	956	10,80	0	0,00	959	10,83
0305	49,14	242	4,92	0	0,00	234	4,76	0	0,00	232	4,71
0306	79,77	623	7,81	0	0,00	659	8,26	0	0,00	632	7,93
0307	88,53	581	6,56	1.706	19,27	1.425	16,09	1.768	19,98	1.488	16,81
0308	49,14	244	4,96	752	15,31	669	13,61	775	15,78	682	13,87
0309	79,77	632	7,92	1.500	18,81	1.445	18,12	1.213	15,21	1.176	14,74
0310	88,53	572	6,46	619	6,99	0	0,00	623	7,03	0	0,00
0311	49,14	247	5,03	252	5,14	0	0,00	249	5,08	0	0,00
0312	79,77	648	8,12	685	8,59	0	0,00	659	8,27	0	0,00
0313	52,36	993	18,96	1.012	19,33	0	0,00	1.011	19,31	0	0,00
0314	27,10	542	20,02	554	20,44	1.526	56,31	553	20,40	0	0,00
0315	49,14	967	19,69	983	20,01	0	0,00	982	19,99	1.788	36,38
Σ	998,36	9.736	9,75	10.059	10,08	11.904	11,92	10.093	10,11	11.911	11,93
<b>tatsächlich beheizte Fläche in m<sup>2</sup></b>				612,62		679,42		643,25		701,46	
<b>HWB bez. auf die tat. beheizte Fläche in kWh/m<sup>2</sup>a</b>				16,42		17,52		15,69		16,98	

Tab. 11. Heizwärmebedarf Variante B

Im Fall B1 erhöht sich der Heizwärmebedarf in der Wohnung Top 02 auf 1994 kWh/a, was eine Mehrbelastung von ca. € 210 entspricht. Die Heizkostenerhöhung beträgt in Top 07 ca. € 160 und in Top 08 ca. € 72. Für die Wohnung Top 09 ergibt sich ein Mehraufwand von ca. € 123. In den übrigen Varianten ist das Ergebnisszenario vergleichbar.

Die Auswertung der Änderung des Heizwärmebedarfs erfolgt mittels nachstehender Tabelle im Vergleich der Standardbelegung mit Variante A und Variante B.

Top	B1/Standard		B1/A1		B2/Standard		B2/A2	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
0301					1787	245%	1900	270%
0302	1480	388%	917	185%	280	155%	263	149%
0303					45	104%	22	102%
0304					388	168%	346	157%
0305					-8	97%	-18	93%
0306					36	106%	-25	96%
0307	1125	294%	276	119%	843	245%	-29	98%
0308	509	309%	330	178%	425	274%	204	144%
0309	869	238%	56	104%	814	229%	8	101%
0310	47	108%	29	105%				
0311	5	102%	0	100%				
0312	38	106%	2	100%				
0313	20	102%	11	101%				
0314	12	102%	3	100%	984	281%	523	152%
0315	16	102%	8	101%				

Tab. 12. Mehrbedarf an Heizwärme im Vergleich von B1 mit Standard, von B1 mit A1, von B2 mit Standard und von B2 mit A2

Der Heizwärmebedarf im Fall B1 Top 02 steigt im Verhältnis zur Standardbelegung auf 388 %, was eine Mehrbelastung von ca. € 210 bedeutet. Die Änderung der Trennwandkonstruktion von A1 auf B1 erhöht den HWB um etwa 85 % und die Kosten um ca. € 130.

### 3.2.3.3.3 Heizlast

In der folgenden Abbildung sind die Heizlasten der betroffenen Wohnungen des Falles B1 dargestellt.

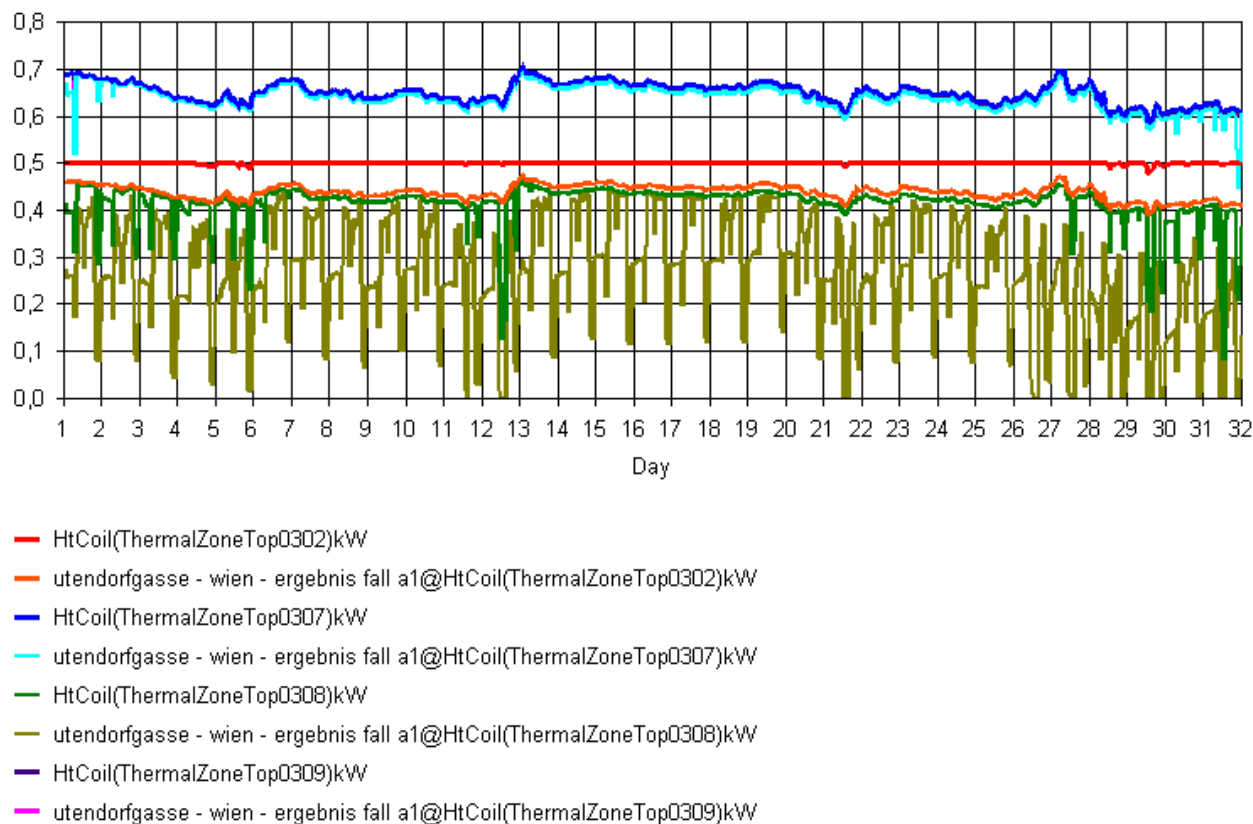


Abb. 23. Heizlast Jänner der betroffenen Wohnungen – Fall E1

Anhand der vorstehenden Abbildung der Heizlast für Fall B1 ist für Top 02 ersichtlich, dass die Heizspirale der Lüftungsanlage den gesamten Jänner unter Volllast von ca. 0,5 kW läuft. Die gewünschte Temperatur kann somit nicht erreicht werden. Die Heizlast der direkt darüber bzw. darunter liegenden Wohnung pendelt sich im Bereich des oberen Ausschlages der Heizlastkurve ein.

### 3.2.3.3.4 Ergebnisse Wohnungstrennwände

Die Wärmeströme zwischen den Wohnungen stellen sich entsprechend der Beheizung und der Kopplung zu den Nachbarzonen über die Leitwerte, die sich aus der Fläche und dem U-Wert des Trennbauteiles zusammensetzen, ein. Festzuhalten ist, dass die größten Querwärmeströme nach oben zu unbeheizten Wohnungen auftreten.

Das Risiko eines verhältnismäßig schlechten U-Werts zwischen den Wohnungen ist gegeben. Die Beeinflussung der Wohnungen untereinander nimmt bei Leerbelegungen derart zu, dass die Performancekriterien mit gegebener Heizlast nicht erfüllt werden können. Die Wärmeströme zwischen den Wohneinheiten haben vor allem Einfluss auf die Dimensionierung der Heizungsanlage und diese wird wiederum durch die maximale Heizlast begrenzt.

**Vorläufiges Ergebnis Wohnungstrennwände:**

*Anzustreben ist daher eine ausreichende Dämmung zwischen den Wohnungen, sodass der von der Bauordnung geforderte U-Wert von 0,9 W/m<sup>2</sup>K erreicht wird.*

## **3.2.4 Akustisches Gesamtverhalten**

### **3.2.4.1 Lüftungsanlage**

#### 3.2.4.1.1 Berechnungsgrundlagen

Die von einer Raumluftechnischen Anlage erzeugten Geräusche gelangen überwiegend über das Leitungssystem als Luftschall in angeschlossene Räume. Die schalltechnische Berechnung erfolgt nach [VDI01] und gliedert sich in folgende Teile:

- Festlegung der zulässigen Schalldruckpegel im angeschlossenen Raum (siehe im Abschnitt über Schallschutz von Anlagen)
- Ventilatorgeräusche aus Messungen der Hersteller übernehmen
- Ermittlung der Strömungsgeräusche im Luftleitungssystem
- Ermittlung der Pegelsenkung im Luftleitungssystem
- Ermittlung des Schallpegels im Raum
- Schalldämpfer auf zulässigen Schalldruckpegel dimensionieren

### 3.2.4.1.2 Bauteile

Die schallschutztechnische Auslegung der Lüftungsanlage wurde am Zuluftstrang des Wohnraumes der 88,53 m<sup>2</sup> großen Wohnung im Erdgeschoss des Nordgebäudes, die den kritischsten Fall darstellt, vorgenommen. In der folgenden Tabelle sind die von Seiten der Haustechnik vorgegebenen Bauteile des Zuluftstranges aufgelistet.

Bauteil	Volumenstrom in m <sup>3</sup> /h	Länge in m	Durchmesser in mm	Geschwindigkeit im m/s
Wohnraum	60	-	-	2,17
Weitwurfdüse	60	-	98,8	2,17
Kanal 1	60	1	98,8	2,17
Schalldämpfer 1	60	1,5	98,8	2,17
Kanal 2	60	1,85	98,8	2,17
Umlenkung	60	-	98,8	2,17
Kanal 3	60	1,85	98,8	2,17
Verzweigung	130	0,4	123,8	3
Kanal 4	130	0,2	123,8	3
Schalldämpfer 2	130	1,5	123,8	3
Rückschlagklappe	130	0,13	123,8	3
Nachheizregister	130	0,6	123,8	3
Ventilator	130	-	123,8	3
Kanal 5	130	2,3	123,8	3
Umlenkung	130	-	123,8	3
Brandschutzklappe	130	-	123,8	3
Abzweigung im EG	130	-	123,8	3
Kanal und Verzweigungen im EG	300	1	398,6	0,67
Kanal und Verzweigungen im 1.OG	560	2,5	398,6	1,25
Kanal und Verzweigungen im 2.OG	821	2,5	398,6	1,83
Kanal und Verzweigungen im 3.OG	1082	2,5	398,6	2,41
Kanal und Verzweigungen im DG	1279	3,5	398,6	2,85
Schalldämpfer 3	1279	1,5	398,6	2,85
Ventilator	1279	-	398,6	2,85
Wärmerückgewinnung	1279	-	398,6	2,85
Frostschutzregister	1279	-	398,6	2,85
Filter	1279	-	398,6	2,85

Tab. 13. Bauteile der RTL-Anlage

In schalltechnischer Hinsicht sind insbesondere die Ventilatoren, die Schalldämpfer und die Weitwurfdüse relevant. Der Luftkanal ist so zu dimensionieren, dass die Bauteile nach dem Sekundärschalldämpfer den zulässigen Schallpegel nicht übersteigen.

#### Weitwurfdüsen

Die verwendete Weitwurfdüse der Firma Trox [TRO02] hat einen A-bewerteten Schallpegel von unter 20 dB(A). In der Rechnung wurden die folgenden oktavbandabhängigen Schallleistungspegel L<sub>w</sub> verwendet:

	fm [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
L <sub>w</sub>	dB	24.4	25.4	25.4	24.4	19.4	10.4	1.4

Tab. 14. oktavbandabhängige Schallleistung der Weitwurfdüse

### Schalldämpfer

Die verwendeten Schalldämpfer 1 und 2 der Firma Schako [SCH02] haben die folgenden oktavbandabhängigen Einfügungsdämpfungsmaße  $\Delta L_w$ :

	fm [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
$\Delta L_w$	dB	8	22	44	50	50	50	46

Tab. 15. oktavbandabhängige Einfügungsdämpfungsmaße des Primär- und Sekundärschalldämpfers

Der verwendete Schalldämpfer im Hauptstrang der Firma Schako [SCH02] hat das folgende oktavbandabhängige Einfügungsdämpfungsmaße  $\Delta L_w$ : - bitte welcher ist das jetzt – kurze

	fm [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
$\Delta L_w$	dB	3	8	15	25	33	29	18

Tab. 16. oktavbandabhängige Einfügungsdämpfungsmaße des Schalldämpfers im Hauptstrang

### Ventilatoren

Der verwendete Ventilator im Zuluftstrang der betrachteten Wohnung der Firma Gebhardt [GEB02] hat die folgenden oktavbandabhängigen Schalleistungspegel  $L_w$ :

	fm [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
$L_w$	dB	30	39	47	50	52	47	38

Tab. 17. Schalleistung des Ventilators für die Wohneinheit

Der verwendete Ventilator im Hauptstrang der Firma Gebhardt [GEB02] hat die folgenden oktavbandabhängigen Schalleistungspegel  $L_w$ :

	fm [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
$L_w$	dB	65	64	64	60	57	52	46

Tab. 18. oktavbandabhängige Schalleistung des Ventilators im Hauptstrang

#### 3.2.4.1.3 Restgeräusche im Wohnraum

Ausgehend vom Wohnraum erfolgt abschnittsweise die Berechnung des Restgeräusches in Oktavbänder. Dabei wurden unterschiedliche Schalldämpferanordnungen untersucht. Die jeweils entstehenden Restgeräusche sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Schalldämpferanordnung	Restgeräusch im Wohnraum in dB (A)
ohne Schalldämpfer	41
mit Schalldämpfer 3	40
mit Schalldämpfer 1	18
mit Schalldämpfer 1 und 2	17

Tab. 19. Restgeräusche bei unterschiedlichen Schalldämpferanordnungen

Ohne Schalldämpfer kann das maximal zulässige Restgeräusch im Wohnraum von 25 dB(A) laut ÖNORM B 8115-2 [ÖNO01] nicht eingehalten werden. Auf Schalldämpfer 3 wird verzichtet, da dieser weitgehend ohne Einfluss auf das Restgeräusch im Wohnraum ist. Die Anordnung des Schalldämpfers 1 ist ausreichend, um den zulässigen Pegel im Wohnraum zu unterschreiten. Ein zweiter Schalldämpfer im Zuluftstrang der Wohnung brächte eine Verbesserung von ca. 1dB(A).

In der folgenden Tabelle sind die durch jeden Bauteil entstehenden Restgeräusche im Wohnraum bei Verwendung von Schalldämpfer 1 angegeben.

Bauteil	Oktavbandmittelfrequenzen in Hz						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Wohnraum							
Weitwurfdüse	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal 1	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Schalldämpfer 1	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal 2	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Umlenkung	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal 3	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Verzweigung	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal 4	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Schalldämpfer 2	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Rückschlagklappe	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Nachheizregister	21,3	21,4	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Ventilator	22,5	21,7	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal 5	22,5	21,7	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Umlenkung	22,5	21,7	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Brandschutzklappe	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Abzweigung im EG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal und Verzweigung EG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal und Verzweigungen 1.OG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal und Verzweigungen 2.OG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal und Verzweigungen 3.OG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Kanal und Verzweigungen DG	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Schalldämpfer 3	23,4	21,9	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Ventilator	36,3	23,2	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Wärmerückgewinnung	36,3	23,2	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Frostschutzregister	36,3	23,2	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
Filter	36,3	23,2	20,3	18,3	12,1	2,3	0,0
<b>A-Bewertung</b>	<b>-26,2</b>	<b>-16,1</b>	<b>-8,6</b>	<b>-8,6</b>	<b>0,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
<b>A-Bewerteter Oktavpegel</b>	<b>10,1</b>	<b>7,1</b>	<b>11,7</b>	<b>9,7</b>	<b>12,7</b>	<b>3,5</b>	<b>1</b>

Tab. 20. Restgeräusche im Wohnraum

Die Weitwurfdüse verursacht den wesentlichen Anteil des Schallpegels im Raum. Die weiteren Bauteile mindern den Schallpegel bei den Oktavbandmittelfrequenzen von 250 bis 4000 Hz mehr, als sie ihn erhöhen, wodurch die errechneten Restgeräusche jeweils gleich sind. Bei der Oktavbandmittelfrequenz von 63 Hz erhöht sich das von der Weitwurfdüse verursachte Restgeräusch im Raum von 21,3 dB durch die nachfolgenden Komponenten auf 36,3 dB und bei 125 Hz von 21,4 auf 23,2 dB.

Die Addition der A-bewerteten Oktavschaallpegel ergibt einen A-Schallpegel im Wohnraum von 18 dB(A), was unter der Grenze von 25 dB(A) laut ÖNORM B 8115-2 [ÖNO01] liegt.



#### 3.2.4.1.4 Ergebnisse akustisches Gesamtverhalten

**Vorläufige Ergebnisse akustisches Gesamtverhalten:**

*Die schallschutztechnische Auslegung der Lüftungsanlage wurde am Zuluftstrang des Wohnraumes der 88,53 m<sup>2</sup> großen Wohnung im Erdgeschoss des Nordgebäudes, die den kritischsten Fall darstellt, vorgenommen.*

*In schalltechnischer Hinsicht sind insbesondere die Ventilatoren, die Schalldämpfer und die Weitwurfdüse relevant.*

*Ohne Schalldämpfer für das Ventilatorengeräusch kann das maximal zulässige Restgeräusch im Wohnraum von 25 dB(A) gemäß ÖNORM B 8115-2 [ÖNO01] nicht eingehalten werden. Weitwurfdüsen können zur Lufteinbringung im Wohnraum verwendet werden. Der A-Schallpegel im Wohnraum der untersuchten Wohnung wurde mit 18 dB(A) ermittelt, was unter der Grenze von 25 dB(A) liegt.*

### 3.3 Kontrollierte Wohnraumlüftung / Wärmezufuhr

Nach [FEI99] müssen strenge Anforderungen an Wärmerückgewinnungssysteme und auch an die gesamte Lüftungsanlage gestellt werden, damit die Wärmebereitstellung in Passivhäusern ohne konventionelles Heizsystem zufriedenstellend funktionieren kann. Aus diesem Grund werden in den nachfolgenden Kapitel einzelne Komponenten des Lüftungssystem eingehend betrachtet. Die Anforderungen nach [FEI99] bzw. [FEI00a] sind Folgende:

- **Komfortkriterium:**  
Zulufttemperatur  $\geq 16,5$  °C
- **Effizienzkriterium Wärmeüberträger:**  
effektiver Wärmebereitstellungsgrad  $\geq 75$  % bei balancierten Massenströmen
- **Stromeffizienzkriterium**  
Die gesamte elektrische Leistungsaufnahme des Lüftungsgeräts darf beim Auslegungsmassenstrom 0,45 W pro m<sup>3</sup>/h geförderter Luft nicht überschreiten.
- **Begrenzung von Leckagen:**  
Restleckagen  $< 3$  %
- **Wärmedämmung des Geräts:**  
Dämmung besser als 5 W/K
- **Abgleich/Regelbarkeit:**  
Zuluft- und Abluft-Massenstrom müssen bei Nennvolumenstrom ausbalanciert werden können, Regelbarkeit mindestens 3 Stufen [Grundlüftung (70 – 80 %); Standardlüftung (100 %); erhöhte Lüftung (ca. 130 %)].
- **Raumlufthygiene:**  
Außenluftfilter mindestens Filterklasse F7; Abluftfilter mindestens G3
- **Frostschutz ohne Balancestörung:**  
ohne Unterbrechung der Frischluftzufuhr
- **Schallschutz:**  
Schalldruckpegel in Wohnräumen  $< 25$ dB(A); in Funktionsräumen  $< 30$  dB(A); im Aufstellungsraum  $< 35$  dB(A)

### 3.3.1 Komponenten einer kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage

Im Zuge des Projektes wurde eine Recherche über derzeit verfügbare Anlagen und Komponenten zur kontrollierten Wohnraumlüftung durchgeführt. Die Anforderungen an Lüftungsanlagen, die in Passivhäusern eingesetzt werden sind teilweise erheblich höher als die Anforderungen beim Einsatz in normalen Anwendungen. In den nachfolgenden Kapitel werden die Anforderungen an die einzelnen Komponenten und die Ergebnisse der Recherchen zusammengestellt.

#### 3.3.1.1 Wärmetauscher

Das Kernstück jeder kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage ist ein hocheffizienter Wärmetauscher. Vom Passivhaus-Institut wurden die folgenden Mindestwerte für Wärmetauscher in Wohnungslüftungsanlagen fixiert [FEI99].

- effektiver Wärmebereitstellungsgrad  $\geq 75 \%$
- Interne und externe Leckage  $\leq 3 \%$
- Wärmeverlust über das Gehäuse  $\leq 5 \text{ W/K}$

Im Allgemeinen kommen aus diesen Gründen nur Gegenstromplattenwärmetauscher oder Gegenstromkanalwärmetauscher in Frage. Kreuzstromplattenwärmetauscher können meist nicht verwendet werden, weil der effektive Wärmebereitstellungsgrad von 75 %, der für Passivhäuser notwendig ist, durch sie nicht erreicht werden kann.

Im Zuge der durchgeführten und derzeit noch laufenden Recherche von verfügbaren Anlagen stellte sich heraus, dass das Angebot von passivhaustauglichen Anlagen für kleinere Volumenströme bis maximal etwa 600 m<sup>3</sup>/h schon recht groß ist. Meist sind diese Anlagen als Kompaktgeräte ausgeführt. Bei größeren Anlagen von etwa 1.000 bis 1.400 m<sup>3</sup>/h, wie sie im Projekt Utendorfgasse benötigt werden, gibt es nur wenige Hersteller, die diese Anlagen standardmäßig im Programm haben.

Ein dabei häufig auftretendes Problem ist, dass die größeren Anlagen zu geringe Wärmerückgewinnungsgrade aufweisen. Durch die Serienschaltung von zwei Wärmetauschern mit geringerer Wärmerückgewinnung könnte der, für Passivhäuser notwendige Wärmerückgewinnungsgrad wieder erreicht werden. Beispielsweise ergeben zwei in Serie geschaltete Wärmetauscher mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von jeweils 65 % in Summe einen Wärmerückgewinnungsgrad von 78 – 79 %.

In der nachfolgenden Tabelle sind die vorläufigen Ergebnisse der Anlagenrecherche zusammengefasst. Die in der Tabelle angeführten Wärmerückgewinnungsgrade entsprechen den von den Unternehmen angegebenen Wärmerückgewinnungsgraden. Im konkreten Fall muss jeweils geprüft werden, unter welchen Bedingungen die Wärmerückgewinnungsgrade ermittelt wurden und inwieweit diese Rückgewinnungsgrade auch im konkreten Anwendungsfall erreicht werden können.

Bei einem Großteil der angeführten Anlagen, handelt es sich meist um sogenannte Zentral- bzw. Kompaktgeräte bei denen sich außer dem Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung auch die Ventilatoren, die Frostschutzeinrichtung, diverse Filter, etc. in einem gemeinsam Gehäuse befinden. Wie aus der Tabelle hervorgeht sind nicht alle Anlagen und weitere Maßnahmen zum Einsatz in Passivhäusern geeignet, weil der erreichte Wärmerückgewinnungsgrad zu gering ist.

Anbieter	Anlage	Volumenstrom	Wirkungsgrad	
ABB Fläkt	Zentrallüftungsgerät mit WRG			
Aereco	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	205 m <sup>3</sup> /h		
		250 m <sup>3</sup> /h		
Airflow	Zentrallüftungsgerät mit WRG	90 – 300 m <sup>3</sup> /h	81 %	
	Lüftungsgeräte mit WRG	185 – 6500 m <sup>3</sup> /h	< 70 %	
Bosch/Junkers	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	50 – 130 m <sup>3</sup> /h	73 %	
		100 – 250 m <sup>3</sup> /h	70 %	
		160 – 400 m <sup>3</sup> /h	68 %	
		330 – 850 m <sup>3</sup> /h	70 %	
Conit	Zentrallüftungsgerät mit WRG		< 90 %	
		250 – 750 m <sup>3</sup> /h	~ 70 %	
Exhausto	Zentrallüftungsgerät mit WRG	200 – 3.500 m <sup>3</sup> /h	< 70 %	
Fresh	Zentrallüftungsgerät mit WRG	110 – 290 m <sup>3</sup> /h	90 % bei 160 m <sup>3</sup> /h	
Helios	Zentrallüftungsgerät mit WRG	80 – 250 m <sup>3</sup> /h	bis über 90 %	
		120 – 300 m <sup>3</sup> /h	bis über 90 %	
		240 – 650 m <sup>3</sup> /h	< 75 %	
		380 – 1.200 m <sup>3</sup> /h	< 70 %	
Kampmann	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	< 225 m <sup>3</sup> /h	94 %	
Lüfta	Wärmerückgewinnungsgeräte		bis zu 95 %	
Maico	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	100 – 250 m <sup>3</sup> /h	92 %	
		260 m <sup>3</sup> /h	90 %	
Menerga	Zentrallüftungsgerät mit WRG		85 – 95 %	
Paul Wärmerück- gewinnung	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	< 360 m <sup>3</sup> /h	> 90 %	
		< 130 m <sup>3</sup> /h	85 – 98 %	
		< 160 m <sup>3</sup> /h	77 – 80 %	
		< 625 m <sup>3</sup> /h	85 – 90 %	
		< 350 m <sup>3</sup> /h		
	Rotationswärmetauscher	> 2.000 m <sup>3</sup> /h	72 – 80 %	
Rovent	Zentrallüftungsgerät mit WRG	~ 250 m <sup>3</sup> /h	90 %	
Schrag	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	110 – 250 m <sup>3</sup> /h	92 %	
		Zentrallüftungsgerät mit WRG	~ 200 m <sup>3</sup> /h	70 %
		210 – 400 m <sup>3</sup> /h	60 – 70 %	
Smeets <sup>12</sup>	Zentrallüftungsgerät mit WRG	100 – 250 m <sup>3</sup> /h	75,4 – 81,9 %	
		150 – 350 m <sup>3</sup> /h		
		380 – 5000 m <sup>3</sup> /h	60 – 80 %	
Stiebel – Eltron	Zentrallüftungsgerät mit WRG	90 - 225 m <sup>3</sup> /h	bis zu 90 %	
Systemair <sup>13</sup>	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	< 430 m <sup>3</sup> /h	bis zu 90 %	
		Zentrallüftungsgerät mit WRG	120 – 330 m <sup>3</sup> /h	bis zu 75 %
		Rotationswärmetauscher	> 2000 m <sup>3</sup> /h	75 – 80 %
Temovex	Zentrallüftungsgerät mit WRG	< 250 m <sup>3</sup> /h	< 87 %	
		< 300 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
		< 500 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
		< 600 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
		< 900 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
		< 1.000 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
		< 2.000 m <sup>3</sup> /h	Ø 82 %	
Vallox	Zentrallüftungsgerät mit WRG	< 225 m <sup>3</sup> /h	78 %	
		< 300 m <sup>3</sup> /h	79 %	

<sup>12</sup> Die angeführten Geräte sind mit Gleichstromventilatoren ausgestattet. Bei Geräten mit Wechselstromventilatoren gibt es eine größere Vielfalt an möglichen Volumenströmen.

<sup>13</sup> Weitere von der Firma Systemair angebotene WRG Geräte mit Kreuzstromwärmetauschern wurden nicht aufgeführt, da die Wärmerückgewinnungsgrade mit 65 % zu gering sind.

Anbieter	Anlage	Volumenstrom	Wirkungsgrad
		< 360 m <sup>3</sup> /h	79 %
		< 465 m <sup>3</sup> /h	74 %
		< 825 m <sup>3</sup> /h	76 %
Viessmann	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	< 260 m <sup>3</sup> /h	> 90 %
Villavent	Kompaktlüftungsgerät mit WRG		bis zu 90 %
Wernig	Kompaktlüftungsgerät mit WRG	< 300 m <sup>3</sup> /h	> 90 %
Westaflex	Zentrallüftungsgerät mit WRG	90 – 250 m <sup>3</sup> /h	

Tab. 21. Vorläufige Ergebnisse der Recherche zu passivhaustauglichen WRG Geräten

### 3.3.1.2 Ventilatoren

Eine der Vorgaben für Passivhäuser ist, dass der elektrische Energiebedarf für die Lüftung der Häuser eine Grenze von 0,45 Wh/m<sup>3</sup> nicht überschreiten soll. Aus diesem Grund müssen Ventilatoren mit sehr gutem Wirkungsgrad zum Einsatz kommen. Für die dezentralen Ventilatoren der einzelnen Wohneinheiten wurden aus diesem Grund elektronisch kommutierte Gleichstromventilatoren vorgesehen.

Wie im vorigen Kapitel bereits angeführt sind bei den Zentrallüftungsgeräten bzw. Kompaktlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung die Zu- und Abluftventilatoren in der Zentraleinheit bereits enthalten. Ein Großteil der Geräte, insbesondere jene die speziell als passivhaustauglich angeboten werden, sind mit elektronisch kommutierten Gleichstromventilatoren ausgestattet bzw. ist eine derartige Ausstattung auf Wunsch möglich.

Firmen die elektronisch kommutierte Gleichstromventilatoren anbieten sind unter anderem Kanalfläkt (Bivent), Ziehl-EBM oder Wolter.

### 3.3.2 Nachheizung / Vorschläge zur optimalen Nutzung der Fernwärme

Im Projekt „Utendorfgasse“ kommt die Verwendung von Fernwärme nicht in Frage, da keine Fernwärmeanschlussmöglichkeit besteht.

Um konkrete Vorschläge zur Nutzung der Wärme im Rücklaufstrang zur Warmwasserbereitung machen zu können, müssen Angaben über die tatsächlichen Bedingungen, vor allem die Temperatur im Rücklaufstrang, vorhanden sein.

### 3.3.3 Brandschutz

Für den Brandschutz im Geschosswohnungsbau bestehen höhere Anforderungen als in Einfamilienhäusern. Grundsätzlich bestehen für die Lüftungsleitungen in den Steigsträngen zwei Möglichkeiten.

- Einsatz von Deckenschotts und Vergießen der Decken
- Einsatz von Brandschutzklappen beim Übergang in die Wohneinheiten.

Für das vorliegende Projekt wurden Brandschutzklappen gewählt. Eine zusätzliche Maßnahme könnte sein, den Betrieb der Zuluftanlage über einen Rauchgasmelder abzusichern, wobei weitere Maßnahmen im Allgemeinen jedoch nicht erforderlich sind.

## 3.4 Warmwasserbereitung

Im Passivhaus stellt der Energieverbrauch zur Warmwasserbereitung den höchsten Einzelposten dar. In [FEI96a] sind die folgenden Maßnahmen angeführt mit denen sich der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung bereits spürbar senken lässt.

- Alle warmwasserführenden Leitungen sollten grundsätzlich innerhalb des beheizten Raumes verlegt sein und das Warmwasserleitungsnetz sollte insgesamt möglichst kurze Leitungslängen aufweisen.
- Nach Möglichkeit sollten auch die Warmwasserspeicher in beheizten Räumen liegen.
- Sollten Leitungen bzw. Speicher außerhalb der wärmegeprägten Hülle verlegt werden, müssen diese sehr gut wärmegeprägt werden.
- Auch Warmwasserleitung und Brauchwasserspeicher innerhalb der gedämmten Hülle müssen wärmegeprägt werden, um einerseits Wärmeverluste zu verringern und andererseits ein Aufheizen des Gebäudes im Sommer zu verhindern.

### 3.4.1 Untersuchung der Warmwasserbereitung und –verteilung im Geschosswohnungsbau

Im Gegensatz zum Heizwärmebedarf lässt sich der Warmwasserbedarf in Passivhäusern verglichen mit Standardhäusern kaum reduzieren. Ein weiterer wesentlicher Unterschied ist, dass der Warmwasserwärmebedarf über das ganze Jahr annähernd konstant ist (leichte Abnahme im Sommerhalbjahr), während der Heizwärmebedarf ausschließlich im Winter auftritt.

Der Tagesverlauf des Warmwasserverbrauchs ist individuell stark unterschiedlich, da der Kurz-Zeit-Hauptverbraucher Dusche/Bad stark in den Tagesverbrauch eingeht. Aus diesem Grund ist kaum eine sichere Prognose möglich, was für die Planung der Anlagen bedeutet, dass diese in der Regel überdimensioniert sind [FEI96d].

Je größer die Anzahl, der von einer zentralen Anlage versorgten Wohneinheiten ist, umso geringer wird die Bedeutung dieser Entnahmespitzen bei der Auslegung der Anlage. Die Anzahl der Wohneinheiten die von einer zentralen Warmwasserbereitung versorgt wird, wird bei der Dimensionierung durch den Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt.

Warmwasserzapftemperaturen liegen im Allgemeinen je nach Verwendungszweck bei 35 bis 45 °C (z. B. Duschen 35 – 38°C; Küche 45 °C). Daraus ergibt sich, unter der Voraussetzung, dass die mindestens durch die Anlage bereitzustellende Temperatur der maximalen Zapftemperatur entspricht, eine minimale Warmwassertemperatur von 45 °C. Der Warmwasserverbrauch pro Person und Tag liegt bei etwa 55 Liter mit 45 °C oder 40 Liter bei 60 °C.

Unter Berücksichtigung der Rohrleitungsverluste und einer kombinierten Heizwärmeversorgung, für die die Lufttemperatur auf 50 °C begrenzt ist, ist eine Auslegung auf maximal 55 °C sinnvoll.

### **Varianten zur Bereitstellung:**

Als Wärmequellen kommen in Passivhäuser alle gängigen Brennstoffe in Frage. Beispielsweise können Gasbrennwertthermen, Holzpelletöfen oder auch Fernwärme eingesetzt werden. Besonders geeignet ist die gruppenweise Versorgung mehrerer Wohneinheiten, da dadurch die zur Brauchwassererwärmung notwendige Spitzenleistung reduziert wird, weil nicht alle Parteien gleichzeitig Warmwasser benötigen. Ein weiterer Vorteil der gruppenweisen Versorgung liegt in der kostengünstigen Möglichkeit Solarenergie einzukoppeln.

Theoretisch ist auch eine direktelektrische Heizung bzw. Warmwasserbereitung denkbar. Derartige Anlagen zeichnen sich durch sehr niedrige Investitionskosten im Vergleich zu den anderen Systemen aus, können aber in den meisten Fällen in Passivhäusern nicht eingesetzt werden, weil aufgrund des hohen Primärenergiefaktors von Strom, das primärenergetische Kriterium für Passivhäuser (Primärenergieverbrauch  $< 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ) nicht erfüllt werden kann.

#### **Speicher [FEI96e]:**

1. Das klassische System zur Bereitstellung besteht aus einem Warmwasserspeicher, der durch die Heizung aufgeheizt wird. Im Gegensatz zum Einsatz dieses Konzeptes in Einfamilienhäusern ist eine Zirkulationsleitung erforderlich, die nahezu ständig in Betrieb sein muss. Eine Unterbrechung ist meist nur in den Nachtzeiten möglich und muss von den Nutzern akzeptiert werden.

Als Speicher können verschiedene Varianten zum Einsatz kommen:

- A Standspeicher mit eingebautem Wärmetauscher
- B Standspeicher mit Ladewärmetauscher
- C Standspeicher Einströmröhren/Schichtentladung mit externem Wärmetauscher

2. Als Alternative zu Variante 1 kann ein Warmwasserspeicher unter Einbeziehung von Solarenergie eingesetzt werden.
3. Eine weitere Variante stellt ein System mit Durchlaufwärmetauschern dar. Die Warmwassererwärmung erfolgt in diesem Fall bedarfsweise je Wohneinheit über einen Plattenwärmetauscher, der von einem Heizkreislauf mit Wärme versorgt wird. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Trinkwasserspeichersystemen enthält der Pufferspeicher in dieser Variante Heizungswasser. Um eine Entnahmetemperatur von  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  nach dem Wärmetauscher sicherzustellen, ist im Vorlauf des Heizkreises eine Temperatur von ca.  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  erforderlich.

### **Warmwasserverteilung:**

Die Wärmeverteilung (Heizung und Warmwasser) innerhalb des Gebäudes kann einerseits durch ein sogenanntes Zweileitersystem erfolgen, an das in jeder Wohneinheit das Nachheizregister und ein Gegenstromwärmetauscher zur Brauchwassererwärmung angeschlossen sind.

Eine andere Variante besteht in einem Vierleitersystem (Heizungsvor- und Rücklauf, Warmwasserleitung und Zirkulationsleitung) mit zentralem Brauchwarmwasserspeicher vgl. [FEI98].

Der Vorteil des Zweileitersystems besteht darin, dass die Investitionskosten etwas geringer sind, weil statt vier Rohrleitungen (gedämmten) nur zwei benötigt werden. Als zusätzliche Investitionen sind die Plattenwärmetauscher anzuführen, die in jeder Wohneinheit notwendig sind.

Durch die Notwendigkeit dieser Plattenwärmtauscher ergibt sich die Anforderung, dass die Temperatur im Heizungsvorlauf ganzjährig mindestens 65 °C beträgt. Durch diese höheren Vorlauftemperaturen erhöhen sich einerseits die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und Speichern und andererseits verringert sich Wirkungsgrad der Brennwertkessel, da dieser sehr stark von Vor- bzw. Rücklaufemperatur abhängig ist.

Da im vorliegenden Projekt ein Brennwertkessel eingesetzt wird und die Erhöhung der Investitionskosten vergleichsweise gering ist, wurde das Vierleitersystem gewählt.

***Vorläufiges Ergebnis Warmwasserbereitung / -verteilung:***

*Zur zentralen Wärmeerzeugung für Heizung und Brauchwarmwasserbereitung wird ein gemeinsamer Gasbrennwertkessel mit Brauchwarmwasserspeicher verwendet. Die Brauchwarmwasserverteilung erfolgt über die Zirkulationsleitung und Zirkulationspumpe (gesteuert über Zeitschaltuhr).*

*Mit dem Heizungswarmwasser (Pumpenwarmwasser) erfolgt die Versorgung der dezentralen Nachheizregister.*

In der nachfolgenden Tabelle wird eine Zusammenstellung von Gasbrennwertkessel bzw. Gasbrennwertthermen verschiedener Hersteller gegeben. Mittlerweise ist die Zahl der Hersteller derartiger Anlagen schon recht groß, sodass die nachfolgende Tabelle keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Ein Maß für die Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie ist der, in der nachfolgenden Tabelle angegebene Normnutzungsgrad. Der Normnutzungsgrad wird auf einem Prüfstand aus fünf Teillastnutzungsgraden (12,8%, 30,3%, 38,8%, 47,6% und 62,6%) ermittelt. Er ist für Brennwertkessel größer als 100 %, da er auf den unteren Heizwert des zugeführten Brennstoffs bezogen ist. Die wasserseitige Spreizung der Vor- und Rücklaufemperatur ist bei der Bestimmung des Normnutzungsgrades für Brennwertkesseln mit 40/30 °C festgelegt.

Anbieter	Modell	Leistungsbereich	Normnutzungsgrad <sup>14</sup>
Buderus	Logano plus Sb 315 <sup>15</sup>	20,3 – 50 kW	~ 108 %
Brötje Heizung	Eurocodens SGB 40	16 – 40 kW	≤ 109 %
	Eurocodens SGB 65	26 – 65 kW	≤ 109 %
	Eurocodens SGB 90	36 – 90 kW	≤ 109 %
Giersch	GigaStar 30	8,4 – 28	≤ 109,9 %
	GigaStar 45	8 – 40	≤ 110 %
Hoval			
Hydrotherm	HZA 25	5,3 – 25,4 kW	≤ 108 %
Intercal	Ecoheat Plus GWT 28	7 – 28 kW	107 %
	Ecoheat GW 24	12,2 – 26,3 kW	
Junkers			
MAN Heiztechnik	Midimat MD 120	11 – 120 kW	≤ 109 %
	Midimat HT	44 – 329 kW	≤ 109 %
Rapido	GAK 110 E	8,7 – 23,9 kW	
	Ecompact 45	15,1 – 50,5	~ 109 %
Therma-Tec	Therma-Nova 2025	8 – 25 kW	≤ 108 %
Vaillant	Ecovit VKK 476	16,6 – 47,6 kW	≤ 109 %
	Ecovit VKK 376	12,7 – 36,9 kW	≤ 109 %
Viessmann	Vitocrossal 300	9 – 71 kW	≤ 109 %
Windhager			
Wolf	TopCom TGB-60	21,9 – 55,4 kW	
	TGB-K20	8 – 25 kW	

Tab. 22. Auswahl von Anbietern von Gasbrennwertkessel bzw. Gasbrennwertthermen

Weitere wesentliche Punkte die außer dem Normnutzungsgrad bei der Auswahl des Kessels bzw. des Speichers berücksichtigt werden müssen sind beispielsweise der Bereitschaftswärmeaufwand des Kessels und die Bereitschaftsenergieverluste des Speichers.

<sup>14</sup> Die Nutzungsgrade sind unter anderem sehr stark von den tatsächlichen Betriebsbedingungen (Abgastemperatur, Heizungsvor- bzw. Heizungsrücklaufemperatur) abhängig und sollen nur einen Anhaltspunkt liefern.

<sup>15</sup> Kesselgröße 50



## **3.5 Gebäudehülle / Dämmung / Luftdichtheit**

### **3.5.1 Vollwärmeschutzfassade**

#### **3.5.1.1 Befestigung**

Durch die hohen Wärmedämmstärken (30cm und mehr) kann der Wärmeschutz nur mehr unter Beachtung besonderer Sorgfalt auf einen Massivbauteil (Beton) geklebt werden. Die dafür notwendigen Detailfragen werden in Folge noch untersucht werden.

#### **3.5.2 Notkamine**

Die Wiener Bauordnung verlangt im Abschnitt Feuerstätten und Heizungen [BOW01]:  
*§ 112. (1) Aufenthaltsräume müssen ausreichend beheizbar sein; die ausreichende Beheizbarkeit ist dann gegeben, wenn ein Rauchfanganschluss (Abgasfanganschluss) oder ein Versorgungsanschluss für die Raumheizung im Raum vorhanden ist. In jeder Wohnung muss mindestens ein Aufenthaltsraum einen Rauchfanganschluss (Abgasfanganschluss) in einen Fang mit einem lichten Querschnitt von mindestens 14 cm Durchmesser haben; dies gilt nicht für Wohnungen in Hochhäusern. Vom Erfordernis der Beheizbarkeit kann abgesehen werden, wenn der Verwendungszweck des Raumes die Beheizung entbehrlich macht.*

Zur Zeit werden verschiedene Änderungen an diesem Paragraphen der Wiener Bauordnung diskutiert. Es wird im Laufe des Projektes angestrebt, auf die Notkamin verzichten zu können.

### 3.5.3 Schlüsseldetails

#### 3.5.3.1 Balkon in Hinblick auf Luftdichtheit und Wärmebrückenfreiheit

Die Balkone als Teil der außerhalb der "warmen Zone" gelegenen Bauteile sind möglichst vom Gebäude zu entkoppeln, um Wärmebrücken zu vermeiden. Ab einer gewissen Höhe ist eine aufwendigere Variante mit frei vor der Fassade stehenden Balkonkonstruktionen denkbar.

Derzeit wird die im folgenden beschriebene angehängte Variante untersucht.

Die Auslegung wurde so getroffen, dass die Haltepunkte sowohl die halben Vertikallasten als auch die gesamten Horizontallasten des Balkons übertragen können. Die andere Hälfte der Vertikallasten wird über Stahlsteher im Freien übertragen. Die Haltepunkte werden am Gebäude in jeder Querscheibe (e~6.5m bis 7.5m) ausgebildet.

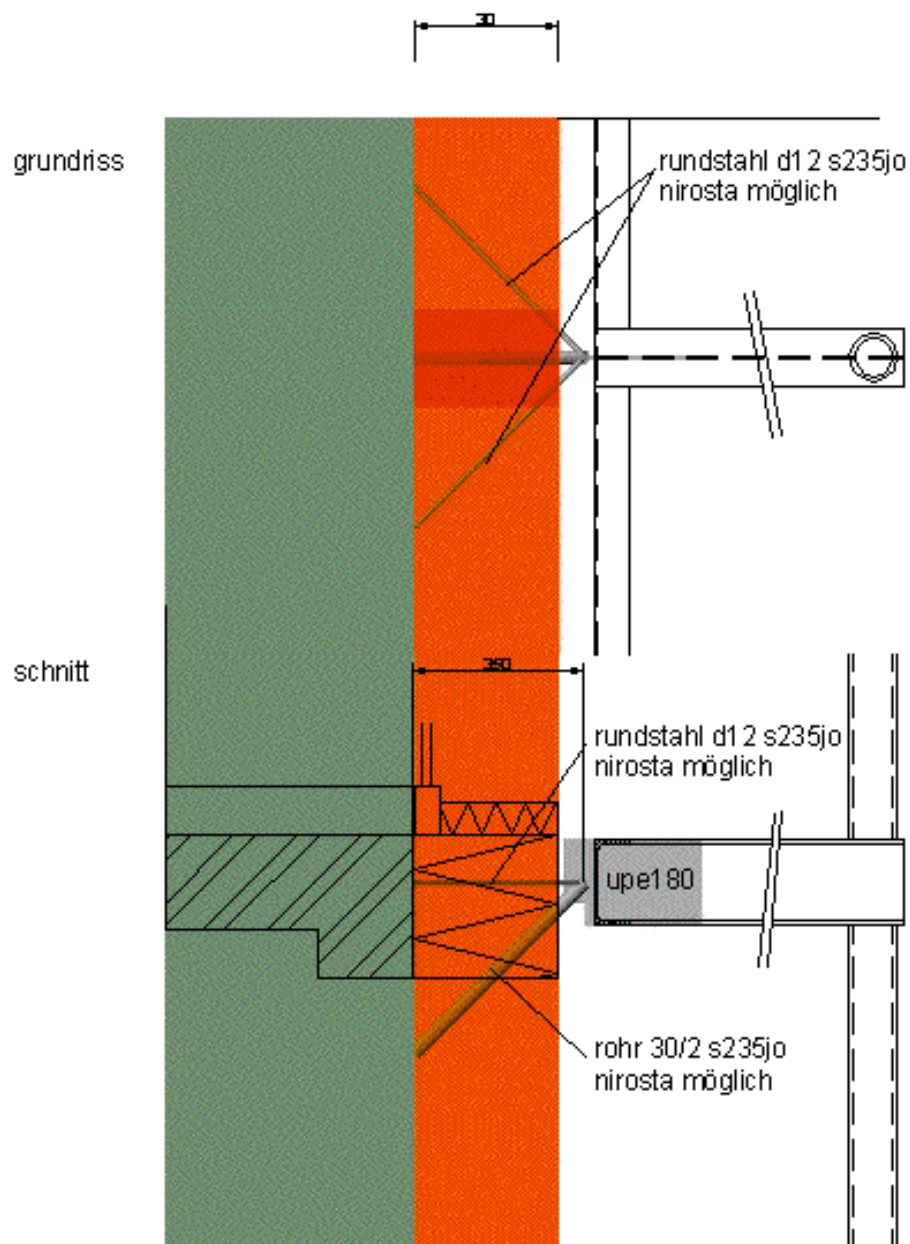
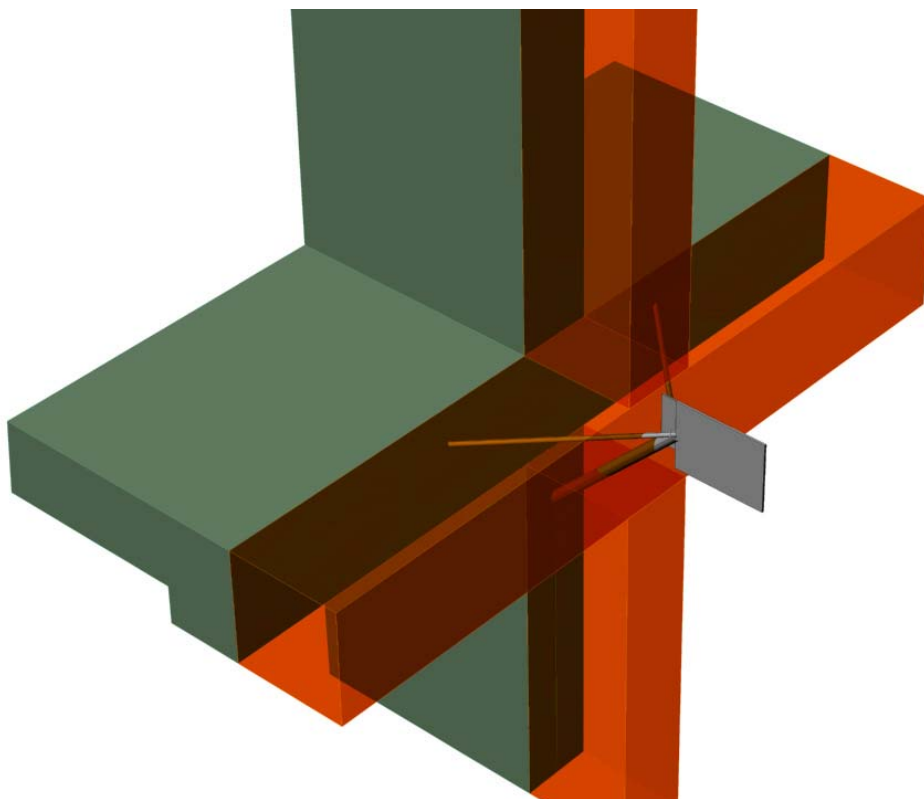


Abb. 24. Auflagerpunkte der Balkone



**Abb. 25. Axonometrie der Balkonaufhängung**

## 3.6 Kostenanalyse

### 3.6.1 Marktanalyse Fenster

#### 3.6.1.1 Marktsituation / PHI-Zertifikat

Einen der Mehrkostenfaktoren stellen die Passivhaustauglichen Fenster dar [PFL01].

#### **Passivhausinstitut (PHI) – zertifizierte Komponenten**

Das Passivhausinstitut Darmstadt hat sich in den letzten Jahren, vor allem im deutschen Sprachraum, äußerst umfangreich mit der Definition des Passivhaus im Allgemeinen (Festlegung von Grenzwerten), mit dem Aufbau von Planungsstandards (PHPP – Passivhausplanungspaket) und der Zertifizierung von Passivhaustauglichen Baukomponenten auseinandergesetzt. Dadurch entstand ein Quasi-Standard für Baukomponenten zur Errichtung von Passivhäusern. Dieser Standard ist in der interessierten Öffentlichkeit und bei einschlägig aktiven Planern im deutschen Sprachraum gut eingeführt. Die Standards für die Zertifizierung wurden so ausgelegt, dass bei Verwendung derselben und Berechnung mit dem PHPP, davon ausgegangen werden kann, dass Passivhausstandard erreicht wird. Der zusätzliche Planungsaufwand für ein solcherart geplantes Passivhaus ist auch für „Erstplaner“ in einem annehmbaren Rahmen und daher zur Verbreitung von nachhaltig geplanten Bauten sehr zielführend.

#### **Kosten PHI – zertifizierte Fenster**

Die Entwicklung von PHI – zertifizierten Fenster ist mit hohem Aufwand verbunden. Da zur Zeit nur geringe Stückzahlen hergestellt werden, ergeben sich noch hohe Kosten für PHI – zertifizierte Fenster.

#### 3.6.1.2 Ausschreibung

##### **Ansätze zur Kostenreduktion beim Demonstrationsprojekt**

Der Nachweis der Passivhauskriterien für das Gebäude wird durch Gebäudesimulation der Bauphysiker der TU – Wien erbracht, wodurch der Einsatz von Fenstern ohne PHI-Zertifikat möglich wird.

Um die Kosten für Fenster gering zu halten, wird der Anteil der Fensterfläche mit etwa 17,5% begrenzt.

##### **Ausschreibung von Fenstern mit $U_f \sim 0,8$ ohne Materialeinschränkung**

Für das Projekt Utendorfgasse wird versucht, günstige Fenster mit geringem  $U_f$ -Wert bis ca. 0,85 zu verwenden. Eine PHI – Zertifizierung wurde nicht verlangt.

Weiters wurden die Materialien nicht eingeschränkt um eine umfangreiche Produktübersicht zu bekommen. Auch die Art des Einbaues war frei gestellt, nur passivhaustauglicher Einbau war gefordert.

##### **Ausschreibung anhand des konkreten Projektes**

Anhand des Vorentwurfs für das Projekt Utendorfgasse, Wien Hütteldorf wurde eine Ausschreibung für Passivhausfenster erstellt.

Der Leistungsumfang wurde für das Projekt Utendorfgasse zu Projektbeginn durch den Architekten abgeschätzt:

96 Fenster	á 1,20 x 1,40 m – zweiflügelig
48 Fenster	á 1,80 x 1,40 m – dreiflügelig
48 Balkontüren	á 0,90 x 2,00 m – einflügelig

### **Umfang der Aussendung**

Es wurden alle Hersteller von PHI – zertifizierten Fenstern im deutschen Sprachraum, renommierte Hersteller aus Österreich und Deutschland, sowie Fensterlieferanten aus dem Wiener Raum angeschrieben. In Summe wurden 66 Firmen angeschrieben, 38 in Österreich, 27 in Deutschland und ein Anbieter in der Schweiz.

### **Umfang der angeforderten Angebotsunterlagen**

Neben dem ausgepreisten Leistungsverzeichnis war ein eigenes „Technisches Datenblatt“ für jedes angebotene Fenstermodell auszufüllen. Die geforderten Daten wurden von den mit der Gebäudesimulation beauftragten Bauphysikern der TU – Wien festgelegt. Weiters wurden die Firmen aufgefordert eigene Einbauvorschläge mit den Angeboten mitzuliefern.

### **Zeit**

Der Angebotszeitraum wurde mit 3 Wochen festgelegt.

## **3.6.1.3 Ergebnisse der Ausschreibung**

### **Beteiligung der Firmen**

Von den 66 angefragten sendeten 16 Firmen 26 Anbote inkl. Varianten zurück. 12 Firmen waren aus Österreich (zum Teil mit deutschen Produkten), 4 sendeten ihre Angebote aus Deutschland. Die Angebote der deutschen Anbieter waren durchwegs preislich zu hoch. Die Ausschreibung wurde von den Firmen gut angenommen. Die Preise wurden offensichtlich zu Wettbewerbsbedingungen kalkuliert. Auch die zahlreichen Nachfragen durch Vertreter und die überraschende Tatsache, dass in mehreren Fällen die Ausschreibung an Firmen mit Passivhauserfahrung weiter geleitet wurden, zeugt von einer realistischen Wettbewerbssituation.

### **Zeit**

Die Angebotszeit von 3 Wochen war für das Standardangebot ausreichend, vereinzelt wurden noch zusätzliche Variantenangebote angefordert, die innerhalb weiterer zwei Wochen nachgereicht wurden.

### **Umfang und Qualität der Angebotsunterlagen**

Neben dem ausgepreisten Leistungsverzeichnis, das von allen Firmen ausgefüllt oder in eigene Angebotschreiben umgewandelt wurde, waren die Angebote in ihrer Qualität sehr unterschiedlich.

Renommierte Anbieter von PHI – zertifizierten Fenstern stellten durchwegs sehr aussagekräftige und umfangreiche Angebote her. Die technischen Daten und zugehörige Prüfberichte waren komplett oder wurden nach Rückfrage sofort ergänzt.

Speziell die Angebote der lokalen Fensterlieferanten mit geringer Erfahrung im Passivhausbau lieferten nur mangelhafte Technische Informationen. Das „Technisches Datenblatt“ und eigene Einbauvorschläge wurden, wenn überhaupt, sehr mangelhaft geliefert. Um die Gleichwertigkeit mit den detaillierten Angeboten herzustellen mussten weitere Unterlagen und / oder Bestätigungen über die Ausführungsqualität angefordert werden.

### **Technische Angebotsprüfung**

Die Tauglichkeit der Fenster für das konkrete Passivhausprojekt wurde durch die Bauphysiker geprüft. Nicht entsprechende Angebote wurden ausgeschieden, beziehungsweise wurden Variantenangebote nachgefordert.

## Schallschutz

Die PHI-zertifizierten Fenster hatten durchwegs Schallschutzwerte  $R_w$  33 bis 36 dB. Um den in der Wiener Bauordnung geforderten Schallschutzwert  $R_w$  von mind. 38 dB zu erreichen, waren Zusatzmaßnahmen erforderlich. Die beiden grundlegenden Vorschläge um einen besseren Schallschutz zu erreichen waren:

- Erhöhung der Glasstärken auf 6+6+8mm, was zu erheblichen Mehrgewicht und damit verbundenen Einschränkungen in der Elementgröße. Die Hersteller meldeten bei Bedenken hinsichtlich der langfristigen Gebrauchstauglichkeit an, da die Gefahr der wiederholten Verstellung der Beschläge durch das hohe Eigengewicht gegeben ist.
- Erhöhung der Lufträume zwischen den einzelnen 3 Glasflächen. Dies wiederum führt vor allem bei den Herstellern der Kunststofffenster zu Problemen, da die Kunststoffrahmen teilweise für den Einbau solch starker Isolierverglasungen nicht geeignet sind.

## Passivhaustauglicher Einbau

Einige der Anbieter (durchwegs Anbieter der günstigeren, nicht zertifizierten Kunststofffenster) sahen einen Standardeinbau im Bereich der Wandleibung vor. Dabei wurden keine zusätzlichen Dichtungsmaßnahmen vorgesehen. Auf Nachfrage und Zusendung von Einbaudetails für den Einbau der Fenster in der Dämmebene wurden Zusatzkosten für diese Einbauvariante angeboten.

### 3.6.1.4 Kosten- / Marktanalyse Fenster

Alle Anbieter bleiben anonym, da es sich bei der Preisgestaltung um Geschäftsgeheimnisse der Firmen handelt. Alle Preise beziehen sich auf  $m^2$ -Fenster Architekturlichte.

#### Bandbreite der angebotenen Fenster je $m^2$ - Fensterfläche\*<sup>1</sup>

Material	$U_{ges}$ -Wert* <sup>3</sup>	$R_w$ -Wert	PHI-Zertifiz.	Fensterflügel* <sup>4</sup>	Einbau* <sup>5</sup>	Kosten per $m^2$ * <sup>6</sup>
<i>Referenzkosten Niedrigenergiefenster Kunststoff weiß*<sup>2</sup></i>	1,30	38 dB	nein	B	L	ca. 150 €
Kunststoff (Billigstbieter)	0,80	34 dB	nein	A	L	201,48 €
Kunststoff	0,80	34 dB	nein	B	L	232,91 €
Kunststoff	0,86	38 dB	nein	A	D	248,40 €
Holz-Alu (Billigstbieter)	0,84	36 dB	nein	B	D	319,85 €
Holz-Alu	0,75	36 dB	ja	B	D	319,85 €
Holz-Alu	0,75	38 dB	ja	B	D	329,85 €
Holz (Billigstbieter)	0,80		ja	A	D	370,96 €
Kunststoff (Teuerstes Anbot)	0,80		nein	A	D	406,84 €
Holz-Alu (Teuerstes Anbot)	0,70		ja	A	D	557,46 €
Holz (Teuerstes Anbot)	0,73		ja	A	D	626,23 €
Alu	0,79		ja	A	D	1.230,94 €

\*<sup>1</sup> Dabei handelt es sich um Auszüge aus den insgesamt 26 Angeboten von 16 anbietenden Firmen

\*<sup>2</sup> Vergleichsobjekt Wien mit annähernd gleichem Auftragsumfang, Mai 2002

\*<sup>3</sup> U-Wert Fenster inklusive Einbau

\*<sup>4</sup> A: 1,20 x 1,40 m – zweiflügelig / 1,80 x 1,40 m – dreiflügelig / 0,90 x 2,00 m – einflügelig

B: 1,20 x 1,40 m – einflügelig / 1,80 x 1,40 m – zweiflügelig / 0,90 x 2,00 m – einflügelig

\*<sup>5</sup> L: Einbau in der Wandleibung, teilweise wurden keine besonderen Dichtungsmaßnahmen kalkuliert

D: Einbau in der Dämmebene

\*<sup>6</sup> Kosten per  $m^2$ -Fensterfläche = Anbotsumme dividiert durch Gesamte Fensterfläche ca. 370 $m^2$ , exklusive Umsatzsteuer

### Mehr-/Minderkosten Fixverglasung

Dieser Vergleich soll das Einsparungspotential bei Verwendung von Fixverglasungen anstatt beweglicher Fensterflügeln aufzeigen.

Material	U <sub>ges</sub> -Wert* <sup>1</sup>	Rw-Wert	PHI-Zertifiz.	Fensterflügel	Kosten per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>	Vergleich
Holz-Alu	0,75	36 dB	ja	Fixverglasung	174,63 €	100%
Holz-Alu	0,75	36 dB	ja	einflügelig	230,92€	132%

\*<sup>1</sup> U-Wert Fenster inklusive Einbau

\*<sup>4</sup> Kosten per m<sup>2</sup>-Fensterfläche für das Fensterelement 1,2 x 1,4 m = 1,68 m<sup>2</sup> , exkl. Umsatzsteuer

**Tab. 23. Vergleich Fixverglasung und 1-flügeliges Fenster, Elementgröße 1,20 x 1,40 m**

Material	U <sub>ges</sub> -Wert* <sup>1</sup>	Rw-Wert	PHI-Zertifiz.	Fensterflügel	Kosten per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>	Vergleich
Holz-Alu	0,75	36 dB	ja	1/3 Fix, 2/3 einflügelig.	354,58 €	100%
Holz-Alu	0,75	36 dB	ja	zweiflügelig	396,92 €	112%

\*<sup>1</sup> U-Wert Fenster inklusive Einbau

\*<sup>4</sup> Kosten per m<sup>2</sup>-Fensterfläche für das Fensterelement 1,8 x 1,4 m = 2,52 m<sup>2</sup> , exkl. Umsatzsteuer

**Tab. 24. Vergleich (Abschätzung) Fensterelement 1,8 x 1,4m, ein Drittel fix verglast, zwei Drittel einflügelig ausgeführt mit 2-flügeliger asymmetrischer Ausführung.**

Für fix verglaste Elemente kann ein Preisvorteil von bis zu ca. 30% erreicht werden (siehe Tab. 23). Bei Fixverglasung eines Flügels eines dreiteiligen Fensterelementes kann ein Preisvorteil von bis zu ca. 10% erreicht werden (siehe Tab. 24).

Abschätzung: Bei Einsatz von Fixverglasungen sollte gegenüber ausschließlicher Verwendung von offenbaren Fensterflügeln im Mittel über das gesamte Gewerk Fenster eine Einsparung von ca. 10% erreicht werden können.

Zu beachten ist die Putzmöglichkeit der Fixverglasung von außen (z.B. Erdgeschosswohnungen, Balkonfenster).

### Mehr-/Minderkosten Fensterflügel

Dieser Detailvergleich soll das Einsparungspotential bei Verwendung von größeren Fensterflügeln aufzeigen. Dazu wurden für die 1,2x1,4 m Fenster zwischen zwei- und einflügelig, beziehungsweise für die 1,8x1,4 m Fenster zwischen drei- und zwei flügelig variiert.

Der Vergleich wurde für das gesamte Gewerk mit zwei Anbietern durchgeführt.

Material	96 á 1,2x1,4* <sup>1</sup>	Vergleich 1,2x1,4	48 á 1,8x1,4* <sup>2</sup>	Vergleich 1,8x1,4	48 á 0,9x2,0* <sup>3</sup>	Vergleich 0,9x2,0	Kosten gemittelt per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>	Vergleich Gesamtkosten
Kunststoff Anbieter A	2-flügelig	100%	3-flügelig	100%	1-flügelig	100%	232,53 €	100%
Kunststoff Anbieter A	1-flügelig	114%	2-flügelig	119%	1-flügelig	100%	260,44 €	112%

\*<sup>1</sup> 96 Stück Fenster á 1,20 x 1,40 m

\*<sup>2</sup> 48 Stück Fenster á 1,80 x 1,40 m

\*<sup>3</sup> 48 Stück Balkontüren á 0,90 x 2,00 m

\*<sup>4</sup> Kosten per m<sup>2</sup>-Fensterfläche = Gesamte Anbotsumme dividiert durch Gesamte Fensterfläche ca. 370m<sup>2</sup>, exklusive Umsatzsteuer

**Tab. 25. Vergleich Kosten Fensterflügel Anbieter A**

Material	96 á 1,2x1,4* <sup>1</sup>	Vergleich 1,2x1,4	48 á 1,8x1,4* <sup>2</sup>	Vergleich 1,8x1,4	48 á 0,9x2,0* <sup>3</sup>	Vergleich 0,9x2,0	Kosten gemittelt per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>	Vergleich Gesamt- kosten
Kunststoff Anbieter B	2-flügelig	100%	3-flügelig	100%	1-flügelig	100%	201,48 €	100%
Kunststoff Anbieter B	1-flügelig	116%	2-flügelig	127%	1-flügelig	100%	232,91 €	116%

\*<sup>1</sup> 96 Stück Fenster á 1,20 x 1,40 m

\*<sup>2</sup> 48 Stück Fenster á 1,80 x 1,40 m

\*<sup>3</sup> 48 Stück Balkontüren á 0,90 x 2,00 m

\*<sup>4</sup> Kosten per m<sup>2</sup>= Gesamte Anbotsumme dividiert durch Gesamte Fensterfläche ca. 370m<sup>2</sup>,  
exklusive Umsatzsteuer

**Tab. 26. Vergleich Kosten Fensterflügel Anbieter B**

Für Elemente die statt zweiflügelig mit nur einem Flügel ausgeführt werden, kann ein Preisvorteil von bis zu ca. 15% erreicht werden. Für Elemente die statt dreiflügelig mit nur zwei Flügel ausgeführt werden, kann ein Preisvorteil von bis zu ca. 20% erreicht werden.

Abschätzung: Bei Reduktion der Fensterflügel gegenüber der Verwendung von Fenstern mit kleineren und daher zahlreichen Flügeln, sollte für das gesamte Gewerk Fenster eine Einsparung von ca. 10% erreicht werden können.

Das hohe Gewicht der 3-fach Verglasung ist bei der Dimensionierung der Flügelgrößen zu beachten, da laut Herstellerangaben bei großen Fensterflügeln (z.B.: Balkontüren) Probleme mit den Beschlägen auftreten können.

### Kosten für Fenstereinbau

	Material	Einbaukosten per m <sup>2</sup> in € * <sup>1</sup>	Einbaukosten per m <sup>2</sup> in % * <sup>2</sup>
Anbieter A	Holz -Alu	72,42 €	29%
Anbieter B	Holz	83,40 €	17%

\*<sup>1</sup> Kosten für den Fenstereinbau in der Dämmebene per m<sup>2</sup>-Fensterfläche = Anbotsumme für Einbau dividiert durch Gesamte Fensterfläche ca. 370m<sup>2</sup>, exklusive Umsatzsteuer

\*<sup>2</sup> Kosten per m<sup>2</sup>-Fensterfläche angegeben in %

**Tab. 27. Kosten für Einbau der Fenster in der Dämmebene**

Aus den oben angeführten Zahlen lässt sich abschätzen, dass die Kosten für den Einbau ca. 20 bis 30% der Gesamtkosten des Fensters darstellen. Dies sind geschätzt ca. 60 bis 85 € je m<sup>2</sup> Fensterfläche exkl. USt.

Die Kosten des Fenstereinbaues sollten gesondert untersucht werden um die Einsparungspotentiale genauer definieren zu können.



## Marktpreise

Mit den Preisen aus der durchgeführten Ausschreibung werden die vorher definierten Einsparungspotentiale für das Demonstrationsprojekt abgeschätzt.

Material	U <sub>ges</sub> -Wert* <sup>1</sup>	Rw-Wert	PHI-Zertif.	Fensterflügel * <sup>2</sup>	Einbau * <sup>3</sup>	Marktpreis per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>	Sparpotential Fensterflügel	Sparpotential Fixverglasung	Gleichzeitigkeitsfaktor	Abgeschätzte Erzielbare Preise per m <sup>2</sup> * <sup>4</sup>
Kunststoff	0,86	38 dB	nein	A	D	248,40 €	Ca. 10%	Ca. 10%	0,5	Ca. 225 €
Holz-Alu	0,75	38 dB	ja	B	D	329,85 €		Ca. 5%		Ca. 315 €

\*<sup>1</sup> U-Wert Fenster inklusive Einbau

\*<sup>2</sup> A: 1,20 x 1,40 m – zweiflügelig / 1,80 x 1,40 m – dreiflügelig / 0,90 x 2,00 m – einflügelig

\*<sup>2</sup> B: 1,20 x 1,40 m – einflügelig / 1,80 x 1,40 m – zweiflügelig / 0,90 x 2,00 m – einflügelig

\*<sup>3</sup> L: Einbau in der Wandleibung, teilweise wurden keine besonderen Dichtungsmaßnahmen kalkuliert

\*<sup>3</sup> D: Einbau in der Dämmebene

\*<sup>4</sup> Marktpreis per m<sup>2</sup>-Fensterfläche laut Ausschreibung = Gesamte Anbotsumme dividiert durch Gesamte Fensterfläche ca. 370m<sup>2</sup>, exklusive Umsatzsteuer

Tab. 28. Marktpreise

## Mehrkosten je m<sup>2</sup> - Wohnfläche

Preise laut aktuellen Marktpreisen und durchgeführter Ausschreibung:

Fenstertyp Kunststoff Niedrigenergie Kosten je m <sup>2</sup> Fensterfläche* <sup>1</sup>	Fenstertyp Kunststoff Passivhaus Kosten je m <sup>2</sup> Fensterfläche* <sup>2</sup>	Mehrkosten je m <sup>2</sup> Fensterfläche	Fensteranteil* <sup>3</sup>	Mehrkosten je m <sup>2</sup> Wohnnutzfläche* <sup>4</sup>
ca. 150 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 250 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 100 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	10%	ca. 10 €/m <sup>2</sup> -Wohnnutzfläche
ca. 150 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 250 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 100 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	15%	ca. 15 €/m <sup>2</sup> -Wohnnutzfläche
ca. 150 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 250 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 100 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	17,5%	ca. 17,5 €/m <sup>2</sup> -Wohnnutzfläche
ca. 150 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 250 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	ca. 100 €/m <sup>2</sup> -Fensterfläche	20%	ca. 20 €/m <sup>2</sup> -Wohnnutzfläche

\*<sup>1</sup> aktuelle Marktpreise im sozialen Wohnbau Wien, laut einer Ausschreibung im Juli 2002 für ein vergleichbares Objekt, die Fenstergrößen wurden jener der Marktanalyse für Passivhausfenster angeglichen

“Niedrigenergiefenster“ bezieht sich auf den üblichen Wohnbaustandard in Wien (U-Wert ca. 1,2, Rw ca. 38dB)

\*<sup>2</sup> Kosten laut Marktstudie oben, das zusätzliche Einsparungspotential wurde nicht berücksichtigt

\*<sup>3</sup> Der Fensteranteil ist auf die Nettowohnnutzfläche bezogen

\*<sup>4</sup> Die Mehrkosten per m<sup>2</sup>-Fensterfläche sind auf die Netto-Wohnnutzfläche umgelegt. Daraus ergibt sich der Mehrpreis je m<sup>2</sup>- Netto-Wohnnutzfläche (=Vermarktungseinheit im Wohnbau)

Tab. 29. Vergleich: Kunststoff-Niedrigenergiefenster mit Kunststoff Passivhausfenster:

Für das Demonstrationsprojekt Utendorfgasse ist die wahrscheinlichsten Variante: Passivhaustaugliche Kunststofffenster und etwa 17,5% Fensteranteil. Daraus ergeben sich voraussichtliche Mehrkosten von ca. 17,5 € je m<sup>2</sup>-Wohnnutzfläche. Nicht berücksichtigt wurden hier die in der Marktanalyse angeführten Einsparungspotentiale.

### 3.6.1.5 Ausschreibungsgestaltung für Kostenoptimierung

- Fensterflächen gering halten (10-20% der Wohnnutzfläche)
- Fixverglasungen wo möglich verwenden, beachte Putzbarkeit
- Anzahl der Fensterflügel gering halten, beachte hohes Eigengewicht der Verglasung
- Maximal zulässigen U-Wert definieren (zB: inkl. Einbau oder nur Fenster)
- Schallschutzanforderungen genau definieren
- Detailzeichnungen der Einbausituation beilegen (Leitdetail)
- Nicht PHI-zertifizierte Fenster zulassen

### 3.6.1.6 Vorläufige Ergebnisse Marktanalyse Fenster

*Um die Kosten der Fenster für das Passivhaus zu optimieren, ist die Ausschreibung genau auszuarbeiten. Die Angaben für Wärme- und Schallschutzes sind eindeutig zu definieren. Kostenreduktionen können durch Verringerung der Anzahl der Fensterflügel und der Anwendung von Fixverglasungen, sowie durch Ausarbeitung eines Leitdetails für den Fenstereinbau erreicht werden.*

*Der Einsatz von Fenstern ohne Zertifizierung durch das Passivhausinstitut kann eine wesentliche Reduktion der Fensterkosten bringen. Für die Verwendung solcher Fenster sind zur Beurteilung und zum Nachweis der angestrebten Energiekennzahlen umfangreiche bauphysikalische Untersuchungen erforderlich.*

*Laut durchgeführter Ausschreibung kann für Kunststofffenster beim Demonstrationsprojekt Utendorfasse ein Marktpreis von ca. 250 €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, exkl. USt erzielt werden.*

*Laut der Marktanalyse wäre für Kunststofffenster durch weitere Kostenoptimierungen ein Preis von ca. 225 €/m<sup>2</sup> Fensterfläche, exkl. Umsatzsteuer erreichbar.*

*Laut durchgeführter Ausschreibung kann für Holz-Alu-Fenster mit Zertifizierung durch das Passivhausinstitut beim Demonstrationsprojekt Utendorfasse ein Marktpreis von ca. 330 €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, exkl. USt erzielt werden.*

*Laut der Marktanalyse wäre für Holz-Alu-Fenster mit Zertifizierung durch das Passivhausinstitut durch weitere Kostenoptimierungen ein Preis von ca. 315 €/m<sup>2</sup>-Fensterfläche, exkl. Umsatzsteuer erreichbar.*

*Für das Demonstrationsprojekt Utendorfasse vorgeschlagene Variante: Passivhaustaugliche Kunststofffenster und etwa 17,5% Fensteranteil. Daraus ergeben sich voraussichtliche Mehrkosten von ca. 17,5 € je m<sup>2</sup>-Wohnnutzfläche.*

## 3.6.2 Kostenvergleiche

### 3.6.2.1 Mehrkosten Tiefgaragenausführung Utendorfgasse

Für die Pkw-Pflicht-Abstellplätze wurden mehrere Varianten untersucht, unter anderem die in Kassel-Marbachshöhe ausgeführte ohne Unterkellerung.

Auf Wunsch des Bauträgers wird eine Tiefgarage ausgeführt. Die Mehrkosten belaufen sich auf ca. 100 Euro je Quadratmeter Wohnnutzfläche. Diese Mehrkosten entsprechen auch in etwa den Mehrkosten gegenüber üblichen Bauvorhaben wo die Tiefgarage 10 % der Baukosten ausmacht.

Der Kosten der Tiefgarage wurden mit ebenerdigen Stellplätze in der Erdgeschoss-Zone und teilweise im Freibereich verglichen. Durch die fast gänzliche Verwendung des Erdgeschosses für Stellplätze verringert sich bei dieser Variante die Wohnnutzfläche (WNFL).

	WNFL m <sup>2</sup>	Baukosten Garage Euro
Wohnbau mit Tiefgarage	2.850	511.408
Wohnbau mit ebenerdiger Garage	2.377	237.971
Differenz	473	273.437
<b>Mehrbaukosten durch Tiefgarage</b>		<b>273.437 Euro</b>
<b>Mehrbaukosten pro m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche durch Tiefgarage</b>		<b>96 Euro</b>
<b>Mehrbaukosten in Prozent des Baukostenziels von 14.500,-- durch Tiefgarage</b>		<b>9,1 %</b>

Tab. 30. Mehrkosten Tiefgaragenausführung Utendorfgasse

### 3.6.2.2 Ergebnisse Kostenvergleiche

Beim Demonstrationsprojekt Utendorfgasse führt die Ausführung einer Tiefgarage verglichen gegenüber einer Bebauung mit ebenerdigen Stellplätzen durch die besondere Bebauungssituation zu Mehrkosten von ca. 96 Euro je m<sup>2</sup>-Wohnnutzfläche.

## 4 Literaturverzeichnis

Grundlegende Literatur siehe Kapitel 2.1

### Literaturverzeichnis zu Kapitel 2

- [BOW01] Wiener Bauordnung, 2001
- [BRU90] Brundrett, G. W.: Criteria for Moisture Control, Butterworth & CO. Ltd, 1990
- [DIN95] DIN ISO 7730: Gemäßigtes Umgebungsklima - Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit (ISO 7730:1994); Deutsche Fassung EN ISO 7730:1995, Deutsches Institut für Normung, 1995
- [FAS98] Fasold, W., Veres, E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, 1998
- [FEI98] Feist, W.: Passivhausfenster, Protokollband Nr. 14, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1998
- [FEI98a] Feist, W.: Lüftung im Passivhaus, Protokollband Nr. 4, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1998
- [FEI99] Feist, W.: Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern, Protokollband Nr. 18, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999
- [FEI99a] Feist, W.: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999
- [FEI99b] Feist, W.: Wärmebrückenfreies Konstruieren, Protokollband Nr. 16, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999
- [FEI00] Feist, W.: Passivhaus Projektierungspaket '99, Fachinformation PHI –1999/1, Passivhaus Institut, 2000
- [KEL97] Keller, B.: Klimagerechtes Bauen, Grundlagen - Dimensionierung – Beispiele, Teubner Verlag, 1997
- [MSE01] Microsoft® Encarta® Enzyklopädie 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation.
- [ÖNO83] ÖNORM M 7636, Lüftungstechnische Anlagen für Wohnbereiche, Österreichisches Normungsinstitut, 1983
- [ÖNO89] ÖNORM H 6000-3, Lüftungstechnische Anlagen, Grundregeln, hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen, Österreichisches Normungsinstitut, 1989
- [ÖNO98] ÖNORM EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfes – Wohngebäude, Europäisches Komitee für Normung, 1998
- [ÖNO01] ÖNORM B 8115-2: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Anforderungen an den Schallschutz, Österreichisches Normungsinstitut, 2001

- [ÖNO02] ÖNORM EN ISO 13788: Berechnung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Berechnung der Tauwasserbildung in Bauteilen, Österreichisches Normungsinstitut, 2002
- [REC00] Recknagel, H., Sprenger, E., Schramek, E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, R. Oldenburg Verlag München Wien, 2000
- [RIE94] Rietschel, H.: Raumklimattechnik, Band 1 Grundlagen, Springer-Verlag, 1994

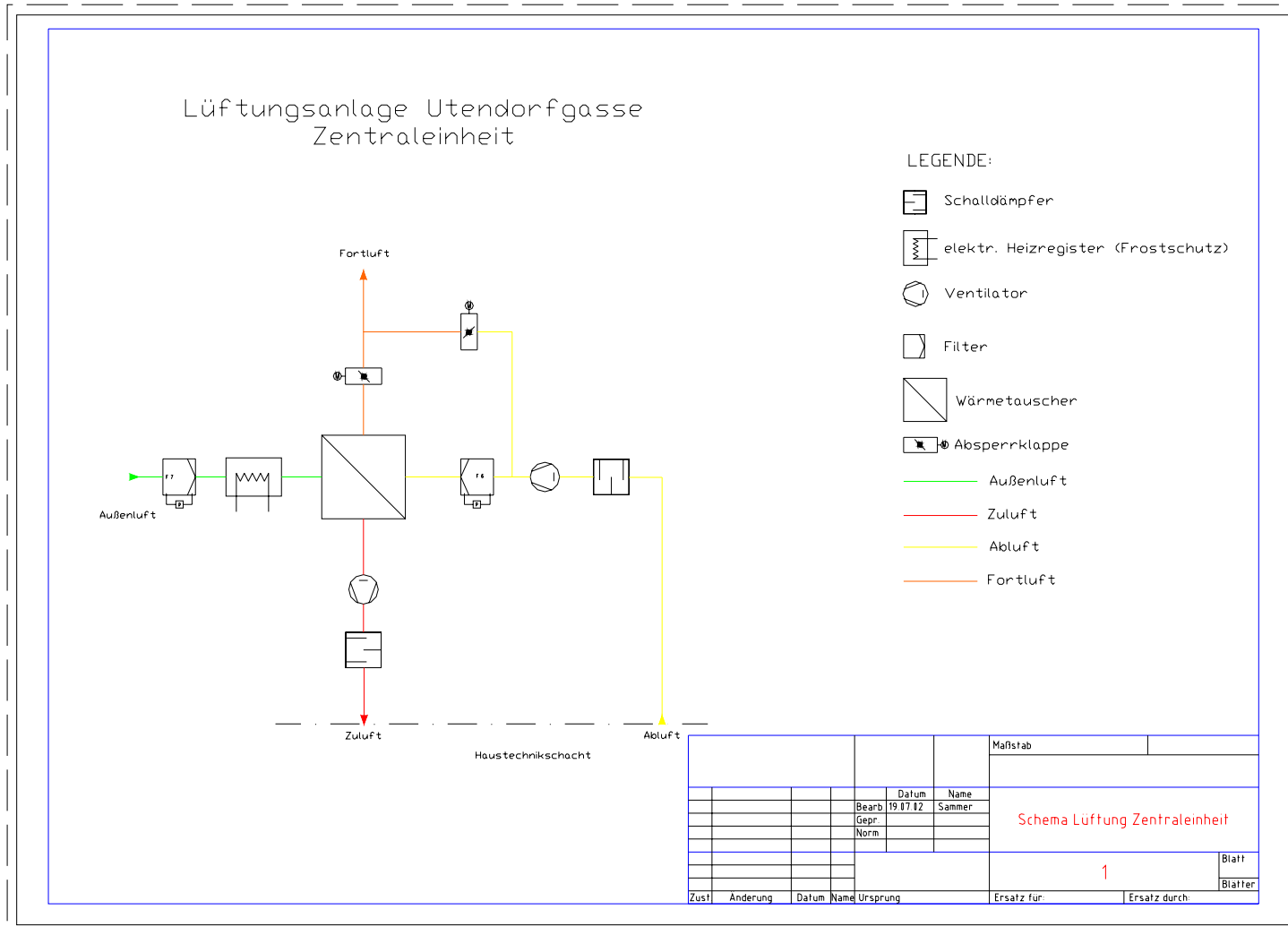
### Literaturverzeichnis zu Kapitel 3

- [BOW01] Wiener Bauordnung, 2001
- [BEC01] Bedford, T., Cooke, R.: Probabilistic Risk Analysis – Foundations and Methods, Cambridge University Press, 2001
- [BSI02] BSim2000, update 2002: Building Simulation, Statens Byggeforskningsinstitut, Danish Building and Urban Research, Hørsholm, Dänemark, 2002
- [BUI02] Bednar, T.: Buildopt, Berechnungsprogramm, Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Baustofflehre, Abteilung Bauphysik, TU Wien, 2002
- [DIN94] DIN EN 779: Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik; Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung, Ausgabe 09/94, Deutsches Institut für Normung, Berlin
- [FEI96] Feist W.: Haustechnik im Passivhaus, Protokollband Nr. 6, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1996, S. I/8
- [FEI96a] Feist W.: Haustechnik im Passivhaus, Protokollband Nr. 6, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1996, S. I/10
- [FEI96b] Feist W.: Lüftung im Passivhaus, Protokollband Nr. 4, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhausinstitut Deutschland, Darmstadt, 1996, S II/11
- [FEI96c] Feist W.: Lüftung im Passivhaus, Protokollband Nr. 4, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhausinstitut Deutschland, Darmstadt, 1996, S. III/4
- [FEI96d] Feist W.: Haustechnik im Passivhaus, Protokollband Nr. 6, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1996, S. III/5
- [FEI96e] Feist W.: Haustechnik im Passivhaus, Protokollband Nr. 6, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1996, S. III/11 bis III/13
- [FEI97] Feist, W.: Nutzerverhalten, Protokollband Nr. 9, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1997
- [FEI98] Feist W.: Das Passivhaus – Baustandard der Zukunft, Protokollband Nr. 12, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998, S. V/13

- [FEI99] Feist W.: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1999, S. 6-9
- [FEI99a] Feist W.: Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern , Protokollband Nr. 18, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2000, S. 83
- [FEI00] Feist W. (Hrsg.): 4. Passivhaustagung Kassel, Passivhausinstitut Deutschland, 2000, S. 301
- [FEI00a] Feist W. (Hrsg.): 4. Passivhaustagung Kassel, Passivhausinstitut Deutschland, 2000, S. 330
- [FEI01] Feist W.: Cepheus Projektinformation Nr. 22, Endbericht, Passivhaus Institut, Darmstadt, S. 82
- [GEB02] [www.gebhardt.de](http://www.gebhardt.de), 2.7.2002
- [LIP94] Lippold, C.: Anwendung von Risikoanalysen, 1994
- [ÖNO98] ÖNORM EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfes – Wohngebäude, Europäisches Komitee für Normung, 1998
- [SCH02] [www.schako.de](http://www.schako.de), 19.6.2002
- [SRA02] [www.sra.org](http://www.sra.org), Risk Glossary Three, 20.4.2002
- [TRO02] [www.trox.de](http://www.trox.de), 2.7.2002
- [VDI01] VDI 2081: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumlufttechnischen Anlagen, VDI-Richtlinie, Verein Deutscher Ingenieure, 2001
- [PFL01] Pfluger, R., Feist, W.: Kostengünstiger Passivhaus-Geschoßwohnungsbau in Kassel Marbachshöhe. Projektdokumentation, Qualitätssicherung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Fachinformation PHI-2001/3, CEPHEUS Projektinformation Nr. 16, Passivhausinstitut, Darmstadt 2001, S. 40

# 5 Anhang

## 5.1 Schema Zentraleinheit der Lüftungsanlage Projekt Utendorfgrasse



## 5.2 Schema dezentralen Einheiten der Lüftungsanlage Projekt Utendorfgerasse

