
NACHHALTIGKEITS-MONITORING AUSGEWÄHLTER PASSIVHAUS-WOHNANLAGEN IN WIEN

(Projekt NaMAP)

ENDBERICHT

Wien, Dezember 2009

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU),
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen,

Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg,

DI Roman Smutny

et al.



Im Auftrag der Wiener Wohnbauforschung

NACHHALTIGKEITS-MONITORING AUSGEWÄHLTER PASSIVHAUS-WOHNANLAGEN IN WIEN

(Projekt NaMAP)

ENDBERICHT

Wien, Dezember 2009

Wissenschaftliche Evaluierung von Nutzerzufriedenheit, Energieperformance und Klimaschutzbeitrag von geförderten Wiener Wohnhausanlagen in Passivhausstandard. Analyse aller Passivhaus-Wohnhausanlagen in Wien, die seit mindestens zwei Jahren bewohnt werden. Vergleich mit ausgewählten Niedrigenergiehaus-Wohnhausanlagen aus derselben Errichtungszeit. Ableitung von Empfehlungen für die zukünftige Wohnbauförderung großvolumiger Gebäude.

Finanzierung: Magistrat Wien, Abteilung Wohnbauforschung MA50

Projektteam:

Projektleiter: Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg

Projektmitarbeiter: DI Roman Smutny

DI Dr. Ulla Ertl-Balga

DDI Roman Grüner

DI Christoph Neururer MSc

Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen,
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau,
Department für Bautechnik und Naturgefahren,
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU),
Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien

Projektpartner sozialwissenschaftliche Evaluierung:

Ass.Prof. Hon.Prof. Dr. Alexander Keul,
Fachbereich Psychologie, Universität Salzburg



Projektlaufzeit: 01.2009 - 12.2009

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Bautechnik und Naturgefahren,
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau,
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
++43-(0)1-47654-5260

Peter Jordan Straße 82
1190 Wien

Univ.-Prof. Arch. DI Dr. Martin Treberspurg, E-Mail: martin.treberspurg@boku.ac.at

DI Roman Smutny, E-Mail: roman.smutny@boku.ac.at

DI Ulla Ertl, E-Mail: ulla.ertl@boku.ac.at

DDI Roman Grünner, Email: roman.gruenner@boku.ac.at

Christoph Neururer MSc

Es bestand enge Zusammenarbeit mit dem parallel laufenden Projekt „Vergleichende Analyse von Errichtungs- und Bewirtschaftungskosten großvolumiger Wohngebäude in Passivhaus- und Niedrigenergiehausqualität in Wien“. Dieses Projekt wurde geleitet durch Mag. Andreas Oberhuber von der Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen (FGW) in Wien. Die Ergebnisse beider Projekte wurden gemeinsam bei den Wiener Wohnbauforschungstagen am 17.11.2009 (www.wohnbauforschung.at) und der UNECE-Konferenz am 23. und 24.11.2009 (www.energy-housing.net) präsentiert und sind auf den angegebenen Websites abrufbar.

INHALTSVERZEICHNIS

1	<u>EINLEITUNG</u>	<u>8</u>
2	<u>ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNGEN</u>	<u>10</u>
3	<u>ARBEITSPROGRAMM UND METHODIK.....</u>	<u>11</u>
3.1	METHODISCHE VORGEHENSWEISE - ARBEITSMODULE.....	11
3.2	KENNZAHLEN UND BEZUGSFLÄCHEN.....	15
3.2.1	ENERGIEEFFIZIENZ	15
3.2.2	ENERGIEKENNZAHLEN – BEDARF UND VERBRAUCH.....	16
3.2.3	NUTZENERGIE, ENDENERGIE UND WIRKUNGSORIENTIERTE BEWERTUNG DER ENDENERGIE	16
3.2.4	BEZUGSGRÖßEN, FLÄCHENKENNWERT	20
3.3	RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN SOLL-IST-VERGLEICH RAUMHEIZUNG	20
3.4	EINFLUSS DES AUßENKLIMAS UND DER RAUMLUFTTEMPERATUR	21
4	<u>GEBÄUDEBESCHREIBUNG PASSIVHAUS-WOHNHAUSANLAGEN</u>	<u>23</u>
4.1	PASSIVWOHNHAUS DREHERSTRABE BUWOG / ARCHITEKT GÜNTER LAUTNER.....	24
4.2	PASSIVWOHNHAUS UTENDORFGASSE HEIMAT ÖSTERREICH / SCHÖBERL & PÖLL	27
4.3	PASSIVWOHNHAUS MOLKEREISTRABE MIGRA / BAUMSCHLAGER EBERLE.....	30
4.4	PASSIVWOHNHAUS KAMMELWEG BAUPLATZ B WE PRO / S&S ARCHITEKTEN	33
4.5	PASSIVWOHNHAUS KAMMELWEG BAUTEIL C (BAUPLATZ E) KAMMELWEG BAUTRÄGER GMBH / ARCHITEKTEN: HERMANN KAUFMANN ZT, JOHANNES KAUFMANN ARCHITEKTUR	36
4.6	PASSIVWOHNHAUS ROSCHÉGASSE A:H / TREBERSPURG & PARTNER ARCHITEKTEN.....	39
4.7	PASSIVWOHNHAUS MÜHLWEG BAI / DIETRICH UNTERTRIFALLER ARCHITEKTEN	42
4.8	PASSIVWOHNHAUS SCHELLENSEEGASSE GESIBA / ARCHITEKTURBÜRO REINBERG	45
4.9	PASSIVWOHNHAUS ANTON-HEGER-PLATZ FAMILIENHILFE / ARCHITEKT WERNER HACKERMÜLLER.....	48
4.10	PASSIVWOHNHAUS ESSLINGER HAUPTSTRABE FAMILIENHILFE / ARCHITEKT WERNER HACKERMÜLLER.....	51
5	<u>ENERGIEPERFORMANCE.....</u>	<u>54</u>
5.1	SOLL-IST-VERGLEICH RAUMHEIZUNG – NUTZWÄRME UND ENDENERGIE.....	54
5.2	ENDENERGIEVERBRAUCH UND EINSPARUNGEN	57
5.3	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN.....	59
5.4	MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ.....	62
5.5	VOR- UND NACHTEILE DER FERNWÄRMEVERSORGUNG FÜR PASSIVHÄUSER	64
5.6	STROMVERBRAUCH	68
5.6.1	STROMVERBRAUCH FÜR KOMFORTLÜFTUNGSANLAGEN.....	68
5.6.2	RESULTATE DER ENERGIEEFFIZIENZ-ANALYSE DES STROMVERBRAUCHS	71
5.7	GESAMTENERGIEEFFIZIENZ UND LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG	73

<u>6</u>	<u>UMWELTPSYCHOLOGISCHE EVALUATION (POE) VON SECHS WIENER PASSIVHAUSSIEDLUNGEN (225 WOHNHEITEN) IM VERGLEICH ZU KONVENTIONELLEN BAUTEN (156 WOHNHEITEN)</u>	<u>78</u>
6.1	EINLEITUNG	78
6.2	FRAGESTELLUNG	80
6.3	VERSUCHSGRUPPE PASSIVHAUS-SIEDLUNGEN.....	81
6.4	KONTROLLGRUPPE KONVENTIONELLER BAUTEN	83
6.5	UNTERSUCHUNGSMETHODE, ANNAHMEN.....	84
6.6	ERGEBNISSE	87
6.7	DISKUSSION, KRITIK UND AUSBLICK	91
<u>7</u>	<u>EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE ERRICHTUNGSKOSTEN</u>	<u>93</u>
<u>8</u>	<u>GEBÄUDEKENNZAHLEN - MONITORINGERGEBNISSE</u>	<u>96</u>
<u>9</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</u>	<u>108</u>
9.1	ERGEBNISSE DER STUDIE	108
9.2	EMPFEHLUNGEN UND AUSBLICK	113
<u>10</u>	<u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR</u>	<u>117</u>
<u>11</u>	<u>TABELLENVERZEICHNIS</u>	<u>120</u>
<u>12</u>	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	<u>121</u>
<u>13</u>	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>124</u>

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die großzügige Förderung dieser Studie durch die Wiener Wohnbauforschung. Die Diskussionen mit Dr. Wolfgang Förster waren eine besonders wertvolle Basis für die Forschungsarbeit. Die Präsentation der Kurzfassung auf den Wiener Wohnbauforschungstagen 2009¹ und im Rahmen der UNECE International Forum 2009² ermöglichte eine zielgerichtete Verbreitung und anregende Diskussionen. Für die Organisation dieser Veranstaltungen sei hier der Wiener Wohnbauforschung und dem Europaforum Wien - Dr. Johannes Lutter – aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Ausdrücklicher Dank wird an alle Organisationen gerichtet, welche das Forschungsteam mit wertvollen Informationen und Verbrauchsdaten versorgt haben. Ohne die engagierte Unterstützung der folgenden Unternehmen wäre die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen: Wien Energie Vertrieb, Wien Gas, Fernwärme Wien, E-Comfort, Altmannsdorf-Hetzendorf (a:h), BAI, BUWOG, Eboek, Familienwohnbau, GEBÖS, GPA WBV, Heimat Österreich, Mischek, Vasko + Partner.

Für die wertvollen Diskussionen der Zwischenergebnisse sei Herrn ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar (TU Wien), Herrn DI Wilhelm Hofbauer (TB Hofbauer), Herrn DI Adolf Penthor (Fernwärme Wien), Herrn DI Helmut Schöberl (Schöberl&Pöll OEG), und Herrn Ing. Waldemar Wagner (AEE INTEC) besonderer Dank ausgesprochen.

Für die freundschaftliche und anregende Zusammenarbeit mit Alexander Keul von der Uni Salzburg und Andreas Oberhuber und seinem Team von der FGW Wien sei hier besonders gedankt. Durch den Brückenschlag dieser interdisziplinären Zusammenarbeit konnten gegenseitig wertvolle Informationen ausgetauscht und neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Und nicht zuletzt sei hier ein spezieller Dank an einzelne Bewohner ausgesprochen, für die vielen wertvollen Anregungen und Informationen von den wahren Experten was die Performance der Gebäude betrifft.

¹ 8. Wiener Wohnbauforschungstage „Energieeffizienz im Wohnbau“. 17.11.2009. Download der Präsentationsfolien unter www.wohnbauforschung.at/de/veranstaltung-8.htm.

² Internationale Konferenz für Energy Efficient Housing in Wien 23.-25.11.2009. Programm und Download der Präsentationen unter www.energy-housing.net.

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden in Wien die ersten Wohnhausanlagen gemäß Passivhauskonzept errichtet. Dieses Baukonzept verspricht eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs sowie einen höheren Nutzungskomfort bei annähernd gleichen Kosten. Laut Bund-Länder-Vereinbarung (gemäß Art. 15a B-VG) soll bis 2015 der **Passivhausstandard als Zielwert für alle geförderten Wohngebäude** angestrebt werden.

In Europa wurden bis Juni 2009 etwa 6,5 Mio. m² Nutzfläche in Passivhausstandard errichtet, wovon rund 2,5 Mio. m² in Österreich (5000 Gebäude) und rund 2,4 Mio. m² in Deutschland realisiert wurden [Daxböck, 2009]. Damit liegt die Passivhausdichte in Österreich etwa 10-mal höher als in Deutschland. Österreich ist somit **weltweiter einsamer Spitzenreiter** bei energieeffizienten Gebäuden.

Die Stadt Wien selbst ist bereits jetzt Passivhaus-Weltmeister, da hier weltweit die meisten Quadratmeter an Nutzfläche in Passivhausstandard realisiert wurden. Im Jahr 2006 wurde das größte Passivhaus weltweit eröffnet: die von Treberspurg&Partner Architekten geplante Wohnhausanlage Roschégasse im 11. Wiener Gemeindebezirk. Die hohe Lebensqualität in Wien wurde auch durch die MERCER-Studie belegt – im internationalen Städtevergleich belegte Wien den ersten Platz und erlangte bei den drei relevanten Wohnkriterien jeweils 10 von 10 Punkten.

Für die nächsten Jahre sind in Wien viele Wohnbauprojekte in Passivhausstandard geplant, wie in folgenden Grafiken dargestellt. Laut IG-Passivhaus wird im nächsten Jahr ein Viertel aller Neubauten in Passivhausstandard ausgeführt.

WIENER WOHNHAUSANLAGEN in PASSIVHAUSSTANDARD - KUMULIERTE NUTZFLÄCHE

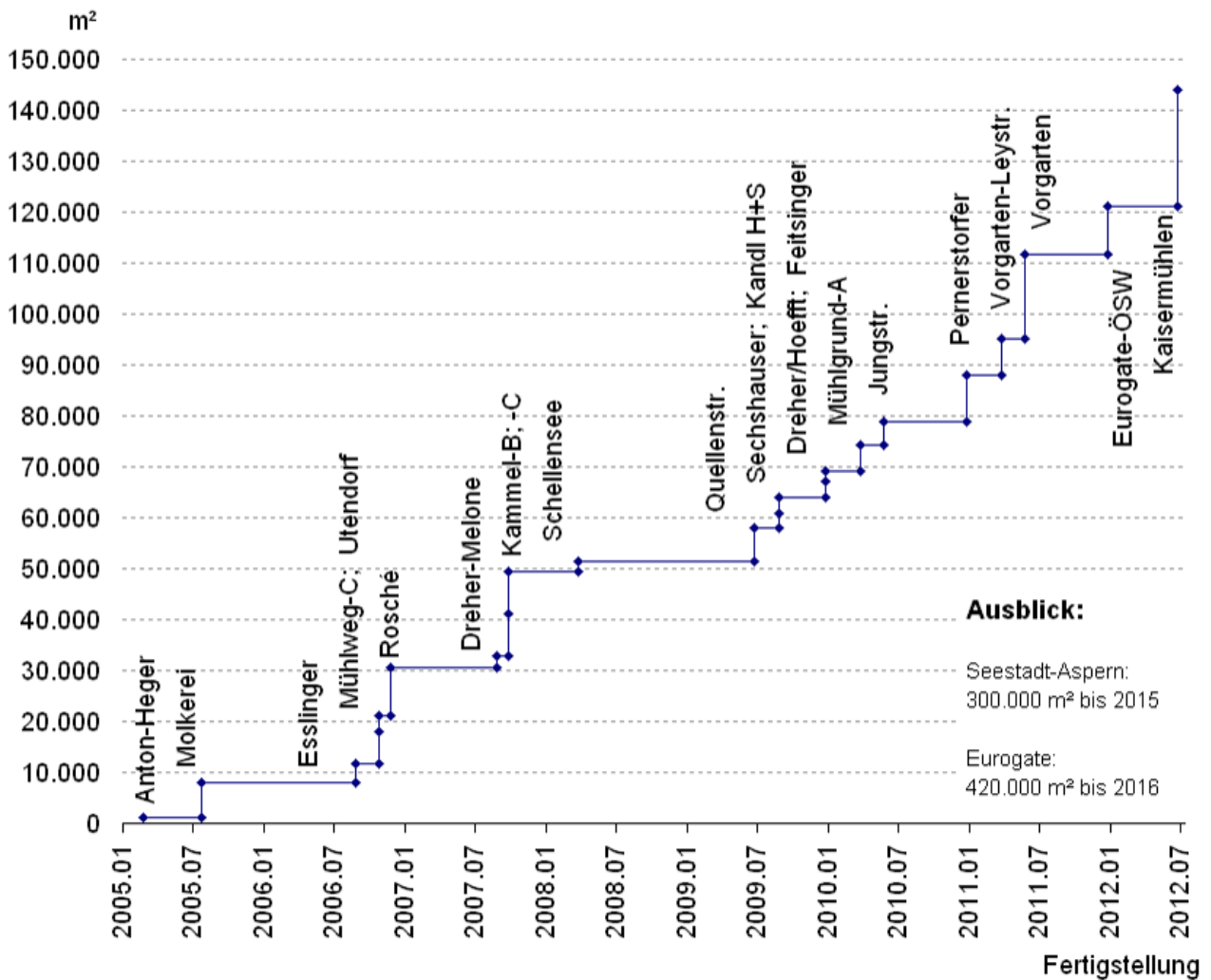


Abbildung 1: Wohnhausanlagen in Passivhausstandard. Kumulierte Wohnnutzfläche realisierter und geplanter Objekte



Derzeit ist noch ungewiss, ob alle Gebäude in den Entwicklungsgebieten Eurogate und Seestadt Aspern in Passivhausstandard umgesetzt werden – für das Areal Eurogate besteht die Absicht, dass nur einige „Pilotprojekte“ in PH-Standard ausgeführt werden sollen. Bei konsequenter Umsetzung könnte die Passivhausdichte von mehrgeschossigen Wohnbauten in 8 Jahren bei etwa 260 m² pro 1000 Einwohner liegen und damit etwa das 6-fache des derzeitigen Werts betragen.

Abbildung 2: Entwicklung der PH-Dichte in Wien

2 Zielsetzung und Fragestellungen

Die Zielsetzung des vorliegenden Projektvorhabens ist es, von den bestehenden Pionierprojekten zu lernen um die Realisierung energieeffizienter und nutzerfreundlicher Wohnhausanlagen zukünftig verstärkt umzusetzen.

Die Studie beinhaltet eine Analyse, ob großvolumige Passivhäuser im geförderten Wohnbau in Entsprechung der Planungsintentionen funktionieren und die Komfortbedürfnisse der Bewohner erfüllen. Es sollen soziale und ökologische Nachhaltigkeitsaspekte und die Vor- und Nachteile des Passivhausstandards für den sozialen Wohnbau anhand von quantitativen und qualitativen Indikatoren wissenschaftlich evaluiert werden. Die ökonomische Analyse wurde in einem Forschungsprojekt der FGW [Schuster et al., 2009] unter der Leitung von Andreas Oberhuber untersucht.

Um einen Gesamtüberblick zu erhalten wird eine Facility-Performance-Evaluation von allen großvolumigen Passivhaus-Wohnhausanlagen (PH-WHA) durchgeführt, die seit mehr als einem Jahr bewohnt werden. Die Wohnzufriedenheit und reale Energieperformance dieser Gebäude wurde mit konventionellen Wohnhausanlagen derselben Bauperiode 2005-2007 verglichen. Die ausgewählten Referenzgebäude erfüllen bereits den Niedrigenergiehausstandard (NEH), da die Stadt Wien dieses Energieniveau seit etwa einem Jahrzehnt als Mindestkriterium für Wohnbauvorhaben festgelegt hat und seit Einführung der Bauträgerwettbewerbe 1994 eine hohe thermische Qualität im Wohnbau erzielt wurde. Das Energiemonitoring umfasst 1367 Wohnungen wovon 492 den Passivhausstandard erfüllen.

Dem Forschungsprojekt liegen nachfolgende primäre Fragestellungen zugrunde:

- Wie ist die Zufriedenheit der Bewohner mit der Gebäude-Performance?
 - Detaillierte Analyse der Wohnzufriedenheit
 - Welche Maßnahmen bewirken eine effektive Erhöhung des Wohlbefindens?

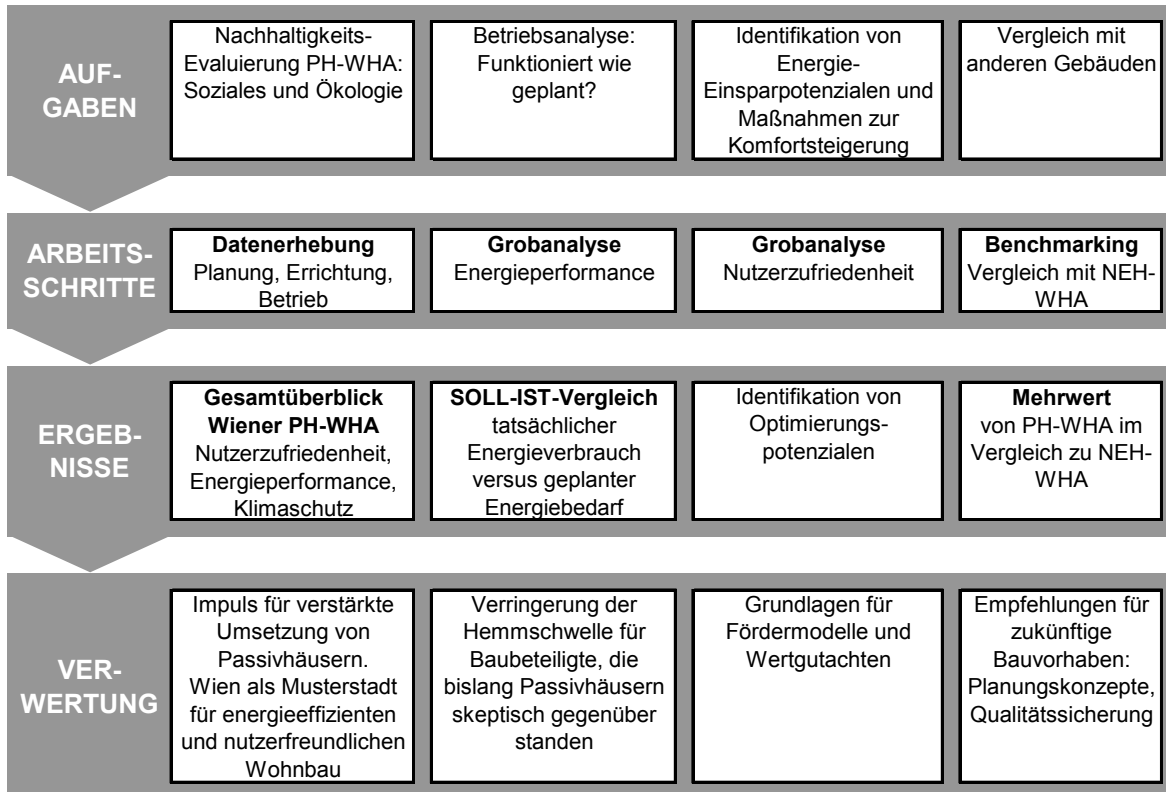
- Wie gut ist die reale Energieperformance der Raumheizung?
 - Welche PH-WHA funktionieren besonders gut bzw. schlecht?
 - Entspricht der gemessene Energieverbrauch dem geplanten Energiebedarf?
 - Welche Differenzen liegen zwischen Verbrauch und Bedarf und woraus resultieren diese Differenzen?
 - Wie liegt die Energieperformance im Vergleich mit neuen NEH-WHA?

- Wie viel Endenergie und Primärenergie wird für Raumheizung und Warmwasserbereitung verbraucht und wie viel Treibhausgase werden dadurch ausgestoßen?
 - Wie liegt die Endenergie- und Klimaschutzperformance im Vergleich mit anderen kürzlich errichteten NEH-WHA?
 - Welche Maßnahmen bewirken eine effektive Reduktion des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen?

- Welche Empfehlungen für einen nachhaltigen Wohnbausektor können abgeleitet werden?

3 Arbeitsprogramm und Methodik

3.1 Methodische Vorgehensweise - Arbeitsmodule



Anmerkung: PH... Passivhaus, NEH...Niedrigenergiehaus, WHA...Wohnhausanlagen

Abbildung 3: Aufgaben, Arbeitsschritte und geplante Ergebnisse des Forschungsprojekts

Dem Forschungsprojekt liegen fünf Arbeitsmodule zugrunde, wobei im nachfolgenden auf die einzelnen Module hinsichtlich Inhalt, Tasks und methodischer Vorgangsweise eingegangen wird.

Grundlage der Methodik sind die Erfahrungen aus dem Nachhaltigkeits-Monitoring des Passivhaus-Studentenheims Molkereistraße [Treberspurg et al., 2007]. Mithilfe der Monitoringergebnisse wurden die Betriebseinstellungen der Haustechnikanlage optimiert. Die dadurch erzielten zusätzlichen Einsparungen werden gegenwärtig (11.2009) erhoben und ausgewertet. Dieses Projekt wurde im Rahmen der Wiener Wohnbauforschung gefördert und die Ergebnisse sind auf der Website der Wiener Wohnbauforschung (www.wohnbauforschung.at) dokumentiert.

MODUL 1: Datenerfassung

Ziel war die Erfassung von Planungsdaten (Hochbau, Bauphysik, Haustechnik) und Monitoringdaten (Energieverbrauch) zur Beurteilung der Gebäudeperformance. Der Energieverbrauch wurde separat für jeden Energieträger und jede Energienutzung (Heizung, Warmwasser, Lüftung und Sonstiges) erhoben sofern die hierfür nötigen Verbrauchszähler vorhanden waren.

Die Datenerfassung betrifft alle Wiener Passivwohnhäuser mit mindestens 15 Wohnungseinheiten, die seit mehr als einem Jahr in Betrieb waren. Weiters werden ausgewählte Wohnhausanlagen in

Niedrigenergiebauweise (NEH-WHA) als Referenzobjekte untersucht. Es wurde berücksichtigt, dass nur solche Gebäude untersucht werden, die erst kürzlich fertig gestellt und bereits seit mehr als einem Jahr bezogen wurden.

Das Energiemonitoring umfasst 1367 Wohnungen wovon 492 den Passivhausstandard erfüllen. Die Zufriedenheitsanalyse umfasst 381 Wohnungen wovon 225 den Passivhausstandard erfüllen.

Benötigte Rohdaten und Planungsunterlagen der Gebäude

Die folgenden Unterlagen bzw. Rohdaten wurden berücksichtigt:

- Planungsunterlagen (Lageplan, Grundrisse, Ansichten, Schnitte, Gebäudetopographie, Baubeschreibung, Haustechnikpläne, Energiekonzept, Regelungstechnisches Konzept);
- Energieausweisberechnung;
- Monatliche oder zumindest jährliche Energieverbrauchsdaten für Raumheizung und Warmwasserbereitung
- Jährliche Energieverbrauchsdaten für elektrische Energie
- Klimadaten (von ZAMG): Temperatur und Globalstrahlung der Station Wien-Hohe Warte.

Die PH-WHA Utendorfgasse [Schöberl+Lang, 2009], Mühlweg [Kogler, 2008] und Esslinger Hauptstraße [Raffelsberger et al., 2009] wurden im Rahmen des bmvit-Impulsprogramms „Haus-der-Zukunft“ zusätzlich gefördert und es sind ausführliche Forschungsberichte auf der Website www.hausderzukunft.at kostenfrei zu beziehen, die hier ebenfalls berücksichtigt wurden.

Für einzelne PH-WHA wurden bereits Messergebnisse publiziert die für vorliegende Studie ebenfalls berücksichtigt wurden. Dies betrifft die Wohnhausanlagen Utendorfgasse [Wagner+Mauthner, 2008a], [Bednar et al., 2008a], [Bednar et al., 2008b], Mühlweg-C [Wagner, 2008], Roschégasse [Wagner+Mauthner, 2008b] und Esslinger Hauptstraße [Raffelsberger et al., 2009].

Trotz des umfangreichen vorliegenden Informationsmaterials gestaltete sich die Sammlung der nötigen Basisdaten deutlich aufwändiger als erwartet. Beispielsweise lag nur für wenige PH-WHA der Wert für die beheizte BGF vor, da für PH immer die Energiebezugsfläche (lt. Definition des Passivhausinstituts Darmstadt – siehe Abkürzungsverzeichnis) der relevante Bezugswert ist. Weiters war die Beschreibung der tatsächlich ausgeführten Haustechnikanlagen – insbesondere betreffend Regelungseinstellungen sowie Länge und Dämmstärken der Wärmeverteilungen – meist nur spärlich vorhanden.

Laut mündlichen Informationen von Andreas Oberhuber (FGW) waren für die Kostenanalyse ähnliche Schwierigkeiten zu überwinden und ein sehr hoher Aufwand für die Erhebung der Errichtungskosten und Betriebskosten nötig.

Die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz der Gebäude wurde in enger Konsultation mit folgenden Organisationen und Einzelpersonen durchgeführt:

- TB Hofbauer, DI Wilhelm Hofbauer
- AEE INTEC, Ing. Waldemar Wagner
- DI Helmut Schöberl, Schöberl & Pöll
- TU Graz, Institut für Wärmetechnik, DI Dr. Hermann Schranzhofer
- TU Wien, Abteilung Bauphysik, A.o.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar
- E-Comfort
- FW Wien, DI Adolf Penthor
- Wien Energie Vertrieb

MODUL 2: Grobanalyse der Energieperformance aller PH-WHA in Wien

Analyse der einzelnen Gebäude hinsichtlich Energieperformance (Endenergie und Primärenergie) und Klimaschutzperformance mit folgenden Rahmenbedingungen und Indikatoren (detaillierte methodische Grundlagen sind in folgendem Kapitel beschrieben):

- Der berechnete Heizwärmebedarf für die Raumheizung wurde auf reale Klimaverhältnisse (gemäß ÖN EN 15603) und auf 23 °C Raumlufftemperatur umgerechnet (üblicherweise gemessene Raumlufftemperatur in der Heizperiode³) und dem gemessenen Energieverbrauch gegenübergestellt. Dies hat den Vorteil, dass die realen Verbrauchszahlen die Vergleichsbasis darstellen. Es besteht jedoch der Nachteil, dass die Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Gebäuden eingeschränkt ist, wenn unterschiedliche Messperioden mit unterschiedlichem Klima zur Anwendung kommen. Gemäß ÖN EN 15603 wurde für den Soll-Ist-Vergleich die Bedarfszahl umgerechnet und nicht die Verbrauchszahl. Für die Umrechnung wurden Außenklimadaten der ZAMG-Station Wien – Hohe Warte herangezogen. Die Faktoren für die Außenlufttemperatur- und Raumlufftemperaturumrechnung wurden auf die Wärmeverluste (Transmissionsverluste und Lüftungswärmeverluste) angesetzt, die Faktoren für die Strahlungsumrechnung wurden auf die solaren Gewinne angesetzt. Die internen Gewinne wurden nicht verändert.
- Es werden keine einzelnen Wohnungseinheiten bilanziert, sondern das gesamte Gebäude.
- Bei Gebäuden mit gemischter Nutzung (tlw. gewerblich genutzt) wurde ausschließlich der Energieverbrauch der Wohnungen berücksichtigt und die Bezugsflächen entsprechend angepasst.
- Gegenüberstellung des Bedarfs bei realen Klimabedingungen zum gemessenen Verbrauch und Analyse möglicher Differenzen
- Dokumentation des Endenergieverbrauchs für Heizung, Warmwasser und weiteren Verbrauchsstellen sofern Verbrauchsdaten verfügbar. Gemäß ÖN EN 15603 wurde jeweils der Brennwert als Bezugsgröße gewählt. Nach ISO 13602-2 ist der Brennwert dem unteren Heizwert vorzuziehen.
- Berechnung des Primärenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen. Methodische Grundlagen sind in Kapitel 3.2.3 angegeben.
- Empfehlung von Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs und zur Senkung der Treibhausgasemissionen (z.B. Nutzerverhalten)
- Erstellung eines standardisierten Datenblatts (Gebäudekenndaten, Energie- und Haustechnik-konzept)
- Qualitätssicherung und Datenverifizierung unter Mitwirkung von Fachplanern und Projektpartnern

Bei der Interpretation und Gegenüberstellung der Planwerte (Heizwärmebedarf) ist zu berücksichtigen, dass für die untersuchten Gebäude unterschiedliche Berechnungsmethoden angewendet wurden und die sich allesamt von der gegenwärtig gebräuchlichen Methodik (OIB Richtlinie 6) unterscheiden.

Die Berechnungsmethodik der Bedarfszahlen für NEH und PH wurde in den letzten Jahren mehrfach geändert und wird voraussichtlich auch in Zukunft noch weiterentwickelt. Für NEH wurde

³ Die üblicherweise gemessene Raumlufftemperatur in der Heizsaison bewegt sich bei den meisten Untersuchungen im Bereich von 22 °C bis 24 °C [Wagner, 2009]. Die Simulationsergebnisse von ausgewählten Wohnhausanlagen stimmen am ehesten mit den realen Verbrauchswerten überein, wenn eine Raumlufftemperatur von 23 °C angesetzt wird [Neururer, 2009].

meist nach dem OIB-Leitfaden aus dem Jahr 1999 gerechnet wobei hierfür die EN 832 die Grundlage bildete. Gegenwärtig bildet die OIB Richtlinie 6 die Grundlage für NEH, wobei zu berücksichtigen ist, dass auch das Klimamodell verändert wurde (siehe ÖN B 8110-5). Die untersuchten Passivhäuser wurden mit PHPP2002, PHPP2004 und PHPP2007 [PHI, 2007] berechnet, wobei letzteres auch Klimadaten für den Standort Wien bereitstellte. Gegenwärtig werden Passivhäuser meist mit PHPP2007 und den Klimadaten laut ÖN B 8110-5 berechnet.

Es bestehen methodische Unterschiede im Vergleich zu bisherigen Monitoring-Studien der AEE INTEC und des PHI Darmstadt (z.B. Projekt CEPHEUS). Während bei den bisherigen Studien meist das Hauptaugenmerk auf den geplanten Heizwärmebedarf (Nutzenergie) einzelner Wohnungen gelegt wurde, stand bei vorliegender Studie der reale Gesamtwärmeverbrauch (Endenergie) des gesamten Gebäudes im Vordergrund. Es wurden die realen Verbrauchswerte dargestellt, die nicht nur von der Ausführungsqualität der Gebäudehülle sondern auch von der Regelung und Verteilungseffizienz der Haustechnik sowie vom Nutzerverhalten beeinflusst werden. Die Planwerte (Energiebedarf) wurden umgerechnet auf 23 °C Raumlufttemperatur und reale Außenklimaverhältnisse.

MODUL 3: Grobanalyse der Zufriedenheit der Bewohner

In Zusammenarbeit mit Bauträgern, Fachplanern und Sozialwissenschaftlern.

Die folgenden Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Erhebung der Wohnzufriedenheit in bestehenden konventionellen Wiener Wohnhausanlagen (Baseline-Erhebung Wien)
- Auswertung von Post-Occupancy-Evaluationen von Wiener PH-WHA
- Statistische Auswertung der Daten
- Empfehlung von Maßnahmen für eine effektive Erhöhung des Wohlbefindens

MODUL 4: Interpretation und Schlussfolgerungen

- Soll-Ist-Vergleich: Gegenüberstellung geplanter Energiebedarf zu gemessenem Energieverbrauch
- Analyse der NEH-WHA anhand der Abrechnungen mit dem jeweiligen Energieversorger
- Benchmarking: Gegenüberstellung PH-WHA zu NEH-WHA. Vergleich der Energieperformance (Endenergie und Primärenergie) und Klimaschutzperformance. Die Einsparung an Energiekosten wurde ebenfalls dargestellt und mit den mittleren österreichischen Energiepreisen des 3. Quartals 2009 berechnet: 9,18 €/MWh Fernwärme und 15,25 €/MWh elektrische Energie, brutto inkl. Grund- Leistungs- und Messpreis [IWO, 2009].
Es wurden mittlere österreichische Energiepreise gewählt, um den Einfluss der unterschiedlichen Verträge mit den Energieversorgern auszuklammern (Je nach Umfang der Energiedienstleistungen und sonstigen Serviceleistungen können hier bei einzelnen Gebäuden sehr unterschiedliche Preisniveaus auftreten). Die Bezugsbasis auf mittlere Energiepreise hat jedoch auch den Nachteil, dass die Kosteneinsparungen etwas zu hoch dargestellt werden. Dies liegt an der derzeitigen Gestaltung der Energietarife, die wenig Anreiz hinsichtlich Energiesparendem Verhalten bieten, da bei sinkendem Verbrauch die Kilowattstunde Energie deutlich teurer wird.
- Ableitung von Empfehlungen für zukünftige Bauvorhaben mit dem Ziel einer verstärkten Realisierung von energieeffizienten, klimaschonenden und nutzungsfreundlichen WHA. Grundlagen für Planungskonzepte, Qualitätssicherung, Förderung und Wertgutachten

MODUL 5: Dissemination der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden und werden öffentlichkeitswirksam verbreitet:

- Endbericht, Kurzfassung, Abstract in deutscher und englischer Sprache
- Folder und Poster in deutscher und englischer Sprache
- Presseaussendung
- Vorträge und Posterpräsentation im Rahmen der Wr. Wohnbauforschungstage, 17.11.2009
- Posterpräsentation im Rahmen der UNECE-Tagung „Energieeffizienz im Wohnbau“ im Wiener Rathaus, 23.-25. November 2009. Beiträge zum Aktionsplan für energieeffizienten Wohnbau in der UNECE-Region.
- Beiträge in Zeitschriften:
 - Baumagazin
 - Wettbewerbe-Journal
 - weitere Beiträge in wissenschaftlichen Journals sind geplant
- Präsentation der Ergebnisse auf nationalen und internationalen Tagungen:
 - Pasivne Domy 2009, Bratislava 29.-30.10.2009
 - CESB10, Central Europe towards Sustainable Buildings, Prag, 30.06.- 02.07.2010
 - Internationale Passivhaustagung 2010 in Dresden, 28.-30.05.2010
- Universitäre Lehre: Exkursionen zu Demoprojekten, Ergänzung der Lehrinhalte für die Lehrveranstaltungen „Ressourcenorientiertes Bauen“ und „Solares Bauen“.

3.2 Kennzahlen und Bezugsflächen

Zum besseren Verständnis der in diesem Bericht präsentierten Energiekennzahlen werden in aller Kürze die wesentlichen Parameter beschrieben.

3.2.1 *Energieeffizienz*

Die Energieeffizienz ist das Verhältnis der eingesetzten Energiemenge zum daraus gewonnenen Nutzen, wobei der Nutzen je nach Energieanwendung und Zielsetzung sehr unterschiedlich sein kann, beispielsweise eine Leistung, eine Dienstleistung, eine Ware oder eine Energiemenge [AEA, 2007]. Bei Gebäuden bewirkt der Energieeinsatz ebenfalls einen Nutzen der sich in unterschiedliche Kategorien einteilen lässt und auch individuell für die Bewohner eine unterschiedliche Bedeutung hat. Um diesen Nutzen zu Quantifizieren wurde grob vereinfacht ein Flächenindikator herangezogen. Aus pragmatischen Gründen wurde die konditionierte Bruttogrundfläche gewählt, obwohl die beheizte Wohnnutzfläche eigentlich etwas repräsentativer für Abbildung des Nutzens erscheint.

In dieser vereinfachten Darstellung des Nutzens wird davon ausgegangen, dass die Qualität und der Komfort des Innenraumklimas pro Quadratmeter Bruttogrundfläche für alle Gebäude auf demselben Niveau liegen.

Für den Vergleich der Energieeffizienz von PH mit NEH ist zu berücksichtigen, dass PH eine höhere thermische Wohnqualität und eine günstigere Ausnutzung der Wohnfläche (keine störenden

Heizkörper und keine ungemütlichen Aufenthaltsbereiche vor Fenstern) bieten und dass daher der erzielte Nutzen höher liegt als bei NEH.

Für die Beurteilung der Energieeffizienz von Komfortlüftungsanlagen ist die Berücksichtigung des Nutzens unabdingbar. Bei konventioneller Bauweise in Niedrigenergiehausstandard wird in vielen Fällen bereits eine hohe Luftdichtheit des Gebäudes erreicht. Viele Niedrigenergiehäuser haben dadurch mit Schimmelproblemen zu kämpfen. Bei einigen Gebäuden wurde daher zur verstärkten Abfuhr der Feuchtigkeit eine ständig laufende Abluftanlage eingebaut. Denselben Zweck erfüllen auch Komfortlüftungsanlagen in Niedrigstenergiehäusern und Passivhäusern, allerdings mit dem Unterschied, dass ein Großteil der Abwärme zurückgewonnen wird. Aufgrund des höheren Nutzens hinsichtlich Schimmelvermeidung (und anderem) können daher Wohnungen mit und ohne Komfortlüftungsanlagen nicht hinsichtlich Energieverbrauch miteinander verglichen werden.

3.2.2 *Energiekennzahlen – Bedarf und Verbrauch*

Im Folgenden wurde die unterschiedliche Bedeutung von **Bedarf** und **Verbrauch** erläutert. Als Bedarf wird die geplante berechnete Menge bezeichnet und als Verbrauch die tatsächlich gemessene Menge. Aufgrund der Unterschiede der Ermittlung von Bedarfskennzahlen und Verbrauchskennzahlen, können diese nicht direkt miteinander verglichen werden [ÖN EN 15603, 2008, S. 6].

- Der **Energiebedarf** ist die im Zuge der Planung nach Normbedingungen (z.B. 20 °C Raumlufttemperatur) berechnete Energiemenge. Die Energieausweise der untersuchten NEH enthielten den **Heizwärmebedarf** (HWB) berechnet nach OIB-Leitfaden-1999 (basierend auf EN 832). Der spezifische Heizwärmebedarf ist die Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten und wird in Kilowattstunden (kWh) je Quadratmeter Bruttogrundfläche und für ein gesamtes Jahr angegeben [ÖNORM B 8110-1, 2008-01-01, S. 6]. Der Energieausweis der PH enthielt sowohl den Heizwärmebedarf als auch den Endenergiebedarf und den Primärenergiebedarf, wobei letztere beide Kennzahlen nicht bei allen PH berechnet wurden. Obwohl die Berechnungsmethodik des Heizwärmebedarfs für NEH und PH im Detail sehr unterschiedlich ist, bestehen grundlegende Gemeinsamkeiten: Der Heizwärmebedarf ist die Bilanz aus Wärmeverlusten (Transmissionsverluste und Lüftungswärmeverluste) und nutzbaren Wärmegewinnen (passive solare Gewinne und interne Gewinne). Die Gewinne und Verluste der Verteilung von Heizwärme, Solarerträge, Warmwasser, Kaltwasser und Abwasser sind als Pauschalwerte bei den internen Gewinnen berücksichtigt.
- Der „**reale Energiebedarf**“ ist der berechnete Planungswert bei Berücksichtigung realer Außenklimawerte und Innenraumlufttemperaturen. In vorliegender Studie wurde der „reale Heizwärmebedarf (HWB_{Real})“ auf reale Klimabedingungen und eine Raumlufttemperatur von 23 °C umgerechnet. Durch diese Umrechnung werden gewisse Vorbedingungen für einen Vergleich der Verbrauchs- mit der Bedarfsmenge erfüllt.
- Der **Energieverbrauch** ist die gemessene real verbrauchte Energiemenge [ÖN EN 15603, 2008, S. 14].

3.2.3 *Nutzenergie, Endenergie und wirkungsorientierte Bewertung der Endenergie*

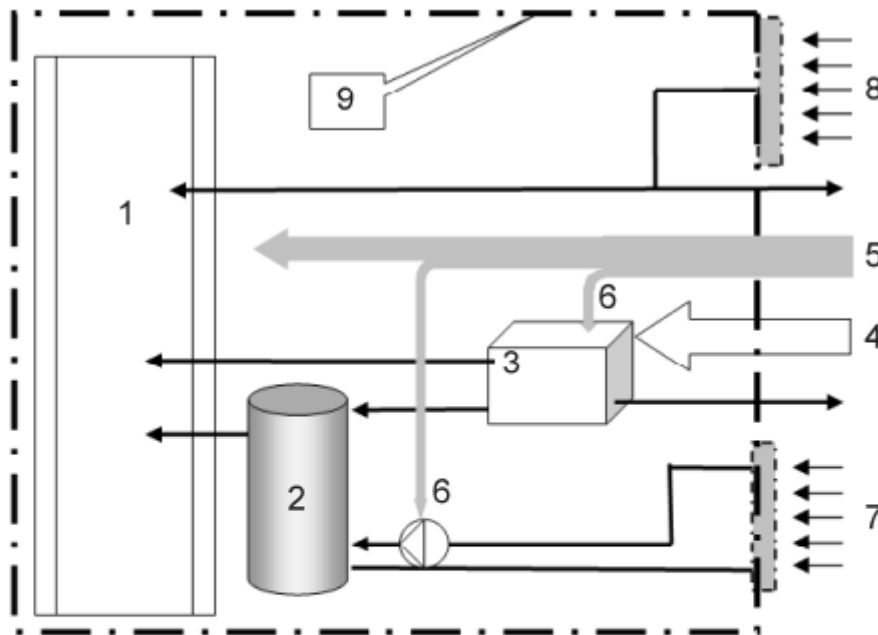
Unterschied zwischen **Primärenergie**, **Endenergie** und **Nutzenergie**:

- Die **Primärenergie** ist die Summe aus gelieferter Energie (Fernwärmeübergabestation, Solarertrag in Pufferspeicher und gesamter elektrischer Energie) und den benötigten Energiemengen für alle vorgelagerten Prozesse der Endenergieträger (Gewinnung, Umwandlung, Transport und Übergabe). Der Primärenergiefaktor zeigt die Relation zwischen Primärenergie und

Endenergie (gelieferter Energie). Nähere Informationen zur vorgelagerten Prozesskette liefert beispielsweise die softwareunterstützte Datenbank GEMIS [UBA, 2009].

- Die **Netto-Primärenergie** entspricht der Primärenergie abzüglich vor Ort gewonnener Energie (z.B. elektrischer und thermischer Solarertrag).
- **Endenergie:** „Entsprechend der Energiebilanz wird unter dem Begriff Endenergie diejenige Energiemenge bezeichnet, die nach Durchlaufen des Umwandlungssektors an die Endnutzer Haushalte, Industrie, Kleinverbraucher und Verkehr für energetische Zwecke (d.h. nicht als Roh-, Schmierstoffe etc.) geliefert wird. (...) Die Umwandlung von Endenergie in Nutzenergie geschieht durch die beim Verbraucher installierten und betriebenen Geräte und Anlagen.“ [ERDMANN, 1995, S. 205]. In vorliegender Studie wird als Endenergie diejenige Energiemenge verstanden, die vom jeweiligen Energieversorger geliefert und abgerechnet wird, wobei die Messstelle an der Übergabestation der Wohnhausanlage liegt. Für den Solarertrag wurde als Endenergiemenge jene Energiemenge bezeichnet, die an den Pufferspeicher „geliefert“ wird bzw. in das Stromnetz eingespeist wird. Die gelieferte Fernwärme stellt die gesamte Energiemenge dar, die von Gebäudeplanern, Haustechnikern und Bauträgern optimiert werden kann.
- Die **Netto-Endenergie** entspricht der Endenergie abzüglich vor Ort gewonnener Energie (z.B. elektrischer und thermischer Solarertrag). In Abbildung 4 ist die Netto-Endenergie die Summe der Energieflüsse 4 und 5.
- **Nutzenergie:** „Energie, welche beim Verbraucher letztlich nach verschiedenen Energieumwandlungen bzw. -umformungen zur Verfügung steht. Unter Energieumwandlung versteht man eine „Energietransformation“ bei Änderung der physikalischen Erscheinungsform (...) und unter Energieumformung eine Energietransformation unter Wahrung der physikalischen Erscheinungsform (z.B. elektrische Energie → elektrische Energie anderer Spannungsgröße, Stromart, Frequenz, etc.)“ [Rummich, 1978, S.4]. Demnach kann die hausinterne Wärmeverteilung als Energieumformung verstanden werden, bei der die physikalische Erscheinungsform erhalten bleibt und die Temperatur aufgrund von Verteilverlusten „transformiert“ wird. Die Nutzenergie für Warmwasser ist nach obigen Definitionen streng genommen jene Energiemenge, die aus Armaturen und Duschkopf in den Sanitärräumen und Küchen genutzt wird. Für ein Energiemonitoring ist diese Energiemenge jedoch wenig geeignet, da dieser Parameter nur mit einem sehr aufwändigen Messprogramm erhoben werden kann. Die Festlegung des Begriffs Nutzenergie für Raumheizung ist für Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und mehrgeschossige Mehrfamilienhäuser unterschiedlich zu treffen. Für Einfamilienhäuser und Reihenhäuser entspricht die Nutzenergie für Raumheizung jener Energiemenge die über die Heizanlage der konditionierten Gebäudehülle zugeführt wird. Bei mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern entspricht die Nutzenergie jener Energiemenge, die den Wohnräumen und anderen beheizten Räumen zugeführt wird. Die Nutzenergiemenge ist in diesem Fall aufgrund von Verteilverlusten etwas niedriger als die Energiemenge, die der gesamten konditionierten Gebäudehülle zugeführt wird. Daher liegt der Nutzenergiebedarf bei Mehrfamilienhäusern unter dem Heizwärmebedarf.

Die folgende Abbildung zeigt die Betrachtungsgrenze für die Endenergie gemäß ÖN EN 15603. Für die aktive Nutzung der Solarenergie wird nur der von den Kollektoren gelieferte Ertrag berücksichtigt. In der Realität befindet sich der Zähler des thermischen Solarertrags jedoch kurz vor dem Pufferspeicher und lässt daher die Verteilverluste der Solarleitungen unberücksichtigt.



Legende

- 1 Verbraucher
- 2 Lagerung
- 3 Heizkessel
- 4 Brennstoff
- 5 Elektrizität

- 6 Hilfsenergie
- 7 Solarwärmekollektor
- 8 Photovoltaik-Platten
- 9 Grenze

Abbildung 4: Bilanzgrenze für den Endenergiebedarf von Gebäuden. Entnommen aus ÖN EN 15603:2008.

Der Endenergieverbrauch wurde hinsichtlich **Primärenergieverbrauch** und **Treibhausgasemissionen** bewertet, wobei folgende Rahmenbedingungen und Rohdaten berücksichtigt wurden:

- ÖN EN 15603:2008, Anhang E: Informative Werte für Primärenergie (Gesamt und nicht erneuerbarer Anteil) und Treibhausgasemissionen. Diese Werte stammen aus der Datenbank „Ökoinventare für Energiesysteme“ der ETH Zürich, allerdings aus der mittlerweile überholten Version aus dem Jahre 1996. Die Faktoren berücksichtigen die Energie, die für den Bau der Transformations- und Transportanlagen für die Umwandlung von Primärenergie in Endenergie erforderlich ist.
- Datenbank GEMIS des Freiburger Ökoinstituts, wobei die vom Institut für Wohnen und Umwelt im Jahr 2009 publizierten Werte [IWU, 2009] berücksichtigt wurden. Die Datenbank berücksichtigt auch Auswirkungen vorgelagerter Prozesse wie z.B. Energieträgergewinnung, -umwandlung und -transport. Allerdings wird dieser ökologische Rucksack der Bauwerke nicht für alle Energieträger einheitlich berücksichtigt, was zu einer eingeschränkten Vergleichbarkeit der Werte führt. GEMIS wird für die Energiekennzahlenberechnung von Gebäuden in Deutschland (DIN V 4701-10 und DIN V 18599-1:2005) und von Passivhäusern nach PHPP [PHI, 2007] herangezogen. Die Werte für elektrische Energie und Fernwärme beziehen sich auf Verhältnisse in Deutschland und sind daher für Österreich nur wenig aussagekräftig.
- Datenbank GEMIS-Österreich des Umweltbundesamts Wien [UBA, 2009]. Diese Datenbank enthält die Daten der Deutschen Version und ergänzend Österreichische Daten. Für eine Untersuchung [Pölz, 2007] der Wiener Fernwärme Emissionen wurden umfangreiche Datensätze erarbeitet, die auch den Bereich Primärenergie abdecken. Für die Berechnung der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) existieren unterschiedliche methodische Ansätze. Die UBA-

Studie verwendete die Brennstoffmehrbedarfsmethode. Nach Fertigstellung der UBA-Studie wurde die ÖN EN 15316-4-5 veröffentlicht, welche die Berechnung der Primärenergiefaktoren von Fernwärmesystemen mittels der Stromgutschriftmethode empfiehlt.

- Die Theissing-Studie [Theissing & Theissing-Brauhart, 2009] erarbeitete Primärenergie- und Emissionsfaktoren von Energieträgern in Österreichischen Fernwärmesystemen, wobei die ÖN EN 15316-4-5, die ÖN EN 15603 und andere relevante Studien berücksichtigt wurden. Für die Bewertung der gelieferten Fernwärme wird die Stromgutschriftmethode verwendet. Originalzitat von Seite 11 der ÖN EN 15316-4-5: „In dieser Energiebilanz wird die elektrische Arbeit ebenfalls berücksichtigt, und zwar unter Verwendung eines Primärenergiefaktors, der dem Teil des Brennstoffmix entspricht, der durch die Kraft-Wärme-Kopplung ersetzt wird (Stromgutschriftmethode).“ Für den durch die KWK-Kopplung erzeugten Strom wurde die Annahme getroffen, dass fossile Energieträger der Österreichischen Stromerzeugung ersetzt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Energiebewertungsfaktoren für Erdgas, Fernwärme und elektrische Energie nach den unterschiedlichen Datenquellen. Für die Bewertung von Erdgas und Fernwärme wurden die Werte der Theissing-Studie [Theissing & Theissing-Brauhart, 2009] herangezogen, für elektrische Energie die Werte laut ÖN EN 15603 (UCTE-Mix). Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Fernwärme wurde nicht der Wert der Theissing-Studie, sondern der Wert der GEMIS-Datenbank 4.5 [UBA, 2009] berücksichtigt, weil die Berechnungsmethodik für Treibhausgasemissionen noch unklar ist (Stand: Dez. 2009) und die ÖN EN 15316-4-5 nur die Berechnung der Primärenergie betrifft.

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasfaktoren

	Primär- energie nicht er- neuerbar (kWh/kWh)	Primär- energie gesamt (kWh/kWh)	Treibhaus- gas- emissionen (kg _{CO2-Äqu.} / kWh)	Datenquelle
Erdgas	1,36	1,36	0,277	ÖN EN 15603:2008 (Ecoinvent 1996)
	1,1	-	0,25	PHPP [PHI, 2007] (GEMIS 3.0)
	1,12	1,12	0,244	IWU [IWU, 2009] (GEMIS 4.5)
	1,17	1,17	0,250	Theissing-Studie ⁴
Fernwärme	0,8	-	0,24	PHPP [PHI,2007] (GEMIS 3.0): FW-StK ¹
	0,7	-	- 0,07	PHPP [PHI,2007] (GEMIS 3.0): NW-Gas ²
	0,64	1,04	0,192	GEMIS 4.5 [UBA, 2009] ³
	0,42	0,63	0,019	Theissing-Studie ⁴
	0,11	0,69	0	Fernwärme-Wien ⁵
Elektrische Energie:				
Energiemix UCTE	3,14	3,31	0,617	ÖN EN 15603:2008 (Ecoinvent 1996)
Strom-Mix (DE)	2,7	-	0,68	PHPP [PHI, 2007] (GEMIS 3.0)
Strom-Mix (DE)	2,61	2,96	0,633	IWU [IWU, 2009] (GEMIS 4.5)
KWK-Strom (Ö 2007)	2,97	2,97	0,815	Theissing-Studie ⁴

Fett markiert und unterstrichen wurden jene Werte, die für die Berechnung verwendet wurden.

1: Fernwärme aus Steinkohle-Heizkraftwerken und 70 % Kraft-Wärme-Kopplung

2: Nahwärme aus Gas-Blockheizkraftwerk mit 70 % Kraft-Wärme-Kopplung. Negativer Wert für Treibhausgasemissionen aufgrund von Kohlestrom-Gutschrift.

3: Prozess „Netz\Fernwärme-Wien-2005-A“. Die Daten wurden im Zuge einer UBA-Studie [Pözl, 2007] erhoben.

4: Theissing-Studie [Theissing & Theissing-Brauhart, 2009]. Für den KWK-Strom wurde angenommen, dass fossile Energieträger der Österreichischen Stromerzeugung ersetzt werden.

5: [Fernwärme-Wien, 2009] Die Daten sind Mittelwerte für 2006 – 2008 und wurden mittels den Ergebnissen und der Methodik der Theissing-Studie berechnet. Der negative Wert für Treibhausgasemissionen wurde auf Null gesetzt.

3.2.4 Bezugsgrößen, Flächenkennwert

Die zeitliche Bezugsgröße beträgt ein Jahr. Energiemengen werden meist auf spezifische Flächen bezogen (→ spezifischer Energiebedarf), um Gebäudequalitäten vergleichen zu können. Je nach regionalen rechtlichen Rahmenbedingungen (Bauordnung, Wohnbauförderungsrichtlinien, Normen) und je nach verwendeter Bedarfsberechnungsmethodik werden unterschiedliche Flächen herangezogen. Im Nachfolgenden werden die wichtigsten flächenbezogenen Bezugsgrößen aufgelistet:

- **Bruttogrundfläche**, umgangssprachlich auch als Bruttogeschossfläche bezeichnet (BGF): Außen-Rohbaumaße jedes Geschosses gemäß ÖN B 1800:2002. Die beheizte BGF wird in Österreich im Allgemeinen für den Vergleich von Energiekennzahlen herangezogen. In vorliegender Studie ist die beheizte BGF die Bezugsgröße für alle Energiekennzahlen.
- **Nettogrundfläche** umgangssprachlich auch als Nettogeschossfläche bezeichnet (NGF): BGF abzüglich Konstruktionsfläche gemäß ÖN B 1800:2002. Die beheizte NGF wird in Deutschland im Allgemeinen für den Vergleich von Energiekennzahlen herangezogen.
- **Beheizte Wohnnutzfläche (WNFb)**: NGF der Wohneinheiten. Diese Bezugsfläche kann für die Darstellung des Nutzens bei der Betrachtung der Energieeffizienz herangezogen werden. Die Ermittlung der beheizten WNF erfolgt durch die bei der MA25 eingereicht Flächenaufstellung (umgangssprachlich auch als Topografie bezeichnet).
- **Geförderte Wohnnutzfläche (WNFf)**: NGF der Wohneinheiten plus Nutzflächen der Loggien. Diese Bezugsfläche wird von Förderstellen, Hausverwaltungen und Energieversorgern herangezogen. Die Berechnung der WNF ist in Österreich durch baurechtliche und förderrechtliche Bestimmungen unterschiedlich geregelt und kann in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich erfolgen.
- **Energiebezugsfläche (EBF)** nach Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) [PHI, 2007]: Die EBF beinhaltet grob betrachtet die Wohnnutzfläche (inkl. Gemeinschaftsräume) und 60 % aller sonstigen Bodenflächen in der konditionierten Gebäudehülle, exkl. Stiegen und Treppenabsätze. Diese Bezugsfläche wird für die Berechnung von Energiekennzahlen von Passivhäusern gemäß PHPP herangezogen. In vorliegender Studie wurden die Energiekennzahlen aus der PHPP-Berechnung auf BGF umgerechnet.
- **Treated Floor Area (TFA)**: Die TFA beinhaltet grob betrachtet die Wohnnutzfläche (inkl. Gemeinschaftsräume) und 50 % aller sonstigen Bodenflächen in der konditionierten Gebäudehülle, exkl. Stiegen und Treppenabsätze. Diese Bezugsfläche wurde für die Berechnung von Energiekennzahlen von Passivhäusern im EU-Thermie-Projekt CEPHEUS eingesetzt [FEIST, 2001].

3.3 Rahmenbedingungen für den Soll-Ist-Vergleich Raumheizung

Zu beachten ist, dass die Heizwärme-Energiekennzahlen keine Prognose des tatsächlichen Energieverbrauchs darstellen. Die Kennzahlen dienen dem relativen Vergleich von Gebäudequalitäten für den Immobilienmarkt und nicht als Verbrauchsabschätzung. Laut derzeitiger Regelung ist auf jedem Energieausweis folgende Bemerkung angeführt „Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten“.

Laut derzeitigem Stand des Wissens besteht für Gebäude mit geringem Heizwärmebedarf nur eine eingeschränkte Genauigkeit der konventionellen Berechnungsverfahren, während die Ergebnisse

einer detaillierten Berechnung (PHPP oder thermodynamische Gebäudesimulation) eher eine gute Vergleichbarkeit mit den standardisierten Verbrauchswerten zeigen [Rochard, 2008]. Gegenwärtige Normungsaktivitäten in Österreich befassen sich intensiv mit der Berechnungsmethodik des Heizwärmebedarfs für hochenergieeffiziente Gebäude. Die ursprüngliche Zielsetzung, eine Passivhaus-Norm zu entwerfen wurde mittlerweile ausgedehnt auf Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von bis etwa 25 kWh/(m².a).

Ein weiteres Problem des Soll-Ist-Vergleichs besteht darin, dass kein geeigneter Messpunkt existiert um den gemessenen Energieverbrauch gegenüberzustellen zum berechneten Energiebedarf (auf reale Innen- und Außenklimabedingungen umgerechnet). Da sich die Energieausweis-Kennzahl HWB auf die Energiebilanzgrenzen der beheizten Gebäudehülle bezieht, sollte diese Kennzahl am ehesten mit dem Verbrauchswert für die beheizte Gebäudehülle übereinstimmen, das heißt, dass die Messstelle beispielsweise an der Decke des unbeheizten Kellers liegt. Dieser gemessene Verbrauchswert enthält jedoch im Gegensatz zum HWB zusätzlich einen Anteil der internen Heizwärmeverteilverluste die grob geschätzt etwa 5-15 kWh/(m².a) betragen können. Üblicherweise kann ein Großteil dieser Verteilverluste genutzt werden, da diese ja innerhalb der beheizten Hülle auftreten. Es ist jedoch ein Ausnutzungsgrad zu berücksichtigen, genauso wie für die Berechnung der solaren und internen Gewinne. Da der Ausnutzungsgrad mit steigendem Verhältnis Wärmegewinne zu Wärmeverlusten abnimmt, liegt dieser generell in der Übergangssaison und insbesondere bei Passivhäusern nicht sehr hoch. Verteilverluste innerhalb der Gebäudehülle haben demnach für Passivhäuser eine höhere Bedeutung als für Niedrigenergiehäuser, da ein beträchtlicher Anteil dieser Verluste nicht genutzt werden kann.

Im Sinne der Energieeffizienz sind für alle Gebäude die Anlagenverluste zu minimieren, da es weder sinnvoll noch notwendig ist, die Schächte, Stiegehäuser und Kellerbereiche indirekt zu beheizen.

3.4 Einfluss des Außenklimas und der Raumlufttemperatur

Trotz des strengeren Winters 2008/2009 lag aufgrund der wärmeren Übergangsperioden der Temperaturmittelwert der gesamten Heizperiode (HP) um etwa 0,3 °C über dem Wert des Vorjahrs. Der Mittelwert von 1. September bis 30. April - beträgt 6,68 °C für HP 07/08 und 6,98 °C für HP 08/09. Die Strahlungssumme (Globalstrahlung, gesamt) in der Heizperiode lag bei 490 kWh/(m².a) in HP 07/08 und bei 506 kWh/(m².a) in HP 08/09.

Temperatur-Monatsmittelwerte Wien, Hohe Warte (Datenquelle: ZAMG)

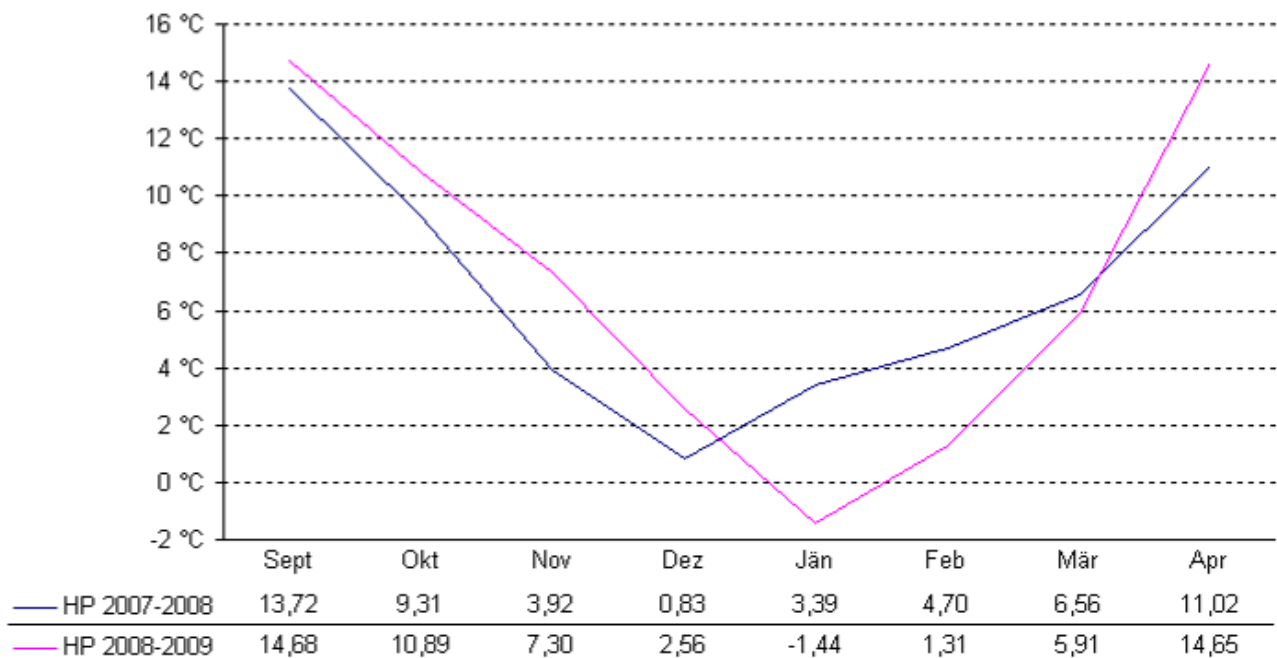


Abbildung 5: Monatsmittelwert der Außentemperatur Wien - Hohe Warte in den Heizperioden (HP) 07/08 und 08/09. Datenquelle ZAMG

Die mittleren Außentemperaturen der letzten drei Heizperioden lagen meist über dem 30-jährigen Mittelwert, welcher für die Energieausweisberechnung angesetzt wurde. Dies kann auf den Klimawandel zurückgeführt werden und bewirkt im gegebenen Fall eine Reduktion des Heizwärmebedarfs um etwa 1-3 kWh/(m².a).

Der Einfluss einer Raumlufthtemperatur von 23 °C bewirkt im Vergleich zu 20 °C eine Erhöhung des Heizwärmebedarfs um etwa 2-3 kWh/(m².a) bei Passivhäusern und um etwa 5-8 kWh/(m².a) bei den betrachteten Niedrigenergiehäusern.

4 Gebäudebeschreibung Passivhaus-Wohnhausanlagen



1. Dreherstraße 66
BUWOG
Arch. Lautner



2. Utendorfsgasse 7
HEIMAT ÖSTERREICH
Schöberl & Pöhl OEG,
Kuzmich



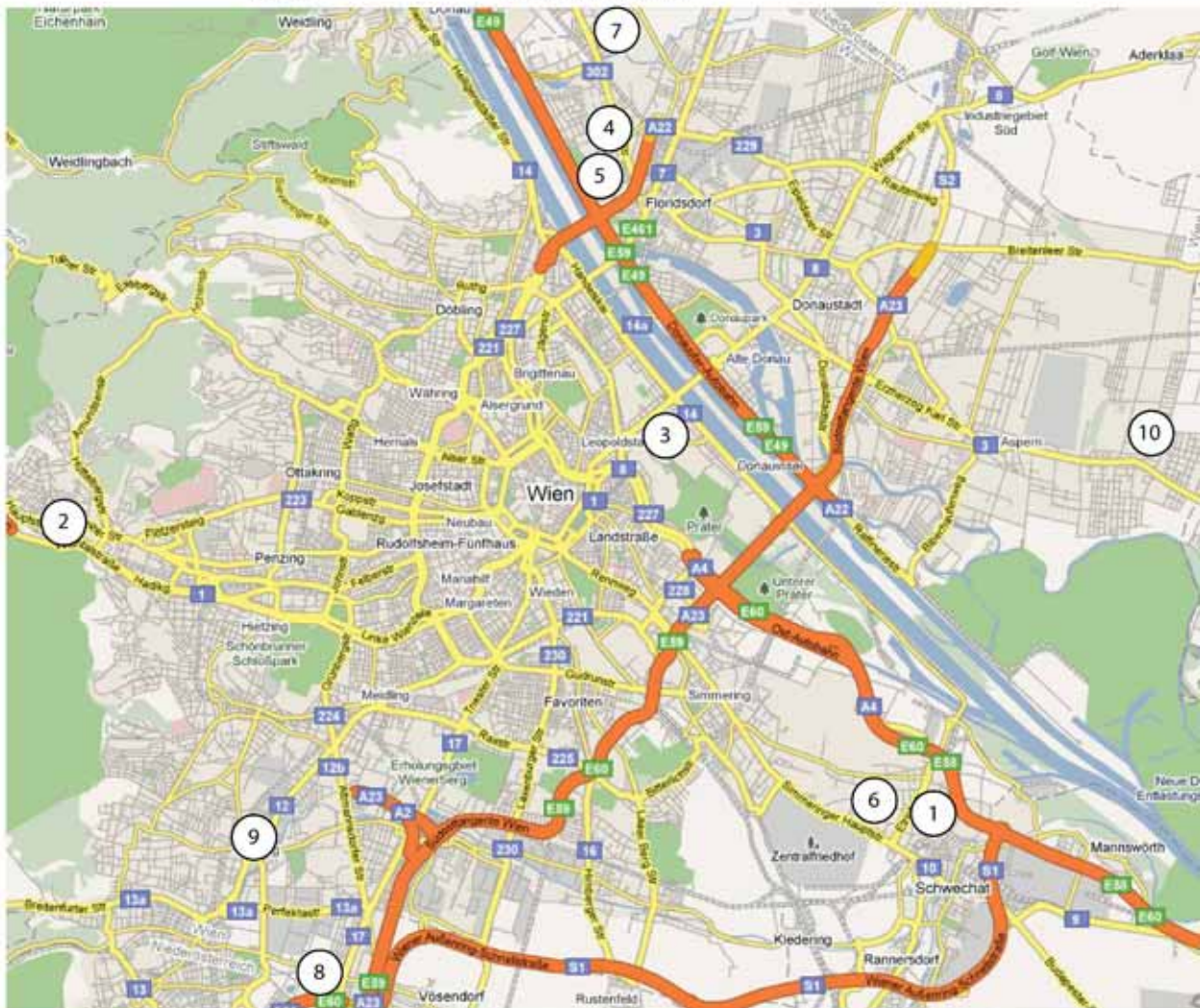
3. Molkereistraße 1
MIGRA
Baumschlager Eberle
Gartenmann Raab Arch.



4. Rudolf Virchow-Straße 12
WE PRO Bauträger
s&s architekten



5. Kammelweg 10
KAMMELWEG BAUTRÄGER
J.+H. Kaufmann Arch.



6. Roschégasse 20
A:H
Treberspurg & Partner
Architekten ZT GmbH



7. Fritz-Kandl-Gasse 1
BAI Bauträger
Dietrich I Untertrifaller Arch.



8. Schellenseegasse 5
GESIBA
Arch. Reinberg



9. Anton-Heger-Platz 4
FAMILIENWOHNBAU
Arch. Hackermüller



10. Esslinger Hauptstraße 17
FAMILIENWOHNBAU
Arch. Hackermüller

Abbildung 6: Passivhaus-Wohnhausanlagen in Wien. Lageplan Wien [VIENNA GIS, 2009]. Fotos: Quellenangaben siehe nächste Seiten

4.1 Passivwohnhaus Dreherstraße BUWOG / Architekt Günter Lautner



Abbildung 7: Rendering Dreherstrasse (Quelle: Architekt Lautner)



Abbildung 8: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 9: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1110 Wien, Dreherstrasse 66

Bauträger:

BUWOG - Bauen und Wohnen Gesellschaft mbH,
Wien

Planung:

Arch. DI Günter Lautner, Wien

Statik:

Köhler-Matheis-Rabl & Partner, Wien

Bauphysik, Consulting Passivbauweise:

Dipl.-Ing. H.J. Dworak, Wien

Schöberl & Pöll OEG, Wien [SCHÖBERL & PÖLL
OEG 2009]

Haustechnik:

Vasko + Partner Ingenieure, Wien

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Massivbau in Stahlbeton

Gebäudetypologie:

1 Passivwohnhaus (und 4 Niedrigenergiewohnhäuser)



Abbildung 10: Lageplan gesamte Wohnhausanlage (Quelle: Architekt Lautner)

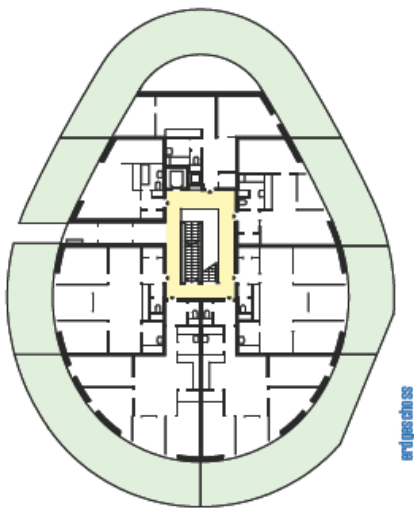


Abbildung 11: Grundriss Passivhaus (Quelle: Architekt Lautner)



Abbildung 12: Hofansicht [SCHÖBERL & PÖLL OEG 2009]

Daten für PH „Melone“

(Nordöstlich gelegener Baukörper)

Förderbare Nutzfläche:

2.405 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

27

Fertigstellung:

September 2007 [MA 50 2008]

Rechtsform:

Miete [BUWOG 2009]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.379,20 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

13,00 kWh/(m²_{EBF}·a)

Heizlast (lt. PHPP):

10,00 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: 30,0 cm EPS Baunit open, 18,0 cm Stahlbeton

Kellerdecke: 1,5 cm Parkett, 8,0 cm Estrich, 2,0 cm TDPS 25/20, 3,5 cm PS-Beton, 35,0 cm EPS W 25, 22,0 cm Stahlbeton, 12,0 cm KDP 12

Decke/Dach: 4,0 cm Betonplatten, 4,0 cm Kies, 1,0 cm Schutzvlies, 1,0 cm Feuchtigkeitsabdichtung, 36,0 cm PUR Steinothan 104, Dampfsperre, 4,0 cm Gefällebeton, 20,0 cm Stahlbeton

Fenster_{gesamt}: Holz-Alu mit 3-Scheiben-Isolierverglasung
g = 0,5

U-Werte:

Außenwand: 0,13 W/(m²K)

Dach: 0,09 W/(m²K)

Kellerdecke/Boden: 0,07 W/(m²K)

Fenster_{gesamt}: 0,71 W/(m²K)



Abbildung 13: [BUWOG 2009]



Abbildung 14: [BUWOG 2009]



Abbildung 15: [BUWOG 2009]

Haustechnikkonzept:**Wärmeversorgung:**

Fernwärme

Heizung und Warmwasser:

Die Versorgung der Heizung (Nachheizregister in den einzelnen Wohnungen) und die Warmwasserbereitung erfolgt mittels Fernwärme. Das Warmwasser wird zentral in der Fernwärmeübergabestation erwärmt und über die Steigschächte verteilt.

Lüftung:

Semizentrale Lüftungsanlage. Es wird 1 zentrales Lüftungsgerät für die Wohneinheiten und 1 zentrales Lüftungsgerät für den Kellerbereich mit Außenluftfilterung, Stützventilatoren für Zu- und Abluft und hocheffiziente Wärmerückgewinnung installiert. Die in der Zentraleinheit durch Wärmerückgewinnung vorgewärmte Luft wird durch wohnungsweise Ventilatoren für die Zu- und Abluft in jede Wohnung eingebracht.

Luftdichtheitstest:

n_{50} -Wert = $0,11 \text{ h}^{-1}$ [DREYER 2007]

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen der IG Passivhaus-Datenbank [IG PASSIVHAUS 2009].

4.2 Passivwohnhaus Utendorfgasse HEIMAT ÖSTERREICH / Schöberl & Pöll



Abbildung 16: Perspektive Utendorfgasse (Quelle: Arch. Kuzmich)



Abbildung 17: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 18: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1140 Wien, Utendorfgasse 7

Bauträger:

Heimat Österreich gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft mbH., Salzburg

Planung:

Schöberl & Pöll OEG, Wien, Kooperation mit Arch. DI Franz Kuzmich, Wien

Bauphysik:

eboek Ingenieurbüro, Tuebingen

Haustechnik:

Technisches Büro DI Christian Steininger, Wien

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Massivbauweise

Gebäudetypologie:

3 Häuser

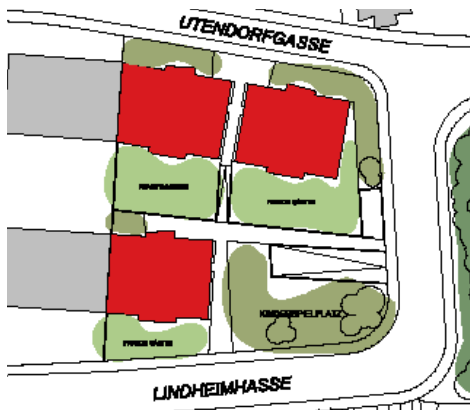


Abbildung 19: Lageplan (Quelle: Schöberl & Pöll)

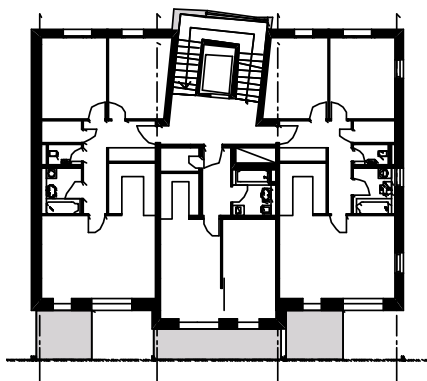


Abbildung 20: Grundriss (Quelle: Schöberl & Pöll)



Abbildung 21: Hofansicht (Quelle: www.studiohuger.at)

Förderbare Nutzfläche:
3.010,16 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:
39

Fertigstellung:
November 2006 [MA 50 2008]

Rechtsform:
Miete

**Abgerechnete Errichtungskosten
(lt. ÖNORM B 1801-1):**
1.374,25 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):
14,49 kWh/(m²_{EBF}·a) Haus 2 [IG PASSIVHAUS 2009]

Heizlast (lt. PHPP):
9,13 W/m²_{EBF} Haus 2 [IG PASSIVHAUS 2009]

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: Stahlbeton, 27 cm Wärmedämmverbundsystem.

Oberste Geschossdecke: Stahlbeton mit 45 cm Dämmung

Kellerdecke: Stahlbeton mit 35 cm Dämmung

Dach: Stahlbeton mit zwei Lagen 22 cm dicker Dämmung in einer Kreuzlage aus Konstruktionsvollholz und Blecheindeckung.

U-Werte:

Außenwand: 0,12 W/(m²K)

Flachdach: 0,12 W/(m²K)

Kellerdecke: 0,09 W/(m²K)

Boden zu Erdreich: 0,11 W/(m²K)

Fenster _{gesamt}: 0,91 W/(m²K)



Abbildung 22: Straßenansicht (Quelle: www.studiohuger.at)



Abbildung 23: Schnitt (Quelle: Schöberl & Pöll)



Abbildung 24: Aufdach montierte Lüftungsanlage (Quelle: AEE Intec)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Gas

Heizung und Warmwasser:

Wärmeerzeugung über drei Gasbrennwertkessel (45 kW je Gebäude), 1500-Liter-Pufferspeicher; Verteilung über Heizungsvor- und Rücklauf, bis zu den Versorgungsschächten der Häuser hochwärmegedämmt unter der Tiefgaragendecke; Wärmeübergabe je Wohnung über ein Zuluftheizregister. Brauchwarmwasserspeicher von Gastherme gespeist

Lüftung:

Semizentrales Lüftungssystem: je Haus eine zentrale Lüftungsanlage mit Aufdachmontage: Wärmerückgewinnung, Luftfilterung und Stützventilatoren Fa. Huber&Ranner; je Wohnung dezentral steuerbare Zu- und Abluftventilatoren und ein Zuluft-Nachheizregister

Luftdichtheitstest:

n_{50} -Wert = $0,23 \text{ h}^{-1}$ [IG PASSIVHAUS 2009]

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf [WAGNER, W. und MAUTHNER, F. 2008].

4.3 Passivwohnhaus Molkereistraße MIGRA / Baumschlager Eberle



Abbildung 25: Ansicht Molkereistrasse (Quelle: BOKU)



Abbildung 26: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 27: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1020 Wien, Molkereistrasse 1

Bauträger:

MIGRA Gemeinnützige Bau- u. Siedlungsgesellschaft GmbH., Wien

Planung:

Baumschlager Eberle P.ARC ZT GmbH, Wien

Bauphysik:

Vasko & Partner Ingenieure Ziviltechniker GmbH

Haustechnik:

Team GMI, Wien

Gebäudetyp:

Studentenwohnheim

Bauweise:

Massivbau

Gebäudetypologie:

1 Stiege



Abbildung 28: Westfassade (Quelle: LANG consulting)



Abbildung 29: Grundriss (Quelle: P. ARC. Baumschlagler Eberle ZT GmbH Wien)



Abbildung 30: Mittelgang (Quelle: BOKU)

Förderbare Nutzfläche:

7.606 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

133 (278 Zimmer)

Fertigstellung:

August 2005 [MA 50 2008]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.299,92 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,2 m⁻¹

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

12,20 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

8,70 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: Gipsspachtel 1cm; Betonfertigteile 12cm; expand. Polystyrol EPS-F 30cm; Deckschicht EPS 0,5cm

Decke/Dach: Substrat / extensive Begrünung 8cm; Bautenschutzmatte 1214 R 0,1cm; Abdichtungslage E-Cu-5K = Wurzelschutzfolie 0,5cm; Abdichtungslage E-KV-5K 0,5cm; expand. Polystyrol EPS 32cm; Dampfsperre (z.B.: PE-Folie); Voranstrich, Titanol; Gefälleestrich 10cm; Stahlbeton 20cm; Gipsspachtel

Kellerboden: Bodenbelag 1cm; Estrich 5,5cm; Dampfsperre (z.B.: PE-Folie); Steinwolle Heralan 2,5cm; expand. Polystyrol EPS 4cm; Ausgleichsschicht gebunden 5cm; Stahlbeton 70cm; Styrodur XPS- Dämmung 15cm; U-Beton mit Absorber 10cm; Sauberkeitsschicht

Fenster_{gesamt} Erdgeschoss + Regelgeschoss: Holz-Alu-Fenster, g-Wert = 0,52; Abstandhalter: Thermix

Fenster_{gesamt} Dachflächenfenster: Holzfenster 2 Scheiben-Verglasung mit vorgesetztem Glas, g-Wert = 0,45



Abbildung 31: Eingangsbereich
(Quelle: BOKU)

U-Werte:

Außenwand:	0,14 W/(m ² K)
Dach:	0,11 W/(m ² K)
Kellerdecke/Boden:	0,15 W/(m ² K)
Fenster _{gesamt} :	0,80 W/(m ² K)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Fernwärme

Heizung und Warmwasser:

Bedienungsfreundliche Miniradiatoren: Durch den Raumthermostat können die NutzerInnen einfach eine individuelle Einzelraumtemperatur herstellen. Bei geöffnetem oder gekipptem Fenster schalten Fensterkontakte den Raumthermostat auf niedrigste Stufe und verhindern somit überhöhten Energieverbrauch und bieten eine Lernhilfe für effizientes Lüftungsverhalten. Die Warmwasserbereitung erfolgt mittels Fernwärme in zwei Pufferspeichern. Eine wärmegeämmte elektrische Bandbegleitheizung reduziert die Verteilverluste.

Lüftung:

Dezentrale Kleinstlüftungsgeräte jeweils 1 Gerät für 2 Wohneinheiten. Plattenwärmetauscher, sowie ein soledurchströmter Fundamentabsorber zur Außenluftvorerwärmung.

Luftdichtheitstest:

n_{50} -Wert = 0,45 h⁻¹

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen der IG Passivhaus-Datenbank [IG PASSIVHAUS 2009].



Abbildung 32: Haustechnik (Quelle: BOKU)

4.4 Passivwohnhaus Kammelweg Bauplatz B WE PRO / s&s architekten



Abbildung 33: Ansicht Kammelweg Bauplatz B (Quelle: Futscher-Gerl)



Abbildung 34: Lageplan [VIENNA GIS 2009]



Abbildung 35: Luftbild [VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1210 Wien, Rudolf-Virchow-Straße 12, Bauplatz B

Bauträger:

WE PRO Bauträger GmbH., Wien

Planung:

s&s architekten, Wien

Bauphysik:

Mischek ZT GmbH, Wien

Haustechnik:

ALLPLAN (bis zur Einreichung), Wien

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Massivbauweise

Gebäudetypologie:

2 Stiegen

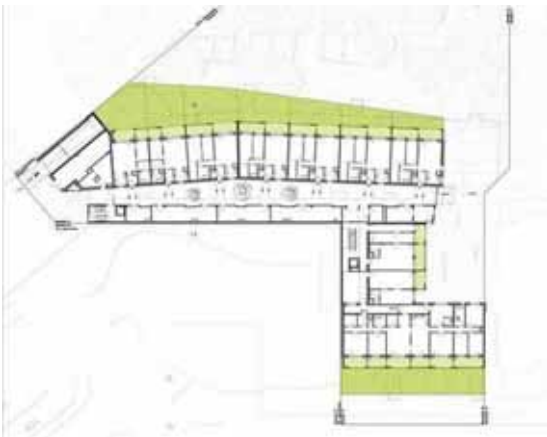


Abbildung 36: Grundriss (Quelle: s&s architekten)

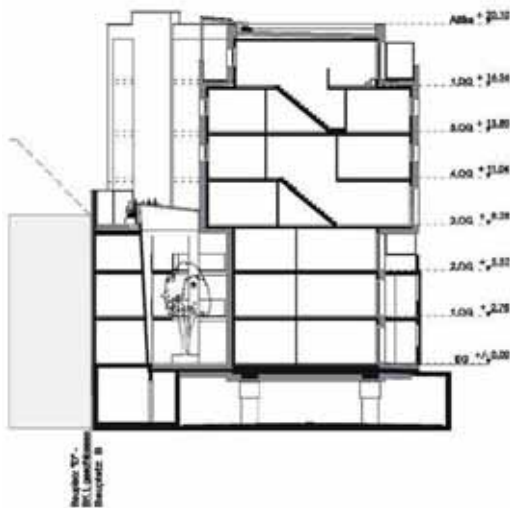


Abbildung 37: Schnitt (Quelle: s&s architekten)

Förderbare Nutzfläche:

8.324 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

89 [MA 50 2008]

Fertigstellung:

Oktober 2007 [MA 50 2008]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.376,61 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

13,00 kWh/(m²_{EBF}·a)

Heizlast (lt. PHPP):

7,90 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: 0,6cm Deckschicht; 39,0cm EPS-F; 0,5cm Klebemörtel; 15,0cm Biobeton; 0,02cm Gipsputz

Decke/Dach: 10,0cm Vegetationssubstrat; 2,0cm Wirrfadenmatte; 1,5cm Abdichtung; 34,0cm Steinathan; 1,5cm Abdichtung; 2,0cm Gefällebeton (min.); 16,0cm Stahlbetondecke; 0,02cm Gipsputz

Kellerdecke: 5,0cm Estrich; 0,01cm PE-Folie; 3,0cm Isover TDPS 35/30; 4,0cm Steinathan; 55,0cm Stahlbetondecke; 45,0cm Polystyrolbeton

Boden gegen Erdreich: 5,0cm Verbundestrich; 30,0cm Fundamentplatte

Fenster_{gesamt} : Holz-Alu; g=0,52

U-Werte:

Außenwand: 0,10 W/(m²K)

Dach: 0,09 W/(m²K)

Kellerdecke/Boden: 0,09 W/(m²K)



Abbildung 38: Ansicht (Quelle: Futscher-Gerl)



Abbildung 39: Ansicht (Quelle: Futscher-Gerl)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Fernwärme

Heizung und Warmwasser:

Fernwärme für Warmwasser u. Zusatzheizung;
individuelle Nachheizung über Zuluftheizregister

Lüftung:

Zentrale Anlage

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen der IG Passivhaus-Datenbank [IG PASSIVHAUS 2009].

4.5 Passivwohnhaus Kammelweg Bauteil C (Bauplatz E)

KAMMELWEG BAUTRÄGER GmbH /

Architekten: Hermann Kaufmann ZT, Johannes Kaufmann Architektur



Abbildung 40: Ansicht Kammelweg Bauplatz E (Quelle: R.Smutny)



Abbildung 41: Lageplan [VIENNA GIS 2009]



Abbildung 42: Luftbild [VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1210 Wien, Kammelweg 10, Bauteil C (Bauplatz E)

Bauträger:

Kammelweg Bauträger GmbH., Lauterach

Planung:

Hermann Kaufmann ZT, Schwarzach
Johannes Kaufmann Architektur, Dornbirn

Statik:

Mischek ZT, Wien

Bauphysik:

Mischek ZT, Wien

Haustechnik:

Team GMI Bernhard Gasser, Wien

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Mischbauweise



Abbildung 43: Lageplan (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)



Abbildung 44: Ansicht (R. Smutny)

Förderbare Nutzfläche:

8.026 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

87 [MA 50 2008]

Fertigstellung:

Oktober 2007 [MA 50 2008]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.483,83 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,36 m⁻¹

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

11,00 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

8,60 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: Deckplatte (GKP) 2,5cm; Mineralwolle WLG 040 (Holzanteil 5%) 5cm; Dampfsperre (z.B.: PE-Folie); Holzfaserplatte –OSB-PI 1,5cm; Mineralwolle WLG 035 (Holzanteil 10%) 30cm; Holzfaserplatte - Duripanel-PI 1,8cm

Decke/Dach: Gipsputz 1,5cm; Stahlbetondecke 20cm; Abdichtung; XPS WLG 030 40cm; bituminöse Abdichtung; Dachaufbau 2cm

Kellerdecke: Bodenbelag 2cm; Estrich 5cm; PE-Folie; MW-TDPT 30/30 WLG 038 3cm; Stahlbeton Abfangdecke 40cm; EPS WLG 035 30cm

Fenster_{gesamt}: Holz-Alu-Fenster; g-Wert = 0,52; Abstandhalter: Thermix

U-Werte:

Außenwand: 0,12 W/(m²K)

Dach: 0,07 W/(m²K)

Kellerdecke/Boden: 0,11 W/(m²K)

Fenster_{gesamt}: 0,80 W/(m²K)

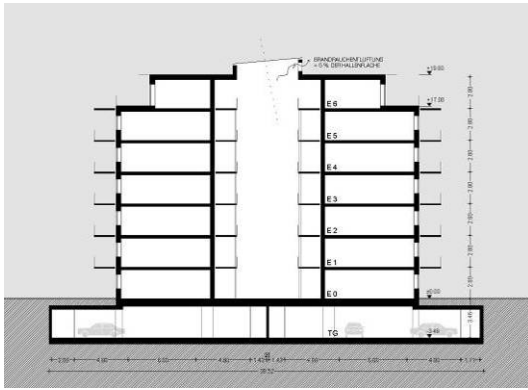


Abbildung 45: Schnitt (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)

Hautechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Fernwärme

Heizung und Warmwasser:

Jede Wohneinheit wird mit einem bedienungsfreundlichen Nachheizelement nachgeheizt. Bei geöffnetem oder gekipptem Fenster schalten Fensterkontakte den Raumthermostat auf niedrigste Stufe und verhindern somit überhöhten Energieverbrauch und bieten eine Lernhilfe für effizientes Lüftungsverhalten. Kein Notkamin.

Lüftung:

Dezentrale Kleinstlüftungsgeräte für jede Wohneinheit mit Stützventilatoren bei Frischluftansaugung am Dach. Plattenwärmetauscher soledurchströmter Fundamentabsorber zur Außenluftvorerwärmung.

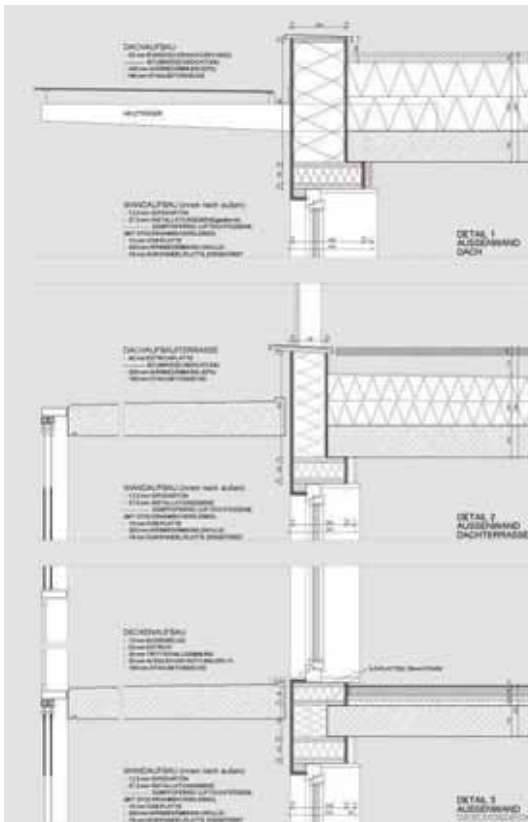


Abbildung 46: Fassadenschnitt (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen der IG Passivhaus-Datenbank [IG PASSIVHAUS 2009].

4.6 Passivwohnhaus Roschégasse A:H / Treberspurg & Partner Architekten



Abbildung 47: Ansicht Roschégasse (Westfassade) (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)



Abbildung 48: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 49: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1110 Wien, Roschégasse 20 – Pantucekgasse

Bauträger:

A:H Gemeinnützige Siedlungsgenossenschaft Altmanndorf – Hetzendorf, Wien

Planung:

Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH, Wien

Statik:

Hollinsky & Spreitzer ZT GmbH, Wien

Bauphysik:

Technisches Büro Hofbauer, Wien

Haustechnik:

HKLS Thermo-Projekt Haustechnische Planungs-GmbH, Wien

Außenanlagen:

Konzept Landschaftsarchitektur Schmidt; Wien
Ausführungsplanung Treberspurg & Partner Architekten ZT GmbH, Wien

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Massivbauweise

Gebäudetypologie:

9 Stiegen



Abbildung 50: Gesamtansicht Wohnhausanlage (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)



Abbildung 51: Lageplan (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)



Abbildung 52: Südfassade (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)

Tatsächliche Nutzfläche:

9.564 m²

Förderbare Nutzfläche:

9.930 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

114

Fertigstellung:

Dezember 2006 [MA 50 2008]

Rechtsform:

Miete

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.492,08 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,44 m⁻¹

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

7,30 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

7,20 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwände: Stahlbeton mit 26 bis 35 cm Dämmung (EPS-F Platten)

Decke/Dach: Stahlbeton mit 31+4 cm Dämmung im Mittel

Decke zu Tiefgarage: Stahlbeton mit 23 cm Dämmung. Thermische Trennung des aufgehenden Mauerwerks durch 20 cm starke Dämmlagen, statisch über punktweise Elastomerlager angebunden.

Decke zu Erdreich: Fundamentplatte 40 und 60 cm

Fenster_{gesamt}: Holz-Alufenster Mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung.



Abbildung 53: Ostfassade (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)



Abbildung 54: Kompaktluftungsgerät in Wohnung (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)



Abbildung 55: Photovoltaikanlage (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)

U-Werte [IG PASSIVHAUS 2009]:

Außenwand:	0,13 W/(m ² K)
Decke/Dach:	0,10 W/(m ² K)
Kellerdecke/Boden:	0,14 W/(m ² K)
Fenster _{gesamt} :	0,79 W/(m ² K)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Strom, Erdwärme, Solarenergie

Heizung und Warmwasser:

Je Wohneinheit: Warmwasserbereitung und Abdeckung des Restheizenergiebedarfs über Kleinstwärmepumpen im Kompaktluftungsgerät.

Lüftung:

Je Wohneinheit: Dezentrales Kompaktluftungsgerät Typ Aerosmart S der Fa. Drexel & Weiss mit integriertem, hocheffizientem Wärmetauscher (Wärmerückgewinnung >80 %). Vorwärmung/Vorkühlung der Zuluft über Erdwärme (11 Tiefensonden).

Nutzwasser:

Die WC-Spülung und die Wasserentnahmestellen der Nutzergärten werden mit Brunnenwasser versorgt.

Photovoltaik:

Die Installation der 38 m² großen Photovoltaikanlage mit 4,2 kWp Spitzenleistung an der Südfassade bildet ein sichtbares Symbol für Nachhaltigkeit und die Versorgung des Projektes mit erneuerbaren Energien.

Luftdichtheitstest:

Blower-Door-Test bei allen 114 WE durchgeführt. Ergebnis: n_{50} -Wert = 0,2 bis 0,5 h⁻¹.

Wärmebrückenkonzept:

Bei diesem Projekt wurden einige Sonderlösungen entwickelt wie z.B. Attika, Laubengang, Fundamentierung.

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen des Büros Treberspurg und Partner Architekten.

4.7 Passivwohnhaus Mühlweg BAI / Dietrich | Untertrifaller Architekten



Abbildung 56: Ansicht Passivwohnhausanlage am Mühlweg (Quelle: BAI)



Abbildung 57: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 58: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1210 Wien, Fritz-Kandl-Gasse 1

Bauträger:

BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH., Wien

Bauherr:

KLEA Wohnbau GmbH., Wien

Planung:

Dietrich | Untertrifaller Architekten, Wien

Statik:

JR-Consult ZT GmbH., Graz

Bauphysik, Consulting Passivbauweise:

IBO Institut für Baubiologie u. -ökologie GmbH, Wien

Schöberl & Pöll OEG, Wien

Haustechnik:

Allplan GmbH, Wien

Außenanlagen:

DI Barbara Bacher, Linz

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Holzmassiv-Mischbauweise

Gebäudetypologie:

4 Häuser

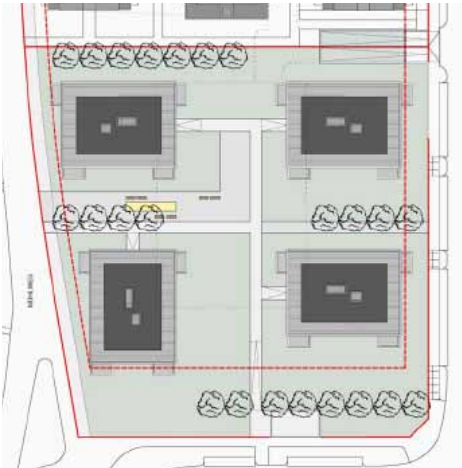


Abbildung 59: Lageplan (Quelle: BAI)

Abbildung 60: Grundriss EG
(Quelle: BAI)Abbildung 61: Bauphase
(Quelle: BOKU)**Förderbare Nutzfläche:**6.748 m² [MA 50 2008]**Anzahl Wohneinheiten:**

70 (inkl. SOS-Kinderdorf-Wohngruppe u. Startwohnung)

Fertigstellung:

November 2006 [MA 50 2008]

Rechtsform:

Miete

Eingereichte Errichtungskosten**(lt. ÖNORM B 1801-1):**1.311,13 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]**A/V-Verhältnis:**0,44 m⁻¹**Heizwärmebedarf (lt. PHPP):**< 10,00 kWh/(m²_{EBF}.a)**Heizlast (lt. PHPP):**7,20 W/m²_{EBF}**Gebäudekonzept:****Baukonstruktion [IG PASSIVHAUS 2009]:**

Außenwände: 1,5 cm GKF Platte; 9,5 cm KLH Holz- wand; Strömungsdichte Folie; 24,0 cm MF- Dämmung zwischen Holzständer; 5,0 cm Holzwolleleichtbauplatte; 2,5 cm Putz

Kellerwand: Wandspachtel; 20,0 cm Stahlbetonwand; 16,0 cm MF- Dämmung; 3,0 cm Vorsatzschale auf Schwingbügel; 1,5 cm GKB Platte

Decke/Dach: 7,0 cm Kies; Vlies; 8,0 cm XPS; 1,0 cm Bit. Abdichtung; 12-23 cm EPS W25; Gefälle- dämmung; 20,0 cm EPS W25; 0,5 cm Bit. Dampfsperre; 11,0 cm KLH Holzdecke; 1,5 cm GKF Platte

Deckenabhängung im Bereich Lüftungsführung 25cm

Kellerdecke: 1,0 cm Eicheparkett; 5,0 cm Estrich; Dampfsperre; 3,0 cm TDPS 35/30; 32,0 cm EPS W25 20,0 cm Stahlbeton

Bodenplatte: 0,5 cm PU- Beschichtung; 6,5 cm Estrich; Dampfsperre; 26,0 cm EPS W25; 1,0 cm Bit. Abdich- tung; 30,0 cm Stahlbeton

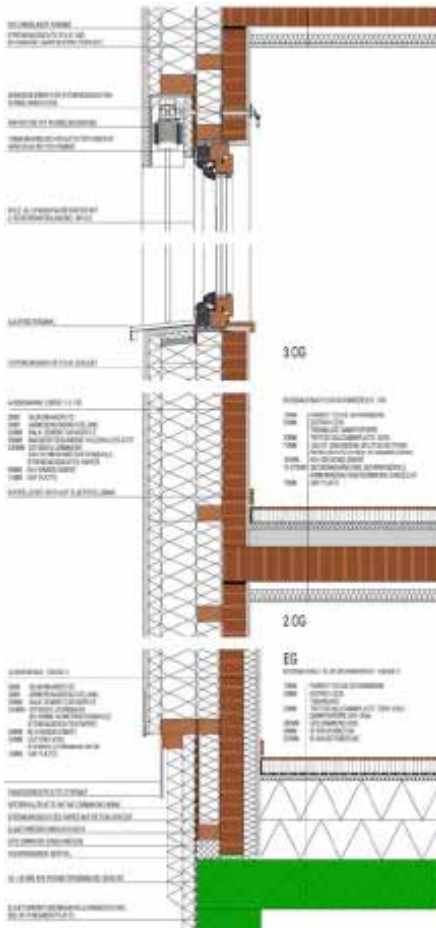


Abbildung 62: Konstruktionsdetail
(Quelle: BAI)

Fenster_{gesamt}: Holz- Alu Verbundfenster, Außendeck- schale mit Zelloosedämmung g-Wert 0,42, Einbau in KLH Holzwand außen überdämmt.

U-Werte [IG PASSIVHAUS 2009]:

Außenwand:	0,15 W/(m ² K)
Dach:	0,08 W/(m ² K)
Kellerdecke/Boden:	0,11 W/(m ² K)
Fenster _{gesamt} :	0,74 W/(m ² K)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Gas, Solarenergie

Heizung und Warmwasser:

8 Brennwert- Gasheizungsgeräte für 4 Wohnhäuser jeweils im Keller platziert. Warmwasseraufbereitung über Solarkollektoren und zusätzliche Nachheizung über Gasbrennwertgerät. Der Heizbedarf der Wohn- räume wird über eine Grundtemperatur von 17 Grad der Zuluft und über Heizkörper in den Zimmern ge- deckt. Ab einer Außentemperatur von -3 Grad dient das Gasbrennwertgerät zur Vorheizung der Zuluft, an- sonsten kann diese Temperatur von 16 Grad der Plat- tenwärmetauscher über die Abluft bereitstellen. Wassersparende Armaturen und Spülsysteme.

Lüftung:

4 Zentrallüftungsgeräte für 4 Wohnhäuser jeweils auf dem Dach platziert, Lüftungszentralgerät für Außen- aufstellung, bestehend aus Zuluft- und Abluftventilator, Gegenstromplattenwärmetauscher mit Wärmebereit- stellungsgrad von 83%, Vorheizregister gegen Einfrie- ren des Wärmetauschers, Luftmenge Zu -und Abluft 1800m³/ h, Leistungsabnahme Ventilator 0,4W/m³h, kein Notkamin.

Thermische Solarkollektoren:

Solaranlage im Energie-Contracting.

Luftdichtheitstest:

Blower-Door-Test Ergebnis: n₅₀-Wert < 0,3 h⁻¹.

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die ange- führten Gebäudedaten auf Unterlagen der BAI.

4.8 Passivwohnhaus Schellenseegasse GESIBA / Architekturbüro Reinberg



Abbildung 63: Ansicht Passivwohnhaus Schellenseegasse (Quelle: www.studiohuger.at)



Abbildung 64: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 65: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1230 Wien, Schellenseegasse 5

Bauträger:

GESIBA gemeinnützige Siedlungs- und BauAG, Wien

Planung:

Architekturbüro Reinberg ZT GmbH., Wien

Statik:

Ingenieurbüro Stehno & Partner ZT GmbH., Wien

Bauphysik, Consulting Passivbauweise:

Team GMI, Wien

Ingenieurbüro Stehno & Partner ZT GmbH., Wien

Haustechnik:

Planungsteam E-Plus, Egg

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Massivbau (Ziegelbau mit Betondecken)

Gebäudetypologie:

2 Stiegen



Abbildung 66: Bauphase (Quelle: Architekturbüro Reinberg)



Abbildung 67: Bauphase (Quelle: Architekturbüro Reinberg)



Abbildung 68: Gartenansicht (Quelle: www.studiohuger.at)

Förderbare Nutzfläche:

1.949 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

22

Fertigstellung:

April 2008 [MA 50 2008]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.670,44 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,41 m⁻¹[IG PASSIVHAUS 2009]

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

10,00 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

8,30 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion [IG PASSIVHAUS 2009]:

Außenwände: 0,7 cm Dünnputz; 24/32 cm EPS Open Plus a; 18,0 cm Stahlbeton; 1,5 cm Gipsputz

Decke/Dach: 0,5 cm Faserzementplatte; 2,5 cm Schalung; 5,0 cm Hinterlüftung; 0,5 cm Unterspanntafel; 40,0 cm Mineralwolle; 20,0 cm Stahlbeton gespachtelt

Kellerdecke: 2,0 cm Belag; 6,0 cm ZE; PE-Folie, Dampfbremse; 3,5 cm TSD-Platten MW-T 35/30; 26,0 cm EPS-W; 1,0 cm Dampfbremse; 22,0 cm Stahlbeton; 10,0 cm Mineralwolle MW-W

Bodenplatte: 3,0 cm Asphaltbeton; 2-14 cm Gefällebeton; 50,0 cm WU- Beton

Fenster_{gesamt}: Holz-Alu-Fenster mit Dreifachverglasung und Argonfüllung; g-Wert = 0,53; Abstandhalter Thermix; Lichtdurchlassgrad: 70%

U-Werte [IG PASSIVHAUS 2009]:

Außenwand: 0,10 W/(m²K)

Dach: 0,09 W/(m²K)

Kellerdecke: 0,09 W/(m²K)

Fenster_{gesamt}: 0,85 W/(m²K)



Abbildung 69: Eingangsbereich
(Quelle: www.studiohuger.at)



Abbildung 70: Haustechnikschema
(Quelle: Architekturbüro Reinberg)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Gas, Solarenergie

Heizung, Warmwasser und Lüftung:

Im Bereich der Warmwasserversorgung erfolgt eine Unterstützung durch die nach Süden orientierten Fassadekollektoren.

Die Belüftung erfolgt über eine zentrale Lüftungsanlage. Die Zuluft wird über einen solegeführten Fundament-Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung aus der Abluft vorerwärmt. Weiters erfolgt eine Beheizung über Radiatoren, die über den Türen (und unterhalb der Zuluftöffnungen zu den Wohnräumen) montiert sind.

Photovoltaik:

Am Dach bzw. über den Terrassen des Dachgeschosses ist ein Pergolagerüst vorgesehen, das einem Alternativstromanbieter zur Platzierung von PV-Elementen angeboten wird. Dieser stellt ca. 10 m² PV zur Verfügung, die mit PV-Elementen der Bewohner ergänzt werden.

Luftdichtheitstest:

n_{50} -Wert = 0,37 h⁻¹ [IG PASSIVHAUS 2009]

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen des Architekturbüros Reinberg.

4.9 Passivwohnhaus Anton-Heger-Platz FAMILIENHILFE / Architekt Werner Hackermüller



Abbildung 71: Ansicht Anton-Heger Platz (Quelle: Kresso)



Abbildung 72: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 73: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1230 Wien, Anton Heger-Platz 4

Bauträger:

Familienhilfe - Gemeinnützige Bau- und Siedlungsges m.b.H., Wien

Planung:

Arch. DI Werner Hackermüller, Wien

Bauphysik, Consulting Passivbauweise:

Dr. DI Karl Heinz Hollinsky, Wien

IBO Institut für Baubiologie u. -ökologie GmbH, Wien

Haustechnik:

Käferhaus Engineering, Langenzersdorf

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Holzbau

Gebäudetypologie:

1 Stiege



Abbildung 74: Detail Fassade (Quelle: Kresso)



Abbildung 75: Klimazonen (Quelle: Büro Hackermüller)



Abbildung 76: Konstruktionsdetail (Quelle: Büro Hackermüller)

Förderbare Nutzfläche:

1.257 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

15

Fertigstellung:

März 2005 [MA 50 2008]

Rechtsform:

Mietkauf

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.594,39 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,37 m⁻¹

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

9,70 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

8,20 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwand: 4,0cm Holzfaserdämmplatten; 26,0cm Holzkonstruktion, gedämmt; 1,5cm OSB Platte; 8,0cm Installationsebene, gedämmt; 1,5cm GKF

Decke/Dach: Deckung; 4,0cm Hinterlüftung; 3,0cm HDF Dachplatten; 28,0cm Träme, gedämmt; 1,5cm OSB Platte; 10,0cm Installationsebene, gedämmt; 1,5cm GKF

Kellerdecke: 1,0cm Belag; 5,0cm Estrich; 3,0cm TDP-S; 20,0cm Polystyrol; 40,0cm STB Decke

Fenster_{gesamt}: Holz-Alufenster mit zusätzlicher Dämmschicht; Prüfzeugnis Dr. Feist; g = 0,52; Thermix Abstandhalter; Einbau in Holzfertigteilelemente mit 40 mm Überstand der HDF Platte als Blindstock; luftdichte Anschlüsse Buthylklebebänder

U-Werte:

Außenwand: 0,12 W/(m²K)

Dach: 0,12 W/(m²K)

Kellerdecke/Boden: 0,22 W/(m²K)

Fenster_{gesamt}: 0,80 W/(m²K)

4.10 Passivwohnhaus Esslinger Hauptstraße FAMILIENHILFE / Architekt Werner Hackermüller



Abbildung 80: Ansicht Passivwohnanlage Esslinger Hauptstrasse (Quelle: BOKU)



Abbildung 81: Lageplan
[VIENNA GIS 2009]



Abbildung 82: Luftbild
[VIENNA GIS 2009]

Adresse:

1220 Wien, Esslinger Hauptstrasse 17

Bauträger:

Familienhilfe - Gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.
m.b.H., Wien

Planung:

Architekt DI Werner Hackermüller, Wien

Bauphysik, Consulting Passivbauweise:

Dr. DI Karl Heinz Hollinsky, Wien

IBO Institut für Baubiologie u. -ökologie GmbH, Wien

Haustechnik:

Käferhaus Engineering, Langenzersdorf

Gebäudetyp:

Mehrfamilienwohnhaus

Bauweise:

Holzfertigteilbauweise

Gebäudetypologie:

5 Häuser



Abbildung 83: Bauphase (Quelle: Büro Hackermüller)



Abbildung 84: Ansicht Esslinger Hauptstraße (Quelle: BOKU)

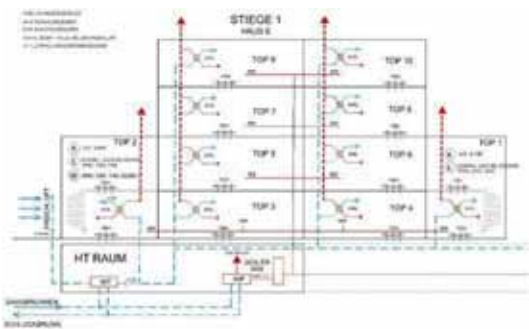


Abbildung 85: Haustechnikvariante Stiege 1 (Quelle: Büro Hackermüller)

Förderbare Nutzfläche:

3.963 m² [MA 50 2008]

Anzahl Wohneinheiten:

46

Fertigstellung:

September 2006 [MA 50 2008]

Eingereichte Errichtungskosten

(lt. ÖNORM B 1801-1):

1.465,82 EURO/m² förderbare NF [MA 50 2008]

A/V-Verhältnis:

0,50 m⁻¹

Heizwärmebedarf (lt. PHPP):

13,00 kWh/(m²_{EBF}.a)

Heizlast (lt. PHPP):

10,00 W/m²_{EBF}

Gebäudekonzept:

Baukonstruktion:

Außenwände: 4,0cm Holzfaserdämmplatten; 26,0cm Holzkonstruktion, gedämmt; 1,5cm OSB Platte; 7,5cm Installationsebene, gedämmt; 1,5cm GKF

Decke/Dach: 6,0cm ext.begrünt; Folie; Schalung; 5,0cm Konterlattung; Vordeckung; 1,5cm OSB-Platte; 26,0cm Dachriegel, gedämmt; 1,5cm OSB-Platte; 10,0cm Dämmung; 1,5cm GKF

Kellerdecke: 1,0cm Belag; 5,0cm Estrich; Folie; 23,5cm Polystyrol; 20,0cm STB Decke

Fenster_{gesamt}: Holz-Alufenster mit zusätzlicher Dämmschicht; Prüfzeugnis Dr. Feist; g = 0,52; Thermix Abstandhalter; Einbau in Holzfertigteilelemente mit 40 mm Überstand der HDF Platte als Blindstock; luftdichte Anschlüsse Buthylklebebänder

U-Werte:

Außenwand: 0,12 W/(m²K)

Dach: 0,12 W/(m²K)

Kellerdecke/Boden: 0,22 W/(m²K)

Fenster_{gesamt}: 0,80 W/(m²K)

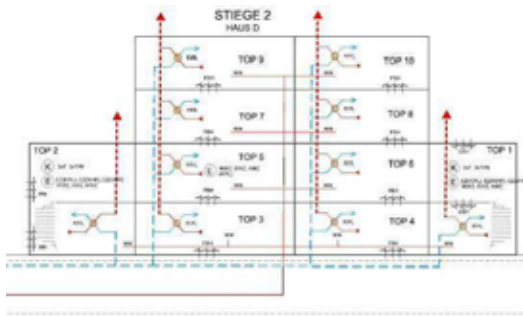


Abbildung 86: Haustechnikvariante Stiege 2 (Quelle: Büro Hackermüller)

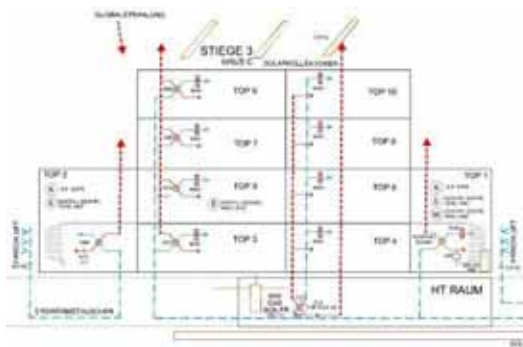


Abbildung 87: Haustechnikvariante Stiege 3 (Quelle: Büro Hackermüller)

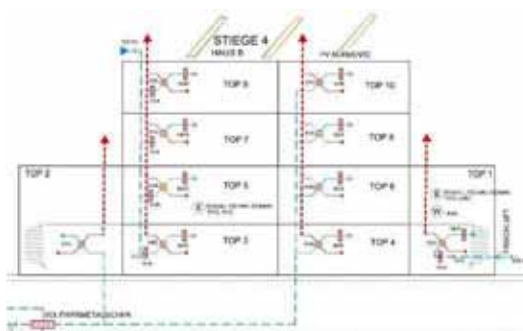


Abbildung 88: Haustechnikvariante Stiege 4 (Quelle: Büro Hackermüller)

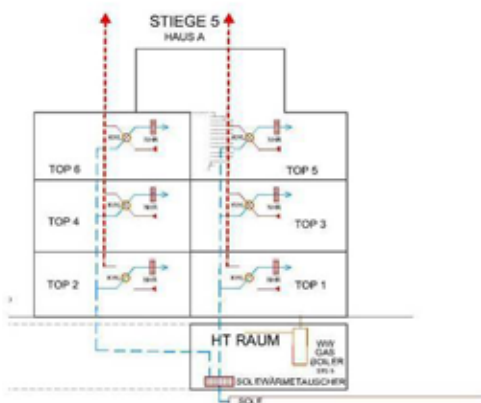


Abbildung 89: Haustechnikvariante Stiege 5 (Quelle: Büro Hackermüller)

Haustechnikkonzept:

Wärmeversorgung:

Strom, Außenluft, Grundwasser, Erdwärme, Gas, Solarenergie

Heizung, Warmwasser und Lüftung [RAFFELSBERGER et al., 2009]:

In einer Versuchsreihe im Rahmen des Forschungsprogramms Haus der Zukunft des bmvit werden hier unterschiedliche Haustechniksysteme geprüft und verglichen. Dazu zählen:

- Frischluftansaugung:
 - über einen Erdwärmetauscher
 - über die Fassade bzw. über Dach in einem Rohr in Rohr System
 - zentral mit einer Sole Vorwärmung
- Frischluftvorerwärmung:
 - über den Erdwärmetauscher
 - mittels Solewärmetauscher
 - elektrisch (Frischluftansaugung über Dach bzw. Fassade)
- Kontrollierte Wohnraumlüftung:
 - dezentrale Geräte
 - zentrales Gerät
 - Kompaktgerät mit Warmwasseraufbereitung
- Warmwasseraufbereitung:
 - zentraler Boiler, Gaskessel, solar unterstützt
 - zentraler Boiler, Wärmepumpe
 - dezentrale Wärmepumpe und Boiler im Kompaktgerät
- Restwärmeeinbringung:
 - über Zuluft mit elektrische Nacherwärmung
 - über Bauteilheizung (Boden, Wand, Decke)
- Geplante PV-Anlage wurde nicht ausgeführt

Neben den Energieströmen wird die Behaglichkeit durch ein Messprogramm Dr.Lipp/IBO gemessen.

Luftdichtheitstest:

n_{50} -Wert = $0,60 \text{ h}^{-1}$

Literaturquelle:

Falls nicht anders angegeben, beziehen sich die angeführten Gebäudedaten auf Unterlagen der IG Passivhaus-Datenbank [IG PASSIVHAUS 2009].

5 Energieperformance

Als erstes wurde der Energieverbrauch für die Raumheizung analysiert und dem Planungswert gegenübergestellt. Im nächsten Schritt wurde die gesamte Wärmebilanz dargestellt und der Einfluss auf Primärenergieverbrauch und Klimaschutz dargestellt. Weiters wurden die wichtigsten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgezeigt. Abschließend wurde die Gesamtenergiebilanz diskutiert.

Wie im vorigen Kapitel erläutert, wurden für die Bewertung der Energieperformance folgende Indikatoren berücksichtigt:

- Berechneter Heizwärmebedarf pro Bruttogrundfläche bei realem Außenklima und Raumlufttemperatur von 23 °C.
- Gemessener Heizwärmeverbrauch pro Bruttogrundfläche (realer Verbrauch).
- Gemessener Endenergieverbrauch von gelieferter Fernwärme, Erdgas und elektrischer Energie sowie Solarertrag pro Bruttogrundfläche (realer Verbrauch und Ertrag)

Alle dieser Indikatoren beschreiben die Energieeffizienz von Gebäuden, als Verhältnis von Energieeinsatz zur Qualität des Innenraumklimas pro Quadratmeter Bruttogrundfläche. Für den Vergleich der Energieeffizienz von PH mit NEH ist zu berücksichtigen, dass PH eine höhere thermische Wohnqualität und eine günstigere Ausnutzung der Wohnfläche (keine störenden Heizkörper und keine ungemütlichen Aufenthaltsbereiche vor Fenstern) bieten und dass daher der erzielte Nutzen höher liegt als bei NEH.

5.1 Soll-Ist-Vergleich Raumheizung – Nutzwärme und Endenergie

Dieser Abschnitt behandelt die Energiemengen zum Zwecke der Raumheizung. Die Bedarfskennzahl der Energieausweisberechnung (nach OIB oder PHPP) wird der Verbrauchskennzahl gegenübergestellt. Prinzipiell können diese zwei Kennzahlen nicht miteinander verglichen werden (ÖN EN 15603:2008), da grundsätzliche Unterschiede in den Randbedingungen und betrachteten Energieflüssen für die Ermittlung dieser Kennzahlen bestehen. Abgesehen von unterschiedlichen Randbedingungen für Raumlufttemperatur und Außenklima enthält die Verbrauchskennzahl zusätzlich den nicht nutzbaren Anteil der Verteilverluste, der in der Bedarfsberechnung nicht berücksichtigt wird.

Die Differenz der Bedarfs- und Verbrauchskennzahlen kann verwendet werden, um die kumulativen Auswirkungen der realen Randbedingungen im Vergleich zu den Standardbedingungen der Bedarfsberechnung zu bewerten. Dies betrifft die Parameter der Konstruktion (konditionierte Gebäudehülle, thermische Speicherfähigkeit etc.), der Haustechnikanlagen (Rohrleitungslänge, Rohrdämmung, Regelung, etc.) und des Nutzerverhaltens (Raumlufttemperatur, Fensterlüftungsverhalten, etc.).

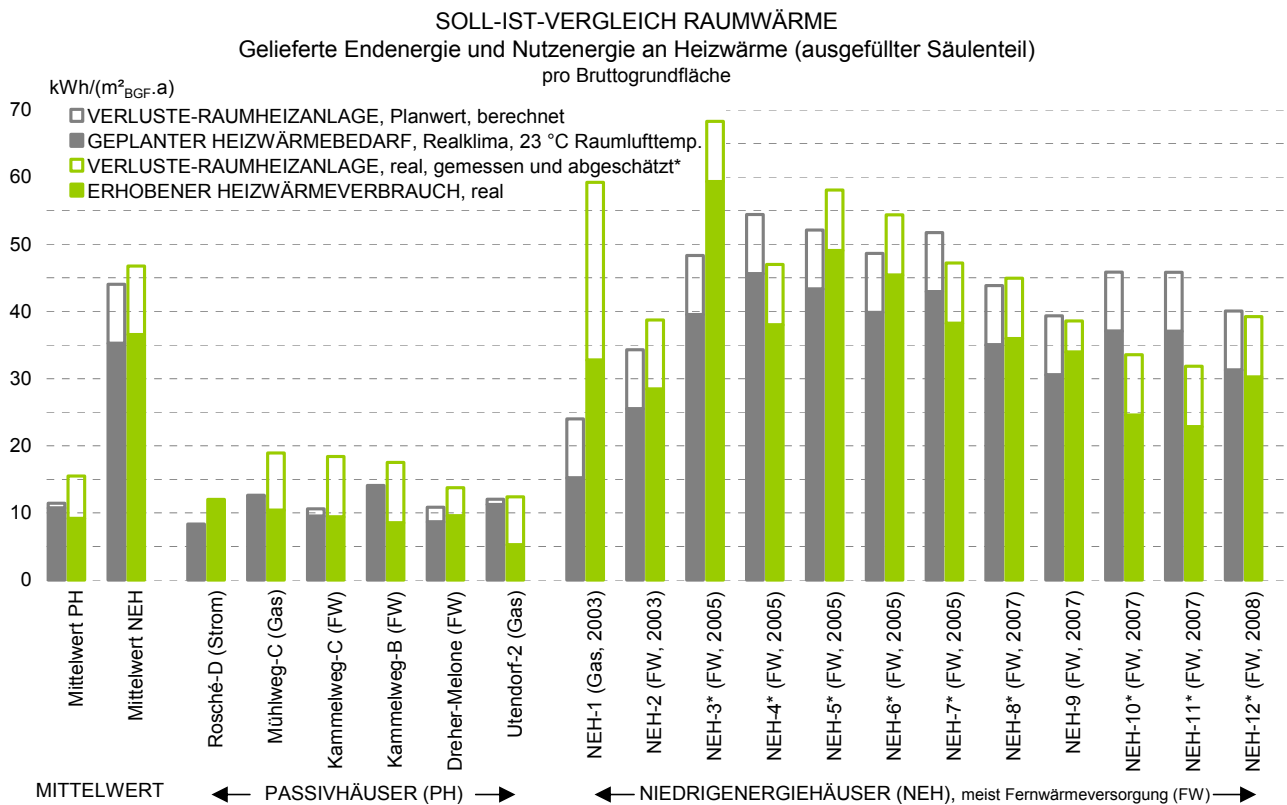
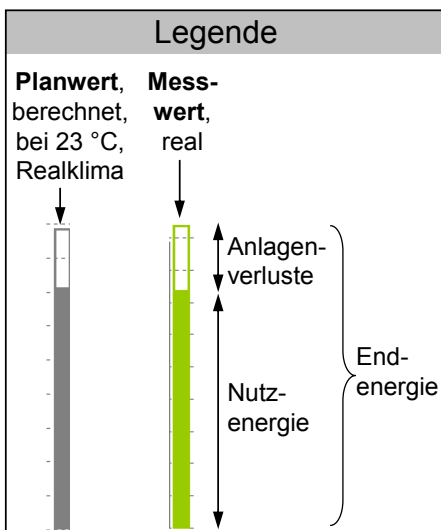


Abbildung 90: Vergleich der Planwerte (grau) mit den gemessenen Verbrauchswerten (grün). Gelieferte Endenergie (gesamte Säule) und Nutzenergie an Heizwärme (ausgefüllter Säulenteil) pro Bruttogrundfläche.



Die Soll-Werte laut Energieausweis wurden auf 23 °C und reale Außenklimaverhältnisse umgerechnet (graue ausgefüllte linke Säule) und mit den Ist-Werten des tatsächlichen Verbrauchs an gelieferter Endenergie (rechte ausgefüllte grüne Säule) gegenübergestellt. Zusätzlich zum Heizwärmebedarf werden die Anlagenverluste der Raumheizung dargestellt (nicht ausgefüllter Säulenteil). Diese Verluste sind Messwerte und mittlere Erfahrungswerte, die je nach Anlage und Dämmstärke der Rohrleitungen auf sehr unterschiedlichem Niveau liegen können. Die Wohnanlagen „Mühlweg“, „Utendorfasse“ und „NEH-1“ werden mit Erdgas versorgt. Aufgrund der zusätzlichen Erzeugungsverluste bei Erdgasversorgung, können die Anlagenverluste dieser Gebäude höher liegen als bei fernwärmeversorgten Gebäuden.

Die gemessenen Heizwärmeverbrauchswerte stimmen im Durchschnitt sehr gut überein mit den berechneten Planungswerten. Dies gilt sowohl für Passivhäuser als auch für Niedrigenergiehäuser. PH-Wohnhausanlagen verbrauchen für die Raumheizung durchschnittlich rund 15 kWh/(m²·a) an gelieferter Endenergie. Bei fernwärmeversorgten Gebäuden beträgt die Einsparung im Vergleich zu Wohngebäuden derselben Errichtungsperiode rund 30 kWh/(m²·a) oder etwa zwei Drittel.

Die Anlagenverluste der Raumheizung wurden bei der Planung von Passivhäusern meist zu optimistisch angesetzt. Die mittleren Verluste der Passivhäuser liegen bei rund 7 kWh/(m².a) für Fernwärmeversorgung und 8 kWh/(m².a) für Gasversorgung. Analysen fernwärmeversorgter Wohnhausanlagen in Oberösterreich [Treberspurg et al., 2008] ergaben Verteilverluste im Bereich von 5-15 kWh/(m².a), je nach Dämmstärke der Verteilleitungen und je nach ausgeführtem Verteilkonzept. Diese Energieverluste liegen damit auf einem relativ hohen Niveau und bieten ein weiteres Energieeinsparungspotenzial, das mit äußerst geringen Mehrkosten verbunden ist. Dieses Einsparpotential erscheint insbesondere bei Mitberücksichtigung der Warmwasserverteilverluste attraktiv. Lediglich rund 40 % des Endenergieaufwands von etwa 22 kWh/(m².a) an Fernwärme gelangt als Warmwasser zum Nutzer. Anlagenverluste fernwärmeversorgter Wohnhausanlagen werden anhand des Wärmeflussdiagramms (Abschnitt 5.4) detaillierter diskutiert.

Die Anlagenverluste von gasversorgten Wohnhausanlagen (Mühlweg, Utendorfgasse, NEH-1) liegen im Allgemeinen höher als bei Fernwärmeversorgung, da hier zusätzlich die Erzeugungsverluste der Gaskessel enthalten sind. Die höchsten Anlagenverluste von knapp über 25 kWh/(m².a) wurden bei einem gasversorgten Niedrigenergiehaus festgestellt. Es sind weitere Untersuchungsobjekte nötig um festzustellen ob dieser Wert repräsentativ für ältere Wohnhausanlagen mit zentralem Gaskessel ist.

Bei stromversorgten Gebäuden (Roschégasse mit Kleinstwärmepumpen) werden Verteilverluste gänzlich vermieden. Jedoch ist zu beachten, dass der Primärenergie- und Treibhausgasfaktor von elektrischer Energie deutlich höher liegt als der von Fernwärme und Erdgas.

Die Roschégasse und Utendorfgasse erwiesen sich als die effizientesten Wohnhausanlagen hinsichtlich Raumheizung. Der Endenergieverbrauch lag bei etwa 12 kWh/(m².a). Bei den Wohnhausanlagen Kammelmweg-C und Kammelmweg-B (Robert-Virchow-Str. 12) läuft seit 2008 ein Energiemonitoring der TU-Wien, geleitet von ao.Univ. Prof. DI Dr. Thomas Bednar). Die Feinjustierung der Anlagen bewirkten in der Saison 08/09 Einsparungen an Heizwärme von im Mittel etwa 8 kWh/(m².a) im Vergleich zum Vorjahr.

Die Referenzgruppe der Niedrigenergiehäuser enthält zwei „Vorläufer-Passivhäuser“ (NEH-1, NEH-2), die schon zwei Jahre vor der ersten Wiener PH-WHA fertig gestellt wurden und im Vergleich zur damals üblichen Bauweise sehr engagierte energetische Zielsetzungen verfolgten, wenngleich diese nur teilweise umgesetzt werden konnten. Ohne diese zwei Objekte wäre der Niedrigenergiehaus-Mittelwert für den Heizwärmebedarf um etwa 3 kWh/(m².a) höher und für den Heizwärmeverbrauch um etwa 1 kWh/(m².a) höher.

Anhand der chronologischen Reihung der Referenzgebäude ist ersichtlich, dass neuere Wohnhausanlagen einen geringeren Heizwärmeverbrauch aufweisen. Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung von 1985 bis 2006 kurz erläutert.

Die Differenzen zwischen Planwerten und Verbrauchswerten können mehrere Ursachen haben, die nur durch eine aufwändige Analyse (Berechnung, Messung und/oder Befragung) im Detail untersucht werden können. Unter anderem betrifft dies folgende Aspekte:

- Reale Belegung: Grundsätzlich wurde angenommen, dass die Gebäude keine relevanten Leerstandszahlen aufweisen und dies war auch durch die erhobenen Verbrauchszahlen für Warmwasser und für elektrische Energie zu verifizieren. Bei kürzlich fertig gestellten NEH können jedoch noch höhere Leerstandszahlen vorhanden sein, die beispielsweise die Ursache für den niedrigeren Energieverbrauch von NEH-10 und NEH-11 darstellen können.

➤ **Berechnungsmethodik:**

- Grundsätzlich wurde angenommen, dass der Energieausweis sorgfältig und ausreichend genau berechnet wurde. Kleinere Abweichungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden.
- Die Berechnungsmethodik für den HWB von NEH (lt. OIB-1999) ist weniger genau als für den HWB von PH (lt. PHPP). Siehe Kapitel 3.3.
- Bei allen NEH und bei einigen PH wurde keine detaillierte Wärmebrückenberechnung durchgeführt. Der Beitrag von Wärmebrücken lag bei den detailliert berechneten PH bei etwa 1-2 kWh/(m².a). Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Beitrag bei den anderen Gebäuden höher liegt.
- Die reale Raumlufthtemperatur wurde aufgrund von Erfahrungswerten mit 23 °C angenommen. Bei Abweichung der mittleren Raumlufthtemperatur um 1 °C ergibt sich ein Unterschied von rund 1 kWh/(m².a) für PH und etwa 2-3 kWh/(m².a) für NEH.

➤ **Nutzerverhalten:**

- Verstärktes Fensterlüften erhöht den Energieverbrauch sowohl für PH als auch für NEH. Bei NEH kann es auch vorkommen, dass weniger oft als hygienisch notwendig gelüftet wird (was zu einer minderen Luftqualität und zu Schimmelbildung führen kann). Dadurch können die realen Energieverbrauchswerte um grob geschätzt bis zu 5-10 kWh/(m².a) niedriger liegen.
- Verstärktes Verschatten durch Jalousien und Vorhänge kann insbesondere in der Übergangszeit den Ausnutzungsgrad solarer Gewinne deutlich reduzieren.

5.2 Endenergieverbrauch und Einsparungen

Dieser Abschnitt betrifft den Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser. Dies umfasst auch den Stromverbrauch für Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für Haushaltsanwendungen und Haustechnik inkl. Ventilatoren und Zirkulationspumpen wird in Kapitel 5.5 erläutert.

Im vorigen Abschnitt war der niedrigere Energieverbrauch jüngerer Niedrigenergiehäuser leicht erkennbar. Um diesen Trend näher zu untersuchen wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Die beste Datenbasis lieferte eine Statistik der Fernwärme Wien für den Heizwärmeverbrauch von Wohnhausanlagen mit mehr als 10 Wohnungen, die in einer Studie für das Umweltministerium dokumentiert wurde [Hofbauer, 1998]. Laut dieser Studie liegt der Mittelwert des spezifischen Raumwärmeverbrauchs für das Baujahr 1985 bei etwa 65 kWh/(m².a) und für das Baujahr 1995 bei etwa 55 kWh/(m².a). Für die Umrechnung auf Endenergie Raumheizung plus Warmwasser wurden aufgrund von Erfahrungswerten jeweils zusätzlich 30 kWh/(m².a) veranschlagt.

Die in folgender Abbildung dargestellten Mittelwerte der fernwärmeversorgten Wohnhausanlagen zeigen deutlich, dass sich die mittlere Energieeffizienz bei neu errichteten Wohnhausanlagen in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich verbessert hat. Je jünger eine Anlage ist, desto weniger Fernwärme wird verbraucht. Die Reduktion beträgt rund 20 kWh/(m².a) im Zeitraum von 1985 bis 2005, also etwa 1 kWh/(m².a) pro Jahr. Diese erfreulichen Ergebnisse wurden durch die kontinuierlichen und engagierten Zielsetzungen der Stadt Wien erreicht. Beispielsweise gilt seit etwa einem Jahrzehnt der NEH-Standard als Mindestkriterium für Wohnbauvorhaben und weiters wurde durch die Einführung der Bauträgerwettbewerbe 1994 eine hohe thermische Qualität im Wohnbau angestrebt.

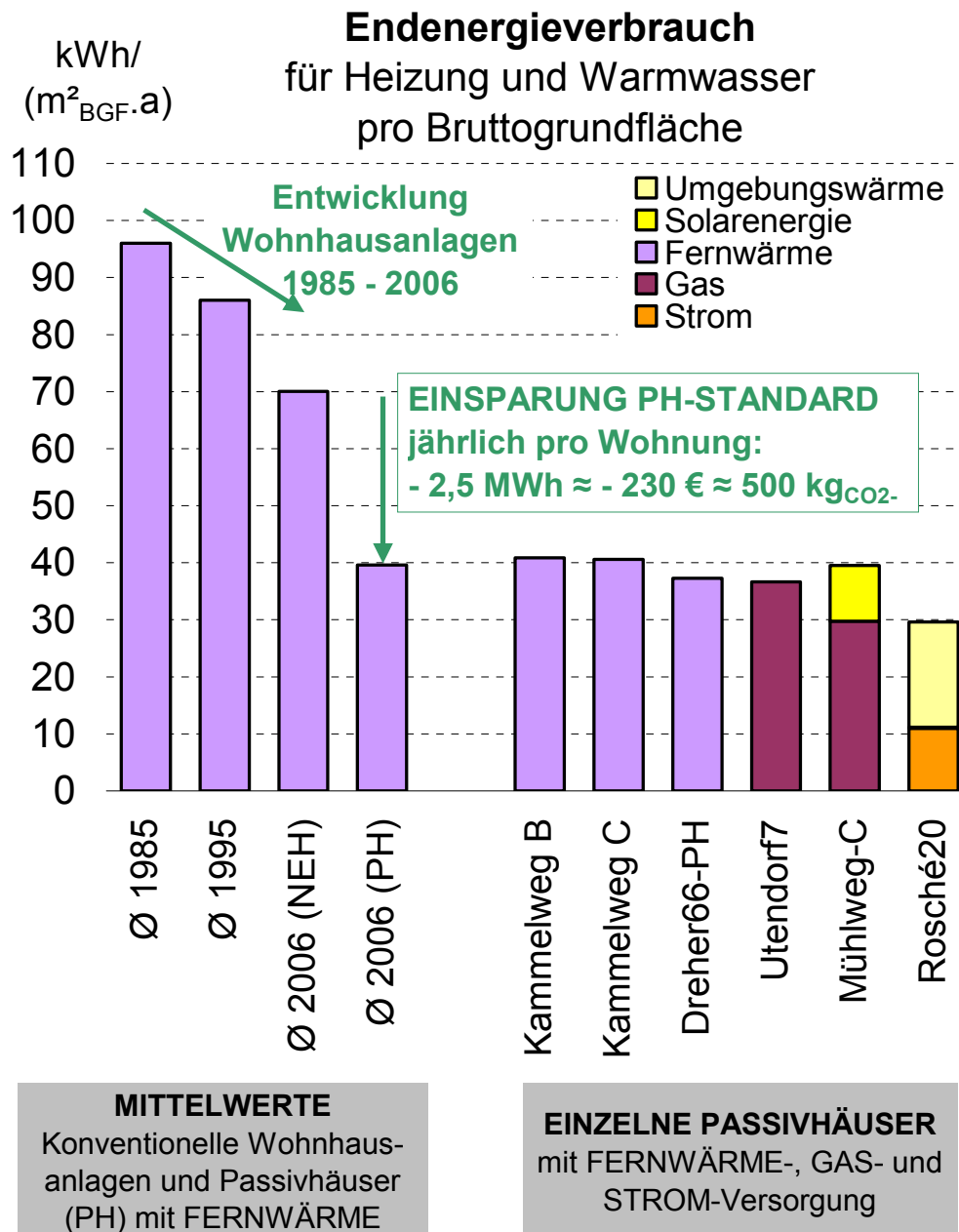


Abbildung 91: Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs auf den Fernwärmeverbrauch konventioneller Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr. Verbrauch einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung.

Fernwärmeversorgte Passivhäuser verbrauchen um etwa 30 kWh/(m²·a) weniger an Fernwärme als vergleichbare gleichaltrige Wohnhausanlagen. Dies entspricht einer mittleren jährlichen Einsparung pro Haushalt von etwa 2,5 MWh Fernwärme und 230 € Energiekosten bei einem Preisniveau von September 2009. Bei Annahme von konstanten Energiepreisen beträgt diese Einsparung in 20 Jahren etwa 60 €/m²_{WNF} und entspricht damit dem Betrag der derzeit in Wien angebotenen nicht-rückzahlbaren Passivhaus-Förderung. Dieser Zuschuss liegt bei etwa 4 % der Errichtungskosten, was in etwa der Höhe der baulichen Mehrkosten der Passivhauswohnanlage Utendorfgas-

se entspricht. Andere Passivhaus-Wohnhausanlagen weisen jedoch auch deutlich höhere Mehrkosten auf.

Alle PH liegen auf eher ähnlichem Niveau und verbrauchen etwa 30-40 kWh/(m².a) an gesamter Endenergie. Bei Betrachtung des Netto-Endenergieverbrauchs – also abzüglich der vor Ort gewonnenen Energiemenge – erweist sich das Energiekonzept mit Mini-Wärmepumpen in der Roschégasse mit rund 11 kWh/(m².a) als effizienteste Lösung. Die reale mittlere Jahresarbeitszahl liegt bei 2,6 und damit auf einem für Kompaktgeräte immer noch recht günstigen Niveau. Deutlich höhere Arbeitszahlen sind für reine Raumheizungswärmepumpen mit Niedertemperaturheizung und insbesondere für Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfer zu erwarten.

Das PH Mühlweg zeigt ebenfalls eine sehr erfreuliche Energieeffizienz aufgrund der aktiven Nutzung von Solarenergie. Die Solaranlage liefert etwa 10 kWh/(m².a) Ertrag und deckt damit etwa 25 % des Endenergieverbrauchs ab.

5.3 Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen

Der Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen wurden gemäß den in Kapitel 3.2.3 erläuterten Faktoren berechnet.

Bei der Darstellung der Treibhausgasemissionen wurde die eingesparte CO₂-Menge auf Kostenzahlen umgerechnet, indem der derzeit übliche Preis von Emissionszertifikaten von etwa 15 € pro Tonne CO₂ angesetzt wurde. Bei Fernwärmeversorgung kann durch den Passivhausstandard jährlich etwa eine halbe Tonne Treibhausgase pro Haushalt eingespart werden. Dies entspricht etwa 7 € an Zertifikatskosten und damit äußerst wenig im Vergleich zu den eingesparten Energiekosten von 230 €.

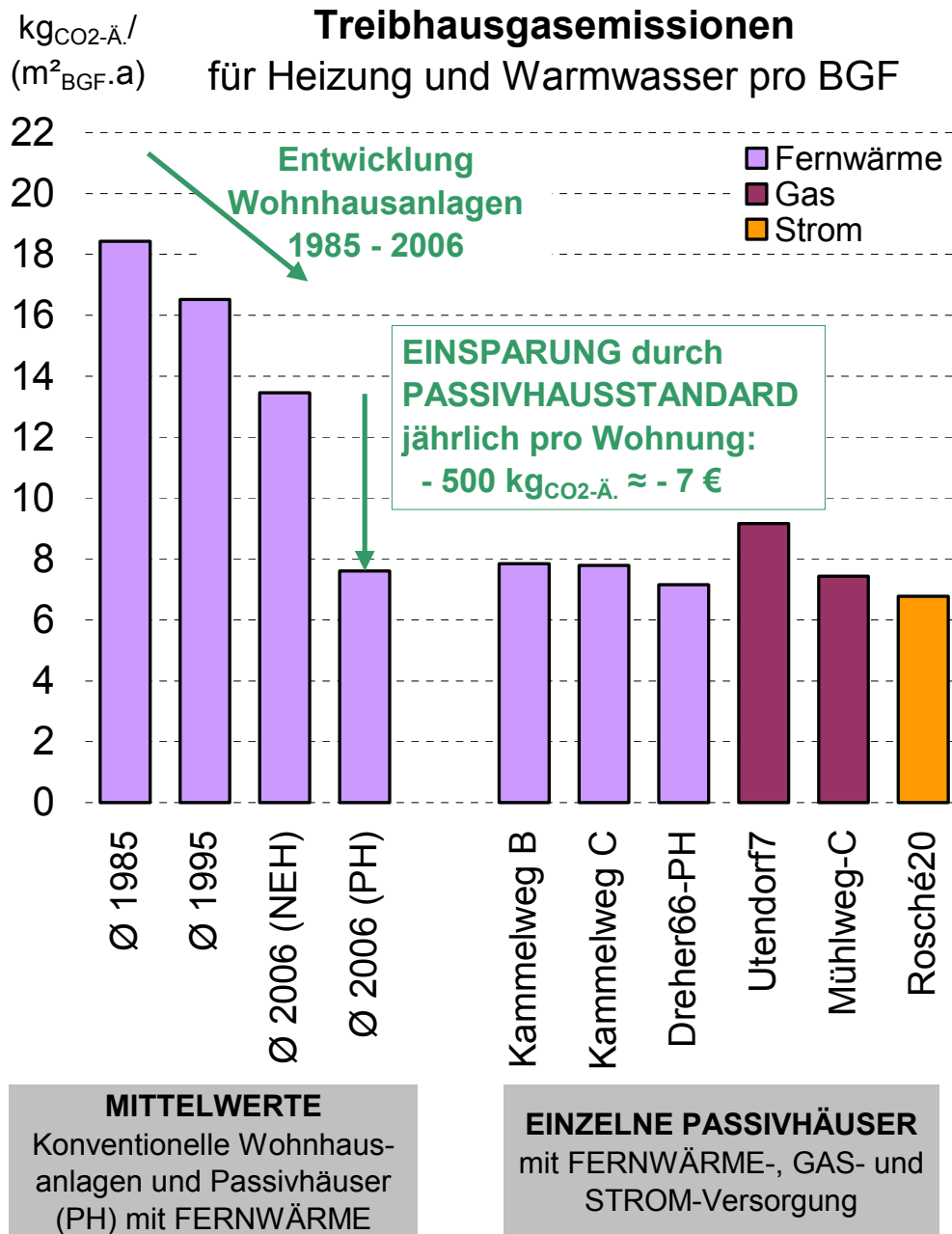


Abbildung 92: Treibhausgasemissionen für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs bei fernwärmeversorgten konventionellen Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr. Performance einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung. Faktoren: Fernwärme 192 kg/MWh, Erdgas 250 kg/MWh, Strom 617 kg/MWh (siehe Tabelle 1).

Die Bewertung hinsichtlich Treibhausgasausstoß zeigt ein ähnliches Bild wie der Endenergieverbrauch zuvor. Alle Passivhäuser liegen auf eher ähnlichem Niveau und verursachen etwa 7-8 kg/(m²·a) an Treibhausgasemissionen. Der Passivhausstandard bewirkt eine Einsparung von jährlich rund 500 kg CO₂-Äquivalenten pro Wohnung. Umgerechnet auf Emissionszertifikate mit einem Preis von 15 € pro Tonne Kohlendioxid liegt die Einsparung bei rund 7 € pro Wohnung.

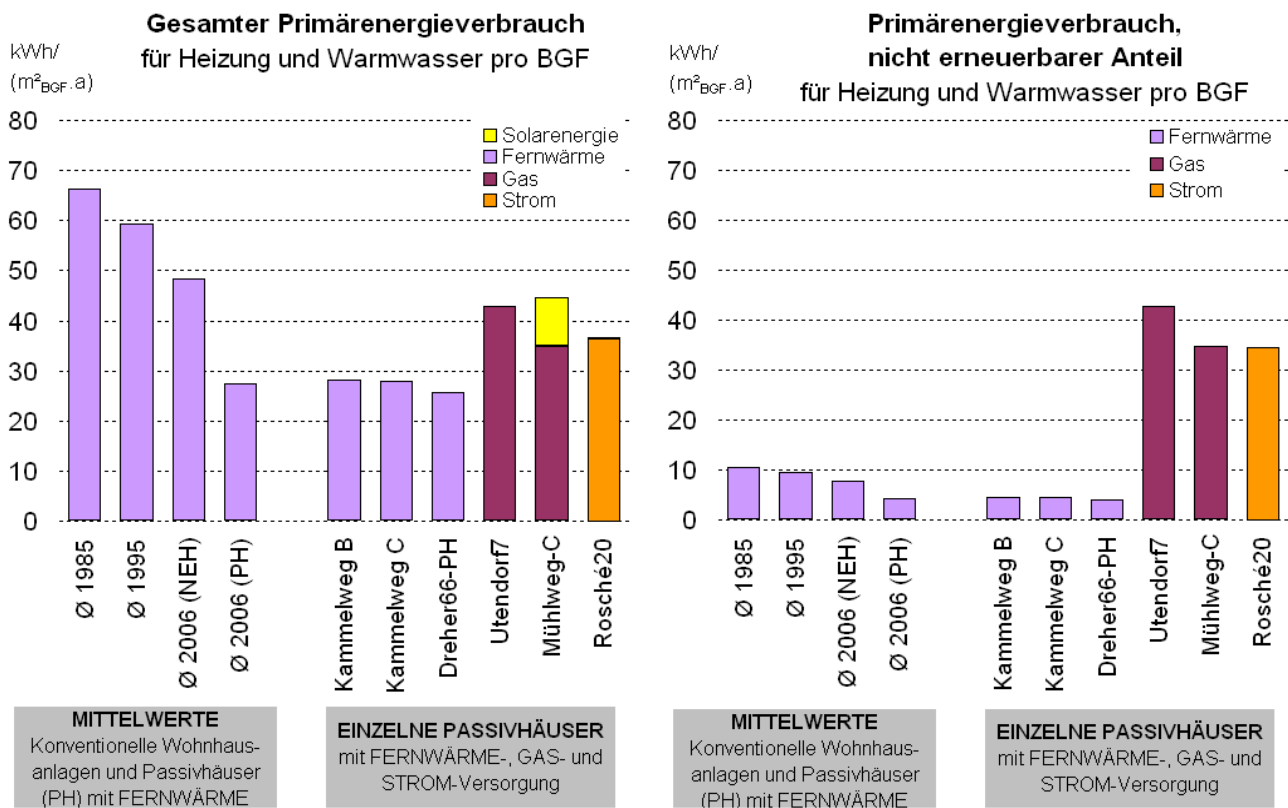


Abbildung 93: Primärenergieverbrauch gesamt und nicht erneuerbarer Anteil für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs bei fernwärmeversorgten konventionellen Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr. Performance einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung. Gesamtfaktoren: Fernwärme 0,69 kWh/kWh, Erdgas 1,17 kWh/kWh, Strom 3,31 kWh/kWh. Faktoren für nicht erneuerbaren Anteil: Fernwärme 0,11 kWh/kWh, Erdgas 1,17 kWh/kWh, Strom 3,14 kWh/kWh (siehe Tabelle 1).

Bei der Bewertung hinsichtlich Primärenergie ist es wesentlich ob die gesamte Primärenergie oder nur der nicht erneuerbare Anteil betrachtet wird. Gegenwärtig ist davon auszugehen, dass in Zukunft hauptsächlich die gesamte Primärenergie als Indikator herangezogen wird. Derzeit wird für die Berechnung von Passivhäusern nach PHPP nur der nicht erneuerbare Anteil berücksichtigt.

Aufgrund den günstigen Primärenergiefaktoren der Wiener Fernwärme (berechnet mit der Stromgutschrift-Methodik nach ÖN EN 15316-4-5, 2007) liegt der Primärenergieverbrauch aller fernwärmeversorgter Passivhäuser deutlich unter den Werten der mit Gas oder (Wärmepumpen-)Strom versorgten Wohnhausanlagen.

5.4 Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

Um die wichtigsten Ansatzpunkte für Maßnahmen aufzuzeigen wurden die einzelnen Energieflüsse der Wärmebilanz in Wärmeflussdiagrammen (Sankey-Diagramm) dargestellt. Da die meisten der untersuchten Gebäude mit Fernwärme versorgt werden, wurde die Analyse auf diese Gebäude eingeschränkt und jeweils die Mittelwerte abgebildet.

Dargestellt wurden die mittleren gemessenen Wärmeflüsse 2008-2009 und die aus der Bedarfsberechnung auf reale Klimabedingungen und 23 °C Raumlufttemperatur umgerechneten Wärmeflüsse (interne und passive solare Gewinne sowie Lüftungs- und Transmissionsverluste). Die Anlagenverluste sind teilweise für die Wohnraumheizung nutzbar. Die Abwasserwärmeverluste wurden grob abgeschätzt mit dem Wert des Nutzenergieverbrauchs an Warmwasser. Dabei wurde berücksichtigt, dass vom genutzten Warmwasser ein Teil der Wärme an den Raum abgegeben wird und daher die Abwasserwärmeverluste niedriger liegen. Diese Reduktion wird jedoch kompensiert durch zusätzliche Abwasserwärmeverluste aus Elektrogeräten (E-Herd, Geschirrspüler und Waschmaschine).

Es wurden zwei Wärmeflussdiagramme mit unterschiedlichen Bilanzgrenzen dargestellt um die Unterschiede der Betrachtungsweise - Nutzenergie versus Endenergie – aufzuzeigen. Die erste der folgenden zwei Abbildungen zeigt die Energieflüsse für die Berechnung des Heizwärmebedarfs, welcher in den derzeitigen Energieausweisen auf der ersten Seite dargestellt wird und in Energieeffizienzklassen von A++ bis G bewertet wird. Der spezifische Heizwärmeverbrauch (= Nutzenergie Raumheizung) beträgt für die Passivhäuser im Mittel 9 kWh/(m².a) und erfüllt damit auch bei 23 °C Raumlufttemperatur noch die Energieeffizienzklasse A++.

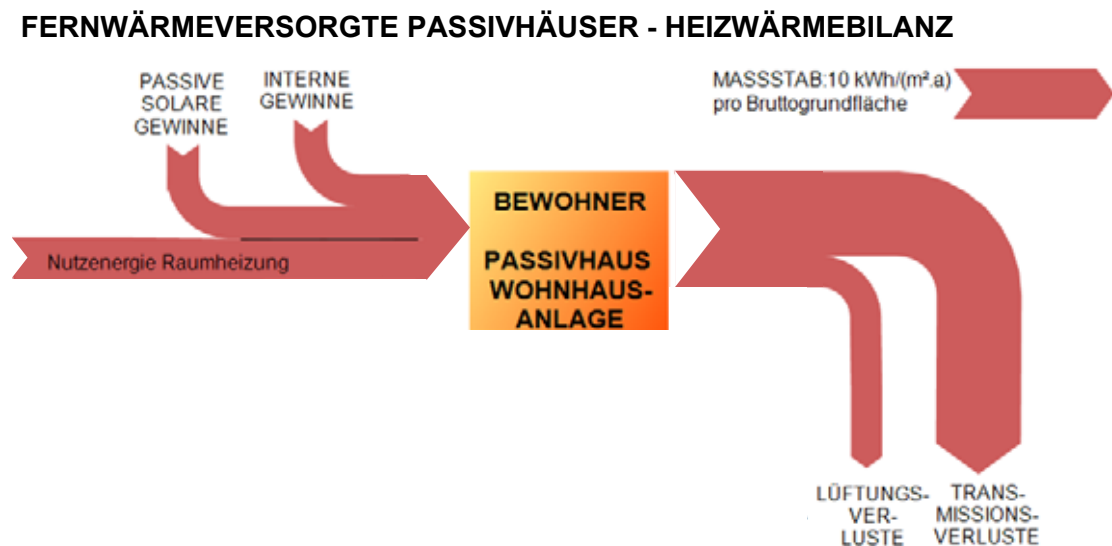


Abbildung 94: Wärmeflussdiagramm von Passivhäusern. Durchschnittliche Wärmeflüsse der Heizwärmebilanz (Nutzenergie) bei Fernwärmeversorgung.

Die folgende Abbildung zeigt nun im Vergleich zur vorigen Abbildung die Bedeutung der Betrachtung der Endenergie, um die Gesamtenergieeffizienz zu bewerten und um wesentliche Verbesserungen der Energieeffizienz abzuleiten. Im Vergleich zur Nutzenergiebilanz liegt bei der Endenergiebilanz der Wert des Energieverbrauchs um mehr als das 4-fache höher bei etwa 40 kWh/(m².a).

ENDENERGIEBILANZ - PASSIVHÄUSER MIT FERNWÄRMEVERSORGUNG

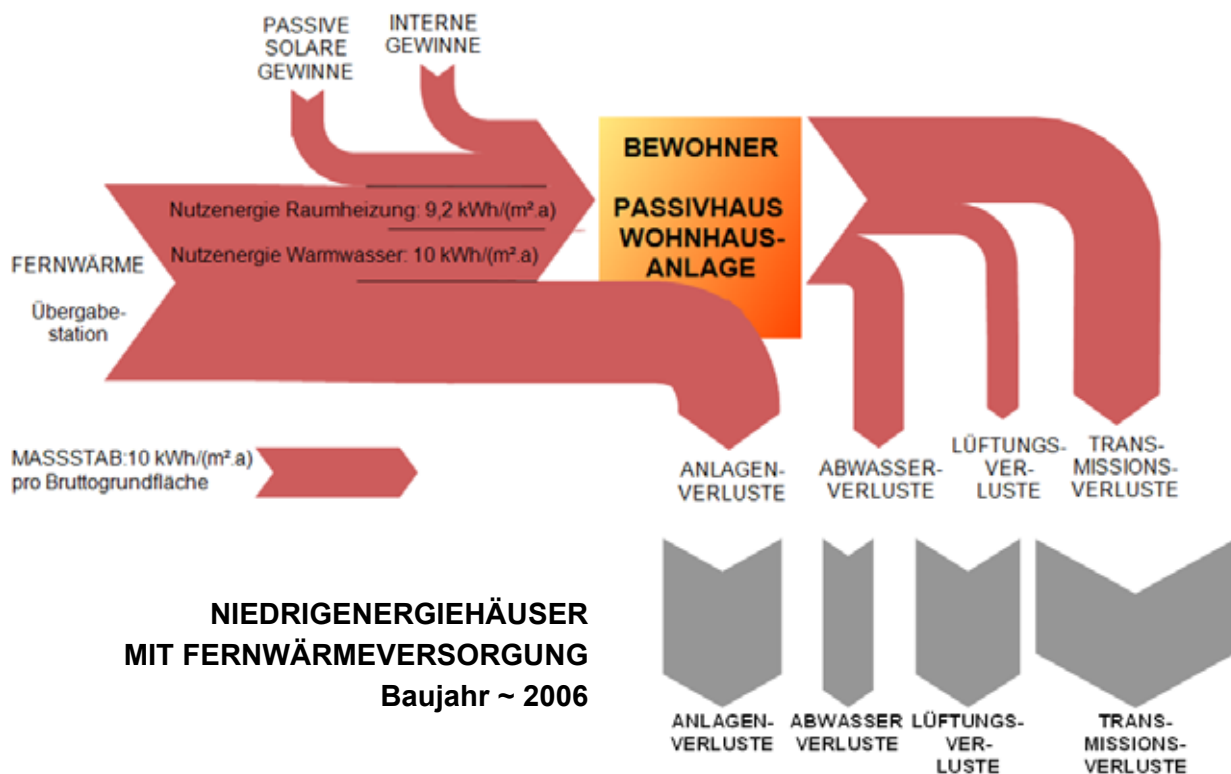


Abbildung 95: Wärmeflussdiagramm von Passivhäusern im Vergleich zu Niedrigenergiehäusern. Durchschnittliche Wärmeflüsse der Heizenergiebilanz (Endenergie) bei Fernwärmeversorgung.

Der Vergleich der Wärmeflüsse von NEH mit PH zeigt deutlich, dass der mengenmäßig wichtigste Energiefluss konventioneller Wohngebäude – nämlich der Transmissionswärmeverlust – durch das Passivhauskonzept höchsteffektiv um etwa 23 kWh/(m².a) reduziert wurde. Die Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft beträgt bei PH etwa 15 kWh/(m².a). Die Anlagenverluste wurden um etwa 3 kWh/(m².a) reduziert und liegen jedoch immer noch auf einem verhältnismäßig hohen Niveau.

Durch die Analyse der Gesamtenergieeffizienz sind weitere Einsparungen klar erkennbar: Eine zusätzliche Effizienzsteigerung von etwa 10-15 kWh/(m².a) ist mit einer optimierten Heiz- und Warmwasseranlage möglich. Daher werden die folgenden Kriterien für zukünftige Bauordnungen und Wohnbauförderungsrichtlinien empfohlen:

- Überdämmung der Verteilleitungen mit mindestens dem 2-fachem Rohrdurchmesser (bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials λ von 0,04 W/(K.m)) und Überdämmung der Anschlüsse. Die engagierte Dämmstärke mit doppeltem Durchmesser erscheint durchaus angebracht, da die Dämmung der Verteilleitungen die kosteneffizienteste Einsparmaßnahme ist [OLSHANSKAYA, 2009].
- 2-Leiter-Wärmeverteilung (Heizwärme und Warmwasserwärme gemeinsam) mit dezentralen Wohnungsübergabestationen. Eine Begründung hierfür liefert auch das nächste Kapitel 5.5.
- Energieeffiziente (und wartungsarme) Speicher und Wärmetauscher.
- Energieeffiziente und emissionsarme Heizkessel bei Gasversorgung.

Die Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser bietet ein weiteres Optimierungspotential, wobei die mögliche Einsparung hier voraussichtlich nur bei knapp über 5 kWh/(m².a) liegt.

Hier nicht dargestellt wurde der mögliche Beitrag von Solarthermieanlagen. Solare Erträge von deutlich über 10 kWh/(m².a) sind für engagierte teilsolare Raumheizungssysteme mit großflächigen Kollektoren zu erwarten. Daher wird das folgende Kriterium für zukünftige Bauordnungen und Wohnbauförderungsrichtlinien empfohlen:

- Solarthermiepflicht mit nachgewiesenem Ertrag von mehr als 10 kWh/(m².a) für Objekte außerhalb des Fernwärmenetzes. Der geforderte Mindestertrag sollte in jedem Fall vom vorhandenen Strahlungsangebot am Standort abhängig gemacht werden.
- Überdämmung der Verteilleitungen (Solarkreis) mit mindestens dem 2-fachem Rohrdurchmesser (bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials λ von 0,04 W/(K.m)) und Überdämmung der Anschlüsse.

Für Gebäude im Einzugsgebiet der Fernwärme sind Solarthermieanlagen derzeit nicht sinnvoll, da die Grundlast der Fernwärme durch Müllverbrennung und industrielle Abwärmenutzung ausreichend vorhanden ist.

Wie der Vergleich der vorigen zwei Abbildungen zeigte, ist für die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden die Netto-Endenergie-Kennzahl der aussagekräftigste Wert. Diese Kennzahl wird auch in der ÖN EN 15217 als geeigneter Indikator für die Darstellung der Gesamtenergieeffizienz angesehen. Die Netto-Endenergie-Kennzahl kann jedoch die Heizwärmebedarfszahl nicht ersetzen, sondern sollte als Ergänzung angesehen werden. Der Heizwärmebedarf ist ein wichtiger Kennwert für die energetische Qualität der Gebäudehülle und aufgrund deren langen Lebensdauer ist es von Bedeutung primär die Gebäudehülle zu optimieren und erst sekundär die Haustechnikanlage darauf abzustimmen und auch möglichst effizient zu gestalten. Dies wird sehr prägnant im 1. Hauptsatz der Bauphysik zusammengefasst: „Zuerst klimagerecht bauen, dann gebäudegerecht klimatisieren“ [Gertis et al., 2008].

5.5 Vor- und Nachteile der Fernwärmeversorgung für Passivhäuser

Der Treibhausgasfaktor der Wiener Fernwärme wurde in den letzten Jahren durch Anlagenoptimierungen und eine der größten Biomasseanlagen in Europa drastisch reduziert. Laut Prognose der Fernwärme-Wien werden die Emissionen auch in den kommenden Jahren weiter sinken, aufgrund einer neuen Müllverbrennungsanlage, einem Re-Powering der Anlage in Simmering und der zukünftigen Nutzung von Geothermie in Aspern.

Folgende Abbildung zeigt den Verlauf der direkten CO₂-Emissionen ohne Berücksichtigung vorgelagerter Prozesse wie Rohstoffgewinnung, Transporte, etc.. Die direkten CO₂-Emissionen sind seit 1990 bis heute um etwa ein Drittel reduziert worden.

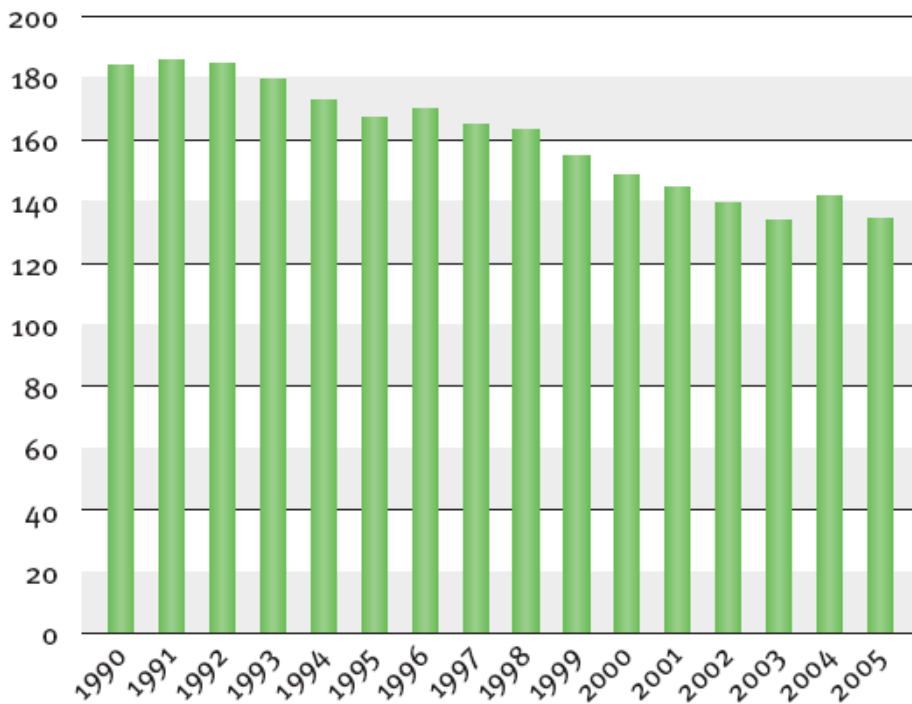


Abbildung 96: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen (ohne vorgelagerte Prozesse) in kg CO₂ pro MWh Endenergie der Fernwärme Wien 1990-2005. Übernommen aus [FW-Wien, 2007a]

Aufgrund der zeitlichen Veränderung der Treibhausgasfaktoren für die Fernwärme (selbiges gilt für elektrische Energie) sind CO₂-Kennzahlen für Gebäude periodisch auf aktuellen Stand zu bringen. Dies betrifft ebenso Bewertungen hinsichtlich Primärenergieeffizienz.

Die direkten Treibhausgasemissionen stammen von Heizwerken (für die Spitzenlast), von Erdgas-Wärme- und Wasserkraftwerken und vom fossilen Kohlenstoff im Restmüll (Kunststoffe). Heizwerke haben den höchsten Treibhausgasfaktor und Müllverbrennungsanlagen den niedrigsten. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Fernwärmebereitung über ein Jahr. Der Anteil an Grundlast von Müllverbrennungsanlagen (MVA) und industrieller Abwärmenutzung wird durch Re-Powering bestehender MVA, eine zusätzliche MVA und Geothermienutzung voraussichtlich in den nächsten Jahren auf fast das Doppelte steigen.

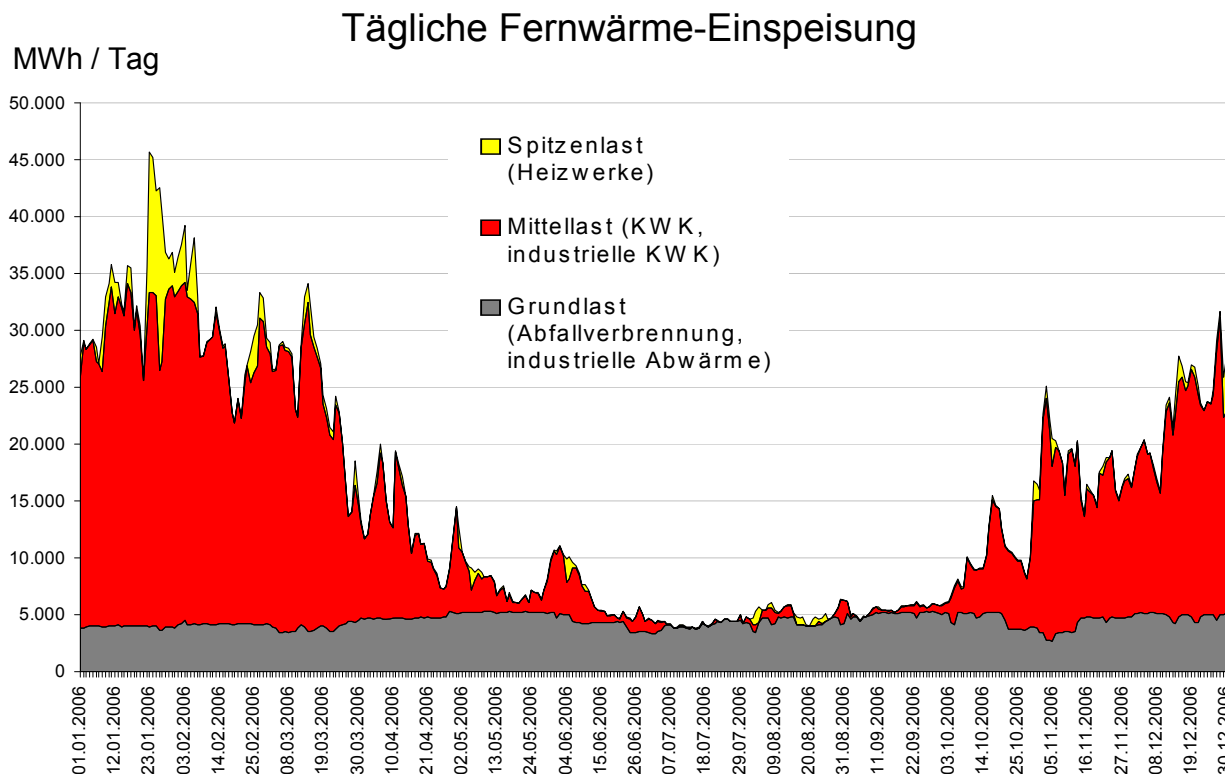


Abbildung 97: Fernwärme Wien. Jahresverlauf der Energieumwandlung 2006. Übernommen von [FW-Wien, 2007b]

Für Passivhäuser erscheint die Nutzung von Fernwärme mit Vorteilen verbunden, da der eher ausgeglichene Energieverbrauch, über ein Jahr betrachtet, das Wärmeangebot effizienter nutzen kann. Bei den fernwärmeversorgten Passivhäusern liegt der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitung bereits höher als für die Raumheizung. Dadurch ist der Unterschied des Fernwärmebedarfs in den Sommermonaten verglichen mit dem Bedarf in den Wintermonaten deutlich geringer als bei Niedrigenergiehäusern. Aufgrund des niedrigeren Heizenergieanteils sind Passivhäuser besser geeignet, die für die Fernwärme Wien typischen Potenziale aus Abwärme und regenerativen Energien zu nutzen.

Bei verstärkter Transformation des Gebäudesektors in Richtung Passivhausstandard wird zukünftig die CO₂-intensive Spitzenlast der Heizwerke nicht mehr benötigt werden. Dadurch reduzieren sich wiederum die Treibhausgasemissionen der Fernwärme.

Durch die eher ausgeglichenen monatlichen Verbrauchswerte von Passivhäusern liegen auch die realen Primärenergie- und Treibhausgasfaktoren beim Monatsbilanzverfahren günstiger als in den Berechnungen angenommen. Für zukünftige Berechnungen der Klimaschutzperformance und Primärenergieperformance von Gebäuden ist die Bereitstellung von monatlichen Faktoren für Fernwärme und für elektrische Energie zu empfehlen.

Passivhäuser können jedoch auch Nachteile für den Fernwärmeversorger aufweisen, wenn die zur Verfügung gestellte Leistung nur geringfügig benötigt wird. Die Ausnutzung der Fernwärme wird durch den rechnerischen Wert der Volllaststunden ausgedrückt, welcher dem Quotient von jährlichem Energieverbrauch zu bereitgestellter Leistung entspricht. Wenn der Wert weniger als 1400

Stunden beträgt, ist die Energieversorgung für die Wiener Fernwärme üblicherweise nicht mehr wirtschaftlich und es müsste ein höherer Energiepreis angesetzt werden.

Ein geringer Volllaststundenwert kann mehrere Ursachen haben:

- Überdimensionierung des Fernwärmeanschlusses
- Kleine Wärmeabgabeflächen und niedrige Temperaturspreizung zwischen Vorlauf und Rücklauf. Für den Wärmeversorger (und auch für thermische Solaranlagen) ist es wichtig, eine möglichst niedrige Rücklauftemperatur zu erzielen.
- Elektrische Bandbegleitheizung für die Warmwasserverteilung. Wenn für die Warmwasserverteilung keine Zirkulationsleitung eingesetzt wird, sondern eine 1-Leiter-Verteilung dann benötigt diese Verteilung eine elektrische Widerstandsheizung um die hygienisch bedenkliche Auskühlung (Legionellen-Vermeidung) des Warmwassers zu vermeiden.

Für zukünftige fernwärmeversorgte Passivhäuser sind demnach die Wärmeabgabeflächen möglichst großzügig zu wählen und die Heizungsregelung auf minimale Rücklauftemperaturen auszurichten. Weiters ist eine elektrische Bandbegleitheizung zu vermeiden und das Warmwasser möglichst mittels dezentralen, wohnungsweisen Übergabestationen (Mikro-Wärmenetz im Haus) aufzubereiten. Dieses Verteilkonzept hat den Vorteil, dass die Heizungswärme gemeinsam mit der Warmwasserwärme verteilt wird – also eine 2-Leiter-Wärmeverteilung statt der üblichen 4-Leiter-Wärmeverteilung. Dadurch können Verluste minimiert werden und Fernwärme effizienter genutzt werden (niedrigere Rücklauftemperaturen). Zusätzlich ist diese 2-Leiter-Verteilung hinsichtlich Hygiene, also hinsichtlich Legionellen-Vermeidung, das Optimum.

5.6 Stromverbrauch

Hier wurde der Stromverbrauch für Haushaltsanwendungen und für allgemeine Haustechnik wie beispielsweise Steigenhausbeleuchtung, Garagenbeleuchtung, Lüftungsanlagen, Zirkulationspumpen und ähnliches betrachtet. Der Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser (Wärmepumpenanlagen, Vor- und Nachheizregister) ist hier nicht inkludiert und wurde in den vorigen Abschnitten behandelt.

Der Stromverbrauch hat einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen von Gebäuden. Der Großteil des Stromverbrauchs wird durch Haushaltsgeräte verursacht und liegt im Einflussbereich des Gebäudenutzers und nicht des Gebäudeplaners. Daher wird dieser Bereich in der Österreichischen Energiestatistik und Klimaschutzbilanz nicht dem Gebäudesektor zugeordnet sondern dem Energieversorgungssektor.

Der gesamte Stromverbrauch der Wohngebäude liegt in der Bandbreite von etwa 22-45 kWh/(m².a) bzw. im Mittel bei 34 kWh/(m².a). Dies entspricht nahezu exakt den Ergebnissen einer Untersuchung von 1300 Wohnungen in Oberösterreich mit Baujahr etwa 2005: Bandbreite 20-45 kWh/(m².a) und Mittelwert 33 kWh/(m².a) [Treberspurg et al., 2008]. Die beträchtliche Bandbreite von ca. ± 33% zeigt auch den hohen Einfluss der Bewohner. Es bestand die Annahme, dass sich PH-Bewohner auch im Haushalt energiesparender verhalten. Der mittlere Stromverbrauch der Wohnungseinheiten in Passivhausstandard liegt allerdings nur geringfügig um etwa 2 kWh/(m².a) unter dem Wert von konventionellen Wohnungen. Die Messwerte bestätigen daher eher die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Studie (siehe Kapitel 6), dass sich die PH-Bewohner nicht von den Bewohnern anderer Gebäude unterscheiden.

Der Anteil der Haustechnik am gesamten Stromverbrauch der Gebäude liegt sowohl bei Passivhäusern als auch bei Niedrigenergiehäusern bei etwa einem Drittel und ist daher eine relevante Größe, die auch von Gebäudeplanern optimiert werden kann.

Bedauerlicherweise besteht kein einheitlicher Standard für die Messung des allgemeinen Stromverbrauchs. Es besteht Unklarheit welche Verbrauchsstellen beispielsweise vom Stromzähler im Stiegenhaus oder in der Garage betroffen sind. Daher sind die Messergebnisse der Gebäude untereinander nicht vergleichbar. Der Stromverbrauch von Zirkulationspumpen ist nur in den wenigsten Fällen feststellbar.

Die vorliegende Grobanalyse kann daher für den Bereich des allgemeinen Stromverbrauchs nur wenige Antworten liefern, jedoch einige zukunftsweisende Fragen aufwerfen und die Bedeutung für eine vertiefende Untersuchung unterstreichen.

5.6.1 Stromverbrauch für Komfortlüftungsanlagen

Die höhere Luftqualität in Passivhäusern benötigt (üblicherweise) einen zusätzlichen Stromverbrauch für die Komfortlüftung. Es kann jedoch nicht behauptet werden, dass dadurch die Energieeffizienz von Passivhäusern gemindert wird, weil Energieeffizienz als Verhältnis von Energieeinsatz zu daraus gewonnenem Nutzen definiert ist (Siehe Kap. 3.2.1) und der Nutzen

in diesem Fall die höhere Luftqualität, Schimmelvermeidung und geringere Feinstaub- und Pollenbelastung in PH-Wohnungen ist.

Bei einem Vergleich des Lüftungsstromverbrauchs von Passivhäusern mit konventionellen Gebäuden ist zu beachten, dass in den meisten Wohngebäuden ebenfalls eine Lüftungsanlage für Bad, WC und Küche eingebaut ist, und dass diese Lüftungsanlage meistens eine geringere Energieeffizienz aufweist als die optimierten Lüftungsanlagen für Passivhäuser. Messungen des Niedrigenergie-Baukörpers des Studentenheims Burse in Wuppertal zeigten, dass der Stromverbrauch für die bedarfsabhängige Lüftung der Sanitärräume etwa $1,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ beträgt [Engelmann et al., 2008] und damit auf einem vergleichbaren Niveau liegt, wie der geplante Lüftungsstrombedarf einiger Passivhäuser.

Für die Analyse der Wiener Wohnhausanlagen lagen nur wenige Verbrauchsmessungen von Komfortlüftungsanlagen vor. Aus dem Haus-der-Zukunft-Monitoring der Wohnhausanlagen Utendorfsgasse [Wagner+Mauthner, 2008a], Mühlweg-C [Wagner, 2008] und Roschégasse [Wagner+Mauthner, 2008b] wurden keine Verbrauchsdaten für die Komfortlüftung publiziert. Eine Publikation der TU-Wien [Bednar et al., 2008b] betreffend der Energieperformance der Utendorfsgasse dokumentiert einen Verbrauchswert von rund $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ für die zentrale Komfortlüftungsanlage. Die Untersuchung der verschiedenen Haustechnikvarianten in der Esslinger Hauptstraße geleitet von der TU-Graz [Raffelsberger et al., 2009, S.94f] ergab eine Bandbreite von 3,3-5,2 $\text{kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ und einen Mittelwert von $4,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ für den Stromverbrauch von dezentralen Komfortlüftungsanlagen. Diese Werte sind exklusive etwaiger Nachheiz- oder Vorheizregister und wurden auf Bruttogrundfläche umgerechnet.

Für die Lüftungsanlagen am Kammelweg-B und Kammelweg-C sind die Optimierungen der TU Wien hinsichtlich Energieeffizienz und Komfort noch am Laufen und brauchbare Verbrauchswerte erst in der nächsten Saison zu erwarten. Aus den vorliegenden Messwerten⁴ lassen sich jedoch bereits einige Schlüsse ziehen. Aufgrund eines defekten Temperaturfühlers war die Vorlauftemperatur der Fernwärme anfangs zu niedrig und da dieser Fehler nicht erkannt wurde, entschließt man sich, die Zuluftmenge der Lüftungsanlage durch den Einbau eines Frequenzwandlers (von 50 Hz auf 70 Hz) zu erhöhen. Dies führte zu einer Leistungsaufnahme der zentralen Lüftungsanlage am Kammelweg-B von etwa 16 kW. Um den hohen Stromverbrauch zu reduzieren wurde die Anlage nicht kontinuierlich auf höchster Leistung betrieben. Dadurch konnte anfangs etwa 20 % Energie eingespart werden. Nach der Optimierung der Fernwärmeregulierung (Austausch des defekten Fühlers) wurde der Frequenzwandler für die Lüftung wieder ausgebaut und die Luftmenge optimiert. Aufgrund von Befragungen und Messungen der TU Wien wurde eine optimale Luftwechselzahl hinsichtlich hygriischem Komfort (behagliche Luftfeuchte) und hygienischem Komfort (CO_2 -Konzentration) eingestellt. Dadurch wurde die Leistungsaufnahme auf etwa 3,8 kW gesenkt, also eine Reduktion von etwa 75 % (!) erreicht. Es ist zu erwarten, dass dadurch der Stromverbrauch zukünftig etwa $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ beträgt und damit auf üblichem Niveau liegt. Durch diese Maßnahme wurde eine Kosteneinsparung von etwa 12.000 €/a prognostiziert und die relative Luftfeuchtigkeit deutlich angehoben.

⁴ Schriftliche und mündliche Mitteilungen von ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar, Abteilung Bauphysik, Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien

Es bestand die Frage, ob durch den geringeren Stromverbrauch der Lüftung auch eine geringere Wärmemenge in die Wohnungen eingetragen wird. Dieser Effekt ist laut TU-Wien für den Kammerweg-B nicht zu erwarten, da die Lüftungsanlage im unbeheizten Keller liegt und die Wärme der Ventilatoren dorthin geführt wird wo die größten Druckverluste stattfinden, also hauptsächlich bei den Filtern im Lüftungsgerät.

Aufschlussreiche Ergebnisse lieferte auch eine detaillierte Untersuchung [Treberspurg et al., 2008] des Stromverbrauchs von rund 1300 Wohnungen, wobei 326 Wohnungen mit dezentralen Komfortlüftungsanlagen ausgestattet waren. Die Gebäude mit Komfortlüftungsanlage entsprachen unterschiedlichen Gesamtenergieeffizienzklassen, vom Niedrigenergiehaus bis zum Passivhaus.

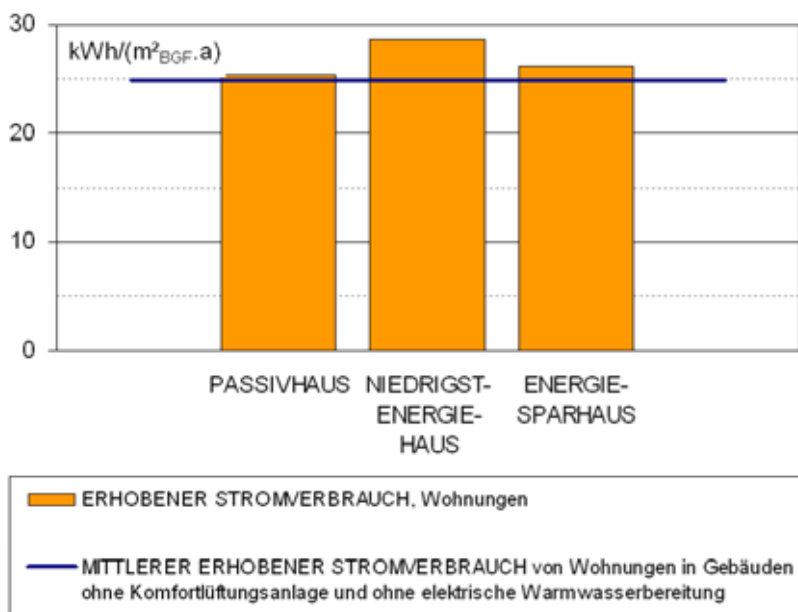


Abbildung 98: Mittlerer Stromverbrauch von Wohnungen. Passivhäuser und Niedrigstenergiehäuser mit dezentraler Komfortlüftung sowie Energiesparhäuser ohne Komfortlüftung. Alle Gebäude ohne elektrische Warmwasserbereitung. Datenquelle [Treberspurg et al., 2008]

Die relevanten Ergebnisse der Oberösterreichischen Monitoringstudie waren:

- Der Wohnungsstromverbrauch der zwei Passivhäuser liegt auf demselben Niveau wie der mittlere Stromverbrauch von Wohnungen ohne Komfortlüftungsanlage und ohne elektrische Warmwasserbereitung.
- Der Wohnungsstromverbrauch von Niedrigstenergiehäusern und Niedrigenergiehäusern mit Komfortlüftungsanlage liegt um etwa 4 kWh/(m²_{BGF}.a) höher als bei Gebäuden ohne Komfortlüftungsanlage und ohne elektrische Warmwasserbereitung.
- Etwas Verwirrung stifteten die Verbrauchszahlen der Niedrigenergiehäuser ohne Komfortlüftungsanlage. Der Wohnungsstromverbrauch lag geringfügig höher als bei NEH-Wohnungen mit Komfortlüftungsanlage, weil einige Gebäude das Warmwasser dezentral elektrisch aufbereiten und dieser Umstand weit deutlicher ins Gewicht fällt - Mehrverbrauch von etwa 15 kWh/(m².a) - als das Vorhandensein einer Komfortlüftungsanlage.

5.6.2 *Resultate der Energieeffizienz-Analyse des Stromverbrauchs*

Für die Stromeffizienzanalyse ist zu beachten, dass der gewonnene Nutzen durch den Einsatz von elektrischer Energie auf äußerst unterschiedlichem Niveau liegen kann - im Unterschied zur Analyse der Raumheizung und Warmwasserbereitung - und daher die Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Wohnungen und Gebäuden nicht gegeben ist (siehe Kapitel 3.2.1). Dies betrifft nicht nur unterschiedliche Komfort- und Unterhaltungsansprüche sondern auch die Intensität und Art der Wohnungsnutzung. Beispielsweise hat der Umstand, ob eine Wohnung auch teilweise als Arbeitsplatz genutzt wird, einen sehr deutlichen und dokumentierbaren Einfluss auf den Stromverbrauch, der sich auch auf den Gesamtstromverbrauch der Gebäude auswirken kann.

Der Stromverbrauch von Wohnungen hat einen deutlichen Einfluss auf die Primärenergieperformance und Klimaschutzperformance. Ansatzpunkte zur Verbesserung sind primär eine Information und Motivierung der Bewohner hinsichtlich aktuellem Stromverbrauch und Maßnahmen um diesen zu senken. Eine Anpassung der Tarife hinsichtlich Förderung von energiesparendem Verhalten und auch ein Wettbewerb hinsichtlich minimalen Stromverbrauchs erscheinen als äußerst zielführende Maßnahmen.

Der Stromverbrauch für allgemeine haustechnische Zwecke (Stiegenhaus, Lift, zentrale Heiz- und Lüftungsanlagen, etc.) liegt grob betrachtet bei etwa einem Drittel des Gesamtstromverbrauchs und stellt einen wesentlichen und wichtigen Ansatzpunkt für zukünftige Einsparmaßnahmen dar. Gegenwärtig besteht noch weiterer Forschungsbedarf für eine detaillierte Analyse, allerdings können bereits einige grundlegende Empfehlungen abgegeben werden:

- Standardisiertes Messkonzept um den Stromverbrauch für einzelne Anwendungen zu dokumentieren und zu optimieren.
- Einsatz von Geräten der besten Energieeffizienzklasse für Ventilatoren und Zirkulationspumpen sowie sparsamer Betrieb.
- Detaillierte Druckverlustberechnung aller Lüftungsanlagen, einmal für geplantes Konzept und abschließend für ausgeführte Anlage.
- Drosselungsmöglichkeit für die Komfortlüftung im Sommer und in der Übergangsperiode. Drosselungsmöglichkeit für Garagenlüftung.
- Nutzung passiver Lüftungskonzepte. Nutzung von natürlichen Luftbewegungen als Unterstützung für aktive Lüftungsanlagen.
- Vermeidung von elektrischen Bandbegleitheizungen für die Warmwasserverteilung
- Vermeidung von elektrischer Warmwasserbereitung (z.B. betrifft auch Elektrostab zur Nachheizung im Warmwasserpufferspeicher)
- Vermeidung von direkt-elektrischen Rampenheizungen
- Einsatz von energieeffizienten Beleuchtungsmitteln und sparsamer Betrieb (Bewegungsmelder).
- Einsatz von weißen, hochreflektierenden Anstrichen für Garagen und ähnliche Bereiche.
- Einsatz von Aufzügen mit Energierückgewinnung bei der Abwärtsfahrt.
- Anreizsysteme und Wettbewerb „Stromspargebäude“
- etc.

Betreffend Komfortlüftungsanlage wurde festgestellt, dass durch eine sehr sorgfältige Planung und Ausführung der Anlage kein Mehrverbrauch an Strom im Vergleich zu konventionellen Gebäuden nachzuweisen ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass konventionelle Wohngebäude ebenfalls eine Lüftungsanlage für die Sanitärbereiche aufweisen (bedarfsgesteuert), deren Stromverbrauch bei etwa 2 kWh/(m².a) liegt. Die gemessenen Verbrauchswerte für Komfortlüftungsanlagen liegen bei 3-6 kWh/(m².a).

Entscheidend für den Energieverbrauch von Lüftungsanlagen sind:

- Qualität des Konzepts: Geringe Rohrleitungslänge (z.B. raumweise Lüftungsgeräte der GI-WOG in der solarCity), Vermeidung von Druckverlusten und Möglichkeit zur Drosselung
- Qualität der Ausführung: Effizienz der Ventilatoren und reale Druckverluste
- Qualität der Regelung: Eingestellte Luftwechselzahl und reale Drosselung (z.B. Außentemperatursteuerung, CO₂-Steuerung, etc.)
- Qualität der Wartung: Intervall der Filterreinigung

5.7 Gesamtenergieeffizienz und Lebenszyklusbetrachtung

„...maßgeblich für die Realisierung der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung im Bauwesen sind Lebenszyklusbetrachtungen als Grundlage für Entscheidungen in der Entwurfs- und Planungsphase“ Prof. Graubner, TU Darmstadt, Institut für Massivbau [Graubner + Hüske, 2003]

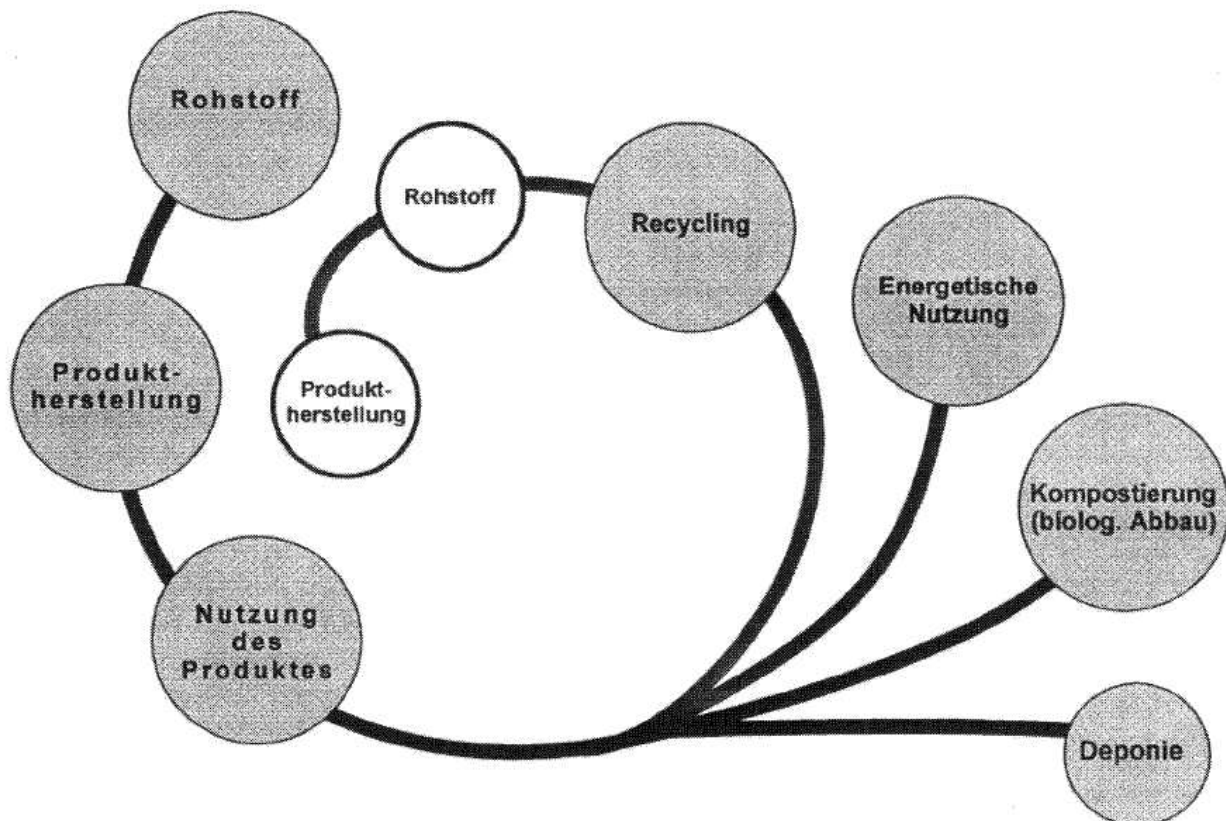


Abbildung 99: Lebenszyklusphasen eines Produkts. Übernommen aus [Zimmer, 2002].

Die Abbildung illustriert die allgemeinen Phasen einer Produkt-Ökobilanz. Diese einzelnen Lebensphasen kommen auch bei einer Ökobilanz von Gebäuden zur Anwendung, wobei die Phase der Produktherstellung meist in mehrere Prozesse unterteilt wird. Für Gebäude wird meist von der Nutzungsphase als ökologisch bedeutendste Lebensphase ausgegangen (siehe folgende Abbildung). Die Lebensphasen vor der Nutzung werden oftmals als „vorgelagerte Prozesse“ bezeichnet und die Lebensphasen nach der Nutzung als „nachgelagerte Prozesse“.

Im Rahmen einer laufenden Dissertation von R. Smutny wird der Einfluss von Gebäudekomponenten auf die Nachhaltigkeit des Lebenszyklus von Wohnhausanlagen untersucht. Ergebnisse werden im kommenden Jahr publiziert.

Es bestehen bereits einige grundlegende Untersuchungen der ökologischen Auswirkungen des Lebenszyklus von Gebäuden, auf die hier kurz eingegangen wurde.

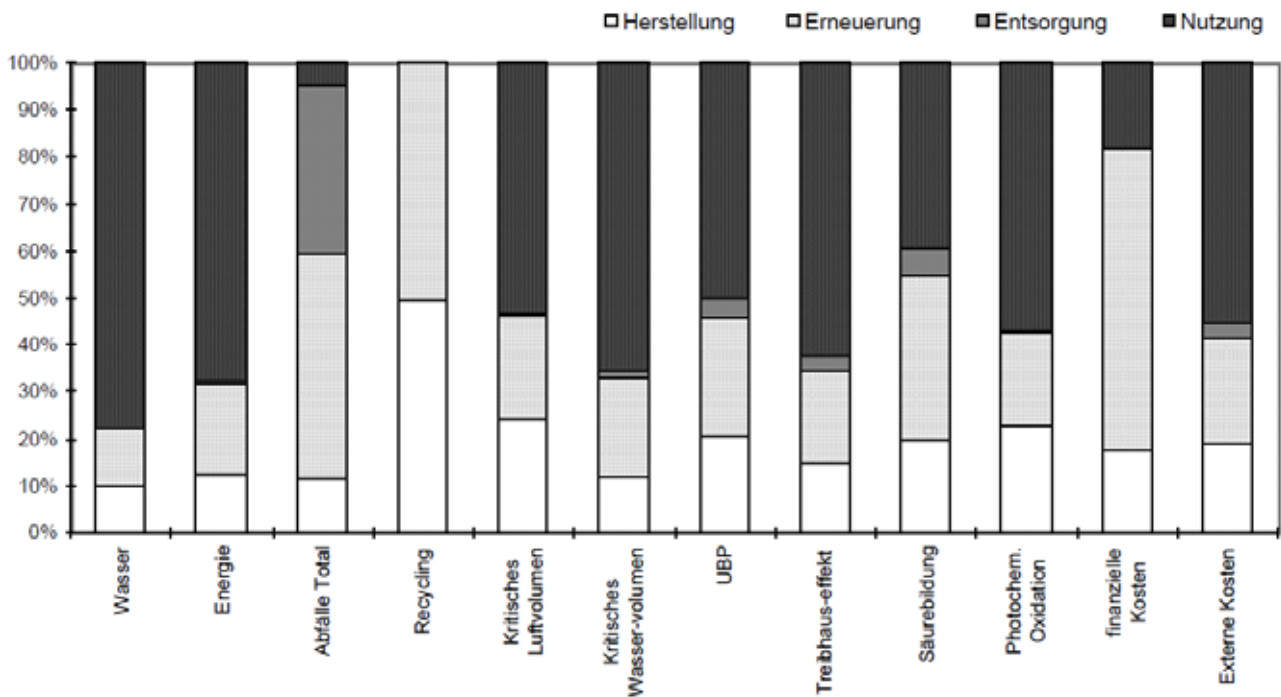


Abbildung 100: Anteile der einzelnen Lebenszyklusphasen pro Bewertungskriterium. Mittelwerte für 100 Gebäude. Datenquelle: [Kohler, 1994]. Übernommen aus [Pulli, 1998].

Abbildung 100 illustriert die Bedeutung der einzelnen Lebensphasen für die Lebenszyklusperformance. Hinsichtlich Rohstoffverbrauch (Energie, Wasser) und Emissionen (Klimabelastung, kritische Volumina, Sommersmog) hat die Lebensphase der Nutzung den dominierenden Anteil. Auch für den in der Schweiz üblichen Index „Umweltbelastungspunkte (UBP)“ ist die Nutzungsphase ausschlaggebend. Daher wurde in vorliegender Arbeit der Schwerpunkt der Betrachtung auf die Betriebsperformance gesetzt.

Wie in Kapitel 5.2 und 5.3 erläutert, haben sich die Umweltbelastungen aus dem Betrieb von Wiener Wohnanlagen in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich reduziert. Es besteht daher die Frage wie sich die Bedeutung der Lebensphasen für die gesamte Lebenszyklusbewertung mittlerweile verschoben hat. Damit verbunden ist auch die Frage, wie sich der höhere Aufwand für die Produktion von Dämmstoffen auf die Lebenszyklusbewertung auswirkt. Diese Aufgabenstellung stellte sich eine Diplomarbeit [Schuß, 2004] unter der Leitung von Prof. Haas von der TU-Wien.

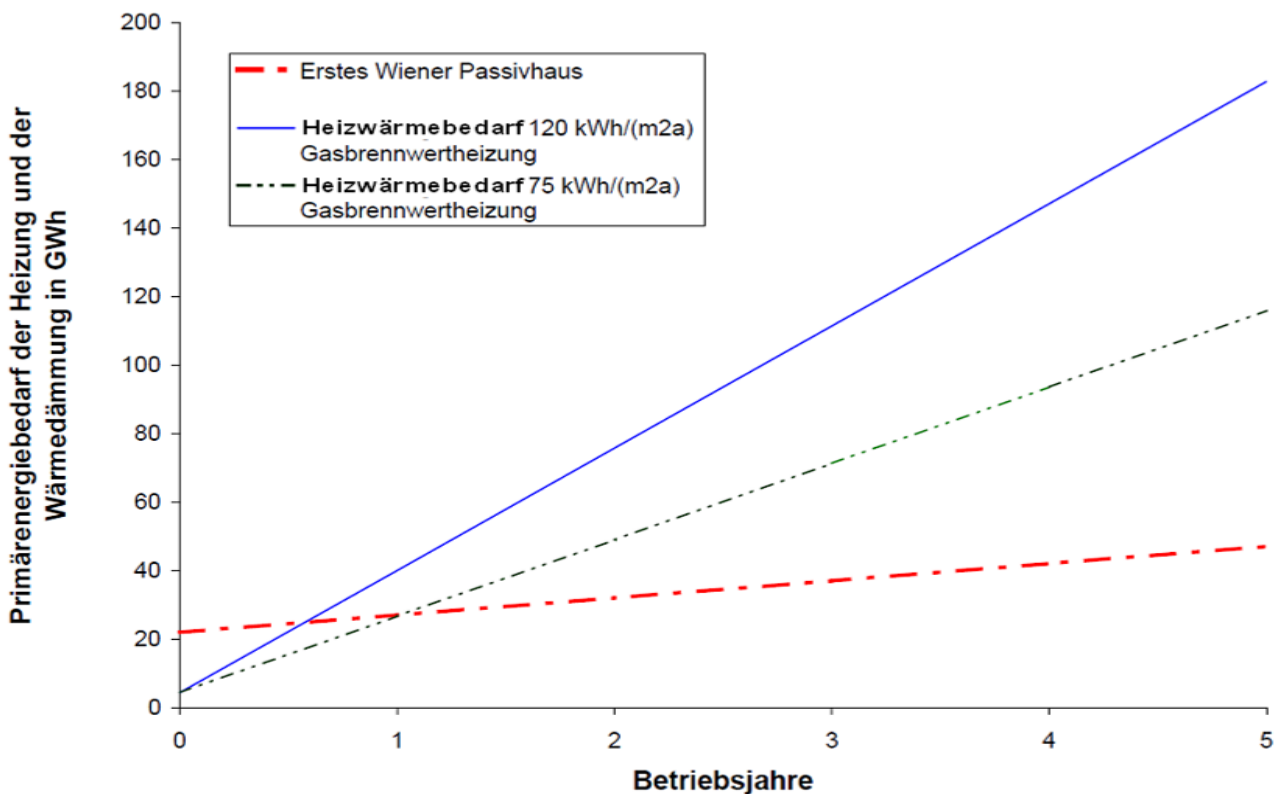


Abbildung 101: Kumulierter Aufwand an Primärenergie für Heizwärme und Wärmedämmung von Einfamilienhäusern. Vergleich des 1. Wiener PH mit konventionellen Einfamilienhäusern mit einem angenommenen Heizwärmebedarf von 75 bzw. 120 kWh/(m².a). Übernommen aus [Schuß, 2004].

Abbildung 101 zeigt, dass der höhere energetische Aufwand für die Produktion der Passivhaus-Wärmedämmung nach etwa einem Jahr durch die Betriebseinsparungen kompensiert wird, wenn als Vergleichsobjekt ein Einfamilienhaus mit einem Heizwärmebedarf von 75 kWh/(m².a) gegenübergestellt wird. Bei Betrachtung der gesamten Gebäudelebensdauer können für diesen Vergleich Passivhaus mit konventionellem Gebäude die (energetischen) Auswirkungen der vorgelagerten Prozesse zur Herstellung der Dämmmaterialien vernachlässigt werden.

Im Rahmen der 8. Wiener Wohnbauforschungstage am 17.11.2009 mit dem Schwerpunkt „Energieeffizienz im Wohnbau“ wurde die Kurzfassung vorliegender Studie präsentiert und die Bedeutung der Gesamtenergieeffizienz-Betrachtung intensiv diskutiert. Zu diesem Thema wurden auch die Forschungsergebnisse des Instituts für Gebäude und Energie an der TU-Graz von Prof. Cody in seinem Vortrag „Form follows energy. Gesamtenergieeffizienz in Urban Design und Architektur“ präsentiert. Diese Resultate präsentieren einen wertvollen Überblick auf die Zusammensetzung des Gesamtenergieverbrauchs von Bürogebäuden. Im Unterschied zu Wohngebäuden ist bei Bürogebäuden der Betrieb von Geräten und Beleuchtung ein dominierender Aspekt der Gesamtenergieeffizienz. Diese stromintensiven Anlagen verursachen hohe interne Gewinne, die den Heizwärmebedarf reduzieren, jedoch im Sommer und der Übergangszeit zu hohen internen Lasten führen. Um die Behaglichkeit in diesen Jahreszeiten zu realisieren werden leistungsstarke Lüftungs- und Kühlungsanlagen eingesetzt, die wiederum einen hohen Einfluss auf die Gesamtenergiebilanz aufweisen. Aus diesen Gründen ist die Gesamtenergieeffizienz von Bürogebäuden nicht mit der von Wohngebäuden vergleichbar. Ein weiterer Unterschied ist die äußerst geringe Bedeutung der Warmwasserbereitung in Bürogebäuden, die in folgender Abbildung daher nicht dargestellt wurde.

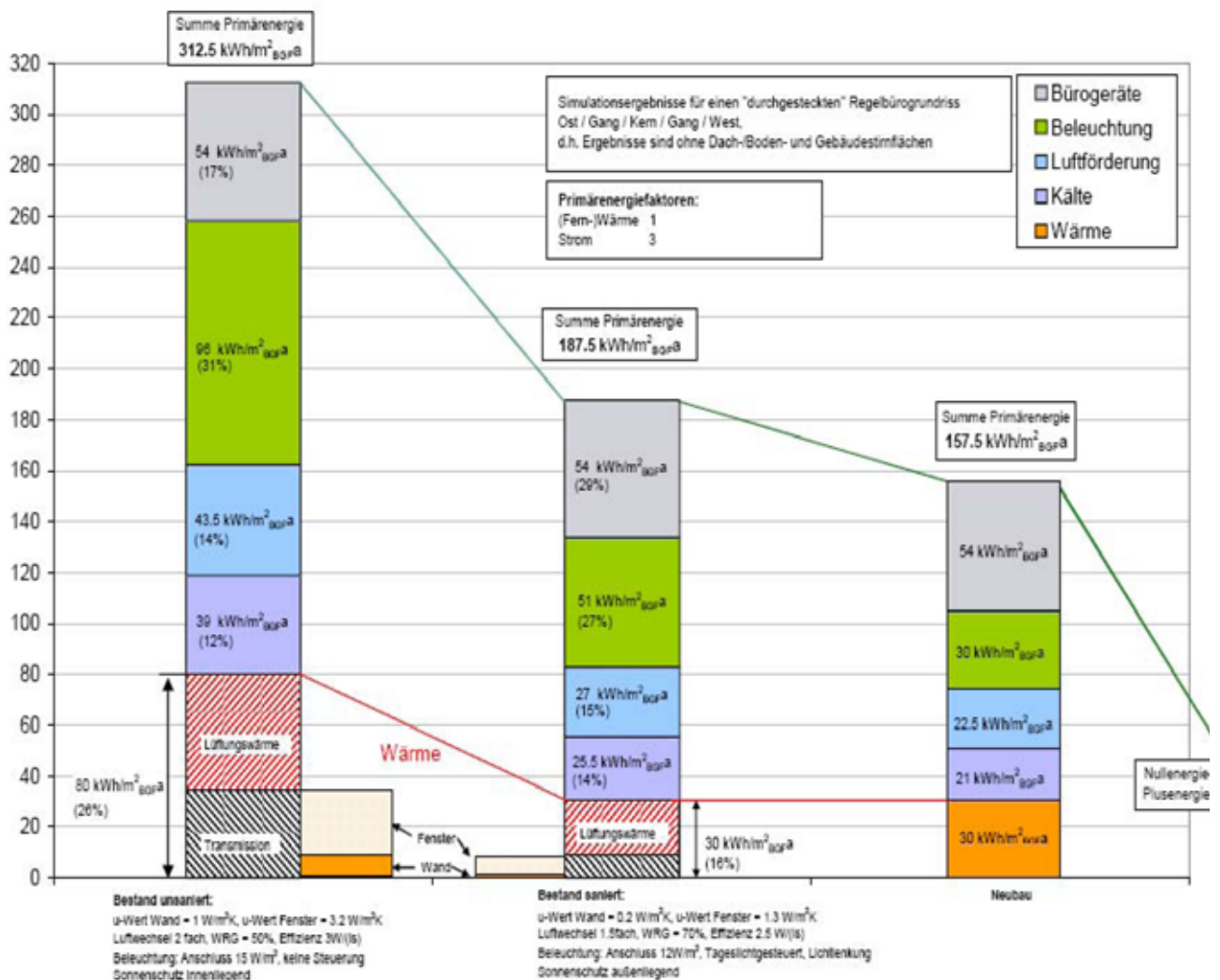


Abbildung 102: Primärenergiebedarf (kWh/m²_{BGF.a}) eines „durchgesteckten“ Regelbüros ohne Berücksichtigung der Dach-, Boden- und stirnseitigen Außenwände des Baukörpers. Im Rahmen des Wettbewerbs für die STEWAG Steg Graz. Übernommen aus [Cody, 2009].

Abbildung 102 zeigt den Primärenergiebedarf von bestehenden, sanierten und neu gebauten Büroeinheiten. Es soll gezeigt werden, aus welchen Komponenten sich die gesamte Primärenergiebelastung zusammensetzt. Aufgrund der stromintensiven Geräte und der Komfortanforderungen an Bürogebäude, beträgt der Anteil dieser Aspekte etwa 80 % des Primärenergiebedarfs von Büroneubauten. Die restlichen 20 % betreffen die Raumheizung, wobei in der Abbildung nicht der Energiebedarf dargestellt wurde sondern die Energieverluste durch Transmission und Lüftung. Anlagenverluste wurden nicht dargestellt.

Zu beachten ist, dass es sich in obiger Darstellung um ein „Sandwich-Büro“ handelt, also dass sich beheizte Räumlichkeiten neben, unter und über diesem Büroraum befinden. Für das Gesamtgebäude würde diese Primärbedarfsdarstellung daher deutlich anders aussehen.

Weitere Informationen (Planungskonzepte und Monitoringdaten) betreffend energieeffiziente Bürogebäude sind beispielsweise im Rahmen des deutschen Forschungsprogramms für energieoptimiertes Bauen zusammengestellt worden (siehe [Voss et al., 2007]).

Abschließend können zum Thema Gesamtenergieeffizienz und Lebenszyklusbetrachtung folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Gesamtenergieeffizienz und Gebäudelebenszyklus sind für zukünftige Neubauten und Sanierungen zu berücksichtigen. Dies betrifft alle Komponenten und Geräte des gesamten Gebäudes.
- Eine differenzierte Betrachtung der Gesamtenergieeffizienz ist aufgrund der unterschiedlichen Lebensdauer der Gebäudekomponenten und Geräten notwendig. Hinsichtlich den energetischen Anforderungen sind Prioritäten zu setzen, die den Erneuerungszyklus und mögliche technologische Weiterentwicklungen der Gebäudeausstattung berücksichtigen.
- Konstruktion und Gebäudehülle haben die längste Lebensdauer und sind daher mit besonders engagierten Qualitätszielen auszuführen bzw. zu sanieren. Wenn die Möglichkeiten für eine engagierte Wärmedämmung der Fassade heute nicht ausgeschöpft werden, besteht bei dem betroffenen Gebäude erst wieder in etwa 40 Jahren die Chance um Versäumtes nachzuholen.

6 Umweltpsychologische Evaluation (POE) von sechs Wiener Passivhaussiedlungen (225 Wohneinheiten) im Vergleich zu konventionellen Bauten (156 Wohneinheiten)

Dr. Alexander G. Keul, Ass.Prof. Univ. Salzburg, Hon.Prof. TU Wien

Umweltpsychologie, Evaluationsforschung

Fachbereich Psychologie, Universität Salzburg

6.1 Einleitung

Wohnbau und Wohnen ist ein wesentliches Element für Energiesparen, Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Das in Deutschland (Passivhaus Institut Darmstadt, Wolfgang Feist, 1992) und Dänemark entwickelte „Passivhaus“ kann durch hohe Wärmedämmung, passive Sonnenenergienutzung (mit speziellen Fenstern) und Wärmerückgewinnung aus der Abluft einen Großteil der Heizenergie einsparen. Sein aus dem passiven solaren Eintrag abgeleiteter Markenname und mediale Schlagworte dazu (z.B. „Haus ohne Heizung“) sind aber für Laien nicht selbsterklärend.

Das erste deutsche Passivhaus wird seit 1991 von vier Familien in Darmstadt-Kranichstein, Hessen, bewohnt und hat eine sozialwissenschaftliche Post-Occupancy Evaluation (POE, Nutzerevaluation nach Bezug; Preiser & Vischer, 2005) positiv absolviert (Rohrmann, 1994). Obwohl beim Passivhaus die Technologie den Hauptgrund für den niedrigen Energiebedarf darstellt, waren die Passivhaus-Techniker auch sehr am NutzerInnenverhalten als Moderatorvariable der Energieeffizienz interessiert (Passivhaus Institut, 1997). Auf dem niedrigen Verbrauchsniveau von etwa 15 kWh/qm/Jahr – im Vergleich zu etwa zehnfachen Werten im konventionellen Wohnbau –, ist das Verhalten (Heizung, Lüftung) der BewohnerInnen in der Lage, die Passivhaus-Energieeffizienz zu modifizieren, aber in einem weit geringeren Ausmaß als bei konventionellen Bauten (vgl. Richter et al., 2003).

2000 beauftragten die österreichische Forschungsinitiative „Haus der Zukunft“ und die Salzburger Arbeiterkammer eine Acht-Objekte-POE, welche vier nachhaltige und vier konventionelle Siedlungen in Salzburg-Stadt, zusammen 614 Wohneinheiten, verglich (Keul, 2000a, 2000b). Unter den nachhaltigen Projekten befand sich auch ein viergeschossiger Passivhaus-Prototyp in Salzburg-Stabauergasse mit 15 Wohneinheiten. Interdisziplinäre Kontakte im Rahmen von „Haus der Zukunft“ mit ArchitektInnen, Bauphysikern und Energietechnikern bestärkten den Autor in seiner Meinung, dass POE im Passivhaus-Sektor ein Forschungsbestandteil sein sollte.

Das EU-Projekt CEPHEUS realisierte und evaluierte 221 Passivhaus-Wohneinheiten in fünf europäischen Ländern, davon 1998-2001 in Österreich 84 Wohneinheiten in Form von Ein-/ Mehrfamilienhäusern und Geschosswohnbauten an neun Standorten. Zwei Pilotprojekte in Salzburg hatten 25 und 31 Wohneinheiten. Alle Projekte wurden energetisch getestet und erreichten ein mittleres

Energieverbrauchsniveau von unter 20 kWh/qm (Österreich: Krapmeier & Droessler, 2001). CEPHEUS sammelte allerdings keine POE-NutzerInnen-daten. Ein "Haus der Zukunft"-Forschungsprojekt zum BewohnerInnenverhalten von 12 österreichischen Pilot- und Demonstrationsprojekten beinhaltete auch Interviews in der Passivhausanlage Ölzbündt, Vorarlberg (13 Wohneinheiten; Stieldorf et al., 2001). Während die BewohnerInnen durchgehend hoch wohnzufrieden waren, wurden die Lüftungs- und Wärmetauschanlagen wegen eingeschränkter Regelbarkeit, trockener Luft im Winter und Geräuschentwicklung kritisiert. Weitere Fokusgruppen-Ergebnisse berichten Buber, Gadner und Hold (2007).

Deutsche Passivhaus-Studien wurden in Hessen (Danner, 2003, Ebel, Großklos, Knissel, Loga & Müller, 2003; Flade & Härtel, 1991, Flade, 1997, Flade, Hallmann, Lohmann & Mack, 2003, Flade & Lohmann, 2004, Mack & Hallmann, 2004), in Hannover, Kassel und Hamburg durchgeführt: Sie konzentrierten sich auf das Umweltbewusstsein als Einzugsgrund, PassivhausbewohnerInnen als spezielle Bevölkerungsgruppe, die subjektive Performanz, Veränderungen durch das Wohnen und Beeinflussbarkeit des Energieverbrauchs. Zum Reihenhausprojekt Wiesbaden-Lummerlund (22 Passiv-, 8 Niedrigenergiehäuser) ergab die Begleitforschung, dass Passivhaus-BewohnerInnen ihr Quartier weder "energiebewusst" gewählt hatten noch –im Vergleich zu Niedrigenergiehäusern– eine besondere Gruppe darstellten. Die Wohnzufriedenheit war hoch trotz Geräuschentwicklung und subjektiv zu geringer Effizienz der Lüftungsanlage. Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle war der wichtigste Prädiktor für interindividuelle Heizenergieverbrauchsunterschiede. Im Wohnverlauf kam es zu keinem höheren Umweltbewusstsein. Ein Stromsparprogramm für die BewohnerInnen wurde ausführlich evaluiert. 2000 wurden in Kassel 40 Passiv-Mietwohnungen evaluiert, wobei auch hier das Passivhaus bei der Wohnungswahl keine Rolle spielte (Hübner & Hermelink, 2001). Eine Passivhaus-Befragung in Hamburg-Lurup (ILS NRW, 2008) stellte 2005 fest, dass 33% sehr wohzufrieden waren, 51% eingeschult worden waren und es nach geregelter Winterbetrieb in 36% der Wohnungen zu sommerlicher Überhitzung kam.

In Österreich wurden nach zahlreichen Prototypen von Passiv-Einfamilienhäusern (vgl. Lang, 2006) und CEPHEUS die ersten großen Passivhaus-Geschosswohnbauten mit zusammen 551 Wohneinheiten 2006 und 2007 in Wien (Mühlweg, Utendorfgasse, Roschégasse, Dreherstrasse, Kammweg B & E) eröffnet. Sozialwissenschaftliche POE, in Österreich schon länger angeboten (Keul, 1991), wurde mit dem "Passivhaus-Sozialwohnbau" praxisrelevanter. Massenwohnbau im Niedrigenergiesektor bedeutet für Wohnbauwirtschaft und Politik die Chance, Betriebskosten zu reduzieren und Ziele des Kyoto-Protokolls zu erfüllen (vgl. Schöberl et al., 2004), aber auch das Risiko, Glaubwürdigkeit und Investitionen zu verlieren, sollte sich die neue Technologie nicht bewähren und wenig Nutzerakzeptanz finden. Dieses Risiko stimulierte explorative Wohnbauforschung: Physikalische Messungen in einzelnen Wohnungen wurden ebenso durchgeführt wie die im folgenden näher dargestellte POE-Serie.

6.2 Fragestellung

Passivhaustechnologie ist auf den ersten Blick für Laien ungewohnt und nicht selbstverständlich. Europäische Wohnungsnutzer sind mit Steckdosen, Lichtschaltern, Wand- oder Heizkörper-Thermostaten vertraut, nicht aber mit einer (de)zentralen Heiz- und Lüftungsregulation (siehe Abbildung 103) und mit raumweisen Luft-Ein- und Auslässen außerhalb von Badezimmern (Abbildung 103).

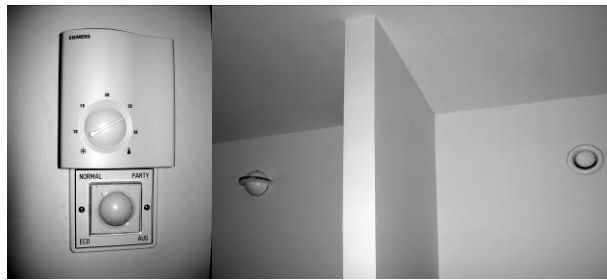


Abbildung 103: Links Passivhaus-Wohnungssteuerung, Rechts Lufteinlaß- (Weitwurfdüse, links) und Absaugöffnung (Tellerventil, rechts), beide Passivhaus Wien-Utendorfgasse (Fotos: A. Keul)

Erstmalige NutzerInnen benötigen daher Information zum Passivhaussystem, seiner Wärmerückgewinnung und über optimales BewohnerInnenverhalten im Normalbetrieb und bei Störungen. Damit ist die Passivhaustechnologie psychologisch ein Anwendungsfall für Laintheorien (Furnham, 1988), Experten-Laien-Kommunikation (Rambow, 1983) und die Diffusion von Innovationen (Rogers, 1995): Um sozial Erfolg zu haben, darf ein Passivhaus nicht zu kompliziert sein; es muss Versuchs- und Irrtums-Lerndurchgänge ermöglichen und seine Vorgänge sollten für Laien funktionell beobachtbar sein. POE im Passivhaus ist daher ein wichtiges Instrument, um unterstützende wie hemmende Faktoren der Markteinführung zu testen (Biermayr, Schriefl & Baumann, 2001).

Die folgenden Forschungsfragen bilden die thematische Leitlinie für die österreichischen Evaluationen: Ist das Passivhaus bereits ein Markenbegriff im Wohnungswesen? Stellt Energiesparen im Passivhaus eine Attraktion dar? Gibt es eine soziologische Schichtung (Gender, Alter, Bildung, Einkommen) beim Passivhausinteresse? Bieten Passivhaus-Heizung und -Lüftung einfache NutzerInneneingewöhnung? Passivhaus-NutzerInneninformation - Erfolg oder Misserfolg? Existieren spezielle Laintheorien zum Passivhaus?

Für die erfolgreiche Aneignung einer innovativen Wohnform wie dem Passivhaus ist für die subjektive Wahrnehmung und Bewertung von objektiven Merkmalen (z.B. Haustechnik) die soziale Vermittlung der Technik und die Kommunikation über Erfolg und Störungen wesentlich. Naive Verhaltensmodelle, wonach sich Bewohner das Haus durch kurze Einweisung und schriftliche Unterlagen rasch „schulisch“ aneignen würden, stellen sich in der Praxis als untauglich heraus. Beim „Passivhausgebrauch“ geht es nicht, wie beim Studium eines neuen Küchengeräts, um einfache Funktionen und Wirkungen, sondern die Heizungs-Lüftungs-Steuerung ist ein komplexes System, das

durch falsche Mentale Modelle („Passivhaus-Mythen“) und technische Fehler in der Anlaufphase neben berechtigtem Ärger auch neurotische Irritation, Angst und sogar pauschale Ablehnung als „sick building“ erzeugen kann.

6.3 Versuchsgruppe Passivhaus-Siedlungen

Sämtliche 2006 und 2007 an die BewohnerInnen übergebenen Siedlungen in Wien – mit Ausnahme einer Eigenevaluation der BUWOG– wurden 2007 bis 2008 mittels Post-Occupancy Evaluations-Serie als Versuchsgruppe untersucht (siehe folgende Tabelle) und 2009 einer Kontrollgruppe aus dem konventionellen Wohnbau gegenübergestellt.

Tabelle 2: Untersuchungsstichprobe Passivhäuser (Versuchsgruppe, VG) und Altbestand (Kontrollgruppe, KG)

Siedlungen VG	Ort, Bezirk	Wohneinheiten	evaluiert	POE %
Am Mühlweg	Wien 21	70	46	65,7
Utendorfgasse	Wien 13	39	31	79,5
Roschégasse	Wien 11	114	45	39,5
Kammelmweg B	Wien 21	88	56	63,6
Kammelmweg E (C)	Wien 21	87(61 bezogen)	30	49,1
Melone Dreherstr.	Wien 11	27	BUWOG 17	62,9
Summe	alle	bezogen 399	225	56,4

Objekte KG	Ort	evaluiert
EFH, RH	Wien	41
Geschosswohnbau	Wien	115
Summe	Wien	156

Es folgen Kurzbeschreibungen der evaluierten Passivhaus-Siedlungen.



Abbildung 104: Wiener PH-Projekte. V.l.n.r.: Mühlweg, Utendorfgasse und Roschégasse (Fotos: A. Keul)

Passivhaus-Projekt Wien-Am Mühlweg: Am Nordrand von Wien, in Floridsdorf, planten die Architekten Dietrich/Untertrifaller in Holzmischbauweise ein fünfgeschossiges Objekt mit 9050 qm Nutzfläche für 70 Mietwohnungen. Die vier Baukörper wurden Ende 2006 eröffnet. Der Bauträger BAI sah mehrere POE-Runden zur Feststellung der Nutzerakzeptanz vor. Die erste POE fand im April/Mai 2007 statt, der zweite Durchgang ist für 2010 geplant. 66% (46 Wohneinheiten) sandten 2007 Fragebögen ein (Keul, 2007a).

Passivhaus-Projekt Wien-Utendorfgasse: Am Wiener Westrand, nahe der Westbahnstrecke in Hütteldorf, planten Schöberl, Pöll und Kuzmich in Massivbauweise ein fünfgeschossiges Objekt mit 2987 qm Nutzfläche für 39 Mietwohnungen. Die zwei Baukörper wurden Ende 2006 bezogen. Im Mai 2007 wurde der Genossenschaft Heimat Österreich eine externe POE angeboten. 79% (31 Wohneinheiten) beantworteten den Fragebogen (Keul, 2007b). Die Planer beauftragten für November 2008 einen zweiten POE-Durchgang mittels Telefoninterviews, der 30 Wohneinheiten erreichte (77%; Keul, 2008d).

Passivhaus-Projekt Wien-Roschégasse: Am südöstlichen Stadtrand von Wien, in Simmering nördlich des Zentralfriedhofs, planten die Architekten Treberspurg und Partner in Massivbauweise ein fünfgeschossiges Objekt mit 9900 qm Nutzfläche für 114 Mietwohnungen. Die Hauszeilen um zwei Höfe waren Ende 2006 beziehbar. Im Mai 2007 wurde der Genossenschaft Atzgersdorf-Hetzendorf eine externe POE angeboten. 40% (45 Wohneinheiten) gaben Fragebögen ab (Keul, 2007c).

Resultate der drei ersten POE-Projekte wurden auf der 12. Internationalen Passivhaustagung in Nürnberg im April 2008, präsentiert und diskutiert (Keul, 2008a).



Abbildung 105: Wiener PH-Projekte. V.l.n.r.: Kammelmweg B, Kammelmweg E (C) und "Melone" Dreherstraße, Wien (Fotos: A. Keul)

Passivhaus-Projekte Wien-Kammelweg Bauteile B und E: Im Norden von Wien, in Floridsdorf, planten die Architekten Schindler & Szedenik (Bauteil B) und Kaufmann & Kaufmann (Bauteil E = Bauplatz C) zwei siebengeschossige Massivbauten mit 8260 (B) and 7104 (E) qm Nutzfläche für 88 Miet- (B) und 87 Eigentumswohnungen (E). Die zwei Objekte wurden Ende 2007 bezogen. Im Mai 2008 wurde dem Bauträger Mischek eine externe POE angeboten. 64% (56 bewohnte Wohneinheiten von Bauteil B) und 49% (30 bewohnte Wohneinheiten von Bauteil E) beantworteten Fragebögen (Keul, 2008c).

Passivhaus-Projekt Wien-Dreherstrasse „Melone“: Am südöstlichen Stadtrand von Wien, in Simmering zwischen Zentralfriedhof und Schwechater Raffinerie, plante Architekt Lautner eine Massivbau-Siedlung aus fünf gerundeten Strukturen, eine davon ein fünfgeschossiges Passivhaus mit 2405 qm Nutzfläche für 27 Mietwohnungen. Das ovale Passivhaus wurde im Herbst 2007 eröffnet. Die Genossenschaft BUWOG führte im April 2008 eine interne POE mit eigenem Fragebogen durch (Kurzmann, 2008).

Die sechs Wiener Passivwohnbauten haben ähnliche energietechnische PHPP (Passivhaus Projektierungs Paket)-Werte zur Heizenergiebilanz nach EN 832 (Energiekennzahl und Heizlast) und positive "Blower door"-Luftdichtetest - vgl. Tabelle 3, siehe auch www.igpassivhaus.at. Die Passivhäuser Mühlweg, Utendorfgasse, Kammelweg B und Dreherstrasse besitzen zentrale Lüftungssysteme, während Roschégasse und Kammelweg E dezentrale Lüftungsanlagen verwenden. Die Lufttemperaturregelung nutzt Abwärme-Rückgewinnung mittels Wärmetauscher. Technische Details einiger Projekte sind in www.hausderzukunft.at näher dokumentiert.

6.4 Kontrollgruppe konventioneller Bauten

Alte Studien zur Wohnqualität sind zum Vergleich mit Passivhaus-Bewohnerdaten wenig geeignet, auch wegen des technisch-kulturellen Wandels im Wohnangebot und bei den Wohnbedürfnissen. Ornetzeder und Rohrer (2001) ermittelten Einstellungen und Beurteilungen der Bewohnerschaft ökologischer Ein-/Zweifamilienhäuser, Gruppenwohnprojekte und großvolumiger Wohnbauten (zusammen 350 Einheiten) in Österreich. Dabei zeigten sich 94% der Ein-/ZweifamilienhausbewohnerInnen sehr wohzufrieden, 73% aus den Gruppenwohnprojekten und 49% aus Großwohnanlagen. Einen NutzerInnen-Vergleich zu vier nachhaltigen und vier konventionellen Siedlungsformen in Salzburg-Stadt stellte Keul (2000a, b) an (55 nachhaltige Wohneinheiten mit 80% Rücklauf; 559 konventionelle Wohneinheiten mit 12,5% Sample).

Die Passivhaus-Erhebung 2007/2008 in Wien erforderte eine aktuelle Vergleichsstichprobe aus dem konventionellen Wohnbau. Diese wurde mit Studierenden der TU Wien in einer Lehrveranstaltungen 2009 realisiert. Die konventionelle Stichprobe in Wien umfasste 156 Fragebögen. Sie enthielt 41 (26,3%) Einfamilien- und Reihenhäuser und 115 (73,7%) Wohneinheiten im Geschosswohnbau. Die entsprechenden Zahlen der Statistik Austria (2006) für diese Wohnformen in Wien waren 9,9% und 72,1% des Wohngebäudebestandes 2001. Das heißt, die Stichprobe verzeichnet

in Wien in Richtung Einfamilienhaus. Den BewohnerInnen in Wien wurde ein fast identischer Fragebogen wie den PassivhausbewohnerInnen vorgelegt.

6.5 Untersuchungsmethode, Annahmen

Die Post-Occupancy Evaluation verwendete einen Fragebogen, der jeweils an alle Wohneinheiten mit Begleitbrief verteilt und nach Erinnerung (persönlich, schriftlich) eingesammelt wurde. Eine Zweiterhebung (Utendorfgasse) nutzte Telefoninterviews. Der POE-Fragebogen hatte 35 bis 44 Items, wovon 5-8 soziodemografisch waren, 11-18 offene Fragen (qualitativ) und 18-24 geschlossene Fragen (quantitativ). Ein Kern aus 19 Items war in allen sieben Projekten derselbe, andere Items lauteten jeweils projektspezifisch. Das Passivhaus Dreherstrasse wurde mit einem internen Instrument der BUWOG evaluiert - 28 Items, davon eines soziodemographisch, 15 offene and 12 geschlossene Fragen. Die POE-Rücklaufzeiten lagen zwischen 40 und 80 Prozent aller Wohnungseinheiten. Es blieb den Antwortenden überlassen, wer jeweils pro Wohneinheit den Fragebogen beantwortete. Antwortraten unter 50% waren auf einen zu frühen Befragungszeitpunkt (Rorschégasse) und ein Motivationsdefizit durch Kommunikationsprobleme (Kammelmweg E) zurückzuführen.

Der Autor besuchte, meist auf Exkursionen mit Studierenden, alle Siedlungen vor der POE und führte mehrfach persönliche BewohnerInnengespräche, auch in Wohnungen. Die POE selbst bot telefonische Rückfragen an, ging als Ergebnisbrief an alle BewohnerInnen und wurde am Kammelmweg im November 2008 in einer Hausversammlung persönlich präsentiert.

Die Untersuchung überprüfte folgende fünf Annahmen:

1. *Wohnzufriedenheit mit Passivhaus-Großwohnsiedlungen entspricht quantitativ jener in großen Altbauten.* Es wird angenommen, dass sich Wohnen als komplexe, routinierte Alltagshandlung in verschiedenen Wohnformen nicht grundlegend unterscheidet und daher auch die Wohnzufriedenheit wenig differiert. Mit zeitlich zunehmender Mensch-Umwelt-Passung, teils durch Aneignung, teils resignativ, wächst auch die Wohnzufriedenheit.
2. *Wohnen im Passivhaus wird von einer Zielgruppe bewusst gesucht, die sich von der Allgemeinbevölkerung systematisch unterscheidet.* Diese Annahme wurde zuerst bei Evaluationen in Hessen formuliert, dort aber nicht bestätigt.
3. *Passivhaus-Wissen und -Interesse folgt dem allgemeinen Umweltbewusstsein und ist bei Passivhaus-Bewohnern, auch durch Alltagserfahrung, ausgeprägter als im Altbau.* Auch diese plausible Annahme wurde in Hessen nicht bestätigt.
4. *Wohnzufriedenheit mit dem Passivhaus hängt von der kompetenten Vermittlung dieser Wohnform ab.* Es wird angenommen, dass sich ein komplexes Objekt wie ein Passivhaus sich „naiv“

nicht erfolgreich aneignen lässt, sondern Vermittlung durch Experten („Technikmediation“) erforderlich wird.

5. Probleme mit Raumtemperatur und –feuchte bewegen sich im selben Bereich wie bei Altbauten, werden aber verstärkt wahrgenommen. Über Probleme dieser Art wird seit den ersten Passiv-Großwohnbauten geklagt. Es wird angenommen, dass jeder Geschosswohnbau, besonders im ersten Winter ab Bezug („Trocknungsphase“), gewisse Schwächen bei der Temperatur- und Feuchtereulation aufweist, jedoch Passivhäuser durch ihre neuartige Heizung die Aufmerksamkeit ihrer Bewohner auf diesen Bereich fokussieren („Priming“), weshalb Abweichungen verstärkt wahrgenommen und negativ bewertet werden.

Tabelle 3: Wiener Siedlungs-, BewohnerInnen- und Evaluationsergebnisse

<i>Items</i>	<i>MÜHL</i>	<i>UTEN</i>	<i>ROSCH</i>	<i>KAM-B</i>	<i>KAM-E</i>	<i>DREH</i>	<i>ALTBAU</i>
Bauträger	BAI	HÖ	AH	Mischek	Mischek	BUWOG	versch.
Wohneinheiten	70	39	114	88	(87) 61	27	versch.
Geschosse	5	5	5	7	7	5	versch.
Nutzfläche	9050	2987	9900	8260	7104	2405	versch.
Energiekennzahl kWh/qm	13,1	14,5	7,3	13	11	13	-----
Heizlast W/qm	11,4	9,13	7,2	7,9	8,6	10	-----
Drucktest Blower door	0,20/h	0,18/h	0,30/h	0,33	0,28	0,11/h	keiner
Automatische Lüftung	zentral	zentral	dezentr.	zentral	dezentr.	zentral	keine
Heizung*	NHR	NHR	WP	NHR	NHR	NHR	versch.
Bezug im	Nov.06	Nov.06	Dez.06	Okt.07	Okt.07	Sep.07	versch.
Evaluation	Apr.07	Mai 07	Mai 07	Mai 08	Mai 08	Apr.08	08/09
Rücklauf %	65,7	79,5	39,5	63,6	49,2	63,0	-----
Alter MW	38,4	34,5	36,3	37,3	37,6	-----	41,4
Alter Range	19-74	20-55	21-60	23-60	22-70	-----	19-88
Haushaltsgröße	2,2	2,4	2,7	2,5	2,1	-----	2,9
kinderlos %	75,6	41,9	48,9	56,0	73,3	-----	39,5
Rechtsform	Miete	Miete	Miete	Miete	Eigent.	Miete	versch.
qm MW	87	73	87	94	90	89	90
Wohlbefinden MW	1,2	1,2	1,2	1,5	2,1	1,5 ^a	2,0
Passivhaus-Info %	78,3	83,9	91,1	82,1	73,3	(94) ^a	34,5
Passivhaus-Wahl %	40,0	6,9	29,5	24,1	40,0	53	-----
Passivhaus sympathisch%	73,9	83,9	75,0	63,6	30,0	(65) ^a	67,3
Technik-Vermittlung gut %	54,3	54,8 48,4	73,3	28,6 20,4	14,3 0,0	(59/64) ^a	-----
Kommunik.Hausverw.gut %	30,2	32,1	24,4	47,8	0,0	-----	37,0
Probleme Heizung %	52,2	46,4	17,5	33,3	100,0	(24) ^a	-----
Probleme Lüftung %	-----	40,0	16,7	53,3	100,0	(42) ^a	-----
Energiesparen s. wichtig %	89,1	64,5	91,1	82,1	83,3	-----	57,0
ÖV-Nutzung immer %	32,6	32,3	35,6	51,8	43,3	-----	39,7

Anmerkungen: Energiekennzahl (PHPP) und Heizlast (PHPP) aus der IG Passivhaus-Datenbank;

Heizung* NHR=Nachheizregister, WP=Wärmepumpe; DREH^a - andere Frageform

6.6 Ergebnisse

Deskriptive Statistik (vgl. Tabelle 3) - Das mittlere Alter der PH-Antwortenden betrug zwischen 34,5 and 41,3 Jahren, der Altersspielraum lag zwischen 19 and 82 Jahren. BewohnerInnen vom Mühlweg (Mittelwert MW 38,4) waren am ältesten; die Bewohnerschaft der Utendorfsgasse (MW 34,5) am jüngsten. Die mittlere Personenanzahl pro Haushalt lag bei 2-3 mit den geringsten Zahlen in Kammelweg E (2,1) und Mühlweg (2,2) und den höchsten in der Roschégasse (2,7). Die Häufigkeit von Zweipersonen-Haushalten schwankte zwischen 29% (Utendorfsgasse) und 65% (Kammelweg E). Haushalte ohne Kinder rangierten zwischen 42% (Utendorfsgasse) und 83% (Kammelweg E). Die mittlere Wohnungsgröße lag zwischen 73 qm (Utendorfsgasse) und 94 qm (Kammelweg E).

Ein Vergleich mit der Kontrollgruppe im Altbau zeigt ähnliche Werte: Altersmittel 41,4, Altersrange 19-88, Haushaltsgrößen MW 2,9 , 39,5% bzw. 56,1% kinderlos. Mittlere Wohnungsgrößen 90 qm.

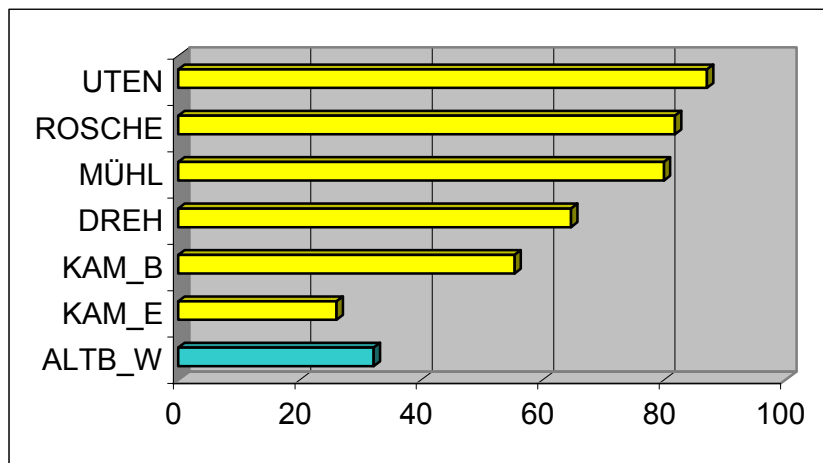


Abbildung 106: Hohe Wohnzufriedenheit ("sehr zufrieden"), Prozent-Mittelwerte im Altbestand Wien (ALTB_W) blau und Passivhaus-Werte gelb

Wohnzufriedenheit - Wohnzufriedenheit mit Passivhaus-Großwohnsiedlungen entspricht quantitativ der Wohnzufriedenheit in großen Altbauten. Wie Abbildung 106 zeigt, bewegt sich hohe Wohnzufriedenheit ("sehr zufrieden") bei drei PH-Siedlungen um die 80% und damit weit über den Werten im Altbau von etwa 30%. Dreherstraße und Kammelweg B liegen etwas tiefer, eine Siedlung (Kammelweg E) sogar etwas tiefer als die Kontrollgruppe. Hohe Wohnzufriedenheit geht einher mit guter selbstberichteter PH-Information, Sympathie für die Wohnform und guter Vermittlung der Technik (über 50%) – siehe Tabelle 3.

Dem Wiener Altbau nahe war die PH-Gesamtzufriedenheit in Hessen (40% sehr zufrieden; Daner, 2003, Ebel et al., 2003, Flade et al, 2003).

BewohnerInnen im Wiener Altbau waren mit 15,7 Jahren Wohndauer erheblich ortsfester als die 5 bis 7 Monate nach Einzug evaluierten PassivhausnutzerInnen. Passivhaus-Wohnzufriedenheit im Längsschnitt steht noch aus. Ein erster Befund aus der Utendorfsgasse: Im Mai 2007 äußerten schriftlich 84% starke Sympathie für das Passivhaus; bei der Wiederholung im November 2008 waren es 94%.

Spezielle NutzerInnen - *Wohnen im Passivhaus wird von einer Zielgruppe bewusst gesucht, die sich von der Allgemeinpopulation systematisch unterscheidet.* Statistisch ergab sich für fünf Passivhaus-Siedlungen (ohne Dreherstraße, wo diese Daten fehlten) *keinerlei* Zusammenhang (Korrelation Kendalls Tau) der Wohnzufriedenheit mit Alter, Geschlecht, Haushaltsgröße oder Kinderzahl im Haushalt. Nach Bildung wurde nicht gefragt. Damit liegt hier ein negatives Ergebnis vor, wie schon in Hessen. Interessant die Zusammenhänge im Altbau, wo sich ($\tau = -.150$, $p < .020$) ein Alterseffekt zeigte (je älter, desto wohzufriedener) und ebenfalls ($\tau = .352$, $p < .004$) ein Gendereffekt (Männer antworteten wohzufriedener). Wie erwähnt, leben die Personen der Kontrollgruppe schon viele Jahre in ihren konventionellen Gebäuden.

Attraktion Passivhaus - Wenn Energiesparen inzwischen breite gesellschaftliche Zustimmung erfährt -so sagten laut Kuckartz, Rheingans-Heintze und Rädiker (2007) 84% der deutschen Befragten, dass ihnen Energiesparen beim Kauf von Haushaltsgeräten wichtig wäre-, dann sollte Energiesparen neues Bauen und Wohnen attraktiv machen und die soziale "Diffusion" (Verbreitung) der Neuerung fördern (Keul et al., 2002, Rogers, 1995). In der vorliegenden POE-Serie wurde gefragt, ob das Passivhaus selbst ein Entscheidungsmerkmal für seine BewohnerInnen darstellte. Erhöhte Wahlpriorität wurde nur in der Dreherstrasse (53%) berichtet.

Marke Passivhaus - "Kennen Sie die Merkmale eines Passivhauses?" (in Tabelle 3 "PH-Info") wurde häufig bejaht – bis zu 91% (Roschégasse) und 94% (Dreherstrasse). In Kammweg E (73%) war das Wissen geringer. Auch eine Zusatzfrage über einsparbare Heizkosten im Passivhaus (keine, unter 50%, über 50%) wurde bei Informations- und Motivationsproblemen von jedem Zweiten (Kammweg E) korrekt beantwortet, von besser passivhausinformierten Bewohnern – 85% Roschégasse, 86% Kammweg B, 92% Utendorfsgasse – deutlich besser.

In Hessen (Danner, 2003, Ebel et al., 2003, Flade et al., 2003) nannten 85% kein PH-Wissen vor dem Zuzug, aber 65% äußerten Interesse an der PH-Technologie und nur 25% alternativ Interesse an einem konventionellen Haus.

Persönliche Sympathie ist ein zentrales Merkmal erfolgreicher Marken. Bei der Passivhaus-Sympathiefrage (in Tabelle 3 "PH symp") schnitt Kammweg E (30%) mäßig ab. Mühlweg (74%), Roschégasse (75%) und Utendorfsgasse (84%) hatten dagegen hohe Sympathiewerte. Ein anderes Markenmerkmal ist die Empfehlung des Produktes an Freunde. Hohe Zustimmung ("ja, sehr") war

niedrig für Kammelweg E (7%) und Kammelweg B (32%). Mehr Vertrauen wurde in Utendorfgasse (58%) und Roschégasse (60%) geäußert.

Wie Tabelle 4 zeigt, korreliert Sympathie und Empfehlung an Freunde für vier Passivhaus-Siedlungen auch signifikant mit der Wohnzufriedenheit.

In der Wiener Altbaugruppe kannten 34,5% die Passivhaus-Eigenschaften, 49% teilweise, 16,5% nicht. Dieses Wissen war bildungs-, alters- und genderunabhängig.

Tabelle 4: Wohnzufriedenheit und Technikvermittlung, Sympathie und Empfehlung Passivhaus. Keine Werte liegen dazu aus den Altbauten vor.

<i>Korrelationen</i>					
<i>Kendalls Tau</i>	<i>MÜHL</i>	<i>UTENDORF</i>	<i>ROSCHÉ</i>	<i>KAMMEL_B</i>	<i>KAMMEL_E</i>
WZF/Technikvermittlg	n.s.	.425 p<.015	.539 p<.000	.255 p<.047	n.s.
WZF/PH-Sympathie	n.s.	.640 p<.000	n.s.	.581 p<.000	.540 p<.001
WZF/PH-Empfehlung	-----	.508 p<.004	.487 p<.001	.542 p<.000	.398 p<.017

Energiesparen als Wohnmotiv - *Passivhaus-Wissen und –interesse resultiert aus dem allgemeinen Umweltbewusstsein und ist bei Passivhaus-Bewohnern, auch durch Alltagserfahrung, ausgeprägter als im Altbau.* Die Variablen „Energiespar-Wichtigkeit“, „PH-Wissen“, „PH-Wahl“ und „PH-Sympathie“ zeigten in fünf Siedlungen keinerlei Zusammenhänge. Lokale Signifikanzen für Energiesparen versus PH-Wahl ergaben sich in der Roschégasse ($\tau=.451$, $p<.003$) und am Kammelweg B ($\tau=.346$, $p<.008$). Wie schon in Hessen, ließ sich also auch in Österreich diese Annahme nicht konsistent bestätigen.

Rolle der Technikvermittlung - *Wohnzufriedenheit mit dem Passivhaus hängt von der kompetenten Vermittlung dieser Wohnform ab.* Tabelle 4 zeigt die entsprechenden Ergebnisse (als WZF/Technikvermittlg): In vier der sieben Siedlungen besteht ein Zusammenhang zwischen Wohnzufriedenheit und als positiv beurteilter Technikvermittlung. Wegen Auswahleffekten (Mühlweg und Roschégasse selektive Population) und unterschiedlichen Vermittlungsstrategien (z.B. Utendorfgasse intensive Arbeit schriftlich, Versammlung und vor Ort, andere weniger intensiv) lassen sich die Siedlungen nicht wie unter Laborbedingungen miteinander vergleichen. Trotzdem ist eine klare Tendenz „Vermittlung zufriedenheitswirksam“ feststellbar, die Annahme also gültig.

Die Datensätze zeigen teilweise Schwächen der persönlichen Vermittlung (Versammlung, Wohnungsbesuch) – in der Utendorfgasse fanden 55% die schriftliche Information „gut“, die Erklärung in der Wohnung 48%, die Mieterversammlung aber nur 26%. Am Kammelweg B (Mieter) beurteilten 29% das Handbuch als „gut“, die persönliche Einweisung 20%. Im Kammelweg E (Eigentümer)

fanden nur 14% das Handbuch "gut", dafür 36% "schlecht". Die Einweisung vor Ort fand niemand gut, 65% schlecht – ein erhebliches Kommunikationsproblem.

Zusammengefasst über alle sechs Projekte kann die Passivhaus-Information bei zukünftigen Projekten noch verbessert werden. Passivhausbewohner blättern im Störfall ungern in dicken Technik-Foldern, sondern benötigen – so Hausbetreuer Halbhuber vom Mühlweg – eine klar verständliche Kurzinformation ("Es ist zu heiß – was tun?").

Nachbesserungsbedarf bestand auch in Hessen: 14% fanden die inhaltliche Betreuung "sehr gut", 48% "mittelmäßig". Vor-Ort-Einweisung fand nicht statt (Danner, 2003, Ebel et al., 2003, Flade et al., 2003).

Laienvorstellungen zum Passivhaus - Diese POE-Serie sammelte dazu keine Daten. Aus dem Projekt Mühlweg hörte der Autor, dass sich kurz nach Bezug in einem der vier Gebäude ein Gerücht verbreitete, wonach das Passivhaus zu Weihnachten eiskalt würde, wenn viele Mieter in den Ferien wären, weil "ein Passivhaus nur von den Bewohnern geheizt wird". Es kostete die Hausverwaltung Mühe zu überzeugen, dass das Gebäude eine sehr flache Abkühlungskurve zeigt und zusätzlich in jeder Wohnung kleine Radiatoren montiert wären, welche von einigen Bewohnern gar nicht bemerkt worden waren. Lagentheorien über das nicht-intuitive System Passivhaus sollten routinemäßig gesammelt und Antworten dazu im FAQ-Format kommuniziert werden.

Raumluftqualität als Problem - *Probleme mit Raumtemperatur und -feuchte bewegen sich im selben Bereich wie bei Altbauten, werden aber verstärkt wahrgenommen.* Ein wichtiger Qualitätsfaktor ist die subjektiv erlebte Heizung/Lüftung und deren Bedienung. Für Passivhäuser wird ja auch mit "Komfortlüftung" geworben. Probleme/Defekte bei der Heizungsregulation wurden verstärkt berichtet – Mühlweg 54%, Utendorfgasse 46%, Roschégasse 18%, Kammelweg B 33%, Kammelweg E sogar 100% der Nennungen (vor allem "zu kalt"). Lüftungsprobleme hatten vor allem mit Ventilationslärm und trockener Luft zu tun – Mühlweg Lärm, Utendorfgasse trockene Luft und Defekte, Roschégasse Anfangsprobleme, Kammelweg B und E trockene Luft, Lärm und Fogging (schwarze Wandverfärbung), Dreherstraße Temperatur, trockene Luft. Am Kammelweg E führten massive Beschwerden (100% Nennungen) zu Messungen und technischer Systemverbesserung.

Auch in der Kontrollgruppe Altbauten wurde über Schwächen bei der Temperatur- und Feuchtere-gulation berichtet: 14% fanden die Raumtemperatur „meistens zu heiß/kalt“. Die Luftfeuchte im Winter wurde von 19% als zu trocken beurteilt, von 11% als zu feucht. Im Vergleich zu den Passivhauswerten waren die Altbauprobleme geringer. Der Aufmerksamkeitsprozess sollte durch qualitative Interviews noch eingehender untersucht werden.

Die PH-Evaluation Lummerlund in Hessen (Danner, 2003, Ebel et al., 2003, Flade et al., 2003) identifizierte –anders als in Österreich– Technikprobleme eher im Heizsystem als bei der Lüftung.

Während 60% mit der Lüftung sehr zufrieden waren und ebensoviele meinten, das System „voll und ganz im Griff“ zu haben, fanden letzteres bei der Heizung nur 36%. 80% meinten, es sei immer warm genug, aber es wurden fehlerhafte Anzeigen, Funktions-, Bedienungs- und Wartungsmängel kritisiert. Die Hälfte der BewohnerInnen vermisste eine raumweise Temperaturregelung.

Wohnzufriedenheit und Funktionalität -Reagiert der Wohnzufriedenheitswert auf Heizung und Lüftung? Im zweiten POE-Durchgang 2008 der Utendorfgasse wurden Wohnzufriedenheit und PH-Funktionalität erfragt. Die Korrelation (Kendalls Tau) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang ($\tau = .326$, $p < .067$). Qualitative Daten wiesen in dieselbe Richtung: Bewohner äußerten hohe Wohnzufriedenheit, erzählten aber unmittelbar darauf von technischen Einzelproblemen. Wohnzufriedenheit mittelt zeitlich über wenige Bereiche und hängt vom Erwartungsniveau und realisierten eigenen Wünschen ab, entspricht also eher einer Kompromissbildung.

Weitere Ergebnisse: Die Wiener Evaluationen beschäftigten sich auch mit subjektiven Wohnqualitätskriterien, Grünraum, Freizeit, Nachbarn, subjektiver Sicherheit, Image der Hausverwaltung, Infrastruktur, Verkehrsanbindung und wahrgenommener Umweltqualität (z.B. Lärm). Details dazu werden hier aus Platzgründen nicht behandelt. Gleichfalls unerwähnt bleiben in diesem Bericht Ergebnisse der Nutzerevaluationen Samer Mösl-Salzburg (Keul, 2008b) und Franz Ofner Straße-Salzburg (Keul, 2009) sowie Evaluationsdaten zum Altbau in Salzburg und Linz.

6.7 Diskussion, Kritik und Ausblick

Die Post-Occupancy Evaluation (NutzerInnenbewertung nach Bezug) sechs neubezogener mehrgeschossiger Passivhausprojekte in Wien 2006-2007 (399 Wohneinheiten) erhob mittels Fragebogen eine BewohnerInnenstichprobe von 225 (56%). Es stellte sich heraus, dass fünf PH-Projekte bessere und eines ähnliche Wohnzufriedenheitswerte aufwies wie der Altbau. Einige Passivhausprojekte dürften Markenqualität erreicht haben, wenn man sie an realisierter Energieersparnis, persönlicher Sympathie und möglicher Empfehlung an Freunde bemisst. Energiesparen war aber als Auswahlkriterium wenig wichtig – die meisten Bewohner nannten zuerst andere Kriterien wie Lage. Die Beurteilung zeigte keine deutlichen Gender- oder Alterseffekte. Zu Heizung und Lüftung direkt nach dem Einzug schilderten einige BewohnerInnen Probleme und Störungen, welche zu Justierungen und am Kammelpfad E auch zu technischen Verbesserungen führten. Während schriftliche Passivhaus-Information meist positiv beurteilt wurde, wirkten Veranstaltungen und persönliche Erklärungen in der Wohnung verbesserungsfähig. In einem Fall verbreitete sich eine falsche Laientheorie („Auskühlung über Weihnachten“).

Der erste sozialwissenschaftliche österreichische Passivhaus-Befund für den Geschosswohnbau nach sechs Einzelumfragen ist grundsätzlich positiv – nachhaltiges Bauen und Wohnen kann eine gangbare Lösung für viele Menschen sein, erschließt und bewirbt sich aber nicht von selbst (vgl.

Social Design, Sommer, 1983), sondern bedarf intelligenter Technikmediation, besonders in der Einstellphase des Hauses unmittelbar nach Einzug. InteressentInnen für ein Passivhaus sind keine "grüne Spezialgruppe", sondern durchaus der soziale "Mainstream". Erfolgreicher Kontakt mit dem Passivhaus sollte nicht nur als Belehrung und Lernprozess gedacht werden, sondern auch als Netzwerk gemeinsam lernender Partner. So zeigten etwa kritische BewohnerInnen am Kammeltweg E für die Bauphysik interessante Probleme und Lösungen auf. Passivhaus-BewohnerInnen sollten vor dem Neustart eines Gebäudes ehrlich auf die "Einstellphase" und ihre Probleme vorbereitet werden, damit die große Freude am neuen Heim nicht in enttäuschte Erwartungen umschlägt. Dies ist vor allem bedeutsam, als Passivhaus-ArchitektInnen erfolgreiche Lösungen nicht vervielfältigen, sondern baulich immer Innovationen (also singuläre experimentelle Lösungen) schaffen wollen/müssen. Neben einem möglichen Screening ("Sind Sie ein Passivhaus-Typ?"), wie es von einer Wiener Genossenschaft zum Projekt Roschégasse betrieben wurde, sollte bei Informationsmaterial und Schulungen mehr Wert auf Komplexitätsreduktion und eine geeignete BenutzerInnenoberfläche gelegt werden, damit sich das Passivhaus nicht unverständlich und mühsam präsentiert.

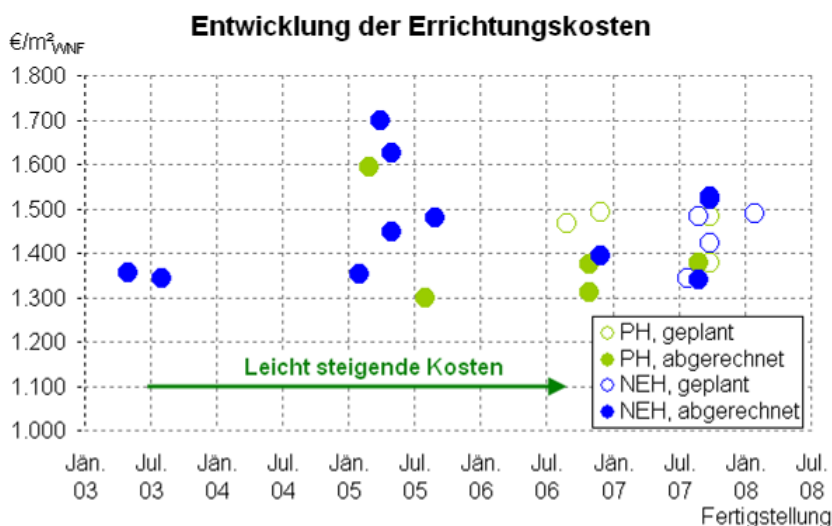
Niedrigenergiehäuser haben das Potenzial, Umweltlernen (Fietkau & Kessel, 1981) interessierter BewohnerInnen zu fördern und die Entwicklung Richtung "Wohlbefinden in der Stadt" (Keul, 1995) weiter voranzutreiben. POE ist ein geeignetes Instrument, um die soziale Dimension dieses Innovationsprozesses zu messen und dabei wichtige NutzerInnenwünsche zu identifizieren.

Die weitere Entwicklung in Österreich verläuft dynamisch: Smutny und Treberspurg haben inzwischen ein 2005 eröffnetes siebengeschossiges PH-Studentenheim in Wien-Molkereistrasse mit 287 Wohneinheiten evaluiert (Treberspurg & Smutny, 2007, Smutny, Treberspurg & Oberhuber, 2008). Am Lodenareal in Innsbruck, Tirol, sind 354 Passiv-Mietwohnungen im Bau. Im Wiener Bezirk Landstrasse soll auf den Aspanggründen das Projekt Eurogate mit 740 Passiv-Wohneinheiten realisiert werden. Die Passivhaustechnologie verbreitet sich rasch im Massenwohnbau. Grundsätzliche Kritik am Passivhaus wird von Expertenseite eher selten laut ("Religion" Krainer, 2008; "Kreativitätsbremse" Prix, 2009; "fehlende Ökobilanz" Cody, 2009). Weitere unabhängige Evaluationen sind notwendig, um Qualitätsstandards zu sichern und die soziale Akzeptanz dieser Wohnform und ihrer Vermittlung kritisch zu dokumentieren.

7 Einflussfaktoren auf die Errichtungskosten

Dieser Abschnitt basiert auf den Ergebnissen der zeitgleich gelaufenen umfangreichen Analyse von Errichtungs- und Bewirtschaftungskosten großvolumiger Wohngebäude in Passivhaus- und Niedrigenergiehausqualität in Wien [Schuster et al, 2009]. Die Studie wurde von Mag. Oberhuber von der FGW Wien geleitet, von der MA 50 beauftragt und ist als Langfassung auf www.wohnbauforschung.at verfügbar.

Der folgende Abschnitt bietet eine inhaltliche Ergänzung. Aufgrund der vorliegenden Resultate stellte sich die Frage, wie die Errichtungskosten (lt. ÖN B 1801-1:1995) von verschiedenen baulichen Parametern beeinflusst werden. Untersucht wurden das Baujahr, die Größe und die Kompaktheit von 24 Wohnhausanlagen (ca. 1500 Wohnungen) wobei 9 in Passivhausstandard ausgeführt wurden (in folgenden Diagrammen als grüne Kreise dargestellt). Die Daten wurden freundlicherweise von der MA25 zur Verfügung gestellt. Wohnhausanlagen, die noch nicht endabgerechnet wurden sind in folgenden Abbildungen als Kreisring dargestellt.



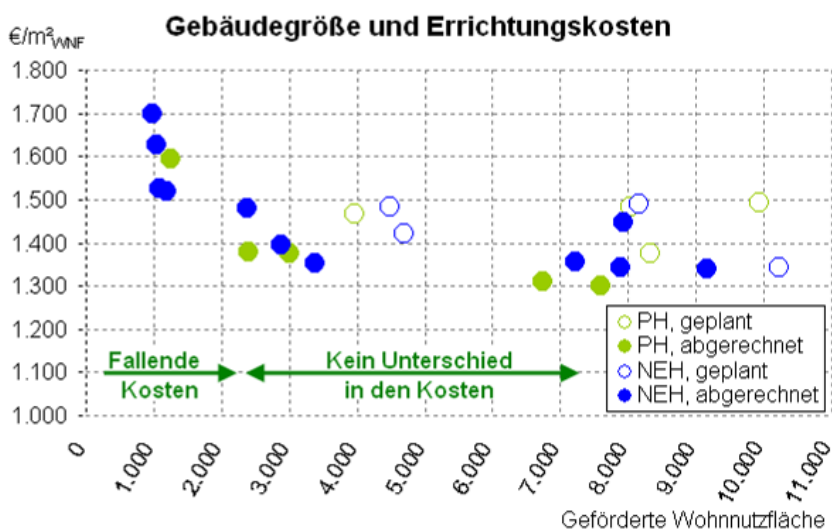
Im ersten Schritt wurde die Entwicklung der Baukosten in Abhängigkeit des Fertigstellungsdatums betrachtet.

Trotz des in Österreich relativ hohen Baukostenindex ist in Wien bei den betrachteten Objekten keine deutliche Steigerung der Kosten zu erkennen. Einem geringen Anstieg bis 2005 folgt eher ein konstanter Verlauf bis 2008.

Bemerkenswert ist, dass die zwei kosteneffizientesten Wohnhausanlagen bereits abgerechnete Passivhäuser sind.

Auch sonst lässt sich kein signifikanter Trend für PH oder NEH ausmachen

Abbildung 107: Zeitliche Entwicklung der Errichtungskosten



Die Abbildung zeigt die Errichtungskosten in Abhängigkeit der Größe der Wohnhausanlage.

Kleine Wohnhausanlagen bis ca. 2.000 m² Wohnnutzfläche sind teurer (etwa 1.600 €/m²) als größere (etwa 1.400 €/m²)

Bei einer Größe zwischen 2.300 m² und 10.000 m² Wohnnutzfläche ist kein signifikanter Unterschied in den Errichtungskosten zu beobachten.

PH liegen etwa im selben Bereich wie NEH.

Abbildung 108: Einfluss der Größe auf die Errichtungskosten

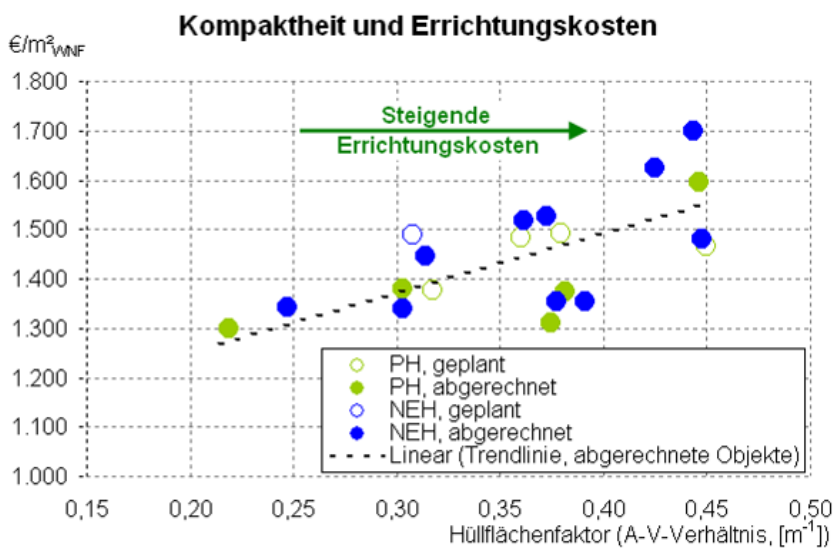


Abbildung 109: Einfluss der Kompaktheit auf die Errichtungskosten

Hier wurden die Errichtungskosten im Vergleich zur Kompaktheit dargestellt.

Es ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen Kompaktheit und Errichtungskosten zu erkennen.

Kompaktere Wohnhausanlagen sind deutlich kostengünstiger als jene mit hohem Hüllflächenfaktor (Oberflächen-Volumen-Verhältnis)

Ein A-V-Verhältnis von 0,2, 0,3 bzw. 0,4 m⁻¹ bewirkt Kosten von etwa 1.300, 1.400 bzw. 1.500 €/m².

PH befinden sich etwa im selben Bereich wie NEH.

Die dargestellte Trendlinie betrifft abgerechnete Wohnhausanlagen.

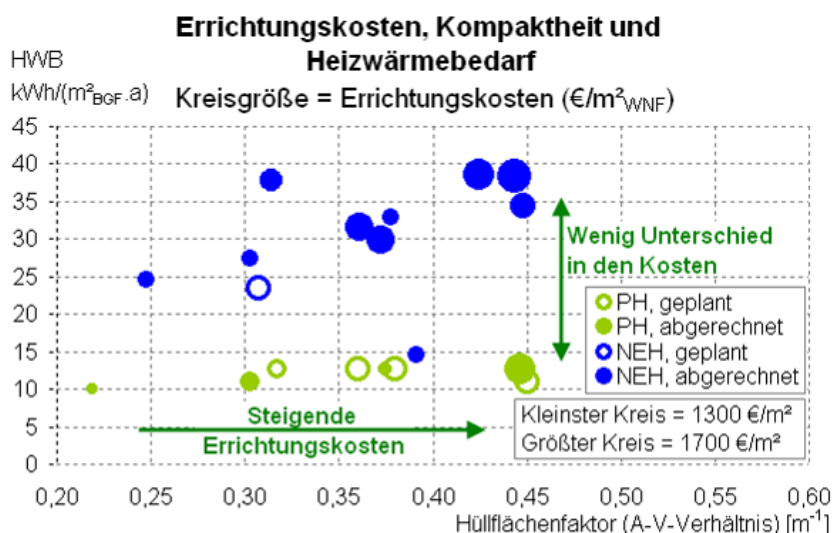


Abbildung 110: Einfluss der Kompaktheit und des Heizwärmebedarfs auf die Errichtungskosten

Die Abbildung zeigt neben der Kompaktheit zusätzlich den Heizwärmebedarf (HWB).

Dadurch wird der bauliche Unterschied von PH deutlich gemacht. Bei gleicher Kompaktheit verhilft eine engagiertere Wärmedämmung zu einer deutlich günstigeren Energiekennzahl.

Die Errichtungskosten werden von der zusätzlichen Wärmedämmung und den hochqualitativeren Fenstern nicht merkbar beeinflusst (Kreisgröße = Kosten)

NEH mit etwa gleicher Kompaktheit und etwa gleichem HWB zeigen trotzdem große Kostenunterschiede.

Der Einfluss der Kompaktheit ist sowohl bei PH als auch bei NEH der treibende Kostenfaktor.

Diese Parameteranalyse zeigte, dass die Errichtungskosten eindeutig von der Größe und Kompaktheit der Wohnhausanlage abhängen. Der Einfluss des Fertigstellungsdatums und der Energiekennzahl (Heizwärmebedarf) war nicht eindeutig feststellbar.

Gegenwärtig liegen die Mehrkosten für die Errichtung von Passiv-Wohnhausanlagen bei etwa 4-12 %. Eher höhere Werte waren für Passivhäuser mit dezentralen Lüftungsgeräten zu beobachten. Die Wohnhausanlage Roschégasse mit dezentralen Kompaktgeräten für Heizung, Warmwasser

und Lüftung verursachte höhere Baukosten⁵ von 12 % im Vergleich zur durchkalkulierten Niedrigenergiehausvariante. Etwa zwei Drittel dieser Mehrkosten waren HKLS-Installationsarbeiten. Die Investitionskosten von dezentralen Lüftungsanlagen dürften jedoch mittlerweile und in Zukunft niedriger liegen. Laut Information von Architekt Werner Hackermüller war bei der Wohnhausanlage Quellenstraße (Fertigstellung Sommer 2009) die kalkulierte Variante mit dezentralen Lüftungsgeräten nur geringfügig teurer als die ausgeführte zentrale Anlage und bei der Wohnhausanlage Hoefftgasse-Dreherstraße (Fertigstellung Anfang 2010) wurde sogar ein dezentrales Lüftungskonzept realisiert, da die Angebote für ein zentrales Konzept höher lagen.

Dies weist darauf hin, dass die PH-Mehrkosten in Zukunft niedriger liegen könnten als bislang erwartet.

Bei den Passivhäusern Utendorfgasse, Mühlweg und Dreherstraße war das realisierte Haustechnikkonzept mit zentralen Geräten in etwa kostenneutral im Vergleich zur Ausführungsvariante in Niedrigenergiehausstandard. Die gesamten Errichtungskosten¹ lagen nur um etwa 4-6 % höher.

Auch Beispiele außerhalb von Wien zeigen, dass die Mehrkosten für Passivhäuser etwa in diesem Bereich liegen. Die Wohnhausanlage Sophienhof in Frankfurt weist Mehrkosten von etwa 4 % auf [Wende, 2009] und die Wohnhausanlage Lodenareal in Innsbruck liegt bei etwa 6 % Mehrkosten für die Errichtung [NHT, 2009].






Weitere zukünftige Kosteneinsparungen sind im Bereich der Fenster zu erwarten. Derzeit verursachen 3-fach-Verglasungen Mehrkosten von etwa 30-100 € pro Quadratmeter Fensterfläche im Vergleich zu etwa 400 € für 2-fach-Verglasungen. Da der Glasmarkt sich bisher sehr dynamisch verhalten hat sind Preisprognosen wenig aussagekräftig. Eine zukünftige Preissenkung für Passivhausfenster ist jedoch durch eine stärkere Marktdurchdringung von innovativen Komponenten sehr wahrscheinlich. Dies betrifft einerseits rahmenlose Fenster (z.B. von OPTIWIN) und andererseits Vakuumverglasungen. Beträchtliche Einsparungen sind auch durch die Planung von einheitlichen Fensterdimensionen möglich, wie dies beispielsweise bei der Molkereistraße mit äußerst attraktivem Erscheinungsbild umgesetzt wurde.

Abschließend wird zum Thema Mehrkosten von Passivhäusern nochmals auf die höhere Wohnqualität hingewiesen, die auch in dieser Studie aufgezeigt und zusammengefasst (siehe Kapitel 6) wurde. Bei der Gegenüberstellung der Investitionskosten für Haustechnikanlagen muss auch die höhere Luftqualität und thermische Behaglichkeit sowie die Vermeidung von Schimmel berücksichtigt werden. Wie bei allen Konsumprodukten – von Haushaltsgeräten bis Kfz – ist eine höhere Qualität mit einem höheren Preis verbunden.

⁵ Gemäß ÖN B 1801-1:1995. Errichtungskosten enthalten Gesamtkosten abzüglich Grundkosten. Baukosten enthalten Errichtungskosten exklusive Honorare, Nebenkosten und Reserven.

8 Gebäudekennzahlen - Monitoringergebnisse

LEGENDE:

 PLZ, ADRESSE, FEDERFÜHRENDE ARCHITEKT _BAUTRÄGER, WOHNUNGEN (WE), _BEHEIZTE BRUTTORUNDFLÄCHE (BGF)				
 <p>FOTO mit Quellenangabe</p>		 <p>SCHNITT Quelle: Architekt</p>		
 <p>ORTHOFOTO Quelle: Stadt Wien -ViennaGIS</p>		 <p>Quelle: Architekt</p>		
<p>NUTZ-ENERGIE-HEIZUNG</p> <p>Realer Verbrauch pro BGF</p>	<p>NETTO-END-ENERGIE-HEIZUNG+WARM-WASSER</p> <p>Realer Verbrauch pro BGF</p>	<p>CO₂-ÄQUIVALENTE HEIZUNG+WARM-WASSER</p> <p>Gesamtemissionen pro BGF</p>	<p>ERRICHTUNGSKOSTEN</p> <p>Gemäß ÖN B 1801-1 € pro WNF exkl. USt. Qu.: MA25</p>	<p>ALLG. WOHNZUFRIEDENHEIT</p> <p>Anteil sehr zufriedener Bewohner</p>

1

1110, Dreherstraße 66

Arch. Lautner_BUWOG

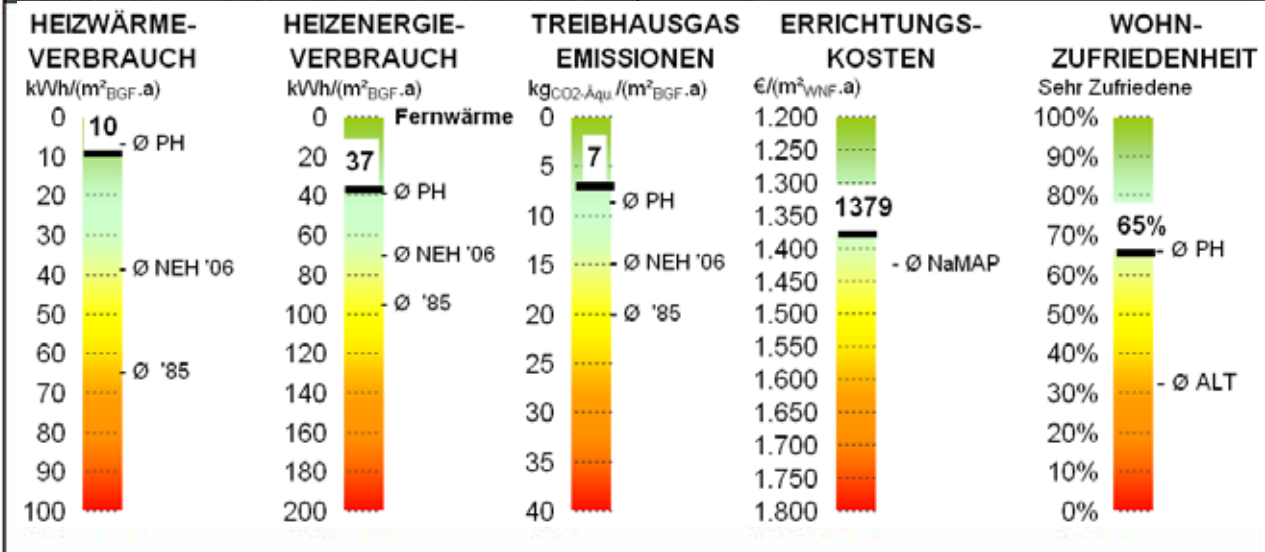
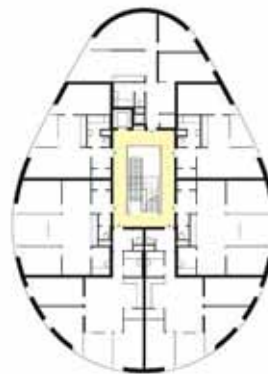
Baujahr 2007 _WE 27 _WNF 2.332 m² _BGF 3.079 m²



Stiege 5 „Melone“
Foto: R.Smutny



Passivhaus
Stiege 5





3

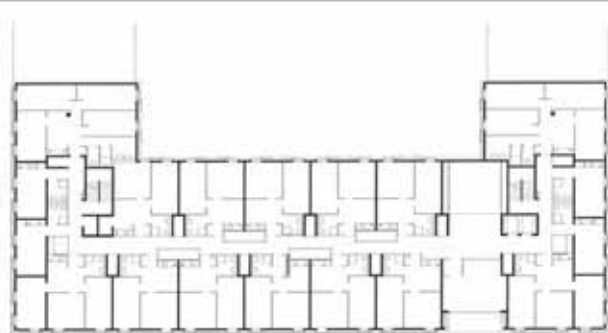
1020, Molkereistraße 1

Baumschlager Eberle _MIGRA

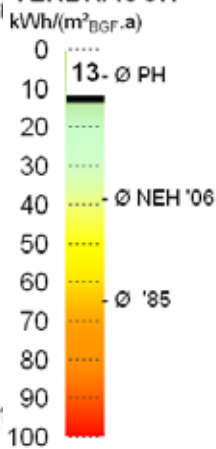
Baujahr 2005 _WE 133 _WNF 6.687 m² _BGF 10.527 m²



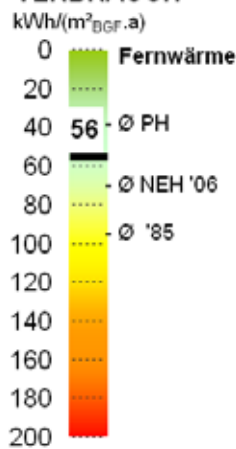
Foto: R. Smutny



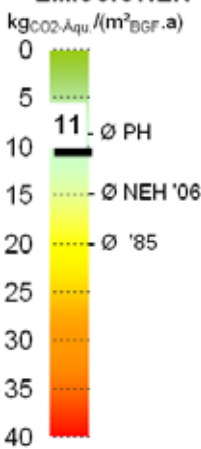
HEIZWÄRME-VERBRAUCH



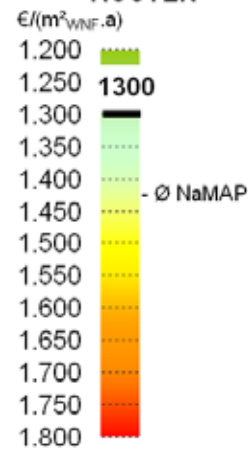
HEIZENERGIE-VERBRAUCH



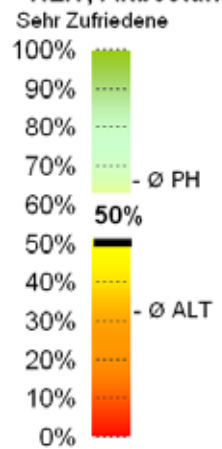
TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN



ERRICHTUNGS-KOSTEN



WOHNZUFRIEDEN-HEIT, Altbestand



4

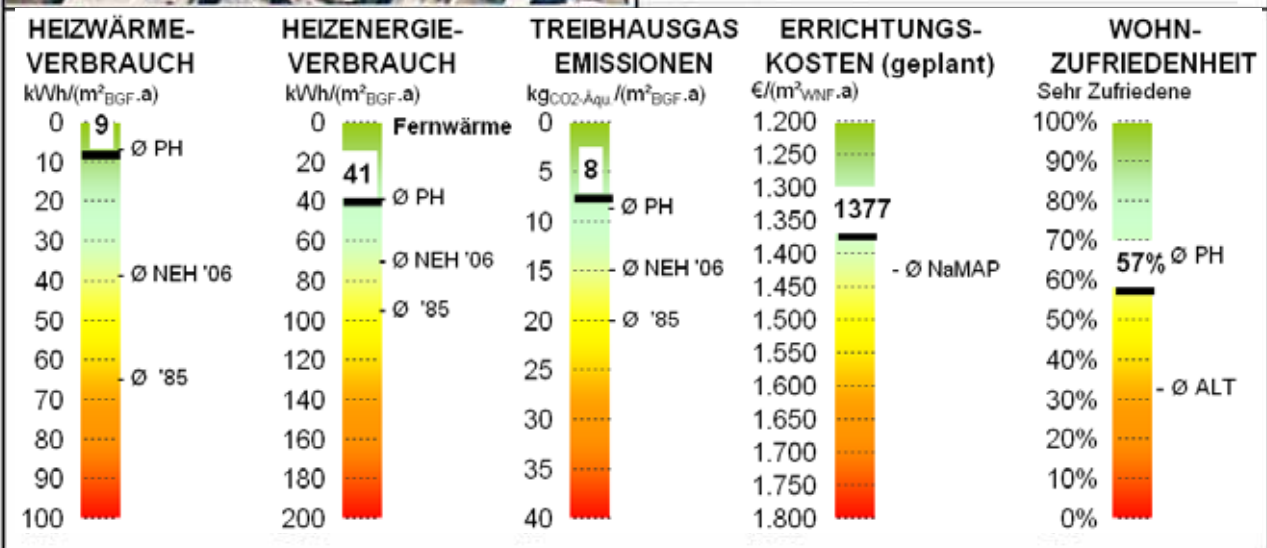
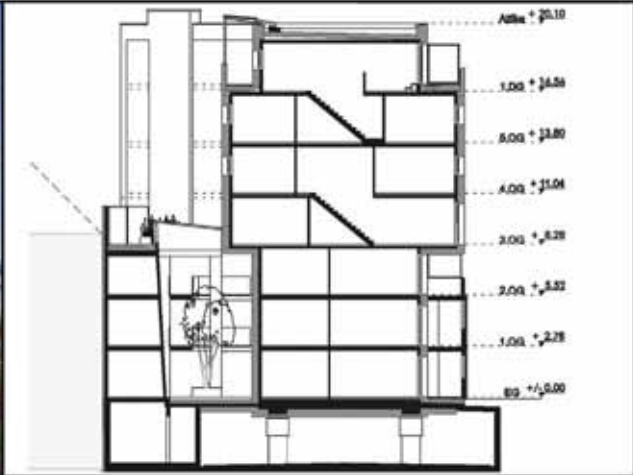
1210, Rudolf Virchow-Straße 12

s&s architekten _WE Pro

Baujahr 2007 _WE 92 _WNF 7.415 m² _BGF 9.269 m²



Foto: Futscher-Gerl



5

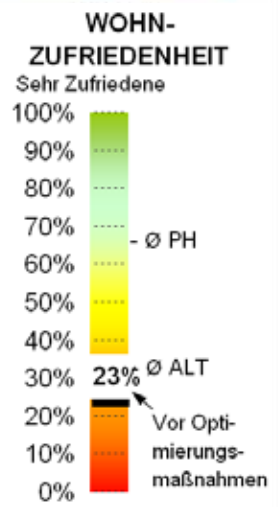
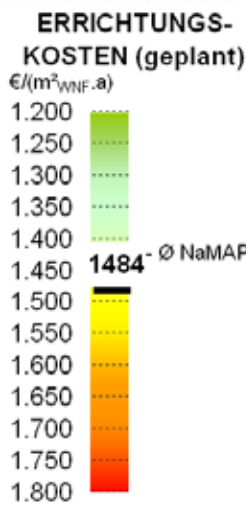
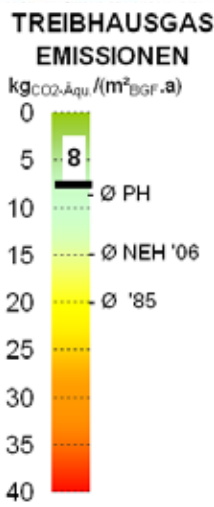
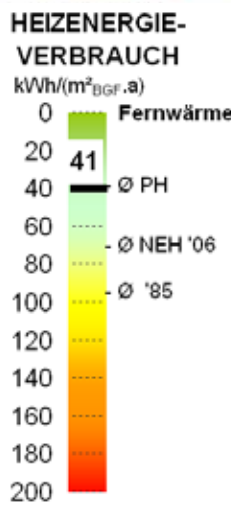
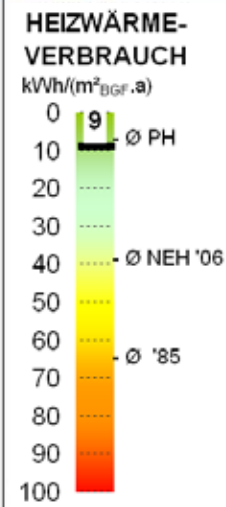
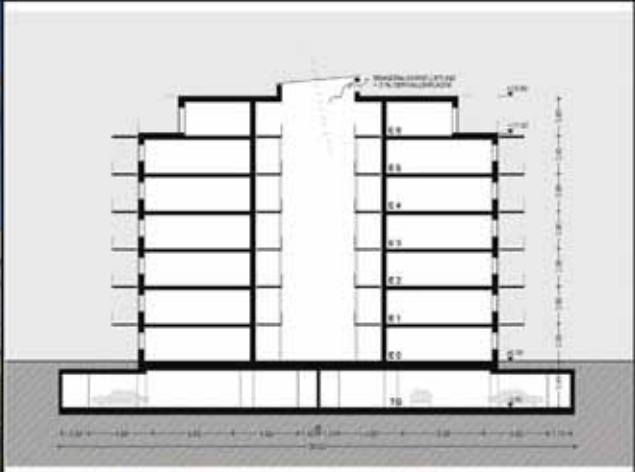
1210, Kammelweg 10

J.+H. Kaufmann Arch. _Kammelweg Bauträger

Baujahr 2007 _WE 87 _WNF 7.070 m² _BGF 8.838 m²



Foto: R. Smutny



6

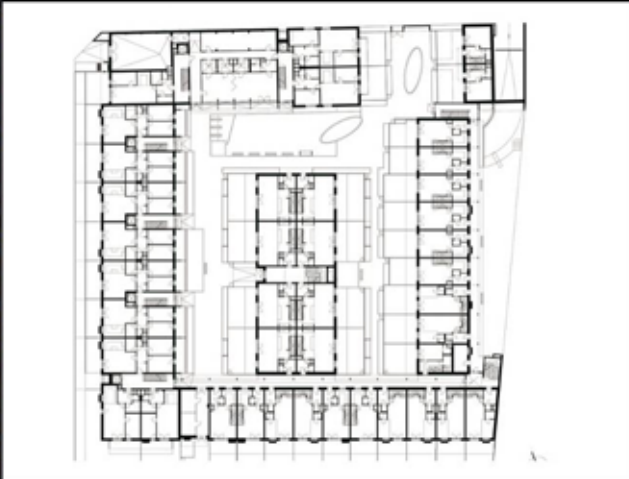
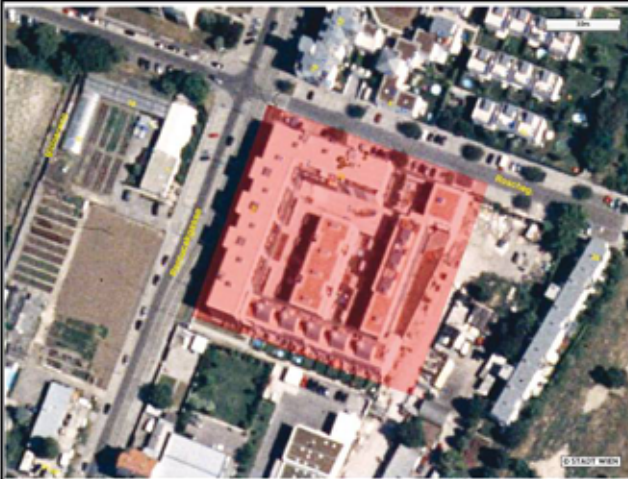
1110, Roschégasse 20

Treberspurg & Partner _A:H

Baujahr 2006 _WE 114 _WNF 9.457 m² _BGF 13.234 m²

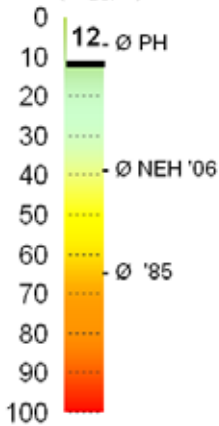


Foto: Treberspurg & Partner Architekten



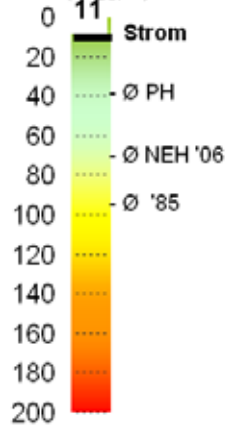
HEIZWÄRME-VERBRAUCH

kWh/(m²_{BGF}.a)



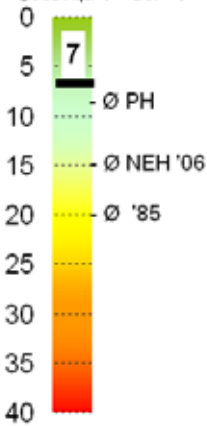
HEIZENERGIE-VERBRAUCH

kWh/(m²_{BGF}.a)



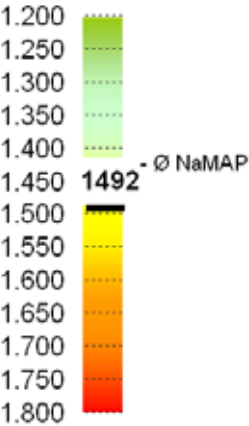
TREIBHAUSGAS EMISSIONEN

kg_{CO2-Aqu.}/(m²_{BGF}.a)



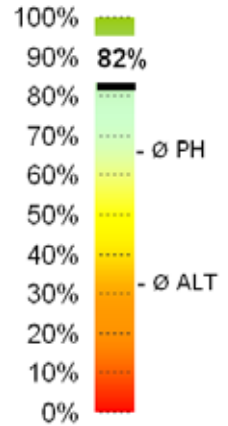
ERRICHTUNGS-KOSTEN (geplant)

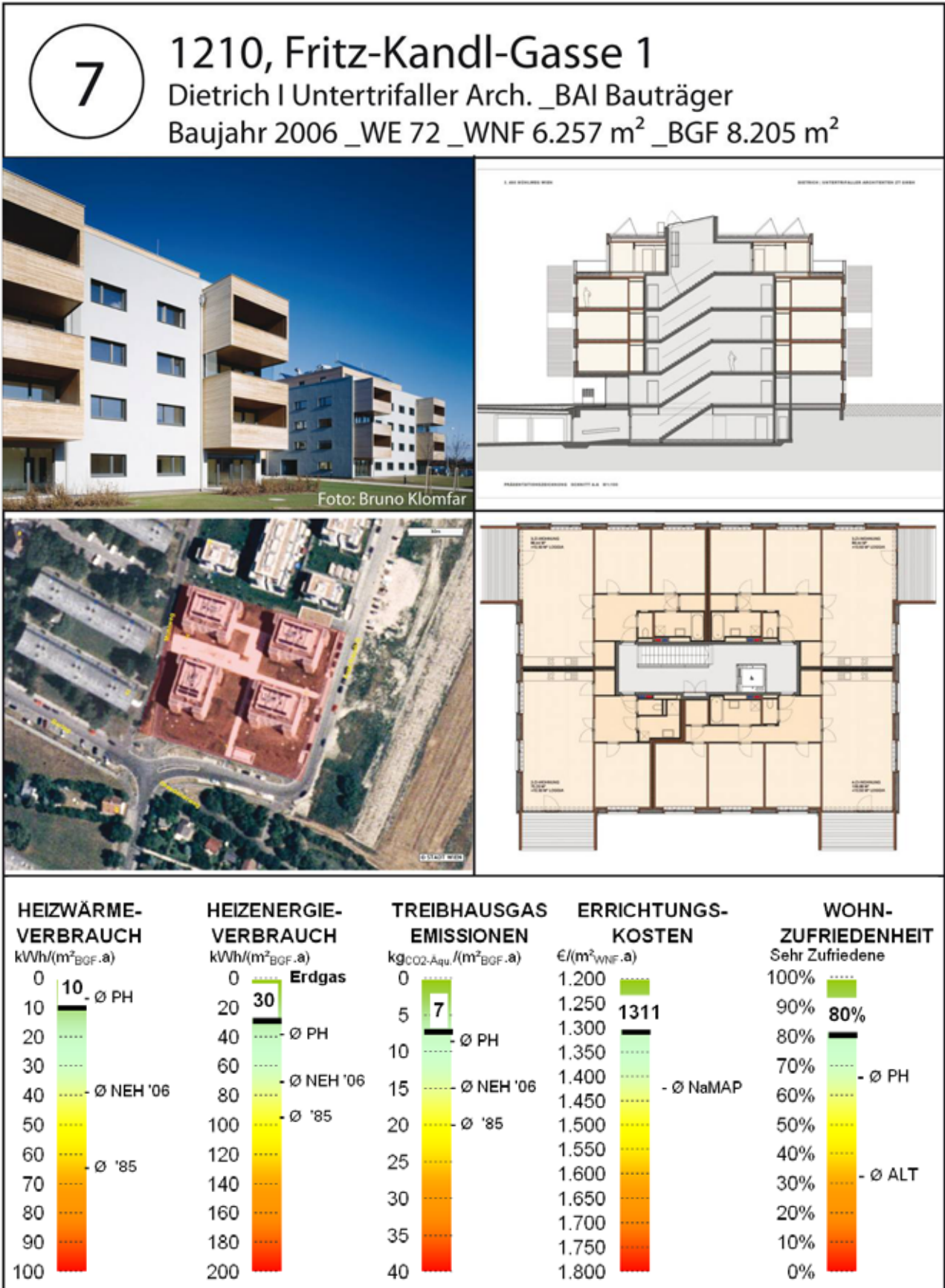
€/ (m²_{WNF}.a)



WOHN-ZUFRIEDENHEIT

Sehr Zufriedene





8

1230, Schellenseegasse 5

Arch. Reinberg_GESIBA

Baujahr 2008 _WE 22 _WNF 1.828 m²



Wohnbau Schellenseegasse
SCHNITT



Das Gebäude wird derzeit von Team GMI evaluiert

9

1230, Anton-Heger-Platz 4

Arch. Hackermüller_FAMILIENWOHNBAU
Baujahr 2005 _WE 15 _WNF 1.193 m² _BGF 1.787 m²


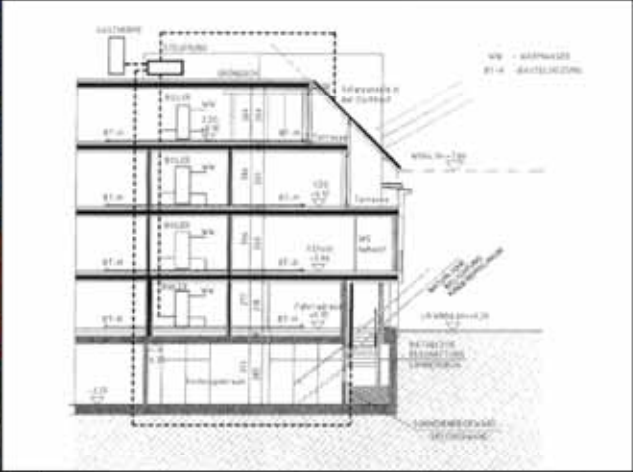




Foto: Kresso







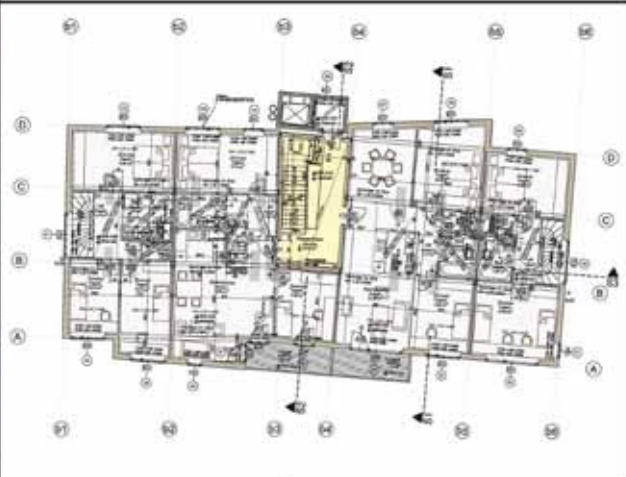
HEIZWÄRME- VERBRAUCH	HEIZENERGIE- VERBRAUCH	TREIBHAUSGAS EMISSIONEN	ERRICHTUNGS- KOSTEN	WOHN- ZUFRIEDENHEIT
<p>Die Energieversorgung erfolgt kombiniert mit Erdgas und Strom.</p> <p>Der Energieverbrauch an Heizwärme und Heizenergie kann durch die vorhandene Verbrauchsmessung nicht separat dargestellt werden.</p>			<p>€/m²_{WNF}·a</p> <p>1.200</p> <p>1.250</p> <p>1.300</p> <p>1.350</p> <p>1.400</p> <p>1.450</p> <p>1.500</p> <p>1.550 1594</p> <p>1.600</p> <p>1.650</p> <p>1.700</p> <p>1.750</p> <p>1.800</p> <p style="text-align: center;">- ø NaMAP</p>	<p>Die allgemeine Wohnzufriedenheit wurde nicht erhoben.</p>

10

1220, Esslinger Hauptstraße 17
 Arch. Hackermüller_FAMILIENWOHNBAU
 Baujahr 2006 _WE 46 _WNF 3.889 m² _BGF 5.632 m²



Quelle: BOKU



**HEIZWÄRME-
VERBRAUCH**

Die 5 Baukörper haben unterschiedliche Haustechnikkonzepte mit kombinierter Energieversorgung von Erdgas und Strom.

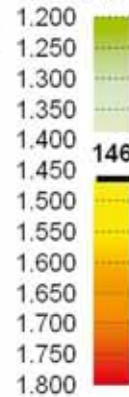
Der Energieverbrauch an Heizwärme und Heizenergie kann durch die vorhandene Verbrauchsmessung nicht separat dargestellt werden. Die Messergebnisse wurden in einem Haus-der-Zukunft-Projekt dokumentiert (HdZ 28/2009, Raffelsberger + Hackermüller, 2009)

**HEIZENERGIE-
VERBRAUCH**

**TREIBHAUSGAS
EMISSIONEN**

**ERRICHTUNGS-
KOSTEN**

€/m²_{WNF}.a)



**WOHN-
ZUFRIEDENHEIT**

Die allgemeine Wohnzufriedenheit wurde nicht erhoben.

Eine Komfortanalyse wurde in einem Haus-der-Zukunft-Projekt dokumentiert (HdZ 28/2009, Raffelsberger + Hackermüller, 2009)

REFERENZGEBÄUDE - NIEDRIGENERGIESTANDARD BAUJAHR ~ 2006

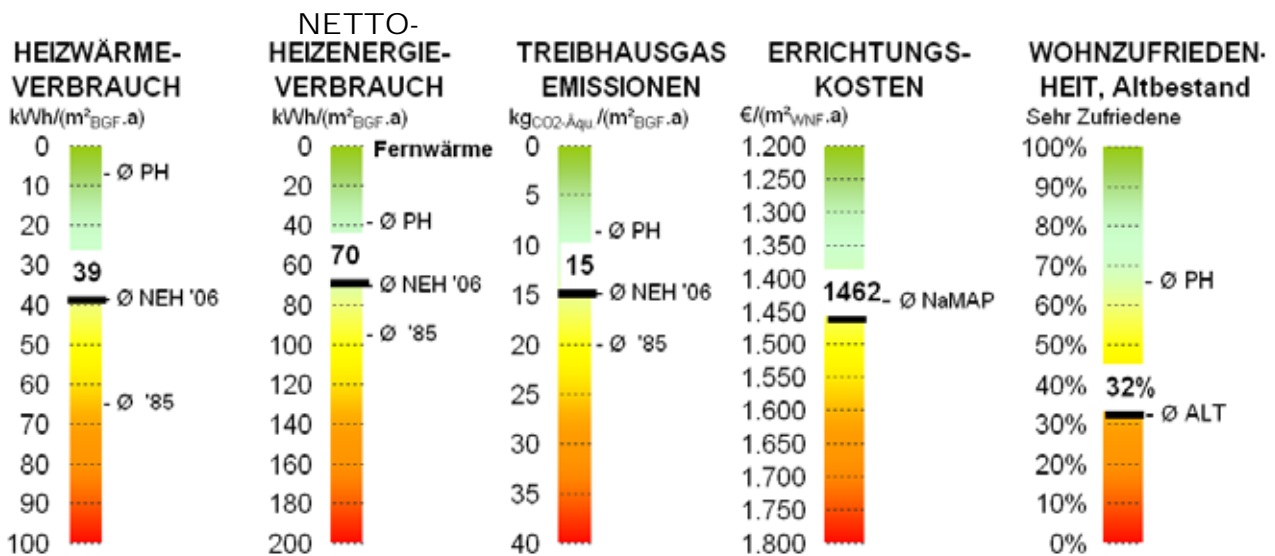


Abbildung 111: Vergleich mit Niedrigenergie-Wohnanlagen bzw. Altbestand

In Wien gilt seit etwa einem Jahrzehnt der Niedrigenergiehaus-Standard als Mindestkriterium für Wohnbauvorhaben und weiters wurde durch die Einführung der Bauträgerwettbewerbe 1994 eine hohe thermische Qualität im Wohnbau angestrebt. Die Referenzgebäude in dieser Studie wurden etwa 2006 fertig gestellt und sind daher bereits allesamt Niedrigenergiehäuser („NEH '06“). Zum Vergleich wurden auch die Mittelwerte konventioneller fernwärmeversorgter Wohnanlagen die etwa 1985 fertig gestellt wurden gegenübergestellt („Ø '85“).

Abkürzungen:

Ø Mittelwert: Die Mittelwerte dienen der Orientierung, wobei zu beachten ist, dass die Werte für Heizwärme, Netto-Heizenergie und Klimaschutz für Gebäude mit Fernwärmeversorgung gelten.

PH Passivhaus

NEH Niedrigenergiehaus

ALT Bestand

WE Anzahl Wohneinheiten

WNF Wohnnutzfläche

BGF Bruttogeschossfläche

Äqu. Äquivalent

9 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Erstmals wurde in Österreich ein interdisziplinäres Gebäude-Monitoring nach dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung durchgeführt. Neue Ansätze und wertvolle Erkenntnisse für Bauherrn, Planer und Förderstellen wurden gewonnen. Diese werden im Rahmen eines bereits laufenden Folgeprojekts "Passivhaus-Akademie" mit relevanten Akteuren des Baubereichs diskutiert um Lerneffekte und Innovationssteigerungen im Wohnbau zu bewirken.

Die grobe Analyse der Energieperformance war ausreichend für die Beantwortung der gestellten Fragen und geeignet um grobe Mängel zu erkennen und Grobjustierungen der Haustechnikanlagen durchzuführen. Für Feinjustierungen sind zusätzliche Messungen erforderlich.

Die Bestandsanalyse der Gebäude war mit einem überraschend hohen Aufwand verbunden. Es besteht keine einheitliche Dokumentation der Wohngebäude, der Haustechnikanlagen und insbesondere der Regelungseinstellungen. Dies betrifft auch die Errichtungskosten und Betriebskosten. Sehr unterschiedlich ist auch die Energieverbrauchserhebung der Energieversorger. Bei Gebäuden mit Wärmepumpenanlagen wird meistens kein separater Verbrauchswert für Raumheizung und Warmwasser gemessen. Der Stromverbrauch für allgemeine Gebäudebereiche wird sehr unterschiedlich und nur einmal im Jahr dokumentiert.

Eine Standardisierung wäre für alle hier angesprochenen Bereiche sehr wünschenswert und wertvoll für Planer, Entwickler und Förderstellen (Feedback-Loop für die Weiterentwicklung von nachhaltigen Gebäuden). Dies könnte durch eine Gebäudedatenbank ermöglicht werden, in welche die Kennwerte der geförderten Gebäude einzugeben sind. Dadurch können auch Instandhaltungsmaßnahmen wie z.B. Kesselinspektionen und zukünftige Sanierungen reguliert werden. Das Rückbaupotential und Verwertungspotential der Gebäude wäre damit ebenfalls dokumentierbar.

9.1 Ergebnisse der Studie

Der Passivhausstandard im geförderten großvolumigen Wohnbau bietet im Vergleich zu konventionellen Gebäuden Vorteile hinsichtlich Energieeffizienz, Klimaschutz, Komfort und Energiekosten bei vertretbaren Mehrkosten für die Errichtung.

Erreichen Passivhäuser die hochgesteckten Planungsziele? Wie zufrieden sind die BewohnerInnen? Wie hoch ist die tatsächliche Energieeinsparung im Vergleich zu konventionellen Wohnhausanlagen? Diese Fragen stellte sich die Arbeitsgruppe für Ressourcenorientiertes Bauen rund um Univ. Prof. Arch. Dr. Martin Treberspurg an der BOKU Wien mit Unterstützung durch den Umweltpsychologen und Evaluationsforscher Ass. Prof. Dr. Alexander Keul von der Uni Salzburg.

Es wurden alle Wiener Wohnhausanlagen in Passivhausstandard analysiert, die seit etwa zwei Jahren bewohnt werden. Die Wohnzufriedenheit und reale Energieperformance dieser Gebäude wurde mit ausgewählten Wohnhausanlagen derselben Bauperiode 2005 bis 2007 verglichen. Die Referenzgebäude erfüllen bereits den Niedrigenergiehausstandard, da die Stadt Wien dieses Energieniveau seit etwa einem Jahrzehnt als Mindestkriterium für geförderte Wohnbauvorhaben festgelegt hat und seit Einführung der Bauträgerwettbewerbe 1994 eine hohe thermische Qualität im Wohnbau erzielt wurde. Das Energiemonitoring umfasst insgesamt 1.367 Wohnungen, wobei 492 Wohnungen in Passivhausstandard ausgeführt wurden und die Ergebnisse der Messungen der AEE INTEC berücksichtigt wurden. Die sozialwissenschaftliche Analyse umfasst insgesamt 581 Wohnungen wovon 425 Wohnungen den Passivhausstandard erreichen.

Wie zufrieden sind die BewohnerInnen mit ihrem Passivhaus?

Fünf von sechs Passivhausanlagen hatten bessere Wohnzufriedenheitswerte als die konventionellen Gebäude, eines (Kammelpweg C) lag auf demselben Niveau. Alter und Geschlecht spielten bei der Passivhausbeurteilung keine Rolle. Von der Umwelteinstellung her sind Wiener Passivhaus-BewohnerInnen keine „Grünwählergruppe“, sondern sozialer „Mainstream“. Einige Projekte erreichten, gemessen an Sympathiewerten und Weiterempfehlung, sogar Markenqualität. Als sensibel erwies sich die Einstellphase der Lüftung und Heizung direkt nach dem Einzug. Hier war gute Kommunikation mit Technik und Verwaltung gefragt, um Unzufriedenheit (Kammelpweg C) zu vermeiden. Einfache schriftliche Informationen zur Bauweise wurden von den BewohnerInnen meist positiv beurteilt, persönliche sind verbesserungsfähig. Hilfreich wäre auch eine einfache Gebrauchsanweisung für das Lüftungs- und Heizungssystem mit „troubleshooting“-Teil. So gesehen ist das Passivhaus ein Kommunikations-Prototyp für Informationen im modernen Wohnbau insgesamt.

Mit längerer Wohndauer wird das Leben im Passivhaus besser beurteilt: In der Utendorfgasse stieg der Anteil hoher Sympathie für die Wohnform von 2007 auf 2008 von 84 % auf 94 %. Besonders hohe Wohnzufriedenheit äußerten BewohnerInnen am Mühlweg, in der Utendorfgasse und Roschégasse.

Wie hat sich der Energieverbrauch von Wohnhausanlagen bis heute entwickelt?

Durch die engagierten Qualitätsanforderungen der Stadtverwaltungsgruppe „Wohnen, Wohnbau und Stadterneuerung“ – geleitet vom Wiener Stadtrat Dr. Michael Ludwig – verbesserte sich die mittlere Energieeffizienz bei neu errichteten Wohnhausanlagen in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich. Je jünger eine Anlage ist, desto weniger Heizenergie wird verbraucht – die Reduktion beträgt etwa 20 kWh/(m².a) an Fernwärme im Zeitraum von 1985 bis 2005.

Welchen Mehrwert liefert das Passivhaus?

Die gemessenen Heizwärmeverbrauchswerte stimmen im Durchschnitt sehr gut überein mit den berechneten Planungswerten. Passivhaus-Wohnhausanlagen verbrauchen für die Raumheizung insgesamt etwa 17 kWh/(m².a) gelieferte Fernwärme pro Bruttogrundfläche und damit um rund 30 kWh/(m².a) oder etwa zwei Drittel weniger als vergleichbare Wohngebäude derselben Errichtungsperiode (Abbildung 91, S. 58). Das bedeutet eine durchschnittliche jährliche Einsparung pro Haushalt von etwa 2,5 MWh, 500 kg CO₂-Äquivalente und 230 € Energiekosten (Kostenbasis Sept. 2009). Da die Preissteigerung der Energieträger über der allgemeinen Preissteigerung liegt werden die Kosteneinsparungen kontinuierlich zunehmen und auch einen relevanten Beitrag für die Pension der BewohnerInnen liefern. In spätestens 20 Jahren wird eine Einsparung erreicht, die der nicht-rückzahlbaren Passivhaus-Förderung von 60 €/m²_{WNF} entspricht.

Beim Vergleich verschiedener Konzepte für energieeffiziente Gebäude ist zu beachten, dass diese Effizienz definiert wird, als Verhältnis von eingesetzter Energie zu Qualität des geschaffenen Raumklimas. Der Mehrwert von Passivhäusern hinsichtlich Energieeffizienz beruht also auch auf einem höheren Wohlbefinden, einem höheren thermischen Komfort und einer besseren Ausnutzung der Wohnfläche durch Fenster-Komfortzone und keine Heizkörper.

Die Komfortlüftungsanlage in Passivhäusern bewirkt ebenfalls eine höhere Qualität z.B. hinsichtlich Schimmelvermeidung, Feinstaub- und Pollenbelastung und Erholungsfaktor von Schlafphasen durch geringere CO₂-Konzentration. Der Stromverbrauch für die Komfortlüftung liegt bei den am sorgfältigsten geplanten Anlagen auf einem vergleichbaren Niveau wie für konventionelle Sani-

tärlüftungen in Niedrigenergiehäusern. Üblicherweise werden etwa 3-6 kWh/(m².a) an elektrischer Energie für die Komfortlüftung benötigt. Eine Wohnhausanlage hatte anfangs einen deutlich höheren Verbrauchswert, welcher dank einem detaillierten Monitoring der TU-Wien wieder auf ein übliches Niveau gesenkt werden konnte. Dies unterstreicht die Forderung nach einer sehr sorgfältigen Planung der Lüftungsanlagen mit abschließender Qualitätssicherung durch ein Energiemonitoring.

Passivhäuser mit Fernwärmeversorgung bieten einige Vorteile

Die Wiener Fernwärme ist ein geeigneter Energieträger für das ökologische Gesamtkonzept von Passivhäusern. Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen von Fernwärme liegen auf einem vergleichbaren Niveau wie von erneuerbaren Energieträgern, da die Fernwärme zu 97 % aus dem Energieinhalt kommunaler Abfälle und industrieller Abwärme besteht. Passivhäuser bieten auch Vorteile für den Wärmeversorger, da der eher ausgeglichene Energieverbrauch, über ein Jahr betrachtet, das Wärmeangebot effizienter nutzen kann. Aufgrund des niedrigeren Heizenergieanteils sind Passivhäuser besser geeignet, die für die Fernwärme Wien typischen Potenziale aus Abwärme und regenerativen Energien zu nutzen.

Welche Maßnahmen bewirken eine deutliche Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz?

Das Wärmeflussdiagramm (Abbildung 95, S. 63) zeigt, dass der mengenmäßig wichtigste Energiefluss konventioneller Wohngebäude – nämlich der Transmissionswärmeverlust – durch das Passivhauskonzept höchsteffektiv um etwa 23 kWh/(m².a) reduziert werden kann. Eine weitere effektive Wärmeverbrauchssenkung von etwa 10-15 kWh/(m².a) ist mit einer optimierten Heiz- und Warmwasseranlage möglich. Ausgeführte Solarthermieanlagen liefern bis zu 10 kWh/(m².a) und noch höhere Erträge sind mit teilsolaren Raumheizungssystemen und großflächigen Kollektoren möglich. Weitere Einsparungspotenziale können realisiert werden durch ein Energiemonitoring in der Besiedelungsphase, durch die Information und Motivation der BewohnerInnen und durch eine angepasste Tarifgestaltung der Energieversorger.

Wie hoch liegen die Errichtungskosten von Wohnhausanlagen in Passivhausstandard?

Die Errichtungskosten sind im Allgemeinen sehr stark von der Größe und der Kompaktheit einer Wohnhausanlage abhängig. Mehrkosten von etwa 10-20 % waren für Wohnhausanlagen mit weniger als 2.000 m² zu beobachten. Ein ungünstiges Oberflächen-Volumen-Verhältnis bewirkte Mehrkosten von etwa 15-25 %. Wenig ausgeprägt ist der Einfluss des Baujahrs (2003 – 2008) und der Energieeffizienz – also ob Niedrigenergiehausstandard oder Passivhausstandard. Die Mehrkosten der ersten Wiener Passivhaus-Wohnhausanlagen lagen bei etwa 4-12 % wobei in Zukunft durch kosteneffizientere dezentrale Haustechnikanlagen eher von einer Bandbreite von 4-6 % ausgegangen werden kann. Zusätzliche Preissenkungen durch günstigere Passivhausfenster sind durchaus denkbar. Allerdings ist wie bei jedem Konsumprodukt eine höhere Qualität mit einem höheren Preis verbunden.

Welchen Beitrag liefert das Passivhauskonzept für den Klimaschutz?

Der Passivhausstandard im Neubau bewirkt einen merkbaren gesamt-regionalen Klimaschutzeffekt im Zeitraum der Gebäudelebensdauer. Ein wichtiger kurzfristiger Klimaschutzbeitrag der Passivhaus-Neubauten sind Lerneffekte hinsichtlich Sanierung auf Passivhausstandard. Mittelfristig können beachtliche Effekte durch Sanierung auf ein möglichst hohes Qualitätsniveau und durch Energieträgerwechsel von Gas auf Fernwärme realisiert werden. Jedoch ist auch im Neubau eine höchste energetische Qualität in Richtung Passivhaus anzustreben, da ansonst die jetzt errichte-

ten Gebäude sehr schnell die Sanierungsfälle der Zukunft werden und damit die Lebenszykluskosten dieser Gebäude deutlich höher liegen als die von Passivhäusern.

Zusammenfassung der Stärken und Schwächen des Passivhausstandards für den Wohnbau

Tabelle 5: SWOT-Analyse Passivhaus. Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities), Risiken (Threads)

STÄRKEN	SCHWÄCHEN
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr hohe Wohnzufriedenheit • Thermischer Wohnkomfort: Kein Zuggefühl, keine kalten Oberflächen, Fenster-Komfortzone • Bessere Flächenausnutzung: keine Heizkörper • Kühlung: Lüftungsanlage mit Sommer-Box (minus 1-2 °C) und Erdwärmetauscher (minus 1 °C) • Frischluftqualität, erholsamere Schlafphasen • Keine Schimmelbelastung • Reduzierte Lärmbelastung (z. B. Straßenlärm), da Fenster nicht geöffnet werden müssen • Geringere Pollenbelastung u.a. externe Allergene • Geringere Feinststaubbelastung (mit F7+F8-Filter) • Energieversorgungssicherheit • Gesicherte Kapitalanlage • Geringere Lebenszykluskosten als konvent. Neubau, der wieder thermisch saniert werden muss • Günstigere Ausnutzung des Fernwärmeangebots im Jahresverlauf 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Aufwand für hochwertige Planung und Ausführung inkl. Qualitätssicherung • Höhere Investitionskosten ca. 4-12 %. Meist höher als Passivhaus-Förderung • Anfälliger auf Planungs- und Ausführungsfehler • Kommunikationsaufwand in Besiedelungsphase • Anfällig auf Überhitzung wenn interne oder externe thermische Lasten höher als geplant
CHANCEN + GELEGENHEITEN	RISIKEN + GEFAHREN
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Wohnzufriedenheit • Beitrag zu „Energie-Unabhängigkeit“ • Essentieller Beitrag zum Klimaschutz (besonders bei Sanierung) • Erhöhung des Erholungsfaktors von Schlafphasen und der Leistungsfähigkeit in Schulungs- und Arbeitsräumen • Beitrag zur Erhöhung der Gesundheit • Beitrag zur privaten Pensionsvorsorge (besonders bei Sanierung) • Preise für dezentrale Komfortlüftung sind stark gesunken. Preissenkungen für Passivhaus-Fenster sind möglich (Vakuum-Verglasung, rahmenlose Fenster). 	<ul style="list-style-type: none"> • „Fake-Passivhäuser“ durch unerfahrene Planer, die das Image des Passivhauses schädigen • Enttäuschungen bei geringer Qualitätskontrolle • Eingeschränkte Sommertauglichkeit, bei sorgloser Planung • Hoher Stromverbrauch bei sorgloser Planung der Lüftungsanlage und ungedrosseltem Betrieb • Geringe Luftfeuchte in der Heizsaison bei Lüftungsanlage ohne Feuchterückgewinnung • Enttäuschung: Übliche Pollen- und Lärmbelastung wenn sommerliche Nachtlüftung notwendig ist • Kleine Wärmeabgabeflächen: Geringer Komfort (Aufheizzeiten) und höhere Fernwärmetarife aufgrund geringem Ausnutzungsgrad (Volllaststunden) der Fernwärmeleistung. • Reale Einsparung und Komfort stark abhängig vom Nutzerverhalten

Welche Energiekennzahlen sind für die Beurteilung von energieeffizienten Gebäuden geeignet?

Die Monitoringergebnisse der Wiener Passivhäuser hinsichtlich Heizwärme, Endenergie und Klimaschutz führten zur Frage, welche Kennzahlen für die Förderung und Zertifizierung von zukünftigen, hochenergieeffizienten und klimaschonenden Gebäuden geeignet erscheinen.

Tabelle 6: Vor- und Nachteile ausgewählter Kennzahlen für die Energieeffizienz von Gebäuden

HEIZWÄRMEBEDARF (HWB): Nutzenergiebedarf für Raumheizung	
VORTEILE	NACHTEILE
Zeigt die Qualität der Bauteile mit der längsten Lebensdauer.	Betrifft nur einen Teilaspekt der Gesamtenergieeffizienz.
Realtiv einfache und zuverlässige Berechnungsmethodik.	Aktive Solarenergienutzung wird nicht berücksichtigt.
HEIZENERGIEBEDARF (HEB): Netto Endenergiebedarf für Raumheizung + Warmwasser (= gelieferte Energiemenge)	
VORTEILE	NACHTEILE
Zeigt die Gesamtenergieeffizienz für Heizung und Warmwasserbereitung.	Wertunterschiede (Verfügbarkeit, Ökologie, Kosten) der Energieträger werden nicht berücksichtigt.
Aktive Solarenergienutzung einkalkuliert (Netto-Endenergie-Kennzahl).	Gebäude mit Wärmepumpenanlagen erscheinen viel günstiger.
Politische Gewichtung möglich, welche die regionale ökologische / nachhaltige Bedeutung der Energieträger (z.B. hinsichtlich Verfügbarkeit, Kosten, Arbeitsplätze, etc.) einkalkuliert.	Eingeschränkte Vergleichbarkeit von Gebäuden unterschiedlicher Energieversorgung.
PRIMÄRENERGIEBEDARF (PEB): Rohstoffbedarf	
VORTEILE	NACHTEILE
Gewinnung, Umwandlung und Transport der Energieträger werden berücksichtigt.	Bedeutung bislang oft unklar: Gesamtwert oder nur nicht erneuerbarer Anteil.
Aktive Solarenergienutzung einkalkulierbar (Netto-Primärenergie-Kennzahl).	Unterschiedliche Verfügbarkeit der Energieträger wird nicht berücksichtigt (1 kWh Rohöl = 1 kWh nuklearer Brennstoff = 1 kWh Biomasse).
Lebenszyklusbewertung möglich.	
TREIBHAUSGASEMISSIONEN (CO₂-Äquivalente)	
VORTEILE	NACHTEILE
Kennzahl für Klimaschutzbeitrag.	Bei Einsatz von Biomasseheizungen bleibt die Qualität der Bauteile unberücksichtigt.
Aktive Solarenergienutzung einkalkuliert.	
Lebenszyklusbewertung möglich.	

Nach derzeitigem Stand des Wissen [ÖN EN 15217, 2007] kann die Energieeffizienz eines Gebäudes auf drei unterschiedliche Weisen dargestellt werden: Primärenergie, CO₂-Emissionen oder Netto-Endenergie, wobei jeweils der bislang in Österreichischen Energieausweisen übliche Bezug auf Heizwärme als ergänzende Kennzahl dienen kann. Der Netto-Endenergie-Kennwert hat den

Vorteil, dass eine zusätzliche Gewichtung mit politischen Faktoren möglich ist, um die regionale Bedeutung der Energieträger hinsichtlich z.B. Verfügbarkeit, Kosten, Arbeitsplätze, Klimaschutz zu berücksichtigen. Daher muss neben der Angabe der Endenergiekennzahl auch die Angabe des Energieträger-Mixes erfolgen.

Der Recast (Umgestaltung) der EU Richtlinie für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden beinhaltet ebenfalls eine neue Dynamik hinsichtlich Energiekennzahlen. Im Österreichischen Energieausweis wird der Heizwärmebedarf also voraussichtlich nicht das einzige Entscheidungskriterium bleiben.

Schlussfolgernd können folgende Empfehlungen hinsichtlich Kennzahlen abgegeben werden:

- Keine der Kennzahlen erscheint geeignet als alleinige Bewertungsgrundlage für die Energieperformance von Gebäuden.
- Eine Kombination mehrerer Kennzahlen ist zielführend.
- Der Heizwärmebedarf hat eine hohe Aussagekraft aufgrund der langfristigen Wirkung der Gebäudehülle.
- Eine Kennzahl für Endenergie ist nur dann aussagekräftig, wenn die Energieträger bekannt sind. Ziel- und Referenzwerte sollten je nach regionalem Energieträger(-Mix) festgelegt werden.
- Die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse wird derzeit von keiner Kennzahl berücksichtigt (Dies war einst der Ausgangspunkt für Nachhaltigkeitskonzepte).
- Eine Kennzahl für Treibhausgasemissionen ist aufgrund der Bedeutung des Problems sehr zu empfehlen (und mit anderen Kennzahlen zu kombinieren).
- Bei neuen Gebäuden wird der Strombedarf durch zusätzliche Kraftwerke oder zusätzliche Stromimporte gedeckt. Daher ist bei den Kennzahlen für Primärenergie und CO₂ der Strom mit den Faktoren für Importstrom, für durchschnittlichen UCTE-Strom oder für inländischen Strom aus fossilen Energieträgern zu gewichten.

9.2 Empfehlungen und Ausblick

Um die Auswirkungen des Klimawandels in einem zu bewältigendem Rahmen zu halten ist es erforderlich, dass die globalen Treibhausgasemissionen möglichst bald reduziert werden. Laut Expertenrat ist Peak-CO₂ vor 2020 zu erreichen, um zu verhindern, dass abrupte Klimaänderungen auftreten. Die internationale Energieagentur (IEA) vertritt die Auffassung, dass Maßnahmen hinsichtlich Energieeffizienz die wichtigsten und am schnellsten umsetzbaren Aktivitäten für Energieversorgungssicherheit und Klimaschutz sind.

Für den Gebäudebereich, der knapp die Hälfte des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen verursacht, sind wirkungsvolle Maßnahmen für die Steigerung der Energieeffizienz bereits bekannt und erprobt. Das „1-Liter-Haus“ wurde in Österreich bereits über 5.000-mal ausgeführt, während das „1-Liter-Auto“ immer noch ein Prototyp ist. Aufgrund der relativ kurzen Lebensdauer von Verkehrsmitteln (etwa 12 Jahre für Kfz) können Technologiesprünge in diesem Bereich viel rascher verbreitet werden. Der Gebäudebereich hat aufgrund der längeren Lebensdauer und län-

geren Erneuerungszyklen eine höhere langfristige Bedeutung und eine viel höhere Trägheit aufzuweisen. Für die thermische Sanierung ist es daher von Bedeutung, eine möglichst hohe Einsparung zu realisieren, da ansonsten Versäumnisse erst wieder in drei bis vier Jahrzehnten aufgeholt werden können.

Die Stadt Wien sowie auch Österreich gesamt verfügen über den größten Erfahrungsschatz betreffend energieeffizienter Gebäude weltweit. Dies betrifft sowohl das Know-How der Planer als auch die Erfahrung der handwerklichen Betriebe und die erfolgreich in der Praxis getesteten Passivhäuser. Für die Zukunft gilt es, den bestehenden Erfahrungsschatz zu nutzen und verbreitet anzuwenden. Um keine weiteren Chancen zu verspielen ist der Passivhausstandard als Mindestkriterium für Neubauten möglichst rasch einzufordern. Für Sanierungen sind ebenfalls Mindestkriterien einzuführen. Diese sollten sich am Passivhausstandard orientieren und das maximal mögliche Energieeinsparpotenzial jedes Sanierungsobjekts berücksichtigen.

Die derzeitige Sanierungsrate für Wohnhausanlagen in Wien beträgt knapp über 1 %. Bei konstanter Sanierungsrate sind in annähernd 100 Jahren alle Gebäude saniert. Die Lebensdauer von Fassaden beträgt im Durchschnitt etwa 40 Jahre. Um alle Fassaden in Schuss zu halten, müsste eine konstante Sanierungsrate von etwa 2,5 % eingehalten werden. Um die Sanierung verstärkt und möglichst rasch für Energieeffizienzsteigerung und Klimaschutz wirken zu lassen, müsste kurzfristig eine noch höhere Sanierungsrate angestrebt werden. Der Präsident der CECODHAS¹ David Orr fordert diesbezüglich eine Sanierungsrate von 4 % [Orr, 2009].

Die folgende Abbildung soll eine Orientierung über verschiedene Ansatzpunkte für Maßnahmen geben und die Relevanz der Lebensdauer darstellen. Für die zukünftige Entwicklung neuer Wohngebiete muss eine umfassende Betrachtung der Gesamtenergiebilanz von Gebäuden zur Anwendung kommen. Ausgehend vom Passivhausstandard - als erfolgreich getestetes Basiskonzept - muss zusätzlich die Effizienz der Heiz- und Lüftungsanlage sowie der Einsatz erneuerbarer Energieträger und ökologischer Baustoffe stärker berücksichtigt werden.

¹ CECODHAS: European Committee for Social Housing representing 39,000 public, voluntary and cooperative social housing enterprises in 19 countries and providing over 22 million homes across the EU.

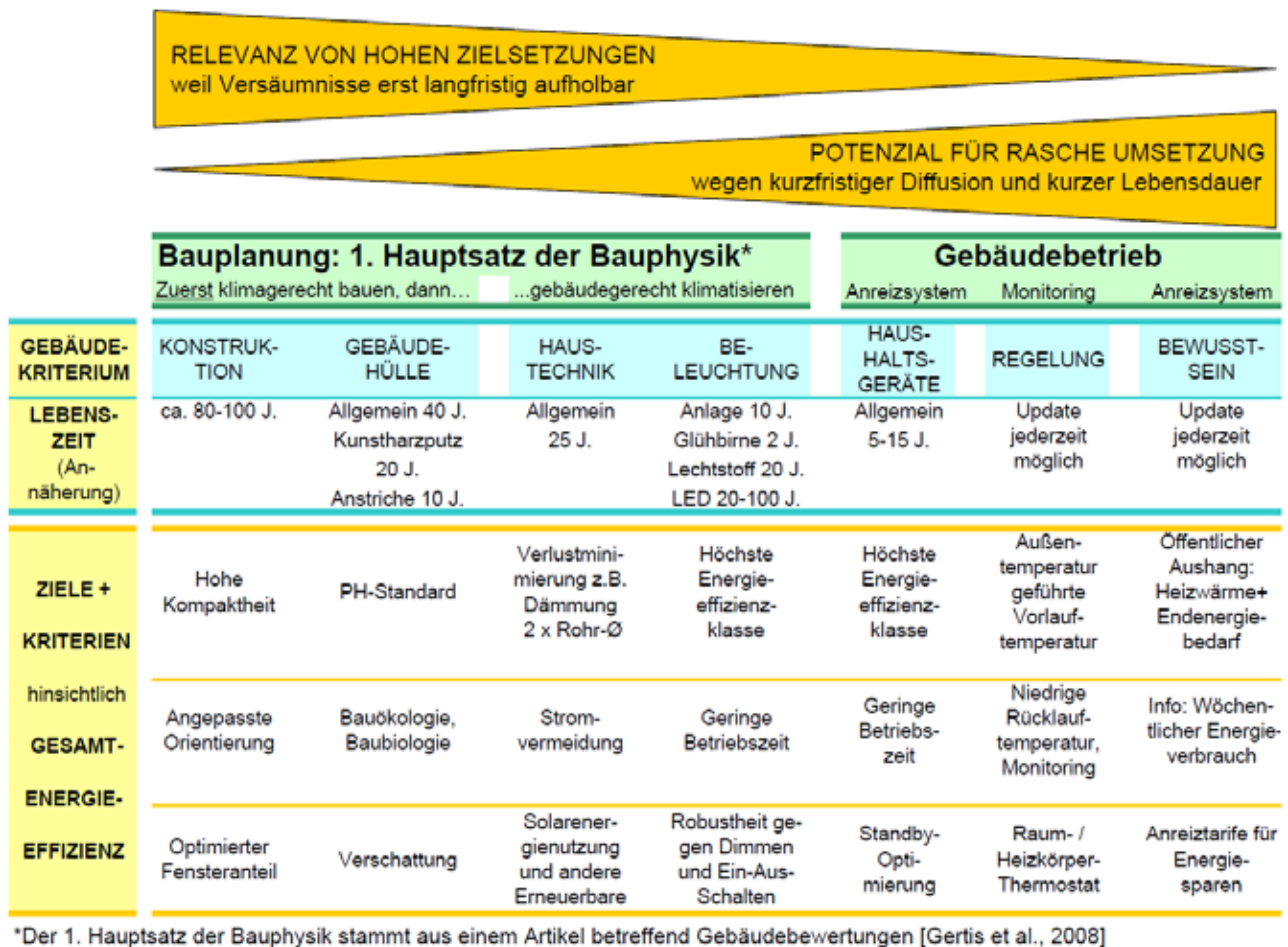


Abbildung 112: Kriterien und Zielsetzungen für energieeffiziente Wohngebäude

Die Basis für energieeffizienten Wohnbau ist der Passivhausstandard. Weitere bedeutende Beiträge können durch effiziente Haustechnik und aktive Solarenergienutzung erzielt werden. Für die Wärmeverteilung wird als Mindestdämmstärke der 2-fache Rohrdurchmesser empfohlen. Ventilatoren und Zirkulationspumpen sollten die beste Effizienzklasse aufweisen. Weitere Maßnahmen für energieeffiziente Haustechnikanlagen wurden in Kapitel 5.4 (S. 63) und 5.6.2 (S. 71) aufgelistet.

Für langfristige Energieversorgungs- und Klimaschutzstrategien ist sehr sorgfältig zu analysieren ob und unter welchen Voraussetzungen Strom (z.B. für Wärmepumpenanlagen) ein geeigneter Energieträger für die Raumheizung und Warmwasserbereitung sein kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Gebäudesektor ein wesentliches Potential zur Einsparung thermischer Energie bietet jedoch derzeit nur geringe Einsparpotenziale für elektrische Energie bestehen.

Die SWOT-Analyse in Tabelle 5 zeigt, dass für die zukünftige verbreitete Umsetzung des Passivhausstandards einige Risiken hinsichtlich Qualitätssicherung bestehen. Daher erfordert dieser Bereich verstärkte Aufmerksamkeit. Die folgenden Qualitätssicherungstools können empfohlen werden: Blower-Door-Test, Thermografie, Chemikalienmanagement, Qualitätssicherung auf der Baustelle, Bestandsdokumentation (Energieausweis-Ausführung, Regelungseinstellungen, Gebäudeinventar), Energie-Monitoring (separat für Raumheizung, Warmwasser, Solarertrag, Strom für Lüftung, Strom für Heizung und Warmwasser, Strom für Garage, Strom für Waschküche, Strom für Gemeinschaftsräume, Strom für Stiegenhausbeleuchtung) und Zertifikat des Passivhausinstituts. Um die Qualität von Passivhäusern zu sichern können die genannten Maßnahmen innerhalb eines Nachhaltigkeits-Audits nach DGNB-Methode planungsbegleitend berücksichtigt werden.

Eine weitere Qualitätssicherungsmaßnahme wäre ein Nachhaltigkeits-Monitoring, wie in vorliegender Studie durchgeführt. Die wichtigsten Beiträge daraus wären:

- Information für Bauherr und Förderstelle, ob Geldmittel zielführend eingesetzt wurden
- Effizienzsteigerung. Beispielsweise wird für ein Monitoring von Solaranlagen eine mittlere Ertragssteigerung von etwa 20 % angenommen.
- In der Besiedelungsphase kann ein energietechnisches und sozialwissenschaftliches Monitoring wichtige Beiträge für Technikmediation und Komfortsteigerung liefern.
- Die Kombination mit sozialwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Untersuchungen bietet Synergieeffekte und liefert neue Erkenntnisse für Bauherrn, Planer, Energieversorger und Förderstellen. Dadurch wird die Feedbackschleife für die weitere Evolution von nachhaltigen Wohngebäuden geschlossen.

Aufgrund der niedrigen Forschungsquote im Baubereich - 0,03 % des Produktionswerts und davon das Meiste in der Baumaterialentwicklung - ist die Lernkurve sehr flach. Fortschrittliche Erkenntnisse für die Planung und Förderung zukünftiger Wohn-Projekte können durch ein ganzheitliches Monitoring den AkteurlInnen näher gebracht werden. Ein Monitoring für alle mit öffentlichen Geldern geförderten Bauwerke erscheint sehr sinnvoll, da sich dieser Aufwand durch die Feinjustierung der Haustechnik in sehr kurzer Zeit amortisiert.

Energieeffizienz ist in den seltensten Fällen sichtbar. Es bestehen jedoch einige Möglichkeiten um mit geringstem Aufwand dieses Thema stärker in das Bewusstsein der Bevölkerung zu bringen. Ein Vertreter eines belgischen Bauträgers [Stijnen, 2009] berichtete über Sanierungsprojekte, die damit starteten, dass einige BewohnerInnen motiviert wurden, wöchentlich ihre Energiezähler auswerteten und über mögliche Einsparpotenziale informiert wurden. Die Ergebnisse wurden unter den Nachbarn ausgetauscht, bis schließlich nahezu alle BewohnerInnen die Sanierungsmaßnahmen unterstützten.

Die Bedeutung einer „Energy-Aware-Culture“ und verstärkter Kommunikation über das Thema wurde ebenfalls mehrfach bei der Wiener UNECE-Tagung 2009 für Energieeffizienz im Wohnbau hervorgehoben (siehe www.energy-housing.net). Einige Ergebnisse des vorliegenden Projekts wurden in den sehr umfangreichen und detaillierten „Action Plan for Energy Efficient Housing“ [Golubchikov, 2009] übernommen, dessen Entwurf bei der Tagung präsentiert und diskutiert wurde. Eine der wichtigsten Anregungen für den Action Plan war es, die energetische Qualität der Wohngebäude transparent zu machen, indem ein öffentlich einsehbarer Aushang des Heizwärmebedarfs und Endenergiebedarfs für alle geförderten Gebäude verpflichtend vorgeschrieben wird.

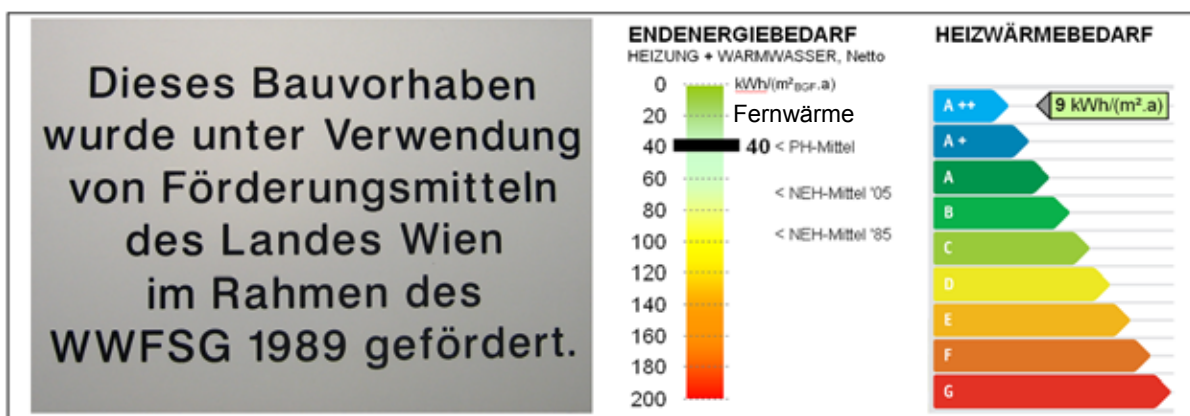


Abbildung 113: Öffentlicher Aushang des Heizwärmebedarfs und Netto-Endenergiebedarfs

10 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

Für das leichtere Verständnis der angeführten Ergebnisse wurden hier allgemeine und energie-technische Abkürzungen erläutert und mit den nötigen Quellenangaben versehen.

ALLGEMEINE ABKÜRZUNGEN

Abk	Erläuterung
a	(per) annum, pro Jahr
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
cap, Pers.	(per) capita, pro Kopf, pro Person
EA	Energieausweis
FW	Fernwärme
GBV	Gemeinnützige Bauvereinigung
k.A.	Keine Angabe
K-LÜ	Komfortlüftungsanlage (Frischluftlüftung) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung
NEH	Niedrigenergiehaus
NF	Nutzfläche
NstEH	Niedrigstenergiehaus
PH	Passivhaus
RH	Raumheizung
ÜZ	Übergabezähler: Hauptzähler für den Energieverbrauch von einem oder mehreren Gebäuden
WE	Wohneinheit
WHA	Wohnhausanlage
WNF	Wohnnutzfläche. Es wird unterschieden in geförderte Wohnnutzfläche (inkl. Loggien) und beheizte Wohnnutzfläche inkl. Gemeinschaftsräume.
WW	Warmwasser (Trinkwarmwasser)

ENERGIETECHNISCHE ABKÜRZUNGEN

Abk	Erläuterung	Quelle
A _B	Fläche der Gebäudehülle, die das festgelegte konditionierte Brutto-Volumen umschließt	ÖN B 8110-6
A-V-Verhältnis	Hüllflächenfaktor. Verhältnis Fläche der Gebäudehülle zu konditioniertem Brutto-Volumen. Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes	
BGF _B	konditionierte Bruttogrundfläche (Bruttogeschossfläche). Lt. ÖN B 1800.	OIB, 2007b
CEPHEUS	Cost Effizient Passive Houses as European Standards; Thermie-Programm der EU	Feist et al., 2001
CO ₂	jährliche CO ₂ -Emissionen pro m ² konditionierter Brutto-Grundfläche (spezifisch) und je Zone (zonenbezogen) in kgCO ₂ /(m ² a bzw. kgCO ₂ a)	
CO ₂ -Ä.	Kohlendioxid-Äquivalente zur Bewertung des anthropogenen Beitrags des Klimawandels, in kg pro kg Produkt bzw. kg pro MWh Energieträger. Berechnung mittels GWP ₁₀₀ (Global-Warming-Potential - Faktoren) laut IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Diese Kennzahl wird im Rahmen von GEMIS eingesetzt.	
EBF	Energiebezugsfläche gemäß PHPP 2007 (Die EBF-Definition ist identisch mit früheren PHPP-Versionen). Die EBF beinhaltet alle Wohnnutzflächen und 60% aller sonstigen Bodenflächen in der konditionierten Gebäudehülle, exkl. Stiegen mit mehr als 3 Treppen, Treppenabsätze, Bodenöffnungen, Türnischen, Fensternischen mit bis zu 13 cm Tiefe, Säulen (u.ä.) mit Bodenfläche über 0,1 m ² . Räume mit lichter Höhe von 1 - 2 m werden zur Hälfte angerechnet. Räume mit lichter Höhe von weniger als 1 m werden nicht angerechnet.	PHI, 2007
EEB	Endenergiebedarf: Energiemenge, die dem Heizsystem und allen anderen energietechnischen Systemen zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf, den Warmwasserwärmebedarf, den Kühlbedarf sowie die erforderlichen Komfortanforderungen an Belüftung und Beleuchtung decken zu können, ermittelt an der Systemgrenze des betrachteten Gebäudes.	OIB, 2007c und ÖN H 5056
EPBD	<u>E</u> nergy <u>P</u> erformance of <u>B</u> uildings <u>D</u> irective. Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.	
GEMIS	Gesamt Emissions Modell Integrierter Systeme. Softwareunterstützte Datenbank für die Bewertung ökologischer Effekte von Produkten und Prozessen z.B. innerhalb von Ökobilanzierungen (LCA Life-Cycle-Assessment). Version 4.42. Österreich-Version November 2007, herausgegeben vom Umweltbundesamt Wien.	
HEB	Heizenergiebedarf: Jener Teil des Endenergiebedarfs (EEB), der für die Heizungs- und Warmwasserversorgung aufzubringen ist.	
HGT	Heizgradtagzahl. Jährliche Heizgradtage HGT _{20/12} : Die Heizgradtage sind die Summen der Differenzen zwischen der mittleren Raumlufttemperatur von 20 °C und dem Tagesmittel der Außentemperatur t_{em} über alle Heiztage z der Heizzeit (vom 1. Oktober bis 30. April) bei einer Heizgrenztemperatur von 12 °C mittlerer Außentemperatur. $HGT_{20/12} = \sum_{n=1}^Z (20 - t_{em}) \cdot n$	OIB, 2007c
HWB	Jährlicher Heizwärmebedarf. Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten. Gemäß ÖN B 8110-6	OIB, 2007c
HWB _{BGF}	Jährlicher spezifischer Heizwärmebedarf. Bezogen auf die konditionierte Bruttogrundfläche. Gemäß ÖN B 8110-6	ÖN B 8110-1

Fortsetzung

Abk	Erläuterung	Quelle
kWh, MWh	Energie	
KEA	<p><u>K</u>umulierter <u>E</u>nergie<u>a</u>ufwand unter Berücksichtigung aller vorgelagerter Prozesse (z.B. Gewinnung, Aufbereitung und Transport von Energieträgern). Diese Kennzahl wird im Rahmen von GEMIS eingesetzt und in folgende Komponenten aufgeteilt.</p> <p>KEA_{ne}: KEA-nichterneuerbar (nukleare und fossile Energieträger)</p> <p>KEA_e: KEA-erneuerbar</p> <p>KEA_a: KEA-andere (z.B. Sekundärrohstoffe, Abfälle, industrielle Abwärme)</p> <p>Umfangreiche Informationen zum KEA wurden vom Ökoinstitut Freiburg zusammengestellt: http://www.oeko.de/service/kea/</p>	
l _c	Charakteristische Länge. Kehrwert des Hüllflächenfaktors. Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes	OIB, 2007c
n ₅₀	Luftwechselzahl gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz zwischen innen und außen [1/h]	ÖN B 8110-1
NGF	Nettogrundfläche (Nettogeschossfläche). Gemäß ÖN B 1800.	OIB, 2007b
PEB	PEB jährlicher Primärenergiebedarf pro m ² konditionierter Brutto-Grundfläche (spezifisch) und je Zone (zonenbezogen) in kWh/(m ² a bzw. kWh a)	OIB, 2007a
PHPP	<u>P</u> assiv <u>h</u> aus- <u>P</u> rojektierungs <u>p</u> aket. Berechnungssoftware für Energiebedarfszahlen von Passivhäusern basierend auf MS-Excel.	PHI, 2007
PHI	<u>P</u> assiv <u>h</u> aus <u>i</u> nstitut Darmstadt unter der Leitung von Dr. Wolfgang Feist	
SD _{ww}	Solarer Deckungsgrad für Warmwasserbereitung. Solarertrag bezogen auf gesamten Energieinput in den Warmwasser-Pufferspeicher.	
TFA	Treated Floor Area: Energiebezugsfläche-CEPHEUS. Die TFA beinhaltet grob betrachtet die Wohnnutzfläche (inkl. Gemeinschaftsräume) und 50 % aller sonstigen Bodenflächen in der konditionierten Gebäudehülle, exkl. Stiegen und Treppenabsätze. Diese Bezugsfläche wurde für die Berechnung von Energiekennzahlen von Passivhäusern im EU-Thermie-Projekt CEPHEUS eingesetzt.	Feist et al., 2001
THG	Treibhausgase	
U _m	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m ² K)], auf die Oberfläche der beheizten Gebäudehülle bezogener Transmissionsleitwert	
V _B	Summe der Brutto-Rauminhalte aller konditionierten Räume eines Gebäudes, über das eine Wärmebilanz mit einer bestimmten Raumtemperatur erstellt wird.	ÖN B 8110-6
W, kW	Leistung	
WWWB _{BGF}	Spezifischer Warmwasser-Wärmebedarf (Nutzenergie) gemäß Nutzungsprofil ÖN B 8110-5	ÖN H 5055
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity. Koordination von Betrieb und Erweiterung des europäischen Netzverbundes (Europa inkl. ehemalige UdSSR). Ab 1.07.2009 übernahm die ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity = Europäisches Netzwerk der Übertragungsnetzbetreiber für Elektrizität) diese Aufgaben.	

11 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasfaktoren</i>	<i>19</i>
<i>Tabelle 2: Untersuchungsstichprobe Passivhäuser (Versuchsgruppe, VG) und Altbestand (Kontrollgruppe, KG)</i>	<i>81</i>
<i>Tabelle 3: Wiener Siedlungs-, BewohnerInnendaten und Evaluationsergebnisse.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 4: Wohnzufriedenheit und Technikvermittlung, Sympathie und Empfehlung Passivhaus. Keine Werte liegen dazu aus den Altbauten vor.</i>	<i>89</i>
<i>Tabelle 5: SWOT-Analyse Passivhaus. Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities), Risiken (Threads).....</i>	<i>111</i>
<i>Tabelle 6: Vor- und Nachteile ausgewählter Kennzahlen für die Energieeffizienz von Gebäuden</i>	<i>112</i>

12 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Wohnhausanlagen in Passivhausstandard. Kumulierte Wohnnutzfläche realisierter und geplanter Objekte</i>	9
<i>Abbildung 2: Entwicklung der PH-Dichte in Wien</i>	9
<i>Abbildung 3: Aufgaben, Arbeitsschritte und geplante Ergebnisse des Forschungsprojekts</i>	11
<i>Abbildung 4: Bilanzgrenze für den Endenergiebedarf von Gebäuden. Entnommen aus ÖN EN 15603:2008.</i>	18
<i>Abbildung 5: Monatsmittelwert der Außentemperatur Wien - Hohe Warte in den Heizperioden (HP) 07/08 und 08/09.</i>	
<i>Datenquelle ZAMG</i>	22
<i>Abbildung 6: Passivhaus-Wohnhausanlagen in Wien. Lageplan Wien [VIENNA GIS, 2009]. Fotos: Quellenangaben siehe nächste Seiten</i>	23
<i>Abbildung 7: Rendering Dreherstrasse (Quelle: Architekt Lautner)</i>	24
<i>Abbildung 8: Lageplan [VIENNA GIS 2009]</i>	24
<i>Abbildung 9: Luftbild [VIENNA GIS 2009]</i>	24
<i>Abbildung 10: Lageplan gesamte Wohnhausanlage (Quelle: Architekt Lautner)</i>	25
<i>Abbildung 11: Grundriss Passivhaus (Quelle: Architekt Lautner)</i>	25
<i>Abbildung 12: Hofansicht [SCHÖBERL & PÖLL OEG 2009]</i>	25
<i>Abbildung 13: [BUWOG 2009]</i>	26
<i>Abbildung 14: [BUWOG 2009]</i>	26
<i>Abbildung 15: [BUWOG 2009]</i>	26
<i>Abbildung 16: Perspektive Utendorfgasse (Quelle: Arch. Kuzmich)</i>	27
<i>Abbildung 17: Lageplan [VIENNA GIS 2009]</i>	27
<i>Abbildung 18: Luftbild [VIENNA GIS 2009]</i>	27
<i>Abbildung 19: Lageplan (Quelle: Schöberl & Pöll)</i>	28
<i>Abbildung 20: Grundriss (Quelle: Schöberl & Pöll)</i>	28
<i>Abbildung 21: Hofansicht (Quelle: www.studiohuger.at)</i>	28
<i>Abbildung 22: Straßenansicht (Quelle: www.studiohuger.at)</i>	29
<i>Abbildung 23: Schnitt (Quelle: Schöberl & Pöll)</i>	29
<i>Abbildung 24: Aufdach montierte Lüftungsanlage (Quelle: AEE Intec)</i>	29
<i>Abbildung 25: Ansicht Molkereistrasse (Quelle: BOKU)</i>	30
<i>Abbildung 26: Lageplan [VIENNA GIS 2009]</i>	30
<i>Abbildung 27: Luftbild [VIENNA GIS 2009]</i>	30
<i>Abbildung 28: Westfassade (Quelle: LANG consulting)</i>	31
<i>Abbildung 29: Grundriss (Quelle: P. ARC. Baumschlagler Eberle ZT GmbH Wien)</i>	31
<i>Abbildung 30: Mittelgang (Quelle: BOKU)</i>	31
<i>Abbildung 31: Eingangsbereich (Quelle: BOKU)</i>	32
<i>Abbildung 32: Haustechnik (Quelle: BOKU)</i>	32
<i>Abbildung 33: Ansicht Kammelmweg Bauplatz B (Quelle: Futscher-Gerl)</i>	33
<i>Abbildung 34: Lageplan [VIENNA GIS 2009]</i>	33
<i>Abbildung 35: Luftbild [VIENNA GIS 2009]</i>	33
<i>Abbildung 36: Grundriss (Quelle: s&s architekten)</i>	34
<i>Abbildung 37: Schnitt (Quelle: s&s architekten)</i>	34
<i>Abbildung 38: Ansicht (Quelle: Futscher-Gerl)</i>	35
<i>Abbildung 39: Ansicht (Quelle: Futscher-Gerl)</i>	35
<i>Abbildung 40: Ansicht Kammelmweg Bauplatz E (Quelle: R.Smutny)</i>	36
<i>Abbildung 41: Lageplan [VIENNA GIS 2009]</i>	36
<i>Abbildung 42: Luftbild [VIENNA GIS 2009]</i>	36
<i>Abbildung 43: Lageplan (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)</i>	37
<i>Abbildung 44: Ansicht (R. Smutny)</i>	37
<i>Abbildung 45: Schnitt (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)</i>	38
<i>Abbildung 46: Fassadenschnitt (Quelle: Johannes Kaufmann Architektur)</i>	38
<i>Abbildung 47: Ansicht Roschégasse (Westfassade) (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten)</i>	39

Abbildung 48: Lageplan [VIENNA GIS 2009].....	39
Abbildung 49: Luftbild [VIENNA GIS 2009].....	39
Abbildung 50: Gesamtansicht Wohnhausanlage (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	40
Abbildung 51: Lageplan (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	40
Abbildung 52: Südfassade (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	40
Abbildung 53: Ostfassade (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	41
Abbildung 54: Kompaktlüftungsgerät in Wohnung (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	41
Abbildung 55: Photovoltaikanlage (Quelle: Treberspurg & Partner Architekten).....	41
Abbildung 56: Ansicht Passivwohnhausanlage am Mühlweg (Quelle: BAI).....	42
Abbildung 57: Lageplan [VIENNA GIS 2009].....	42
Abbildung 58: Luftbild [VIENNA GIS 2009].....	42
Abbildung 59: Lageplan (Quelle: BAI).....	43
Abbildung 60: Grundriss EG (Quelle: BAI).....	43
Abbildung 61: Bauphase (Quelle: BOKU).....	43
Abbildung 62: Konstruktionsdetail (Quelle: BAI).....	44
Abbildung 63: Ansicht Passivwohnhaus Schellenseegasse (Quelle: www.studiohuger.at).....	45
Abbildung 64: Lageplan [VIENNA GIS 2009].....	45
Abbildung 65: Luftbild [VIENNA GIS 2009].....	45
Abbildung 66: Bauphase (Quelle: Architekturbüro Reinberg).....	46
Abbildung 67: Bauphase (Quelle: Architekturbüro Reinberg).....	46
Abbildung 68: Gartenansicht (Quelle: www.studiohuger.at).....	46
Abbildung 69: Eingangsbereich (Quelle: www.studiohuger.at).....	47
Abbildung 70: Haustechnikschema (Quelle: Architekturbüro Reinberg).....	47
Abbildung 71: Ansicht Anton-Heger Platz (Quelle: Kresso).....	48
Abbildung 72: Lageplan [VIENNA GIS 2009].....	48
Abbildung 73: Luftbild [VIENNA GIS 2009].....	48
Abbildung 74: Detail Fassade (Quelle: Kresso).....	49
Abbildung 75: Klimazonen (Quelle: Büro Hackermüller).....	49
Abbildung 76: Konstruktionsdetail (Quelle: Büro Hackermüller).....	49
Abbildung 77: Schnitt (Quelle: Büro Hackermüller).....	50
Abbildung 78: Innenraum (Quelle: Kresso).....	50
Abbildung 79: Haustechnik (Quelle: Büro Hackermüller).....	50
Abbildung 80: Ansicht Passivwohnhausanlage Esslinger Hauptstrasse (Quelle: BOKU).....	51
Abbildung 81: Lageplan [VIENNA GIS 2009].....	51
Abbildung 82: Luftbild [VIENNA GIS 2009].....	51
Abbildung 83: Bauphase (Quelle: Büro Hackermüller).....	52
Abbildung 84: Ansicht Esslinger Hauptstraße (Quelle: BOKU).....	52
Abbildung 85: Haustechnikvariante Stiege 1 (Quelle: Büro Hackermüller).....	52
Abbildung 86: Haustechnikvariante Stiege 2 (Quelle: Büro Hackermüller).....	53
Abbildung 87: Haustechnikvariante Stiege 3 (Quelle: Büro Hackermüller).....	53
Abbildung 88: Haustechnikvariante Stiege 4 (Quelle: Büro Hackermüller).....	53
Abbildung 89: Haustechnikvariante Stiege 5 (Quelle: Büro Hackermüller).....	53
Abbildung 90: Vergleich der Planwerte (grau) mit den gemessenen Verbrauchswerten (grün). Gelieferte Endenergie (gesamte Säule) und Nutzenergie an Heizwärme (ausgefüllter Säulenteil) pro Bruttogrundfläche.....	55
Abbildung 91: Endenergieverbrauch für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs auf den Fernwärmeverbrauch konventioneller Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr. Verbrauch einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung.	58
Abbildung 92: Treibhausgasemissionen für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs bei fernwärmeversorgten konventionellen Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr.	

<i>Performance einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung. Faktoren: Fernwärme 192 kg/MWh, Erdgas 250 kg/MWh, Strom 617 kg/MWh (siehe Tabelle 1).</i>	60
<i>Abbildung 93: Primärenergieverbrauch gesamt und nicht erneuerbarer Anteil für Raumheizung und Warmwasser exklusive Strom für Zirkulationspumpen und Ventilatoren. Einfluss des Baujahrs bei fernwärmeversorgten konventionellen Wohnhausanlagen. Vergleich der Mittelwerte von fernwärmeversorgten PH und NEH mit unterschiedlichem Baujahr. Performance einzelner PH mit unterschiedlicher Energieversorgung. Gesamtfaktoren: Fernwärme 0,69 kWh/kWh, Erdgas 1,17 kWh/kWh, Strom 3,31 kWh/kWh. Faktoren für nicht erneuerbaren Anteil: Fernwärme 0,11 kWh/kWh, Erdgas 1,17 kWh/kWh, Strom 3,14 kWh/kWh (siehe Tabelle 1).</i>	61
<i>Abbildung 94: Wärmeflussdiagramm von Passivhäusern. Durchschnittliche Wärmeflüsse der Heizwärmebilanz (Nutzenergie) bei Fernwärmeversorgung.</i>	62
<i>Abbildung 95: Wärmeflussdiagramm von Passivhäusern im Vergleich zu Niedrigenergiehäusern. Durchschnittliche Wärmeflüsse der Heizenergiebilanz (Endenergie) bei Fernwärmeversorgung.</i>	63
<i>Abbildung 96: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen (ohne vorgelagerte Prozesse) in kg CO₂ pro MWh Endenergie der Fernwärme Wien 1990-2005. Übernommen aus [FW-Wien, 2007a]</i>	65
<i>Abbildung 97: Fernwärme Wien. Jahresverlauf der Energieumwandlung 2006. Übernommen von [FW-Wien, 2007b]</i>	66
<i>Abbildung 98: Mittlerer Stromverbrauch von Wohnungen. Passivhäuser und Niedrigstenergiehäuser mit dezentraler Komfortlüftung sowie Energiesparhäuser ohne Komfortlüftung. Alle Gebäude ohne elektrische Warmwasserbereitung. Datenquelle [Treberspurg et al., 2008]</i>	70
<i>Abbildung 99: Lebenszyklusphasen eines Produkts. Übernommen aus [Zimmer, 2002].</i>	73
<i>Abbildung 100: Anteile der einzelnen Lebenszyklusphasen pro Bewertungskriterium. Mittelwerte für 100 Gebäude. Datenquelle: [Kohler, 1994]. Übernommen aus [Pulli, 1998].</i>	74
<i>Abbildung 101: Kumulierter Aufwand an Primärenergie für Heizwärme und Wärmedämmung von Einfamilienhäusern. Vergleich des 1. Wiener PH mit konventionellen Einfamilienhäusern mit einem angenommenen Heizwärmebedarf von 75 bzw. 120 kWh/(m².a). Übernommen aus [Schuß, 2004].</i>	75
<i>Abbildung 102: Primärenergiebedarf (kWh/m²_{BGF}.a) eines „durchgesteckten“ Regelbüros ohne Berücksichtigung der Dach-, Boden- und stirnseitigen Außenwände des Baukörpers. Im Rahmen des Wettbewerbs für die STEWAG Steg Graz. Übernommen aus [Cody, 2009].</i>	76
<i>Abbildung 103: Links Passivhaus-Wohnungssteuerung, Rechts Lufteinlaß- (Weitwurfdüse, links) und Absaugöffnung (Tellerventil, rechts), beide Passivhaus Wien-Utendorfsgasse (Fotos: A. Keul)</i>	80
<i>Abbildung 104: Wiener PH-Projekte. V.l.n.r.: Mühlweg, Utendorfsgasse und Roschégasse (Fotos: A. Keul)</i>	82
<i>Abbildung 105: Wiener PH-Projekte. V.l.n.r.: Kammelweg B, Kammelweg E (C) und “Melone” Dreherstraße, Wien (Fotos: A. Keul)</i>	82
<i>Abbildung 106: Hohe Wohnzufriedenheit (“sehr zufrieden”), Prozent-Mittelwerte im Altbestand Wien (ALTB_W) blau und Passivhaus-Werte gelb</i>	87
<i>Abbildung 107: Zeitliche Entwicklung der Errichtungskosten</i>	93
<i>Abbildung 108: Einfluss der Größe auf die Errichtungskosten</i>	93
<i>Abbildung 109: Einfluss der Kompaktheit auf die Errichtungskosten</i>	94
<i>Abbildung 110: Einfluss der Kompaktheit und des Heizwärmebedarfs auf die Errichtungskosten</i>	94
<i>Abbildung 111: Vergleich mit Niedrigenergie- Wohnanlagen bzw. Altbestand</i>	107
<i>Abbildung 112: Kriterien und Zielsetzungen für energieeffiziente Wohngebäude</i>	115
<i>Abbildung 113: Öffentlicher Aushang des Heizwärmebedarfs und Netto-Endenergiebedarfs</i>	116

13 Literaturverzeichnis

- BEDNAR, T., DREYER, J., SCHÖBERL, H. (2008a). *Cost-efficient lowest-energy multifamily houses in Vienna Part 1: Design strategies*. NSB 2008. Proceedings of the 8th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries. Volume 3. Wednesday, June 18. Copenhagen, June 16-18, 2008. Carsten Rode (Hrsg.), Kopenhagen-Lyngby, S. 1103 - 1109.
- BEDNAR, T., DREYER, J., SCHÖBERL, H. (2008b) *Cost-efficient lowest-energy multifamily houses in Vienna Part 2: Measurement results and feedback of occupants*. NSB 2008. Proceedings of the 8th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries. Volume 3. Wednesday, June 18. Copenhagen, June 16-18, 2008. Carsten Rode (Hrsg.), Kopenhagen-Lyngby, S. 1103 - 1109.
- BERGER, T. (2009) *Innenraumluftqualität in Passivhäusern*. In: OBORNA, H. (Ed.) *Pasivni domy 2009*, Proceedings Oct. 29-30, 2009 (pp.303-307). Bratislava: Centrum pasivniho domu.
- BIERMAYR, P., SCHRIEFL, E., BAUMANN, B., STURM, A. (2002). *Hemmnisse und fördernde Faktoren bei der Markteinführung innovativer Wohnbauten*. Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Arbeitsgruppe Energiewirtschaft an der TU Wien. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 27/2002. Programmlinie Haus der Zukunft. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- BUBER, R., GODNER, J. & HOLD, R. (2007) *Wohnen in Passivhäusern. Der Einsatz von Fokusgruppeninterviews zur Identifikation von Wohlfühlkomponenten*. In R.Buber & H.H.Holz Müller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung* (S.823-845). Wien: Springer.
- BUWOG (2009) Online: www.buwog.at. Abgerufen am 26.02.2009.
- CODY, B. (2009). *Tatsächlicher Energieverbrauch von Gebäuden*. Referat, 2.Centropo-Dialog, Wohnen in Centropo 2020, Schloss Orth, 5.5.2009.
- CODY, B. (2009) *Form follows energy. Gesamtenergieeffizienz in Urban Design und Architektur* Gastvortrag am 17.11.2009 im Rahmen der 8. Wiener Wohnbauforschungstage zum Thema „Energieeffizienz im Wohnbau“. Veranstaltet vom Magistrat der Stadt Wien, MA 50, http://www.wohnbauforschung.at/Downloads/Presentation_Cody.pdf, abgerufen am 27.11.2009
- DANNER, M. (2003): Nutzererfahrungen in der Passivhaussiedlung "Lummerlund". Ergebnisse einer sozialwissenschaftlichen Evaluation. *Energieeffizientes Bauen*. 4, 3, 10-15.
- DAXBÖCK, C. (2009) Aktiv Energie sparen mit Passivhäusern. In: *Perspektiven. der aufbau*. Heft 3_2009 „Wiener Wohnen – innovativ.ökologisch.sozial“, S. 25-31
- DIN V 4701-10/A1 (2006) *Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*. Vornorm. 2006-12
- DIN V 18599-1 (2007) *Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger. Anhang-A (normativ). Primärenergiefaktoren* Vornorm. 2007-02
- DREYER, J. (2007) *Kurzbericht Blower Door Messung 20.03.2007*. TU Wien
- ENGELMANN, P., VOSS, K., SMUTNY, R., TREBERSPURG, M. (2008) „*Studentisches Wohnen im Passivhaus. Analyse von vier realisierten Studentenwohnheimen*“ Proceedings der 12. Passivhaustagung, 11.-13.04.2008 in Nürnberg. Passivhausinstitut, Darmstadt.

- ERDMANN, Georg, (1995) *Energieökonomik. Theorie und Anwendungen*. 2. Aufl. vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich und Teubner, Stuttgart
- FEIST, W. (1992). *Das Passivhaus*. C.F.Müller. Heidelberg.
- FEIST, W., PEPPER, S., GÖRG, M. (2001) *CEPHEUS-Projektinformation Nr. 35. Technischer Endbericht*. Juli 2001. Hannover.
- FERNWÄRME WIEN (2009). *Primärenergie- und Treibhausgasfaktoren der Fernwärme Wien von 2006 – 2008. Persönliche Mitteilung von DI Aarno Rapottnig MBA (Fernwärme Wien) basierend auf der Berechnungsmethodik und den Ergebnissen der Theissing-Studie und der ÖN EN 15316-4-5:2007*.
- FIETKAU, H.J. und KESSEL, H. (1981). *Umweltlernen*. Hain. Königstein/Taunus.
- FLADE, A. (1997) *Begleitforschung innovativer Wohnprojekte in Hessen: Projekt Frankfurt-Praunheim*. Institut für Wohnen und Umwelt. Darmstadt.
- FLADE, A., HALLMANN, S., LOHMANN, G. & MACK, B. (2003). *Wohnkomfort im Passivhaus. Ergebnis einer sozialwissenschaftlichen Untersuchung*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.
- FLADE, A. und HÄRTEL, K. (1991) *Nutzerorientiertes Wohnen. Das Wohnprojekt in der Bessunger Straße in Darmstadt aus der Sicht der Nutzer*. Institut für Wohnen und Umwelt. Darmstadt.
- FLADE, A. & LOHMANN, G. (2004). Wohnen in Passivhäusern – Ein umweltpsychologischer Forschungsansatz. *Umweltpsychologie*, 8 (1), 66-83.
- FRANCESCATO, G., WEIDEMANN, S. & ANDERSON, J.R. (1989). Evaluating the built environment from the user's point of view: An attitudinal model of residential satisfaction. I W.F.E. Preiser (Ed.), *Building evaluation* (pp. 181-198). New York: Plenum.
- FURNHAM, A. F. (1988) *Lay theories*. Pergamon Press. Oxford.
- FW-WIEN, 2007a. *Nachhaltigkeitsbericht 2007*. Wien Energie Fernwärme. Projektteam Nachhaltigkeit unter der Leitung von DI Alexander Wallisch. 90/032007/2.000/WEF a)VA/1. Auflage. Wien
- FW-WIEN, 2007b. *Persönliche Mitteilung von DI Alexander Wallisch. Wien Energie - Fernwärme Wien*
- GERTIS, K., HAUSER, G., SEDLBAUER, K., SOBEK, W. (2008) Was bedeutet „Platin“? Zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren. *Bauphysik*. 30, Heft 4, S. 244-256.
- GOLUBCHIKOV, O. (2009) *Presentation of the draft Action Plan for Energy Efficient Housing*. University of Oxford, School of Geography. UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- GRAUBNER, C.-A., HÜSKE, K. (2003) *Nachhaltigkeit im Bauwesen. Grundlagen - Instrumente – Beispiele*. Ernst&Sohn, Berlin
- HALLMANN, S. & MACK, B. (2004). Wohnen in Passivhäusern – Verzicht oder Luxus? *Umweltpsychologie*, 8 (2), 124-135.
- HOFBAUER, W. (1998) *Bewertungskriterien für die Förderung der thermischen Gebäudesanierung*. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien

- HÜBNER, H. & HERMELINK, A. (2001). *Mieter im Passivhaus. Nutzerorientierte Gestaltung als Voraussetzung für nachhaltiges Wohnen*. In U.Schrader & U.Hansen (Hrsg.), Nachhaltiger Konsum (S.137-148). Frankfurt: Campus.
- IG PASSIVHAUS (Hrsg.) (2007) *Broschüre 4. Tage des Passivhauses 2007*. IG Passivhaus. Wien.
- IG PASSIVHAUS (2009) *Passivhaus Objektdatenbank*. Online: <http://www.igpassivhaus.at/%C3%96sterreich/DatenbankenFE/Objektdatenbank/tabid/120/language/de-DE/Default.aspx>. Abgerufen am 26.02.2009.
- ILS NRW (Hrsg.). (2007). *Leben im Passivhaus. Baukonstruktion, Baukosten, Energieverbrauch, Bewohnererfahrungen*. Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen, Schriften 202. Aachen: ILS NRW.
- IWO (2009) *Energiepreisinformation*. Institut für wirtschaftliche Ölheizung. <http://www.iwo-austria.at/index.php?id=126&type=98>, Abgerufen am 29.09.2009
- IWU (2009) *Kumulierter Energieaufwand und CO₂ - Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen*. Basierend auf der GEMIS-Datenbank V. 4.5. Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (Hrsg.). http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf, abgerufen am 13.05.2009, Darmstadt
- KAUFMANN ARCHITEKTUR (2009) Online: www.kaufmann.archbuero.com. Abgerufen am 27.02.2009.
- KEUL, A.G. (1991). *'Post-Occupancy Evaluation' - in Österreich umweltpsychologisches Neuland*. In Berufsverband Österreichischer Psychologen (Hrsg.), 28.Kongreß des Berufsverbandes Österreichischer Psychologen, Baden bei Wien (S.166-169). Wien: Ketterl.
- KEUL, A.G. (Hrsg.) (1995) *Wohlbefinden in der Stadt. Umwelt- und gesundheitspsychologische Perspektiven*. Beltz. Weinheim.
- KEUL, A.G. (2000a). *Energiesparprojekte und konventioneller Wohnbau – eine Evaluation. NutzerInnen-Evaluation nach Bezug (POE) von sieben Energiesparprojekten und konventionellen Wohnbauten in der Stadt Salzburg*. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. www.hausderzukunft.at
- KEUL, A.G. (2000b) *Modellprojekt Glantreppelweg - Was sagen die BewohnerInnen? Ergebnisse einer Nutzerevaluation (POE) im Auftrag der Arbeiterkammer Salzburg*. Projektbericht an die AK Salzburg. Salzburg.
- KEUL, A.G. (2001) *Energiesparprojekte und konventioneller Wohnbau – eine Evaluation NutzerInnen-Evaluation nach Bezug (Post Occupancy Evaluation) von sieben Energiesparprojekten und konventionellen Wohnbauten in der Stadt Salzburg*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 23/2001. Programmlinie Haus der Zukunft. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- KEUL, A.G. (2007a) *Bericht zur Evaluation 2007 in der Passivhaus-Wohnanlage „Haus am Mühlweg“*. Projektbericht an BAI/KLEA, Wien. Salzburg.
- KEUL, A.G. (2007b) *Evaluation (POE) Passivhaus Utendorfgasse 2007*. PPT-Präsentation für Heimat Österreich. Wien.

- KEUL, A.G. (2007c) *Evaluation (POE) Passivhaus-Wohnanlage Roschégasse 2007*. PPT-Präsentation für Genossenschaft Altmannsdorf-Hetzendorf. Wien.
- KEUL, A.G. (2008a) *Wiener Passivhäuser erfolgreich im Mainstream*. Präsentation und Poster auf der 12. Internationalen Passivhaustagung, 11.-13. April 2008, Nürnberg.
- KEUL, A.G. und Mitarbeiter (2008b) *Evaluation (POE) Passivhaus Samer Mösl 2008*. PPT-Präsentation für Heimat Österreich. Salzburg.
- KEUL, A.G. (2008c) *Evaluation zum Passivhaus-Wohnprojekt Kammelweg 2008*. PPT-Präsentation für Bewohner und Firma Mischek, Wien. Wien.
- KEUL, A.G. (2008d) *Passivhaus-Evaluation zum Thema Raumwärme/Lüftung aus Sicht der BewohnerInnen. 1140 Wien – Utendorfsgasse*. Projektbericht für Bauphysik Schöberl & Pöll. Salzburg.
- KEUL, A.G. (2009). *Evaluation (POE) Passivhausprojekt Franz Ofner Straße, Salzburg*. Salzburg: Präsentation für Architekten Mayer & Seidl, Salzburg.
- KEUL, A.G., RUPRECHTSBERGER, E., MOSER, E. (2002) *Psychologie und Energie-PR. Energiesparen als optimale Vermittlung nachhaltigen Bauens und Wohnens?* 2 Bände. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 14/2002. Programmlinie Haus der Zukunft. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- KOGLER, G. (2008) *Wohnbau, Holz-Passivhaus. Mehrgeschossiger geförderter Wohnbau für 70 Wohneinheiten. Holzmassivbauweise, Passivhausstandard. Mühlweg, 1210 Wien*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/2008. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- KOHLER N. (Projektleiter) (1994) *Energie- und Stoffflussbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer*. Schlussbericht. Koordinationsgruppe des Bundes für Energie- und Ökobilanzen; Bundesamt für Energiewirtschaft. Forschungsprojekt: Energie und Stoffflussbilanzen von Gebäuden. EPFL-LESO, Lausanne
- KRAINER, A. (2008). *Passivhaus contra bioclimatic design*. *Bauphysik*, 30, 6, 393-404.
- KRAPMEIER, H. und DROESSLER, E. (Hrsg.) (2001) *CEPHEUS – Wohnkomfort ohne Heizung*. Springer. Wien.
- KUCKARTZ, U., RHEINGANS-HEINTZE, A., RÄDIKER, S. (2007) *Klimawandel aus der Sicht der deutschen Bevölkerung*. Projekt „Umweltbewusstsein in Deutschland“, Kurzfassung 02/2007. Philipps-Universität. Marburg.
- KURZMANN, G. (2008) *Kundenbefragung Passivhausbauweise 1110 Dreherstraße 66, April 2008, Objekt 01201*. Internes BUWOG-Papier. Wien.
- LANG, G. (2006). *1000 Passivhäuser in Österreich*. Passivhaus-Objektdatenbank. Interaktives Dokumentations-Netzwerk Passivhaus. 2. Dokumentationsperiode 2004-2005. Wien: Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. www.hausderzukunft.at sowie <http://igpassivhaus.cuisine.at>
- MARANS, R.W. & SPRECKELMAYER, K.F. (1981). *Evaluating built environments: A behavioral approach*. Ann Arbor, MI: University of Michigan, Institute of Social Research.

- MA 25 (2008) *Kenndaten ausgewählter Wohnhausanlagen*. Schriftliche Mitteilung von Martin Groyß von Magistratsabteilung 25 - Gruppe Neubau-Bauaufsicht und Flächenprüfung, Wien
- MATZIG, R. (2009) *Aus der Praxis für die Praxis. Qualitätssicherung bei Großprojekten im Wohnungsbau - das Zusammenspiel von Planung und Bauleitung*. Sophienhof Frankfurt. r-m-p architekten, Mannheim. UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- MCCLOSKEY, M. (1983) *Intuitive physics*. Scientific American, 24, 122-130.
- NEURURER, C. (2009) *Ressourceneffizienz von Passiv- und Niedrigenergiehäusern - Berechneter Heizwärmebedarf und gemessener Heizwärmeverbrauch im Vergleich*. Diplomarbeit. BOKU Wien, Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen. Wien
- NHT (2009) *Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck, Tirol*. Neue Heimat Tirol (NHT), Innsbruck. http://www.energy-housing.net/dateien/Buch_Lodenareal_Endfassung.pdf. UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- OIB (2007a) *Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz*. April 2007. OIB-300.6-038/07. Österreichisches Institut für Bautechnik. Wien
- OIB (2007b) *Leitfaden. Energietechnisches Verhalten von Gebäuden*. Version 2.6, April 2007, OIB-300.6-039/07. Ersetzt Ausgabe vom März 1999. Österreichisches Institut für Bautechnik. Wien
- OIB (2007c) *Richtlinien. Begriffsbestimmungen*. April 2007. OIB-300-008/07. Österreichisches Institut für Bautechnik. Wien
- OLSHANSKAYA, M. (2009) UNDP-GEF support to energy efficient buildings in Eastern Europe and CIS. *UNDP-GEF Regional Technical Adviser on Climate Change, Europe and CIS, Bratislava*. UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- ÖN B 1801-1 (1995) *Kosten im Hoch- und Tiefbau. Kostengliederung*.
- ÖN B 8110-1 (2008) *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*
- ÖN B 8110-5 (2007) *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile*
- ÖN B 8110-6 (2007) *Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*
- ÖN EN 15603 (2008) *Energieeffizienz von Gebäuden – Gesamtenergiebedarf und Festlegung der Energiekennwerte*.
- ÖN EN 15316-4-5 (2007) *Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 4-5: Wärmeerzeugung für die Raumheizung, Leistungsdaten und Effizienz von Nah- und Fernwärmesystemen*
- ÖN EN 15217 (2007) *Energieeffizienz von Gebäuden – Verfahren zur Darstellung der Energieeffizienz und zur Erstellung des Gebäudeenergieausweises*
- ÖN H 5055 (2008) *Energieausweis für Gebäude*
- ÖN H 5056 (2009) *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Heiztechnik-Energiebedarf*

- ORNETZEDER, M. und ROHRACHER, H. (2001) *Nutzererfahrungen als Basis für nachhaltige Wohnkonzepte*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 22/2001. Programmlinie Haus der Zukunft. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- ORR, D. (2009) *Welcome and introductory remarks*. President of CECODHAS (The European Liaison Committee for Social Housing). UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- PECH, A., PÖHN, C. (2004) *Bauphysik*. Baukonstruktionen - Band 1. 1. Auflage. Wien: Springer
- PHI (1997) *Nutzerverhalten*. Protokollband Nr.9. Passivhaus Institut. Darmstadt.
- PHI (2007) *Passivhaus Projektierungs Paket 2007. PHPP 2007. Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser*. Fachinformation PHI-2007/1. Passivhaus Institut Darmstadt.
- PHI (2009) *Das Passivhaus: behaglich, gesundes Wohnen*. Online: <http://www.passiv.de>. Abgerufen am 16.11.2009. Passivhausinstitut Darmstadt
- PÖLZ, W. (2007). *Emissionen der Fernwärme Wien 2005. Ökobilanz der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aus dem Anlagenpark der Fernwärme Wien GmbH*. Basierend auf GEMIS-Österreich V. 4.42. Report REP-0076. Umweltbundesamt Wien
- PREISER, W.F.E., RABINOWITZ, H.Z., WHITE, E.T. (1988) *Post-occupancy evaluation*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- PREISER, W.F.E. und VISCHER, J.C. (Ed.) (2005) *Assessing Building Performance*. Elsevier. Amsterdam.
- PRIX, W.D. (2009). *Architekten in gedämmter Isolierhaft*. Standard, 23.5.2009, S.34.
- PULLI, R. (1998) *Überblick über die Ökobilanzierung von Gebäuden*. ETH Zürich. Untersuchung im Rahmen des IEA BCS Annex 31: Energy Related Environmental Impact of Buildings. Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" des Schweizer Bundesamts für Energie. Zürich
- RAFFELSBERGER, B., HACKERMÜLLER, W., LIPP, B., SCHRANZHOFER, H., HEINZ, A., STREICHER, W. (2009) *Differenzierte Umsetzung von unterschiedlichen alltagstauglichen Passivhaus-Haustechniksystemen anhand von vier gleichen Baukörpern einer mehrgeschossigen Wohnhausanlage. Esslinger Hauptstraße, 1220 Wien*. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 28/2009. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- RAMBOW, R. (1983). *Experten-Laien-Kommunikation in der Architektur*. Münster: Waxmann.
- RICHTER, W., FEIST, W., HARTMANN, T., KREMONKE, A., OSCHATZ, B. & SEIFERT, J. (2003). *Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern*. Forschungsbericht an Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- ROCHARD, U. (2008) Vergleichbarkeit von Energiekennwerten aus Nachweisverfahren in Deutschland, Frankreich und der Schweiz. In: *Bauphysik* 30 (2008), Nr. 5, S. 328–332
- ROGERS, E.M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.

- ROHRMANN, B. (1994). *Sozialwissenschaftliche Evaluation des Passivhauses in Darmstadt*. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben Wissenschaftliche Auswertung Passivhaus Darmstadt-Kranichstein. Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt.
- RUMMICH, Erich, 1978. *Nichtkonventionelle Energienutzung. Eine Einführung in die physikalischen und technischen Grundlagen*. Wien: Springer.
- SCHÖBERL, H., LANG, C. (2009) Anwendung der Passivtechnologie im Sozialen Wohnbau. 1140 Wien, Utendorfgasse 7 - Phase Umsetzung. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- SCHÖBERL & PÖLL OEG (2009) Online: <http://www.schoeberlpoell.at/>. Abgerufen am 26.02.2009
- SCHUSTER, B., OBERHUBER, A., GÖTZL, K., KAUFMANN, P.* (2009) *Vergleichende Analyse von Errichtungs- und Bewirtschaftungskosten großvolumiger Wohngebäude in Passivhaus- und Niedrigenergiehausqualität in Wien*. Forschungsgesellschaft für Wohnen, Bauen und Planen (FGW) in Wien und * Forschungsinstitut für Raum- und Immobilienwirtschaft, WU Wien. Im Auftrag der Wiener Wohnbauforschung MA50, Wien:
- SCHUß, M. (2004) *Life-cycle-Analyse von Passivhäusern*. Diplomarbeit. TU-Wien, Inst. f. elektrische Anlagen und Energiewirtschaft. Wien
- SOMMER, R. (1983) *Social design. Creating buildings with people in mind*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- STIJNEN, L. (2009) *Energieeffizienz im sozialen Wohnbau: Die Bedeutung des Mieterverhaltens*. C.V. Zonnige Kempen, Westerlo. UNECE International Forum 2009 - Energieeffizienz im Wohnbau. 23.-25. November 2009, Wien
- THEISSING M., THEISSING-BRAUHART, I. (2009) *Primärenergie- und Emissionsfaktoren von Energieträgern in Fernwärmesystemen*. 20.11.2009, Technisches Büro für Maschinenbau Dipl. Ing. Dr. Matthias Theissing.
- TREBERSPURG, M., SMUTNY, R. (2007) *Post-Occupancy-Evaluation des Passivhaus-Studentenheims „Molkereistraße“ in Wien*. In: BARTA, J. und HAZUCHA, J. (Ed.) Pasivni domy, Proceedings Oct 10-11, 2007 (pp.257-268). Brno: Centrum pasivniho domu.
- TREBERSPURG, M., SMUTNY, R., OBERHUBER, A.* (2007) *Nachhaltigkeits-Monitoring Molkereistraße. Wissenschaftliche Evaluierung von Nutzerzufriedenheit, Energieperformance und Klimaschutzbeitrag von gemeinnützigen Wiener Wohnbauten in Passivhausstandard am Beispiel des Passivhaus-Studentenheims Molkereistraße in Wien*. Universität für Bodenkultur Wien - Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen und * FGW. Im Auftrag der MA50 - Wiener Wohnbauforschung.
- TREBERSPURG, M., SMUTNY, R., ERTL, U., NEURURER, C. (2008) *Evaluation der solarCity Linz Pichling - Zwischenbericht*. Universität für Bodenkultur Wien
- UBA (2009) *GEMIS-Österreich. Gesamt Emissions Modell Integrierter Systeme für Österreich*. Version 4.5. CD-ROM. Institut für angewandte Ökologie e.V. (Öko-Institut), Freiburg, Umweltbundesamt Wien. März 2009.
- VIENNA GIS (2009) *Stadtplan mit Adressensuche*. Online: <http://www.wien.gv.at/stadtplan/>. Abgerufen am 18.08.2009.

- VOSS, K., LÖHNERT, G., HERKEL, S., WAGNER, A., WAMBSGANß, M. (2006) *Bürogebäude mit Zukunft. Konzepte • Analysen • Erfahrungen*. 2. Auflage. Verlag Solarpraxis AG, Berlin
- WAGNER, W. (2008) Große Wohnhausanlagen in Passivhausqualität. *erneuerbare energie. Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft*, Nr. 2, 2008, S. 22-25. AEE Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie (Hg.)
- WAGNER, W. (2009) *Gebäudetechnik im Haus der Zukunft - Erfahrungen mit unterschiedlichen Gesamtkonzepten*. Vortragsfolien. AEE INTEC
- WAGNER, W., MAUTHNER, F. (2008a) *Energetechnische und baubiologische Begleituntersuchung der Bauprojekte - Berichtsteil Passivwohnhausanlage Utendorfasse*. AEE Institut für Nachhaltige Technologien. Gleisdorf.
- WAGNER, W., MAUTHNER, F. (2008b) *Energetechnische und baubiologische Begleituntersuchung der Bauprojekte - Berichtsteil Passivwohnhausanlage Roschégasse*. AEE Institut für Nachhaltige Technologien. Gleisdorf.
- ZIMMER, B. (2002) *Ökobilanzierung – Bewertungssystem für Werkstoffe und Produkte der Zukunft*. In: Lignovisionen Band 2. Holz – Rohstoff – Werkstoff – Energiequelle der Zukunft.