

Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern

H. Schöberl, R. Hofer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

3/2012

Impressum:

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

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

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

Betriebskosten- und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern

DI Helmut Schöberl
DI Richard Hofer
Schöberl & Pöll GmbH

Wien, Juli 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Abstract	5
1. Einleitung	7
2. Aufgabenstellung und erreichte Ziele.....	7
3. Grundlagen	11
3.1. Methodik	11
3.2. Bezugsflächen	11
3.3. Definition der Betriebskostengruppen (AP 1).....	13
4. Mehrfamilienhäuser.....	16
4.1. Projektbeschreibungen	16
4.2. Auswertung der Betriebskosten (AP 2 und AP 5)	21
4.2.1. Heizwärmebedarf	21
4.2.2. Ablesung und Abrechnung der Heizkosten	30
4.2.3. Wartungskosten Lüftungsanlage	31
4.2.4. Stromkosten Lüftungsanlagen.....	32
4.2.5. Rauchfangkehrung	35
4.2.6. Warmwasser	37
4.2.7. Haushaltsstrom	39
4.2.8. Allgemeinstrom.....	39
4.3. Vergleich mit Planwerten - Mehrfamilienhäuser (AP 3 und AP 6).....	40

4.4.	Einsparungen Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus – Mehrfamilienhäuser (AP 7)	45
5.	Einfamilienhäuser	47
5.1.	Projektbeschreibungen	47
5.2.	Auswertung der Betriebskosten (AP 2 und AP 5)	50
5.3.	Stromkosten Lüftungsanlagen	60
5.4.	Vergleich mit Planwerten – Einfamilienhäuser (AP 3 und AP 6).....	61
5.5.	Einsparungen Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus - Einfamilienhäuser (AP 7)	66
6.	Anhang	68
6.1.	Quellenverzeichnis	68
6.2.	Abbildungsverzeichnis	72
6.3.	Tabellenverzeichnis	74

Kurzfassung

Ausgangssituation / Motivation

Neben den Baukosten sind die Betriebskosten für Bauträger eine wichtige Grundlage für strategische und planerische Entscheidungen. Ältere Studien, wie die vereinfachte Betriebskostenauswertung der CEPHEUS-Projekte, stellen die Erfahrungen vor fünf Jahren dar und reichen für eine fundierte Betriebskostenbewertung nicht aus. Aus diesem Grund wurde im Projekt „Betriebskosten und Wartungskostenvergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern“ eine systematische Erfassung, Auswertung und Gegenüberstellung der jährlichen Mehr- und Minderkosten von Betriebs- und Wartungskosten vorgenommen.

Inhalte und Zielsetzung

Verglichen wurden 10 Passivhäuser und 8 Niedrigenergiehäuser, wovon ein Teil mehrgeschossige Wohnbauten und ein Teil Einfamilienhäuser sind. Ziel war eine Gegenüberstellung der tatsächlichen Betriebs- und Wartungskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern.

Methodische Vorgehensweise

Im ersten Schritt wurden die relevanten Betriebskostengruppen für die jährlichen Mehr- und Minderkosten eines Passivhauses im Vergleich zum Niedrigenergiehaus festgelegt. Im nächsten Schritt erfolgte die Datenerfassung dieser vergleichsrelevanten Betriebskosten. Tatsächliche Verbrauchsdaten und Betriebskosten wurden für die Objekte erhoben: Heizung exkl. Verluste, Warmwasser, Strom, Wartung (Lüftungsanlage) und Inspektion (Rauchfangkehrung und Heizkörperablesung). Anschließend erfolgte ein Vergleich der Verbrauchsdaten mit den im Energieausweis oder PHPP berechneten Werten. Zuletzt wurden die Kosten gegenübergestellt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Nach Auswertung der Daten sind die vergleichsrelevanten Betriebskosten bei einem Mehrfamilien-Passivhaus um 50 % niedriger als bei einem Niedrigenergiehaus. Im Sinne eines direkten Vergleichs wurde zwischen Kosten, die die MieterInnen direkt tragen

(z. B. Stromverbrauch des Abluftventilators in der Wohnung) und Haushaltsbetriebskosten (z. B. zentrale Lüftungsanlage), die über einen Schlüssel auf die MieterInnen umgelegt werden, nicht unterschieden.

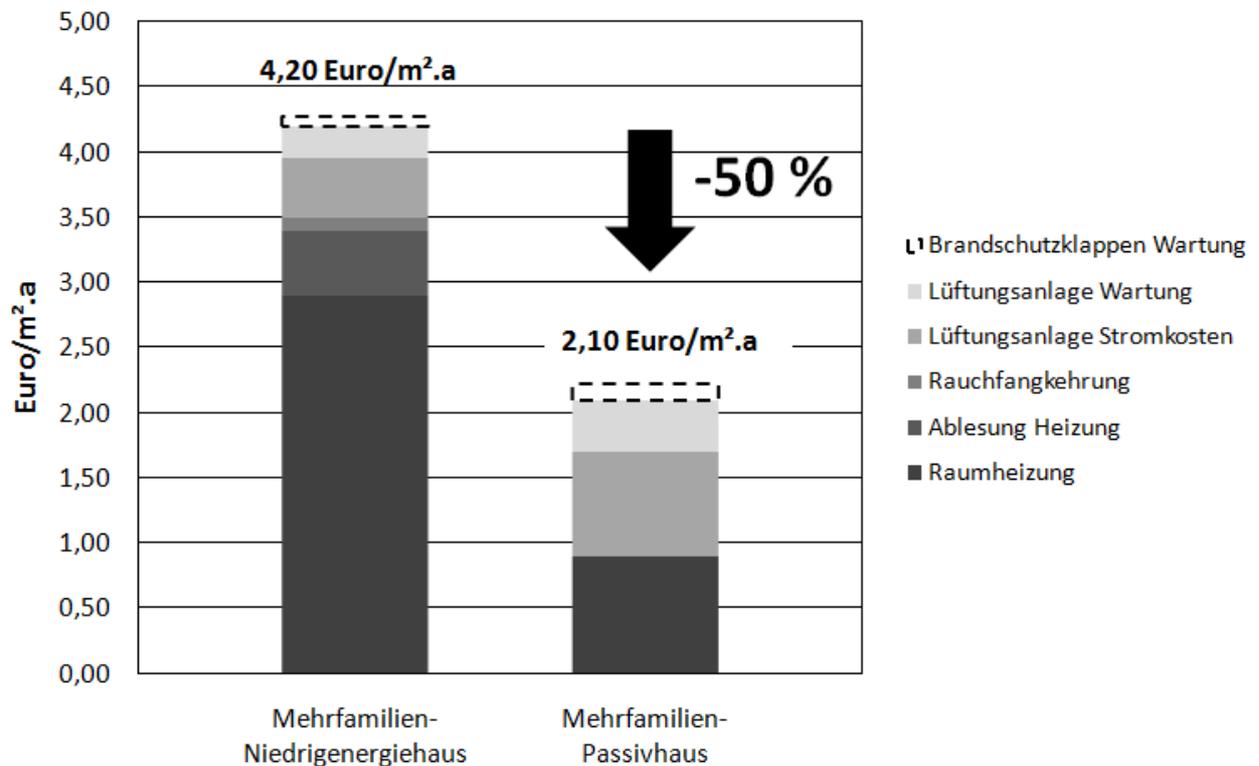


Abbildung 1: Gegenüberstellung der vergleichsrelevanten Betriebskosten von Mehrfamilien-Passivhäusern zu Niedrigenergiehäusern

Die Absolutsumme der Einsparungen der Passiv-Einfamilienhäuser gegenüber den Niedrigenergie-Einfamilienhäusern von 2,10 Euro/m².a deckt sich punktgenau mit der Einsparung der Mehrfamilienhäuser von 2,10 Euro/m².a. Für Einfamilien-Passivhäuser liegt die prozentuale Einsparung bei ca. 25 bis 35 %.

Abstract

Starting point / motivation

In addition to the building costs, the costs of operation are an important basis for strategic and planning decisions for the developer. Older studies like the simplified operating cost evaluation of the CEPHEUS projects represent experiences from five years ago and aren't sufficient for a profound evaluation.

Therefore, the project „Operational and maintenance costs in passive houses and low energy houses“ focuses on a systematic acquisition, evaluation and comparison of the yearly additional and reduced costs of operation and maintenance.

Contents and goals

Ten passive houses and eight low energy buildings, partly apartment blocks, partly single detached houses, were compared. The aim was a comparison of the costs of operation and maintenance in passive houses and low-energy buildings.

Methodical approach

The first step was to determine the relevant operational cost groups of the yearly additional and reduced costs of a passive house compared to a low energy building. In the next step all comparable operational costs were acquired. Actual consumption and operation costs were gathered for the objects as follows: heating (without losses), warm water, power consumption, maintenance (ventilation system) and inspection (chimney sweep and heat consumption readings). The collected data was then compared to the values calculated in the building's energy pass or the PHPP calculation. Finally, a cost comparison was performed.

Results and conclusions

After careful evaluation of the collected data, the operating costs of a passive house for multiple families are 50% lower than the costs of operation in a low energy building. In terms of a direct comparison, no difference was made between the costs paid by the occupants (e.g. energy consumption of the exhaust air unit in the apartment) and the

costs of operation (e.g. the central ventilation system) which are passed on to the occupants.

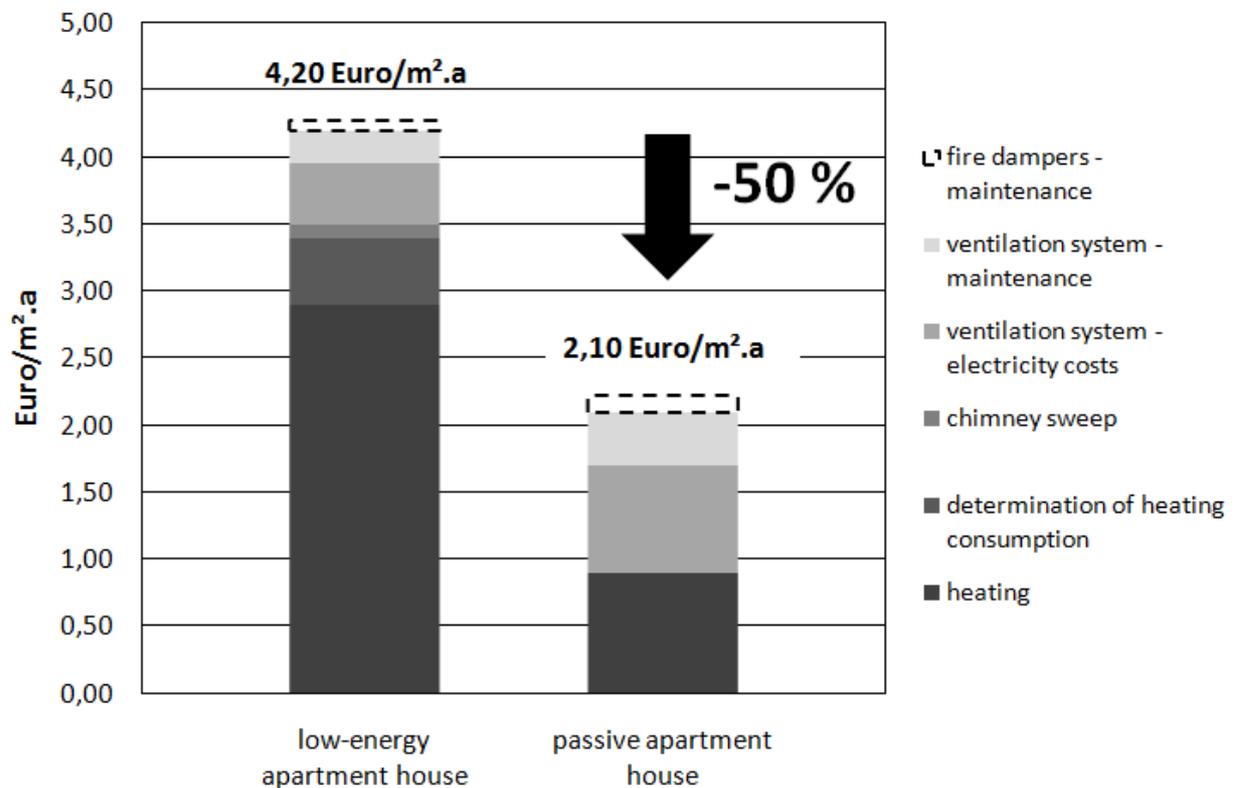


Abbildung 2: Comparison of relevant operation costs of passive houses for multiple families to low energy houses

The total reduction of the operational costs of 2,10 Euro/m².a in single family passive houses compared to single family low energy houses are a pinpoint match to the savings in houses for multiple families with 2,10 Euro/m².a. For single family passive houses the percental savings are around 25 to 40 %.

1. Einleitung

Die Passivhausbauweise hat eine bedeutende Rolle in Österreich. Mit dieser Bauweise wird Energie gespart. Ein Passivhaus spart mit einem Heizwärmebedarf von $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ zwei Drittel an Energie für die Wohnraumheizung gegenüber herkömmlichen Niedrigenergiehäusern (NEH). Es ist naheliegend, dass im Passivhaus (PH) durch den geringeren Verbrauch von Heizenergie auch die Heizkosten niedriger sind. Diesen abgeminderten Betriebskosten stehen zusätzliche Mehrkosten z. B. der Betrieb und die Wartung der eingebauten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung gegenüber.

2. Aufgabenstellung und erreichte Ziele

Die Aufgabenstellung des vorliegenden Projektes kann wie folgt definiert werden:

- Was spart ein Passivhaus im Betrieb tatsächlich?
- Wie sind z. B. Wartungskosten zu bewerten?

Die jährlichen Mehr- bzw. Minderbetriebskosten von Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern wurden erhoben. Durch die geeignete Wahl einer Vergleichssystematik wurden diese Daten gegenübergestellt. Folgende Ergebnisse wurden durch die Vergleiche angestrebt:

- Tatsächliche Betriebs- und Wartungskosten bei Passivhäusern
- Tatsächliche Betriebskosteneinsparung von Passivhäusern gegenüber Niedrigenergiehäusern

Die Projektarbeiten sind beim gegenständlichen Projekt in folgende Arbeitspakete aufgeteilt:

Arbeitspaket Nr. 1	Grunderhebung, vergleichsrelevante Betriebskostengruppen
Arbeitspaket Nr. 2	Datenerfassung der relevanten Betriebskostengruppen (1. Heizperiode)
Arbeitspaket Nr. 3	Vergleich mit Energieausweis
Arbeitspaket Nr. 4	Gegenüberstellung, Auswertung und Zwischenbericht
Arbeitspaket Nr. 5	Datenerfassung der relevanten Betriebskostengruppen (2. Heizperiode)
Arbeitspaket Nr. 6	Vergleich mit Vorjahresergebnissen
Arbeitspaket Nr. 7	Gegenüberstellung, Auswertung und Endbericht

Tabelle 1: Übersicht der Arbeitspakete

AP 1:

Ziel laut Antrag: Festlegung der Betriebskostengruppen, die relevant für die jährlichen Mehr- und Minderkosten eines Passivhauses zum Niedrigenergiehaus sind, in Abstimmung mit den Bauträgern.

erreichtes Ziel: Die geplanten Ziele wurden erreicht. Die Auswertung der Mehr- bzw. Minderkosten erfolgte getrennt nach den relevanten Gruppen. Betriebskostengruppen, welche sich aus der Erfahrung nicht zwischen Passiv- und Niedrigenergiehäusern unterscheiden, wurden aus der Gegenüberstellung ausgeschlossen.

Eine Übersicht der Betriebskostengruppen befindet sich in Kapitel 3.3.

AP 2 und AP 5:

Ziel laut Antrag: Datenerfassung der vergleichsrelevanten Betriebskosten. Erhebung der tatsächlichen Verbrauchsdaten und Betriebskosten für die jeweiligen Objekte. Erhoben werden: Heizung (monatsweise Ablesung falls für Warmwasser derselbe Energieträger), Strom, Luftdichtheitsprotokolle, Wartungskosten (Lüftungsanlage, eventuell Verschleißteil Lampen), Inspektionskosten (Rauchfangkehrung, Heizkörperablesung).

erreichtes Ziel: Die Datenlage bei den Passiv-Mehrfamilienhäusern (HdZ-Projekten, inkl. Niedrigenergiehaus Dreherstraße) war aufgrund der Messungen von AEE INTEC sehr gut. Es standen wesentlich mehr Daten zur Verfügung als bei den Niedrigenergie-Mehrfamilienhäusern. Bei den Niedrigenergiehäusern konnten die Daten zur Heizwärme

erhoben werden. Die Bewertung der Wartungskosten in Passiv-Mehrfamilienhäusern erfolgte auf Basis von [SCH11]. Die Kosten für Rauchfangkehrung und Heizkörperab-lesung wurden anhand der Passiv-Mehrfamilienhäuser ausgewertet.

Für Einfamilienhäuser standen die Verbrauchsdaten in Form von Jahresabrechnungen (Strom, Öl) und Angaben durch die BewohnerInnen (Pellets, Holz) zur Verfügung.

Die Ergebnisse zu diesem Arbeitspaket befinden sich in den Kapiteln 4.2 und 5.2.

AP 3 und AP 6:

Ziel laut Antrag: Vergleich der Verbrauchsdaten mit dem im Energieausweis oder PHPP berechneten Werten: Klimabereinigung. Kontrollberechnung des tatsächlichen Energiebedarfs aus Verbrauchsdaten, Heizungsanlagenverlusten und Warmwasser, wenn keine getrennte Zählung erfolgt. Vergleich mit den im Energieausweis berechneten Daten.

erreichtes Ziel: Für die Passiv-Mehrfamilienhäuser konnte der Vergleich mit den von AEE INTEC gemessenen und bereinigten Daten und den Angaben im PHPP durchgeführt werden. Die Niedrigenergie-Mehrfamilienhäuser wurden nach Heizgradtagen be-reinigt, was einen Vergleich mit dem Energieausweis zulässt.

Ergebnisse aus den Energieausweisen bzw. PHPP Unterlagen sind für Einfamilienhäu-ser im Kapitel 5.4 aufgelistet. Ein Vergleich zwischen Planwerten und tatsächlichen Ver-bräuchen wurde aufgrund der angegebenen Daten in den PHPP- bzw. Energieausweis-unterlagen durchgeführt. Die Aufteilung der Verbräuche auf die einzelnen Betriebskos-tengruppen für den Vergleich erfolgte über nachvollziehbare Abschätzungen und An-nahmen basierend auf Messdaten.

Die Ergebnisse zu diesem Arbeitspaket befinden sich in den Kapiteln 4.3 und 5.4.

AP 4 und AP 7:

Ziel laut Antrag: Gegenüberstellung und Auswertung. Gegenüberstellung der Betriebs-kosten: Aufgliederung in die vergleichsrelevanten Betriebskostengruppen. Vergleich der

Objekte untereinander. Auswertung der Ergebnisse und Verfassen eines Zwischen- und eines Schlussberichts.

erreichtes Ziel: Alle Passiv- und Niedrigenergiehäuser wurden in Bezug auf Betriebskostengruppen gegenübergestellt. Bei den Mehrfamilienhäusern war dies differenzierter möglich als bei den Einfamilienhäusern. Die Energiepreise wurden als konstant angenommen.

Die Ergebnisse zu diesem Arbeitspaket befinden sich in Kapitel 4.4 bzw. 5.5.

Änderungen gegenüber Antrag

Einige Bauvorhaben aus dem Projektantrag wurden geändert. Statt drei bis vier Niedrigenergie-Mehrfamilienhäuser der Heimat Österreich wurden vier Projekte des ÖSW beim Vergleich der Heizkosten herangezogen. Für das Passivhaus Samer Mösel waren nur wenige Daten zugänglich. Aus diesem Grund wurde zusätzlich die Passivhausanlage Roschégasse in die Auswertung eingebunden. Aufgrund der Aktualität des Projekts Lodenareal wurden erste Messergebnisse ausgewertet. In der Gegenüberstellung der Betriebskosten (AP 4 und 7) wurde das Projekt Lodenareal aufgrund der nur für ein halbes Jahr vorliegenden Messdaten nicht berücksichtigt.

Nur zwei der ursprünglichen fünf Einfamilien-Passivhäuser wurden aus dem Antrag übernommen. Die restlichen drei Passivhäuser wurden ersetzt, die Daten zu diesen Häusern wurden von den BewohnerInnen in Form von Jahresabrechnungen übermittelt.

Zwei von drei Einfamilien-Niedrigenergiehäusern (AEE INTEC) wurden durch Projekte der TU-Wien (Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Diplomarbeiten) ersetzt.

3. Grundlagen

3.1. Methodik

Es werden 10 Passivhäuser (5 MFH, 5 EFH) und 8 Niedrigenergiehäuser (5 MFH, 3 EFH) miteinander verglichen. Diese werden von großen Wohnbauträgern bzw. von Privatpersonen betrieben.

Die relevanten Betriebskostengruppen für die jährlichen Mehr- und Minderkosten eines Passivhauses zum Niedrigenergiehaus wurden festgelegt. Im nächsten Schritt wurden die vergleichsrelevanten Betriebskosten erfasst. Tatsächliche Verbrauchsdaten und Betriebskosten wurden erhoben: Heizung, Warmwasser, Strom, Wartung (Lüftungsanlage), Inspektion (Rauchfangkehrung und Heizkörperablesung). Nach Auswertung der Daten erfolgte ein Vergleich der Verbrauchsdaten mit den im Energieausweis oder PHPP berechneten Werten (Klimabereinigung). Zuletzt wurden die Kosten gegenübergestellt.

Im Sinne eines direkten Vergleichs wurde zwischen Kosten, die die MieterInnen direkt tragen (z. B. Stromverbrauch des Abluftventilators in der Wohnung) und Haushaltsbetriebskosten (z. B. zentrale Lüftungsanlage), die über einen Schlüssel auf die MieterInnen umgelegt werden, nicht unterschieden.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit großen Bauträgern und mit den BewohnerInnen von Einfamilienhäusern umgesetzt.

Alle Kosten sind ohne Umsatzsteuer zu verstehen. Es werden konstante Energiepreise angenommen.

3.2. Bezugsflächen

Für die Berechnung von vergleichbaren spezifischen Kosten ist die einheitliche Festlegung der Bezugsflächen von besonderer Bedeutung. In diesem Bericht wurden folgende Flächen herangezogen:

- TFA (Treated Floor Area)
- EBF (Energiebezugsfläche lt. Passivhausprojektierungspaket – PHPP)

- WNF und WNF_{förderbar} (Wohnnutzfläche und förderbare Wohnnutzfläche lt. Wohnbauförderung – WBF)

In der Regel weichen WNF, EBF und TFA wenig voneinander ab, eine Vergleichbarkeit der damit errechneten spezifischen Kosten ist somit gegeben.

EBF (Energiebezugsfläche lt. Passivhausprojektierungspaket – PHPP)

Die Energiebezugsfläche lt. PHPP für Wohngebäude stimmt bis auf eine Ausnahme mit der TFA exakt überein. Bei der Ermittlung der TFA werden Räume, die nicht der Wohnnutzung zuzuordnen sind und indirekt mitbeheizte Räume innerhalb der thermischen Hülle mit einem Faktor von 50 % hinzugerechnet, bei der EBF beträgt dieser Faktor 60 %. Da diese Flächen aber nur einen geringen Anteil an der gesamten Bezugsfläche einnehmen, ist eine Vergleichbarkeit der damit errechneten spezifischen Kosten trotzdem gegeben. Die Energiebezugsfläche von Wohngebäuden ist der Anteil der Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung, der sich innerhalb der thermischen Hülle befindet [PHP07].

TFA (Treated Floor Area)

Die spezifischen Kosten der CEPHEUS-Projekte beziehen sich auf die TFA. Sie entspricht mit hoher Übereinstimmung der EBF lt. Passivhausprojektierungspaket.

WNF und WNF_{förderbar} (Wohnnutzfläche und förderbare Wohnnutzfläche lt. Wohnbauförderung – WBF)

Bei der Ermittlung der Wohnnutzfläche werden in Wien die Loggien zu 100 % zur Wohnnutzfläche gezählt. Balkon-, Terrassen- und Mietergartenflächen werden nicht berücksichtigt. Die förderbare Wohnnutzfläche beinhaltet beispielsweise Zuschläge für Fertigteilbau.

Bei der Bestimmung der Wohnnutzfläche „neu“ können bis zu einem Drittel der Balkon- und Terrassenflächen, die nicht zu Eigengärten zählen, zur Wohnnutzfläche hinzuge-rechnet werden. Dieser anrechenbare Wert darf jedoch 6 % der WNF der zugehörigen Wohnung nicht überschreiten. Im gegenständlichen Projekt wurde die Wohnnutzfläche nach der Regelung „alt“ bestimmt. Im Leitfaden [WNF11] wird die Berechnung für Wien genau dargelegt.

Alle flächenbezogenen Kostenangaben in diesem Dokument beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf die Wohnnutzfläche bzw. auf die Energiebezugsfläche, welche nicht viel voneinander abweichen.

3.3. Definition der Betriebskostengruppen (AP 1)

In der Laufzeit des Projekts wurden Betriebskostendaten von Passivhaus- sowie Niedrigenergiehausprojekten gesammelt. Ein gemeinsames Merkmal der Betriebskostenabrechnungen ist, dass ein sofortiger direkter Vergleich der Kostenpositionen nur bedingt möglich ist. Die Kosten der einzelnen Kostengruppen können nicht immer im genügenden Detaillierungsgrad aufgeschlüsselt werden. Obwohl die Datensätze an das Mietrechtsgesetz bzw. an die ÖNORM A 4000 [ÖN4000] angelehnt sind, gibt es bei jedem Bauträger zusätzliche Kostenpositionen, die schwer einer der Kostengruppen zuordenbar sind. Folgender Vergleich zeigt, wie sogar bei einem Bauträger unterschiedliche Betriebskostenpositionen auftreten können:

Passivhaus 1	Passivhaus 2
Grundsteuer	Hausbesorger
Versicherungen	Warmwasser (Pellets)
Kanalgebühr	Brennstoffe (Pellets)
Wassergebühr	Fernwärme
Strom allgemein	Allgemeinstrom
Strom Garage	Strom Heizanlage
Elektrisches Kleinmaterial	Wartung Elektro
Außenanlagen	Kaminreinigung
Kinderspielplatz	Kaminkehrer
Aufzug	Liftstrom
Facility Management	Sonstiges
Schnee	-
Müll	-
Waschküche	-
Kaminkehrer	-
Sonstiges	-

Tabelle 2: Vergleich der Betriebskostenpositionen von zwei Passivhäusern. (Quelle: Bauträger, anonymisiert)

Als Grundlage für eine systematische Aufteilung der Kosten wurde das Mietrechtsgesetz („MRG“, BGBl. Nr. 520/1981) herangezogen. Dieses Gesetz stellt die Basis dar, nach der die Kostenanteile der Betriebskosten in diesem Projekt behandelt werden.

Folgend die Aufteilung der relevanten Kosten gemäß dem Mietrechtsgesetz:

- 1. Betriebskosten „kalte Betriebskosten“
 - Beleuchtung der allgemeinen Teile des Hauses inkl. Glühbirnen¹
 - Rauchfangkehrung
 - Kosten für die Hausreinigung¹
 - HausbesorgerInnen oder Betreuungsfirmen¹
 - Hauswaschmaschinen¹
 - Verwaltungshonorar¹
- 2. Haushaltsbetriebskosten „warme Betriebskosten“
 - Heizkosten
 - Wartungskosten für die kontrollierte Wohnraumlüftung bzw. für die Abluftanlage
 - Betriebsstrom der kontrollierten Wohnraumlüftung bzw. für die Abluftanlage
 - Heizkörperablesung
 - Haushaltsstrom

Zwei Kostenpositionen, Rauchfangkehrung und Heizkörperablesung, werden in den einzelnen Bundesländern Österreichs durch die gesetzlichen Bestimmungen unterschiedlich behandelt.

Außer dem Mietrechtsgesetz wurden noch folgende Dokumente auf geeignete Betriebskostensystematik untersucht:

- ÖNORM A 4000 [ÖN4000], für welche die folgenden Dokumente zur Anwendung erforderlich sind:
 - Mietrechtsgesetz („MRG“, BGBl. Nr. 520/1981)

¹ Diese Kostenposition unterscheidet sich bei Passiv- und Niedrigenergiehäusern in der Regel nicht.

- Wohnungseigentumsgesetz („WEG“, BGBl. I Nr. 70/2002)
- Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz („WGG“, BGBl. Nr. 139/1979)
- Heizkostenabrechnungsgesetz („HeizKG“, BGBl. Nr. 827/1992)
- Umsatzsteuergesetz („UstG“, BGBl. Nr. 663/1994)
- Entgeltrichtlinienverordnung („ERVO“, BGBl. Nr. 924/1994)
- ÖNORM B 1801-2 [ÖN1801]

Im Zuge des Projekts wurden folgende relevante Betriebskostenpositionen miteinander verglichen:

- Heizung (Heizwärmebedarf)
- Ablesung und Abrechnung der Heizkosten
- Wartungskosten Lüftungsanlage
- Stromkosten Lüftungsanlage
- Rauchfangkehrung
- Warmwasser
- Haushaltsstrom

4. Mehrfamilienhäuser

4.1. Projektbeschreibungen

Die Daten für folgende Mehrfamilien-Passivhäuser wurden aus den jeweiligen HdZ-Endberichten bzw. von den Bauträgern und aus [IGP11] übernommen.



Abbildung 3: Passivhaus Utendorfgasse (Foto Bruno Klomfar)

Das Projekt Utendorfgasse im 14. Wiener Gemeindebezirk ist der erste soziale Wiener Passivwohnbau, der gemäß den Passivhauskriterien zertifiziert ist. Es ist auch das erste 1.000 Punkte klima:aktiv Passivhaus in Massivbauweise. Die Anlage besteht aus drei Baukörpern mit insgesamt 39 Wohneinheiten. Die Wohnnutzfläche beträgt 3.010 m². Die Wärmeerzeugung erfolgt über einen Gasbrennwertkessel, die Wärme wird über die Zuluft eingebracht. Das Warmwasser wird von einem zentralen Speicher (insgesamt 1.500 l) über ein 4-Leitersystem verteilt. Ein zentrales Lüftungsgerät pro Gebäude versorgt die Wohneinheiten mit frischer Luft. Die Baufertigstellung erfolgte im Oktober 2006. Bauträger ist die Heimat Österreich gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft m.b.H.



Abbildung 4: Passivhaus Dreherstraße (Foto BUWOG)

Das Bauvorhaben Dreherstraße wurde als Wohnhausanlage mit vier Niedrigenergiehäusern und einem Passivhaus konzipiert. Das Passivhaus besteht aus 27 Wohnungen mit einer Wohnnutzfläche von insgesamt 2.405 m². In Summe wurden 138 Mietwohnungen errichtet. Alle Wohnhäuser werden mit Fernwärme versorgt. Die Wärmeabgabe im Passivhaus erfolgt über Luftnachheizregister und in den Niedrigenergiehäusern über Radiatoren. Das Passivhaus verfügt über ein zentrales Lüftungskonzept. Das Bauvorhaben Dreherstraße wurde gemäß Passivhauskriterien zertifiziert. Die Übergabe erfolgte im September 2007. Bauträger ist die BUWOG - Bauen und Wohnen Gesellschaft mbH.



Abbildung 5: Passivhaus Mühlweg (Foto Bruno Klomfar)

Die Wohnhausanlage Mühlweg umfasst vier Passivhäuser in Holz-Mischbauweise mit 70 Wohnungen inkl. einer SOS-Kinderdorf-Wohngemeinschaft. Die Wohnnutzfläche beträgt 6.748 m². Das Erdgeschoss und das Stiegenhaus wurden in Massivbauweise, die vier Obergeschosse in Holzbauweise errichtet. Zwei Gasbrennwertkessel je Haus sind für Heizung und Warmwasser verantwortlich. Die Wärmeabgabe in den Wohnungen erfolgt über Niedertemperaturradiatoren. Eine 60 m² thermische Solaranlage, ein 1000 l Solarpufferspeicher und zwei 500 l Warmwasserspeicher stehen pro Haus zur Verfügung. Die Lüftung erfolgt über insgesamt vier zentrale Geräte mit Wärmerückgewinnung, welche auf dem Flachdach montiert sind. Die Baufertigstellung erfolgte im November 2006. Bauträger ist die BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH.



Abbildung 6: Passivhaus Samer Mösl (Foto Paul Ott)

Die Passivwohnhausanlage Samer Mösl in Salzburg besteht aus 60 Wohneinheiten und wurde in Holzbauweise errichtet. Die Wohnnutzfläche beträgt 4.500 m². Die Warmwasseraufbereitung wird durch eine Solaranlage (190 m²) auf dem Dach unterstützt. Teil der Anlage sind 22.000 Liter große Pufferspeicher. Die Baufertigstellung erfolgte im September 2006. Bauträger ist die Heimat Österreich.



Abbildung 7: Passivhaus Studentenheim Molkereistraße (Foto Roman Smutny)

Auf dem Gelände der ehemaligen Wiener Molkerei ging 2005 das Studentenheim Molkereistraße mit 7.606 m² Wohnnutzfläche in Betrieb. Das Passivhaus umfasst 133 Wohneinheiten auf 7 Geschößen. Die benötigte Energie für Heizung und Warmwasser wird durch Fernwärme erzeugt. Das Warmwasser wird über ein 1-Leitersystem verteilt, zusätzlich gibt es eine Bandbegleitheizung zur Reduktion der Verteilverluste. Die Wärme wird durch Radiatoren, welche sich direkt unter dem Zuluftauslass befinden, in die Räume eingebracht. Die Lüftung für die Wohnräume erfolgt über dezentrale Komfortlüftungsanlagen. Das Gebäude ist in Stahlbetonweise ausgeführt. Bauherr ist die Gemeinnützige Bau- und Siedlungsgesellschaft MIGRA Gesellschaft m.b.H. [TRE07].



Abbildung 8: Passivhaus Wohnhausanlage Roschégasse (Foto AEE INTEC)

Die Passivhaus–Wohnhausanlage Roschégasse wurde Ende 2006 fertiggestellt und befindet sich im Südosten Wiens. Die Anlage umfasst 114 Wohneinheiten mit insgesamt 9.564 m² Wohnnutzfläche. Die Warmwasseraufbereitung und der Restheizenergiebedarf werden mittels Wärmepumpe in dezentralen Kompaktlüftungsgeräten abgedeckt. Die

Vorwärmung der Luft erfolgt mittels Erdwärme. Zur Spitzenlastabdeckung sind zusätzlich E-Radiatoren in den Wohnungen installiert. Das Gebäude verfügt über eine 38 m² große Photovoltaik mit einer Spitzenleistung von 4,2 kWp. Bauherr ist die Gemeinnützige Siedlungs-Genossenschaft Altmannsdorf und Hetzendorf reg.Gen.m.b.H.



Abbildung 9: Passivhaus Wohnhausanlage Lodenareal (Foto Neue Heimat Tirol)

Das aktuellste Projekt, die Passivhaus–Wohnhausanlage Lodenareal, wurde 2009 fertiggestellt und befindet sich in Innsbruck, Tirol. Die Anlage hat eine Wohnnutzfläche von 26.000 m² und umfasst 354 Wohneinheiten. Insgesamt versorgen 18 semizentrale Lüftungsanlagen das Gebäude mit Frischluft. Über vier Grundwasserpumpen wird die Außenluft vortemperiert. Die Wärmeerzeugung erfolgt über Biomasse bzw. einen Gaskessel sowie über die Solaranlage. Eine Heizzentrale verteilt die Wärme über Fernleitungen an die Bauteile und wird über wassergeführte Heizflächen abgegeben. In jeder Wohnung befindet sich eine Wohnungsübergabestation, in welcher mittels Wärmetauscher die Warmwassererzeugung erfolgt. Das Bauvorhaben Lodenareal wurde gemäß Passivhauskriterien zertifiziert, Bauherr ist die NEUE HEIMAT TIROL.

Neben dem Niedrigenergiehaus aus der Wohnhausanlage Dreherstraße wurden vier Niedrigenergiehäuser des ÖSW anonymisiert in die Auswertung miteinbezogen. Alle Niedrigenergiehäuser werden über Fernwärme versorgt.

4.2. Auswertung der Betriebskosten (AP 2 und AP 5)

Im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft wurden die Wohnanlagen Utendorf-gasse [WAG09a], Mühlweg [WAG10a], Dreherstraße [WAG10b] und Roschégasse [WAG09b] von AEE INTEC vermessen und die Ergebnisse in Endberichten publiziert. Für die Molkereistraße wurden ebenfalls die Messergebnisse in Form eines Endberichts veröffentlicht [TRE07]. Für das Lodenareal liegen vorläufige Messergebnisse (AEE INTEC) vor, diese wurden vom Bauträger NEUEN HEIMAT TIROL zur Verfügung gestellt.

4.2.1. Heizwärmebedarf

Die folgenden Messergebnisse zum Heizwärmebedarf beziehen sich auf die Energiebezugfläche TFA "treated floor area", die sich nur wenig von der beheizten Wohnfläche unterscheidet.

Tabelle 2 enthält Daten aus dem 1. Messjahr, Tabelle 3 enthält Daten aus dem 2. Messjahr. Im Gegensatz zu den Messungen der AEE INTEC wurden bei der Molkereistraße nicht einzelne Wohnungen vermessen, sondern aus den Verbräuchen der Heizwärmebedarf für die gesamte Anlage hochgerechnet. Für das Lodenareal liegen die Daten für ein halbes Jahr vor.

1. Messjahr	HWB _{EBF} berechnet Heizwärmebedarf nach dem PHPP	HWB _{TFA} gemessen Mittelwert der gemessenen Wohneinheiten bei den gemessenen Raumtemperaturen	HWB _{TFA} klima- und raumtemperaturbereinigt vergleichbar mit dem HWB _{EBF} berechnet
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
Utendorfsgasse	15,0	15,5	12,9
Dreherstraße	11,0	15,2	13,2
Mühlweg	13,1	14,4	15,5
Molkereistraße	8,6	17,4 ¹	14,0 ¹
Roschégasse	13,0	16,8	15,3
Lodenareal	14,5	12,2	-
¹ Keine Messung in Einzelwohnungen, Umrechnung der Verbräuche der gesamten Anlage auf einen Heizwärmebedarf			

Tabelle 2: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs im ersten Messjahr – Mühlweg 1.1.-31.12.2007, Utendorfsgasse 1.1.-31.12.2007, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Molkereistraße 1.1.-31.12. 2006, Roschégasse 1. 3. 2007 – 29. 2. 2008, Lodenaerial 1.1. – 31. 5. 2010 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b] und Endbericht Molkereistraße [TRE07])

Für die Projekte Utendorfgasse, Roschégasse und Lodenareal liegen keine Messdaten für das zweite Jahr vor.

2. Messjahr	HWB _{EBF} berechnet Heizwärmebedarf nach dem PHPP	HWB _{TFA} gemessen Mittelwert der gemessenen Wohneinheiten bei den gemessenen Raumtemperaturen	HWB _{TFA} klima- und raumtemperaturbereinigt vergleichbar mit dem HWB _{EBF} berechnet
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
Utendorfgasse	15,0	-	-
Dreherstraße	11,0	12,6	10,3
Mühlweg	13,1	17,0	18,4
Molkereistraße	8,6	16,8 ¹	15,0 ¹
Roschégasse	13,0	-	-
Lodenareal	14,5	-	-

¹ Keine Messung in Einzelwohnungen, Umrechnung der Verbräuche der gesamten Anlage auf einen Heizwärmebedarf

Tabelle 3: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs im zweiten Messjahr – Mühlweg 1.1.-31.12.2008, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, Molkereistraße 1.1.-31.12. 2007, Utendorfgasse / Roschégasse / Lodenareal keine Daten vorhanden. (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b] und Endbericht Molkereistraße [TRE07])

Anhand der oben dargestellten Tabellen ist zu sehen, dass der berechnete Heizwärmebedarf bei Passivhäusern gut mit dem gemessenen (klima- und raumtemperaturbereinigten) Heizwärmebedarf übereinstimmt. Der größere Unterschied zwischen dem geplanten und gemessenen Heizwärmebedarf bei der Molkereistraße ist laut [TRE07] auf

folgende Punkte zurückzuführen: Lüftungsverluste sind höher als angenommen, niedrigere innere Lasten in den Ferienzeiten und Unterschätzung des Heizwärmebedarfs für Allgemeinbereiche.

Für den Vergleich der aufzuwendenden Heizenergie bei Passiv- bzw. Niedrigenergiehäusern wurden abgerechnete Verbräuche von vier Niedrigenergiehäusern (ÖSW) ausgewertet. Der Heizwärmebedarf von einem durchschnittlichen Niedrigenergiehaus liegt bei ca. 45 kWh/m².a bezogen auf die Energiebezugsfläche. Die angeführten Niedrigenergiehäuser werden über Fernwärme versorgt. Bei der Auswertung von NEH 1 bis 4 wurden Heizungsverluste von 35 % angesetzt. Beim Niedrigenergiehaus Dreherstraße sind die Heizungsverluste sehr gering. Dies könnte ihre Ursache darin haben, dass ein ähnliches Verteilkonzept wie beim Passivhaus, das Teil desselben Bauvorhabens ist, ausgeführt wurde. Niedrigenergiehäuser weisen im Regelfall höhere Verluste auf (siehe auch [FEI04]). Der Heizwärmebedarf der Niedrigenergiehäuser (ÖSW) bezieht sich auf die Wohnnutzfläche, welche grundsätzlich nur wenig von der Energiebezugsfläche abweicht. Die Niedrigenergiehäuser 1 bis 4 und die Dreherstraße wurden nach Heizgradtagen bereinigt und sind somit vergleichbar mit den Ergebnissen aus dem Energieausweis.

1. Messjahr	HWB exkl. Verteilverluste	HWB inkl. Verteilverluste
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
NEH 1	35,8	55,0
NEH 2	44,1	67,9
NEH 3	36,4	56,0
NEH 4	46,8	71,9
Dreherstraße NEH Mango (auf TFA be- zogen)	40,2	48,3

Tabelle 4: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs (HWB) im ersten Jahr, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Niedrigenergiehäuser (1 - 4) 1.1. – 31.12.2008 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)

2. Messjahr	HWB exkl. Verteilverluste	HWB inkl. Verteilverluste
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
NEH 1	39,6	61,0
NEH 2	39,2	60,4
NEH 3	37,2	57,3
NEH 4	47,5	73,1
Dreherstraße NEH Mango (auf TFA be- zogen)	40,4	44,4

Tabelle 5: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs (HWB) im zweiten Jahr, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, Niedrigenergiehäuser (1 - 4) 1.1. – 31.12.2009 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)

Einen Vergleich zwischen Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern bieten die folgenden Grafiken. Ein „durchschnittliches NEH“ hat einen Heizwärmebedarf von 45 kWh/m².a. Es wird zwischen den Heizformen unterschieden.

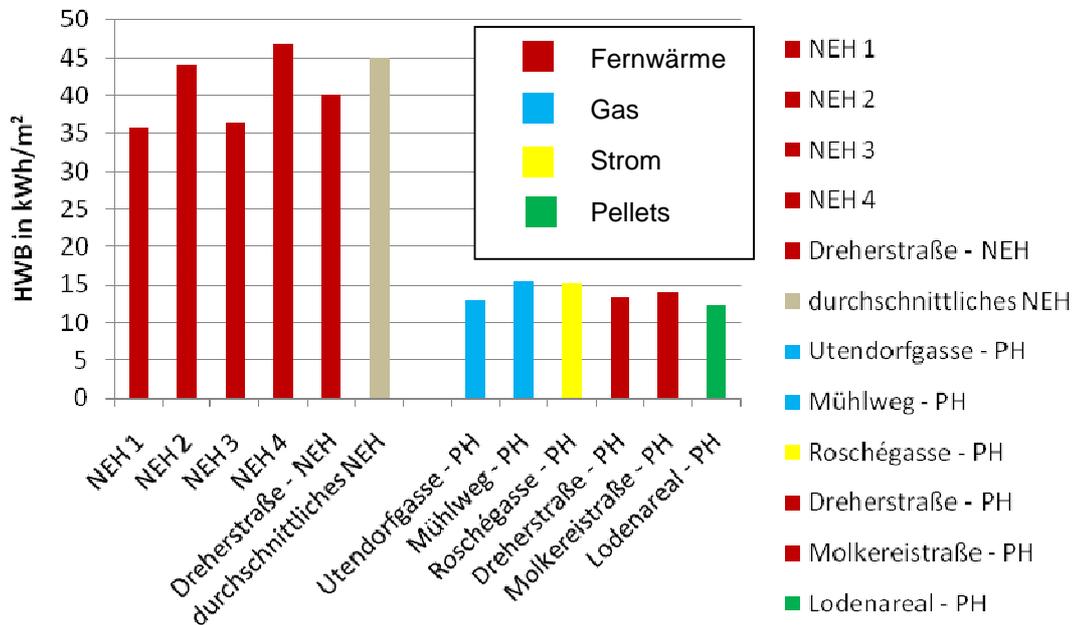


Abbildung 10: 1. Messjahr – Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs von Passiv- und Niedrigenergiehäusern

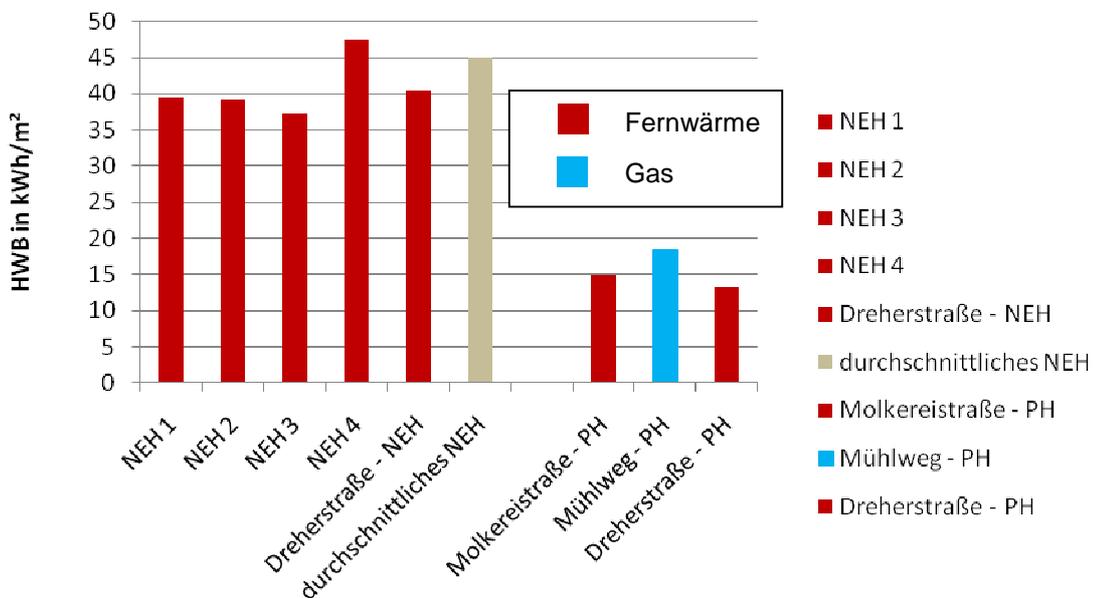


Abbildung 11: 2. Messjahr – Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs von Passiv- und Niedrigenergiehäusern

Für die Berechnung der Energieträgerkosten wurde auf die Daten vom Institut für wirtschaftliche Ölheizung [IWO11] und Wien Energie zurückgegriffen. Der Heizwert von Pellets wurde auf 5 kWh/kg festgelegt.

Bei Fernwärme versorgten Mehrfamilien-Passivhäusern wird üblicherweise der Großkumentarif angewendet, welcher sich aus einem Leistungspreis und einem Arbeitspreis zusammensetzt. Diese Kosten für Heizung und Warmwasser werden von der Hausverwaltung den MieterInnen verrechnet. Der Privatkumentarif, welcher üblicherweise bei Mehrfamilien-Niedrigenergiehäusern angesetzt wird, setzt sich aus einem Grundpreis und einem Arbeitspreis zusammen. Dieser wird den MieterInnen direkt verrechnet. Im Kostenvergleich wurde für beide Gebäudetypen mit dem Großkumentarif gerechnet. Diese Vorgangsweise wurde gewählt, da beim Niedrigenergiehaus zwischen Großkunden- und Privattarif im Regelfall kein großer Unterschied vorhanden ist.

Energieträger	Preis inkl. USt	Preis exkl. USt
	Cent/kWh	Cent/kWh
Erdgas ¹	6,96	5,80
Pellets ²	4,70	3,92
Fernwärme - Großkumentarif ³	8,40	7,00
Strom ⁴	15,80	13,17

¹ Erdgas – laut Auskunft Wien Energie, Großkumentarif (Stand April 2011)
² Pellets - Preis März 2011; Durchschnittspreis von proPellets, WKÖ, AK und Handel für eine Abnahmemenge von 6 Tonnen [IWO11]
³ Fernwärme – Höchstpreis pro kWh laut Auskunft Fernwärme Wien, Großkumentarif (Stand April 2011)
⁴ Strom - Preise 1. Quartal 2011; Durchschnittspreis 9 Landesenergieversorger [IWO11]

Tabelle 6: Preise Energieträger laut [IWO11], Wien Energie und Fernwärme Wien (Stand April 2011)

Die folgenden Tabellen zeigen die Kosten für Heizenergie von Passivhausprojekten und Niedrigenergiehäusern. Die Heizungsanlagenverluste wurden in diesem Vergleich nicht berücksichtigt. Der Heizwärmebedarf für die Passivhäuser ist der gemessene, klima- und raumtemperaturbereinigte Wert und auf Messwohnungen bezogen wenn nicht an-

ders angegeben. Das Lodenareal wurde in der Kostenauswertung nicht berücksichtigt, da nur Daten für ein halbes Jahr zur Verfügung standen.

Passivhaus-Projekt	Heizwärmebedarf ¹		Heizkosten exkl. USt.	
	kWh/m ² .a		Euro/m ² .a	
	1. MJ	2. MJ	1. MJ	2. MJ
Utendorfgasse (Gas)	12,9	-	0,75 (29 %) ³	-
Mühlweg (Gas)	15,5	18,4	0,90 (34 %) ³	1,07 (41 %) ³
Dreherstraße (Fernwärme)	13,2	10,3	0,92 (29 %) ³	0,72 (23 %) ³
Molkereistraße (Fernwärme)	14,0 ²	15,0 ²	0,98 (31 %) ³	1,05 (33 %) ³
Roschégasse ⁴ (Strom)	15,3	-	0,97 (34 %) ³	-

¹ Heizwärmebedarf bezogen auf die Energiebezugsfläche, die geringfügig von der beheizten Wohnfläche abweicht.
² aus Messwerten zurückgerechneter Wert
³ bezogen auf ein typisches Niedrigenergiehaus mit demselben Energieträger und einem Heizwärmebedarf von 45 kWh/m².a
⁴ durchschnittliche Jahresarbeitszahl Wärmepumpe von 2,08 [WAG09b]

Tabelle 7: Betriebskosten für Raumheizung (ohne Anlagen und Leitungsverluste) anhand des gemessenen Heizwärmebedarfs von Passivhäusern (Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], Messdaten Molkereistraße laut Endbericht [TRE07])

Für die Passivhausobjekte in Tabelle 7 betragen die durchschnittlichen Betriebskosten für Heizung ohne Verteilverluste 0,9 Euro/m².a.

Die Kosten für Niedrigenergiehäuser stellen auf Basis von abgerechneten Verbräuchen wie folgt dar. Für die Niedrigenergiehäuser bezieht sich der Heizwärmebedarf, wenn nicht anders angegeben, auf die Wohnnutzfläche. Alle angeführten Niedrigenergiehäuser werden mit Fernwärme beheizt.

Niedrigenergiehaus-Projekt	HWB ¹		Heizkosten exkl. USt.	
	kWh/m ² .a		Euro/m ² .a	
	1. MJ	2. MJ	1. MJ	2. MJ
NEH 1	35,8	39,6	2,5 (80 %) ²	2,8 (88 %) ²
NEH 2	44,1	39,2	3,1 (98 %) ²	2,7 (87 %) ²
NEH 3	36,4	37,2	2,5 (81 %) ²	2,6 (83 %) ²
NEH 4	46,8	47,5	3,3 (104 %) ²	3,3 (106 %) ²
Dreherstraße Mango (auf TFA bezogen)	40,2	40,4	2,8 (89 %) ²	2,8 (90 %) ²
¹ Heizwärmebedarf bezogen auf die Wohnnutzfläche, die geringfügig von der Energiebezugsfläche abweicht ² bezogen auf ein typisches NEH mit demselben Energieträger und Heizwärmebedarf von 45 kWh/m ² .a				

Tabelle 8: Betriebskosten für Raumheizung (ohne Anlagen und Leitungsverluste) anhand des gemessenen Heizwärmebedarfs von Niedrigenergiehäusern (Quelle: NEH 1 - 4 ÖSW, Dreherstraße [WAG10b])

Im Durchschnitt betragen die Kosten für den Heizwärmebedarf bei Niedrigenergiehäusern 2,9 Euro/m².a.

Den oben angeführten Tabellen kann entnommen werden, dass die betrachteten Passivhäuser um ca. 2/3 geringere Betriebskosten für Raumheizung (Verluste unberücksichtigt) aufweisen als die Niedrigenergiehäuser. Dasselbe Ergebnis kann [SCH04] entnommen werden.

Die Verteil- und Speicherverluste für die Heizung wurden in der Kostenauswertung nicht berücksichtigt, da nicht genügend statistisches Datenmaterial zur Verfügung stand. Bei drei Mehrfamilien-Passivhäusern liegen die Verluste bei 5 bis 8 kWh/m².a. Für das Niedrigenergiehaus Dreherstraße liegen messtechnisch vergleichbare Daten vor. Diese wei-

sen eine große Streuung auf, sodass keine gesicherte Aussage zu den Verlusten getroffen werden kann.

Üblicherweise werden im Passivhaus Warmwasserleitungen mit dem 1,5 bis 2fachen Rohrdurchmesser gedämmt, was eine Reduktion der Verteilverluste von über 60 % gegenüber dem Niedrigenergiehaus zur Folge hat [FEI04]. Wird dieser Aspekt berücksichtigt, ist, auch mit Einrechnung der Verteilverluste sowohl beim Passivhaus als auch beim Niedrigenergiehaus in die Heizkosten, eine Ersparnis von ca. 2/3 gegeben. Weitere Ausführungen zu Wärmeübergabe- und Verteilverlusten im Passivhaus und deren Größenordnung sind in [FEI04] zu finden.

4.2.2. Ablesung und Abrechnung der Heizkosten

Die Abrechnung der Heizkosten ist im Heizkostenabrechnungsgesetz geregelt. In diesem Gesetz wird davon ausgegangen, dass der einzelne Wärmeabnehmer direkten Einfluss auf den Heizwärmeverbrauch hat. Dies ist eine Voraussetzung für die Heizkostenabrechnung auf Basis der wohnungsweisen Verbräuche (§ 5 Abs. 1 HeizKG). Beim Passivhaus liegt diese Voraussetzung nur eingeschränkt vor und ist vom NutzerInnenverhalten, der Orientierung und der Lage der Wohnung im Gebäude abhängig. Die Heizkosten sind so niedrig, dass die Ablesungskosten für die verbrauchsabhängige Verrechnung einen überproportionalen Kostenbestandteil ausmachen. Somit kann auch „die ausgewogene Balance zwischen Verteilungsgerechtigkeit und dafür zu tätigendem Kostenaufwand“ (Erläuterungen zur RV zum Heizkostenabrechnungsgesetz, 716 d. B. XVIII. GP) nicht erreicht werden. Im Sinne der Wirtschaftlichkeit, wie es bei einem Passivhaus der Fall ist, sollte daher auf eine verbrauchsabhängige Abrechnung verzichtet werden, was allerdings derzeit ein technisches Gutachten erfordert (Wien MA 50). Eine rechtliche Präzisierung ist somit jedenfalls wünschenswert. Vgl. [HÜT09]

Für die Bewertung der Kosten zur Ablesung und Abrechnung der Heizkosten wurden die Betriebskostenabrechnungen von zwei Mehrfamilien-Passivhäusern in Wien eingeholt. Bei einer Mehrfamilien-Passivhausanlage in Wien (anonymisiert) wird pro Wohnung ein Zähler installiert und einmal jährlich abgelesen. Die Kosten dafür belaufen sich auf 49,70 Euro pro Wohnung und Jahr, das sind 0,50 Euro/m².a. Jahresabschlussrechnungen werden pro MieterIn und Wohnung zugesandt. Bei einer zweiten Passivhauswohn-

anlage in Wien (anonymisiert) wird der zentral installierte Zähler abgelesen und über den Nutzwert der Wohnung auf die MieterInnen aufgeteilt. Die Ablesung erfolgt durch den Energielieferanten, die Aufteilung auf die MieterInnen erfolgt durch die Hausverwaltung.

Aufgrund der niedrigen Heizkosten bei Passivhäusern ist eine wohnungsweise Ablesung und Abrechnung mit eigenen Zählern in den Wohnungen unwirtschaftlich. Das technische Gutachten der MA 50 (Wien), welches den Verzicht einer verbrauchsabhängigen Abrechnung ermöglicht, wird im Regelfall nur für Passivhäuser bewilligt. Die Minderkosten für Abrechnung und Ablesung der Heizkosten belaufen sich auf 0,50 Euro/m².a.

4.2.3. Wartungskosten Lüftungsanlage

Ohne Durchführung von wichtigen Wartungsarbeiten kann die Leistung und Funktion der Lüftungsanlage nicht sichergestellt werden. Dadurch wird die Lebensdauer der Anlage gesenkt und es können hygienische sowie gesundheitliche Risiken auftreten. Außerdem kann die Anlage nicht mehr effizient arbeiten und der energiesparende sowie ökologische Betrieb sind nicht mehr möglich. Der Energieverbrauch hängt unter anderem von der Häufigkeit von Wartungsarbeiten ab (z. B. verschmutzte Filter erhöhen die Druckverluste und somit den Stromverbrauch der Ventilatoren).

Bei Mehrfamilien-Passivhäusern entstehen die Wartungskosten aufgrund der zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung dem Bauträger, welcher diese den MieterInnen weiter verrechnet. Bei einer dezentralen Abluftanlage, wie diese in Niedrigenergiehäusern üblich ist, entstehen die Wartungskosten den MieterInnen unter der Annahme, dass diese selbstständig den Filtertausch vornehmen. Wird der Filtertausch nicht durchgeführt, muss der Ventilator früher getauscht werden, was ebenfalls Kosten für die MieterInnen mit sich bringt.

Aus [SCH11] wurden Wartungskosten für Mehrfamilien-Passivhäuser entnommen. Die Tabelle zeigt die Bandbreite von Kosten für die Wartung einer Lüftungsanlage beim Passivhausbau:

Wartung Lüftungsanlage (exkl. Brandschutzklappen) ¹	0,33 Euro/m ² .a (Stand 2011) bis 1,57 Euro/m ² .a (Stand 2007)
Wartung Brandschutzklappen ²	0,10 Euro/m ² .a bis 0,15 Euro/m ² .a
¹ der jeweils billigste bzw. teuerste Vertrag ² Durchschnittskosten, stark abhängig von Anzahl und Zugänglichkeit der Brandschutzklappen	

Tabelle 9: Wartungskosten einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in einem Passivhaus (Wohnbau) pro m² Wohnnutzfläche exkl. USt

Laut der Studie „Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich“ [KAP10] machen die Instandhaltungskosten 1,5 bis 2 % der Investitionskosten aus. Für eine durchschnittliche Wohnung würden die Wartungskosten 0,45 bis 1,35 Euro/m².a betragen. In der Masterarbeit von Thaler [THA10] wurden für drei Objekte Werte zwischen 0,81 und 1,19 Euro/m².a bezogen auf die Wohnnutzfläche erhoben.

Werden die untersuchten Wartungsverträge von 2008 bis 2011 in Betracht gezogen, können für die Wartung der Lüftungsanlage bei Mehrfamilien-Passivhäusern durchschnittlich 0,40 Euro/m².a angesetzt werden (exkl. Brandschutzklappen). Für die Wartung der Brandschutzklappen können 0,10 bis 0,15 Euro/m².a angesetzt werden. [SCH11]

Die Wartungskosten für zentrale Abluftanlagen belaufen sich bei einer mittleren Wohnung mit 75 m² Wohnnutzfläche (Mehrfamilienhaus, 6 Wohneinheiten, Stand 2009) auf ca. 0,25 Euro/m².a exkl. USt. [EAN09]

Bei einem Gebäude mit reiner Abluftanlage sind im Schnitt halb so viele Brandschutzklappen installiert wie in einem Gebäude mit Zu- und Abluft. Für die Wartung der Brandschutzklappen können 0,05 bis 0,08 Euro/m².a angesetzt werden.

4.2.4. Stromkosten Lüftungsanlagen

Der Stromverbrauch von Lüftungsanlagen ist abhängig von den Luftmengen, dem Wirkungsgrad der Antriebstechnik und dem Gesamtdruckverlust [KAP10]. Dieser Stromverbrauch ist in einem Passivhaus im Allgemiestrom und in einem Niedrigenergiehaus im Regelfall im Haushaltsstrom enthalten.

Die folgende Tabelle enthält Messdaten der Lüftungsstromverbräuche. Für das Projekt Molkereistraße konnte der Stromverbrauch für die zentralen Lüftungsgeräte nur gemeinsam mit dem Hilfstechneikstromverbrauch gemessen werden. Dieser beträgt 6,9 kWh/m².a in beiden Messjahren. Für die Molkereistraße ist in der Tabelle der Stromverbrauch der dezentralen Geräte angeführt. Die Verbräuche sind auf die Energiebezugsfläche bezogen. Der Strompreis beträgt 13,17 Cent/kWh laut Tabelle 6.

Passivhaus - Projekt	Lüftungsstromverbrauch		Betriebskosten exkl. USt.	
	kWh/m ² .a		Euro/m ² .a	
	1. MJ	2. MJ	1. MJ	2. MJ
Utendorfasse	7,82	-	1,0	-
Mühlweg	5,99	6,45	0,8	0,8
Dreherstraße	5,33	5,33	0,7	0,7
Molkereistraße ¹	7,50	7,50	1,0	1,0
Roschégasse	3,66	-	0,5	-
Lodenareal ²	1,67	-	0,2	-
¹ Stromverbrauch nur für die dezentralen Geräte				
² Daten für ein halbes Jahr, in der Auswertung nicht berücksichtigt				

Tabelle 10: Übersicht Lüftungsstromverbräuche (Quelle: Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], NEUE HEIMAT TIROL und Endbericht Molkereistraße [TRE07])

Laut Tabelle 10 betragen die durchschnittlichen Stromkosten für Lüftungsanlagen in Mehrfamilien-Passivhäusern 0,8 Euro/m².a.

Um für Abluftanlagen diesen Kostenanteil am Stromverbrauch quantifizieren zu können, muss eine rechnerische Abschätzung durchgeführt werden. Es wurden Gespräche mit Fachleuten geführt, welche Ventilatoren üblicherweise zum Einsatz kommen. Es werden zwei Varianten untersucht: eine energieeffiziente und eine nichtenergieeffiziente dezentrale Abluftanlage.

dezentrale Abluftanlage - energieeffizient (Küche, Bad und WC; Niedrigenergiehaus) – Stromverbrauch:

80 m² Wohnung, Dauerbetrieb, Absenkung bei Abwesenheit (50 % der Zeit)²

Strombedarf Ventilatoreinheit: 0,2 Wh/m³ bei 100 % Volumenstrom

Abluftkriterium laut ÖNORM H 6038 [ÖN6038]: 40 m³/h Küche, 40 m³/h Bad, 20 m³/h WC = 100 m³/h

Volllastbetrieb: 100 m³/h * 0,2 Wh/m³ = 20 W

Teillastbetrieb: 40 m³/h * 0,05 Wh/m³ = 2 W

20 W * 4380 Stunden / 1000 = 87,6 kWh/a = 1,1 kWh/m².a

2 W * 4380 Stunden / 1000 = 8,8 kWh/a = 0,1 kWh/m².a

(1,1 kWh/m².a + 0,1 kWh/m².a) * 0,132 Euro/kWh = 0,16 Euro/m².a

Strompreis 13,17 Cent/kWh

dezentrale Abluftanlage - nicht energieeffizient (Küche, Bad und WC; Niedrigenergiehaus) – Stromverbrauch:

80 m² Wohnung, Dauerbetrieb, keine Absenkung bei Abwesenheit

Strombedarf Ventilatoreinheit: 0,5 Wh/m³

Abluftkriterium laut ÖNORM H 6038 [ÖN6038]: 40 m³/h Küche, 40 m³/h Bad, 20 m³/h WC = 100 m³/h

100 m³/h * 0,5 Wh/m³ = 50 W

50 W * 8760 Stunden / 1000 = 438 kWh/a = 5,5 kWh/m².a

5,5 kWh/m².a * 0,132 Euro/kWh = 0,73 Euro/m².a

Strompreis 13,17 Cent/kWh

² Mit feuchtegesteuerten Abluftsystemen, welche zur Zeit noch nicht üblich sind, ist eine weitere Reduktion der Laufzeit möglich.

Aufgrund dieser rechnerischen Abschätzung kann davon ausgegangen werden, dass sich die Stromkosten für Abluftanlagen in einem Bereich von 0,16 bis 0,73 Euro/m².a bewegen. Im Schnitt können für diese Stromkosten in Niedrigenergiehäusern 0,45 Euro/m².a angesetzt werden.

Laut [TRE07] liegen die Messwerte der bedarfsabhängigen Abluftanlage in den Sanitärräumen eines untersuchten Niedrigenergie-Studentenwohnheims in einem Bereich von 2,0 kWh/m².a bzw. 0,32 Euro/m².a, bezogen auf die Nettogeschossfläche. Die bedarfsabhängige Regelung und die mittlere Stromeffizienz der Abluftventilatoren von 0,37 Wh/m³ haben den etwas niedrigeren Stromverbrauch zur Folge.

4.2.5. Rauchfangkehrung

In Mehrfamilien-Passivhäusern ist in manchen Bundesländern kein Notkamin vorgeschrieben. Ein Notkamin bezeichnet einen Reserverauchfang, der nicht der Zentralheizung dient, aber eine sichere Beheizbarkeit jeder Wohnung bei Ausfall der Zentralheizung gewährleistet [KAM11]. Davon unterschieden wird der zentrale Kamin für die Zentralheizung (z. B. Gas, Pellets), welcher nicht an die Wohnungen angeschlossen ist.

Bei keiner der beschriebenen Passivhausanlagen ist ein Notkamin vorhanden. Die Passivhauswohnanlage Mühlweg besitzt einen Kamin pro Haus (insgesamt 4 Häuser, laut Aussage Hausverwaltung). Bei der Wohnanlage Utendorfgasse ist ebenfalls pro Haus ein Kamin für den Gasbrennwertkessel vorhanden (3 Häuser). Für Passivhäuser, welche mit Fernwärme beheizt werden, ist kein Kamin notwendig, es fallen keine Kosten für den Rauchfangkehrer an.

Die Tarife für die jährliche Reinigung und Überprüfung der Kamine sind gesetzlich vorgeschrieben und in den Bundesländern unterschiedlich geregelt. Für die Kostenauswertung wird der Kehrtarif für Wien verwendet, da alle betrachteten Bauvorhaben dort situiert sind. Üblicherweise verlangen die Rauchfangkehrer die Höchstarife. Laut dem aktuellen Kehrtarif 2011 [KEH11] fallen in Wien folgende Gebühren durch den Rauchfangkehrer an:

Tarifposten laut Kehrtarif 2011 Wien	Preis inkl. USt.	Preis exkl. USt.
	Euro/a	Euro/a
Objekttarif (mindestens ein benützter Fang)	26,11	21,76
Wohnungsbegehungstarif – ohne Abgasklappen Preis pro Wohnungs- / Betriebseinheit	7,04	5,87
Wohnungsbegehungstarif – ohne Abgasklappen Preis pro Wohnungs- / Betriebseinheit	11,41	9,51
Reinigung Fänge bis 400 cm ² zentrale Heizungsanlage Preis pro Laufmeter	2,04	1,70
Reinigung Fänge bis 400 cm ² , sonstige Feuerstätten Preis pro Laufmeter	1,30	1,08

Tabelle 11: Auszug Kehrtarif 2011 [KEH11]

Um eine direkte Gegenüberstellung zu ermöglichen, werden zwei fiktive Projekte betrachtet: ein Passivhaus und ein Niedrigenergiehaus (70 Wohneinheiten, 6.750 m² Wohnnutzfläche, 1.688 m² pro Haus bei 4 Häusern).

Die Kosten von 21,76 Euro / Objekt sind für beide Varianten gleich. Für ein Passivhaus beheizt mit Gas und einem zentralen Kamin pro Haus fallen jährliche Kosten von 55,8 Euro, das sind 0,03 Euro/m².a, für die Kehrung pro Haus an (1 Kamin 20 lfm). Diese Kosten konnten aufgrund einer Betriebskostenabrechnung für eine vergleichbare Passivhausanlage bestätigt werden (anonymisiert, Kaminkehrerkosten 59,7 Euro/a pro Haus). Für ein Niedrigenergiehaus, ebenfalls mit Gas beheizt, werden 4 Kamine pro Haus angesetzt. Die jährlichen Kosten für die Kehrung von 4 Kaminen betragen 157,76 Euro, das sind 0,09 Euro/m².a, pro Haus.

Bei zentraler Wärmeerzeugung (Gasbrennwertkessel im Keller) und wenn die Wohnung nicht an den Kamin angeschlossen ist, kann die wohnungsweise Überprüfung entfallen. Bei einer Wohnungsbegehung fallen zusätzlich 0,06 Euro/m².a an. Die folgende Tabelle stellt die verschiedenen Varianten zusammen:

Minderkosten aus Sicht des Passivhauses	NEH – wohnungsweise Überprüfung	NEH – keine wohnungsweise Überprüfung
	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
Passivhaus ohne Kamin	0,15	0,09
Passivhaus mit Kamin	0,12	0,06

Tabelle 12: Varianten - Minderkosten für Rauchfangkehrer aus Sicht des Passivhauses

Für Niedrigenergiehäuser ist bei wohnbaugeförderten Neubauten in Wien ein Fernwärmeanschluss vorzusehen. Werden das Niedrigenergiehaus und das Passivhaus mit Fernwärme beheizt, fallen nur für das Niedrigenergiehaus Kosten für die Kehrung der Notkamine in Höhe von 0,15 Euro/m².a an.

Bei einem Passivhaus mit Kamin können 0,10 Euro/m².a als Minderkosten angesetzt werden, wenn nicht der Höchstarif in der Abrechnung angewandt wird.

4.2.6. Warmwasser

Der Warmwasserverbrauch in Passiv- und Niedrigenergiehäusern ist stark vom NutzerInnenverhalten abhängig. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Warmwasserverbräuche der Passivhäuser und dem Niedrigenergiehaus Dreherstraße.

Projekt	Gemessener Warmwasserverbrauch exkl. Verluste		Gemessener Warmwasserverbrauch inkl. Verluste	
	kWh/m ² .a		kWh/m ² .a	
	1. MJ	2. MJ	1. MJ	2. MJ
Passivhaus Samer Mösl	-	-	34,1	-
Passivhaus Utendorfgasse	23,4	-	36,2	-
Passivhaus Mühlweg	16,2	15,4	27,1 ¹	25,7 ¹
Passivhaus Dreherstraße	-	-	33,4	33,4
Passivhaus Molkereistraße	-	-	47,0 ²	47,0 ²
Passivhaus Roschégasse	18,2	-	24,6	-
Passivhaus Lodenareal ³	8,5	-	10,6	-
Niedrigenergiehaus Dreherstraße	-	-	33,4	33,4
¹ Verluste für 2. MJ angegeben. Annahme, dass im 1. MJ dieselben Verluste auftreten ² laut [TRE07] höherer Verbrauch aufgrund der Nutzung (Studentenheim) und der nicht korrekten Regelung der Bandbegleitheizung ³ Daten für ein halbes Jahr, in der Auswertung nicht berücksichtigt				

Tabelle 13 Vergleich vom gemessenen Heizwärmebedarf und gemessenen Warmwasserverbrauch (Quelle: Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], Unterlagen Heimat Österreich und Endbericht Molkereistraße [TRE07])

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der Warmwasserverbrauch bei Passiv- und Niedrigenergiehäusern nahezu gleich ist und Abweichungen auf unterschiedliche Nutzung zurückzuführen sind.

Messwerte für Warmwasserverbräuche in untersuchten Passivhäusern liegen zwischen 35 und 67 Litern pro Person und Tag (Quelle: AEE INTEC, VOGEWOSI). Die höheren Verbräuche sind vor allem in Studentenheimen vorzufinden. Der Ansatz für den Warm-

wasserverbrauch im Passivhaus-Projektierungs-Paket 2007 ist mit 25 Liter pro Person und Tag für Österreich [PHP07] zu gering und es wäre wünschenswert, wenn dies vom Passivhaus Institut in zukünftigen Versionen der Realität angepasst wird. Die projektieren und gemessenen Warmwasserverbräuche weichen aus diesem Grund voneinander ab (siehe auch Kapitel 4.3).

4.2.7. Haushaltsstrom

Für Passivhäuser liegt die Vermutung nahe, dass energieeffiziente Haushaltsgeräte, wie sie oft im PHPP angesetzt werden, auch tatsächlich eingesetzt werden. Dies würde auf einen niedrigeren Haushaltsstromverbrauch gegenüber Niedrigenergiehäusern hindeuten. Aufgrund der vorliegenden Daten kann diese Vermutung derzeit nicht bestätigt werden. Auch die Auswertung in [TRE09] kommt zu dem Schluss, dass sich das Energie-sparverhalten von PassivhausbewohnerInnen nicht von jenen in Niedrigenergiehäusern unterscheidet. Zukünftig muss eine Bewusstseinsbildung hinsichtlich energieeffizienter Geräte im Passivhaus forciert werden.

4.2.8. Allgemeinstrom

In Passivhäusern werden üblicherweise energieeffiziente Pumpen und Beleuchtungsmittel eingesetzt, was weitere Betriebskosteneinsparungen gegenüber Niedrigenergiehäusern mit sich bringt. Die vorliegenden Daten sind für eine gesicherte Aussage zu breit gestreut und lassen sich nur schwer vergleichen.

4.3. Vergleich mit Planwerten - Mehrfamilienhäuser (AP 3 und AP 6)

Vergleiche zwischen berechneten und real gemessenen Werten sind möglich, wenn die Messwerte nach Heizgradtagen oder nach Raumtemperatur und Klima bereinigt werden. Das NutzerInnenverhalten spielt eine entscheidende Rolle, besonders bei Studentenheimen, da MieterInnen oft nur für kurze Zeit bleiben, und das Gebäude nicht gut kennenlernen können. Die Anlagenverluste werden in der Planung generell zu optimistisch angesetzt, wobei diese von gasversorgten Häusern meist höher sind als bei Fernwärme versorgten, da bei Gasbeheizung zusätzlich Kesselverluste anfallen.

In den nachfolgenden Tabellen werden die Verbrauchsdaten der Niedrigenergiehäuser mit den geplanten Werten für beide Messjahre verglichen. Für die Niedrigenergiehäuser 1 bis 4 werden die Werte auf die Wohnnutzfläche bezogen. Die Werte laut Abrechnung bzw. Messung sind nach Heizgradtagen bereinigt.

1. Messjahr (2008)	Heizwärmebedarf lt. Energieausweis <small>(WNF)</small>	Heizwärmebedarf lt. Messung / Abrechnung
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
NEH 1	39,7	35,8
NEH 2	39,3	44,1
NEH 3	33,1	36,4
NEH 4	31,8	46,8
Dreherstraße Man- go (auf TFA bezogen)	38,8	40,2

Tabelle 14: Messergebnisse und Planwerte des Heizwärmebedarfs (HWB) im ersten Jahr, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Niedrigenergiehäuser 1.1. – 31.12.2008 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)

2. Messjahr (2009)	Heizwärmebedarf lt. Energieausweis _(WNF)	Heizwärmebedarf lt. Messung / Abrechnung
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
NEH 1	39,7	39,6
NEH 2	39,3	39,2
NEH 3	33,1	37,2
NEH 4	31,8	47,5
Dreherstraße Man- go (auf TFA bezogen)	38,8	40,4

Tabelle 15: Messergebnisse und Planwerte des Heizwärmebedarfs (HWB) im zweiten Jahr, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, alle Niedrigenergiehäuser 1.1. – 31.12.2009 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)

Die folgenden Tabellen beinhalten den Vergleich von Planwerten und gemessenen Werten der Passivhäuser für das 1. und 2. Messjahr. Der gemessene Heizwärmebedarf ist klima- und temperaturbereinigt.

Kennwert	geplanter Verbrauch (PHPP)	1. MJ	2. MJ
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
Utendorfgasse			
Heizwärmebedarf	15,0	12,9	-
Primärenergiekennwert	112,0	170,4 ¹	-
Warmwasser inkl. Verluste	27,3	36,2	-
Warmwasser exkl. Verluste	17,4	23,4	-
Warmwasser Verluste	9,9	12,8	-
Heizung Verluste	1,2 ²	9,4	-
Mühlweg			
Heizwärmebedarf	13,1	15,5	18,4
Primärenergiekennwert	103,2	139,4	138,8
Warmwasser inkl. Verluste	27,6 ³	27,1	25,7
Warmwasser exkl. Verluste	17,4 ³	16,2	15,4
Warmwasser Verluste	10,2 ³	10,9	10,3
Heizung Verluste	1,2 ³	4,9 ⁴	5,8
¹ Inklusiv im 1. MJ noch nicht einregulierten Frostschutzregister der Lüftungsanlage und inklusive Tiefgarage. Höherer Primärenergiebedarf, da keine Solaranlage vorhanden ist, die den Gasverbrauch kompensieren könnte (siehe Mühlweg). ² nur Verteilverluste laut PHPP ³ Aufgrund fehlender PHPP-Daten werden Durchschnittswerte aus den Projekten Utendorfgasse, Dreherstraße und Molkereistraße angegeben. ⁴ Verluste für 2. MJ bekannt, Annahme, dass im 1. MJ dieselben Verluste auftreten			

Tabelle 16: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Utendorfgasse, Mühlweg

Kennwert	geplanter Verbrauch (PHPP)	1. MJ	2. MJ
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
Molkereistraße			
Heizwärmebedarf	8,6	14,0	15,0
Primärenergiekennwert	120,0	179,0 ¹	179,0 ¹
Warmwasser inkl. Verluste	23,0	47,0	47,0
Warmwasser exkl. Verluste	18,4	kA	kA
Warmwasser Verluste	4,6	kA	kA
Heizung Verluste	kA	11,6 ²	11,2 ²
Roschégasse			
Heizwärmebedarf	13,0	15,3	-
Primärenergiekennwert	101,0	162,5	-
Warmwasser inkl. Verluste	16,8	24,6	-
Warmwasser exkl. Verluste	13,3	18,2	-
Warmwasser Verluste	3,5	6,4	-
Heizung Verluste	0,0 ³	0,0 ³	-
¹ Anwendung derselben PE-Faktoren wie in HDZ-Projekten (vermessen von AEE INTEC): Fernwärme 0,7, Strom 2,7 [HDZ11]			
² Annahme: 40 % Verluste			
³ keine Verteilverluste durch Kompaktgeräte			

Tabelle 17: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Molkereistraße, Roschégasse

Kennwert	geplanter Verbrauch (PHPP)	1. MJ	2. MJ
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
Dreherstraße (PH)			
Heizwärmebedarf	11,0	13,2	10,3
Primärenergiekennwert	110,2	136,7	144,3
Warmwasser inkl. Verluste	32,5	33,4	33,4
Warmwasser exkl. Verluste	16,3	kA	kA
Warmwasser Verluste	16,2	kA	kA
Heizung Verluste	2,9 ¹	8,4	6,9
¹ nur Verteilverluste laut PHPP			

Tabelle 18: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Dreherstraße (PH)

4.4. Einsparungen Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus – Mehrfamilienhäuser (AP 7)

In den Kapiteln 4.1 bis 4.2.3 wurden die Ergebnisse vorgestellt. Eine Zusammenfassung befindet sich in der folgenden Tabelle, die Kosten sind Durchschnittswerte aller Projekte.

Mehrfamilienhäuser	Niedrigenergiehaus	Passivhaus
	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
Raumheizung	2,90	0,90
Wartung Lüftungsanlage (exkl. Brandschutzklappen)	0,25	0,40
Strom Lüftungsanlage	0,45	0,80
Ablesung und Abrechnung der Heizkosten	0,50	-
Rauchfangkehrer	0,10	-
Summe	4,20 100 %	2,10 50 %
Einsparung Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus	2,10 Euro/m².a 50 %	

Tabelle 7: Mehrfamilienhäuser - Gegenüberstellung der Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern. Kostenangaben pro m² Wohnnutzfläche exkl. USt.

Nach dem derzeitigen Stand steht die Einsparung vom Passivhaus gegenüber einem Niedrigenergiehaus bei ca. 50 %.

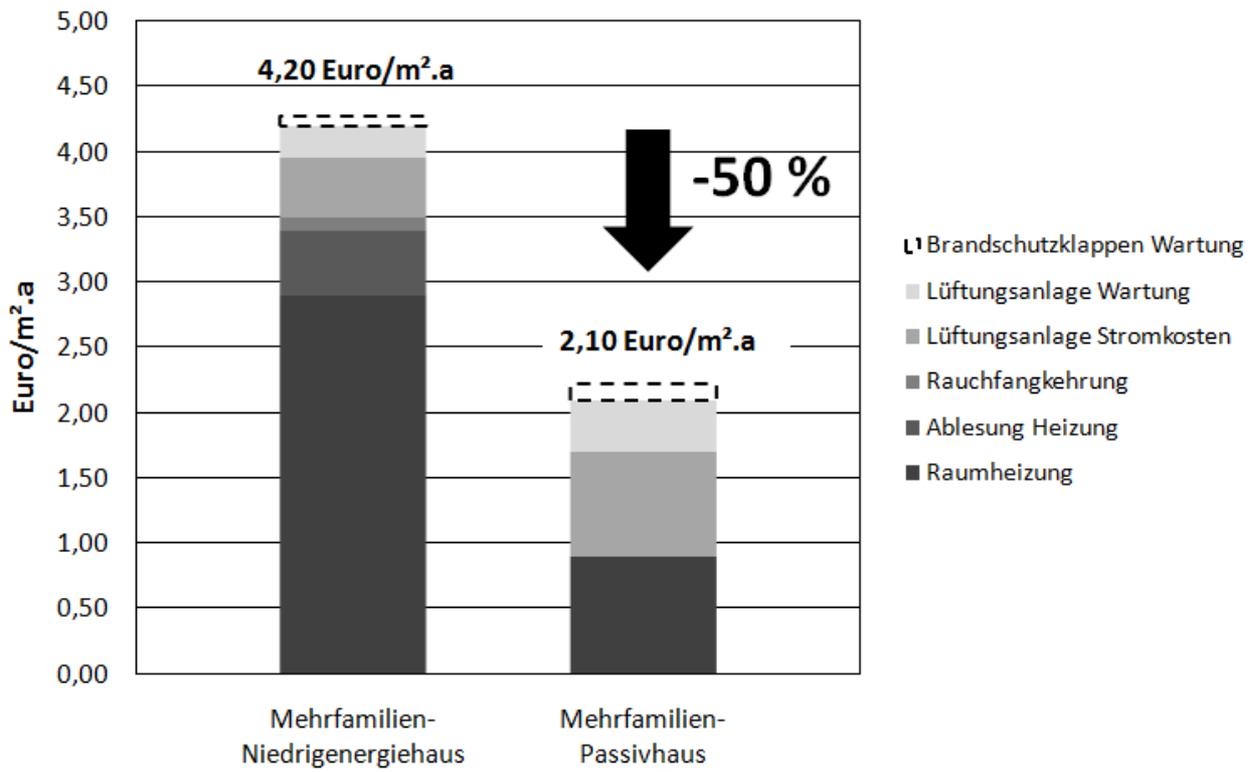


Abbildung 12: Gegenüberstellung der Betriebskosten von Mehrfamilien-Passivhäusern gegenüber Niedrigenergiehäusern

5. Einfamilienhäuser

5.1. Projektbeschreibungen

Eine Gegenüberstellung von Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern kann anhand der angeführten Projekte gezeigt werden. Die Passivhäuser stehen in Wien und Niederösterreich, Angaben zu den Gebäuden wurden von [IGP11] entnommen.

Das PH 1 wurde 2005 in Wien in Massivbauweise hergestellt. Die Energiebezugsfläche laut PHPP beträgt 262,8 m², die Beheizung erfolgt über die Zuluft. Das Komfortlüftungsgerät (Paul Campus 500 DC) wird mit Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung betrieben. Spitzen werden elektrisch über Fußboden- und Wandheizung abgedeckt. Das benötigte Warmwasser wird durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft und elektrisch (Spitzenabdeckung) erzeugt. Die Daten zur Stromablesung liegen für den zentralen Zähler vor.

PH 2 wurde in Massivbauweise errichtet und 2005 in Wien fertiggestellt. Die Energiebezugsfläche laut PHPP beträgt 279,8 m². Die Energiebereitstellung für Warmwasser und Heizung erfolgt über eine Wärmepumpe, welche in der Komfortlüftungsanlage integriert ist (Drexel & Weiss Aerosmart – L mit Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung). Zusätzlich wird mit Pellets geheizt, der Ofen ist im Wohnraum situiert. Die Wärmeabgabe erfolgt über die Zuluft. Die Daten zur Stromablesung liegen für den zentralen Zähler vor.

PH 3 wurde 2007 in Wien in Holzbauweise errichtet. Die Energiebezugsfläche laut PHPP beträgt 212,3 m². Eine Komfortlüftungsanlage (Drexel & Weiss Aerosmart M) mit integrierter Wärmepumpe ist für die Warmwasseraufbereitung, Lüftung und Heizung verantwortlich. Die Wärme wird über die Zuluft in den Raum eingebracht und über einen Erdreichwärmetauscher vorgewärmt. Zusätzlich ist ein hinsichtlich der Leistung angepasster Kachelofen mit Stückholzbefuerung zur Abdeckung eventueller Spitzenlasten vorgesehen, welcher die Wärme über die Zuluft und über zuluftgeführte Heizflächen einbringt. Die Daten zur Stromablesung liegen den zentralen Zähler vor.

PH 4 ist ein Massivbau und in Wien situiert. Errichtet wurde das Haus im Jahr 2006. Die Energiebezugsfläche laut PHPP beträgt 179,0 m². Ein Komfortlüftungsgerät mit Erdwärmetauscher und Wärmerückgewinnung (Drexel & Weiss Aerosmart – M) mit integrierter Wärmepumpe ist vorhanden. Die Wärme wird über Zuluft und zuluftgeführte Heizflächen in den Raum eingebracht und über einen Erdreichwärmetauscher vorgewärmt. Die Daten zur Stromablesung liegen für den zentralen Zähler vor.

PH 5 ist ein Massivbau und wurde 2008 in Niederösterreich fertiggestellt. Die Energiebezugsfläche laut PHPP beträgt 247,3 m². Eine Komfortlüftungsanlage (Aerosmart – L, Wärmerückgewinnung, Wärmepumpe, integrierte Warmwasserbereitung) ist vorhanden. Die Außenluft wird über einen Erdreichwärmetauscher vorgewärmt. Die Wärme wird über Zuluft in den Raum eingebracht. Die Spitzenabdeckung der Heizung erfolgt durch in die Betonwände eingegossene Elektrostrahlungsheizung. Die Daten zur Stromablesung liegen für den zentralen Zähler vor.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Einfamilien-Passivhäuser:

Projekt	PH 1	PH 2	PH 3	PH 4	PH 5
Energiequelle	Strom	Strom, Pellets	Strom, Holz	Strom	Strom
Zeitraum Abrechnung	2008 - 2010	2008 - 2010	2008 - 2010	2009 - 2011	2009 - 2010
Energiebezugsfläche m ²	262,8	279,8	212,3	179,0	247,3
Einbringung der Wärme	Zuluft, Wand- u. Bodenheizung	Zuluft	Zuluft, zuluftgeführte Heizflächen	Zuluft, zuluftgeführte Heizflächen	Zuluft, Wandheizung

Tabelle 19: Übersicht der Passiv-Einfamilienhäuser (Quelle: BewohnerInnen, PHPP-Unterlagen)

Die folgenden (Niedrigenergie)-Einfamilienhäuser stehen in ganz Österreich und stammen aus Messprojekten der AEE INTEC (EFH 1) und aus Diplomarbeiten an der TU Wien (EFH 2 [DÖR11], EFH 3 [STE11]).

EFH 1 ist in Kärnten situiert und wird mit Holz geheizt. Die Wärmeeinbringung erfolgt über Radiatoren und den Boden. Das Gebäude verfügt über einen 20 m² Solarkollektor. Die Daten liegen in Form von Messergebnissen vor (AEE INTEC).

EFH 2 ist in Vorarlberg situiert und wurde 1965 erbaut. Im Jahr 2008 fand eine umfangreiche Sanierung statt. Die thermische Gebäudehülle wurde maßgeblich verbessert (z. B.: Außenwand U-Wert von 0,58 auf 0,12 W/m²K), eine neue zentrale Ölheizung wurde eingebaut und eine Solaranlage installiert. Die Daten zu den Verbräuchen wurden aus [DÖR11] entnommen.

EFH 3 steht in Oberösterreich und wurde 2005 erbaut. Die Heizung und die Warmwasseraufbereitung erfolgen aus einer Kombination von Solarthermie (13,2 m²) und Wärmepumpe. Die Wärme wird über eine Fußboden- und Wandheizung in den Raum eingebracht. Das Gebäude verfügt über einen 800 Liter Pufferspeicher. Die Wohnraumlüftung erfolgt über eine Komfortlüftungsanlage (PLUGGIT AVENT P 300) mit Erdwärmetauscher. Die Daten zu den Verbräuchen wurden vom Verfasser der Diplomarbeit [STE11] übergeben.

Die folgende Tabelle fasst die Planwerte der Nichtpassiv-Einfamilienhäuser zusammen:

Projekt	EFH 1	EFH 2	EFH 3
Energieträger	Holz, solar	Öl, solar	Strom, solar
Betrachtungszeitraum	1. 8. 2002 - 31. 7. 2003	28.10.2009 - 28. 9. 2010	1. 3. 2010 - 28. 2. 2011
beheizte Wohnfläche m ²	214,0	166,7	188,1
Solarkollektorfläche brutto m ²	20,0	4,8	13,2
Einbringung der Wärme	Fußboden, Radiatoren	Radiatoren	Fußboden, Wand

Tabelle 20: Übersicht der Niedrigenergie-Einfamilienhäuser (Quelle: AEE Institut für Nachhaltige Technologien, [DÖR11], [STE11])

5.2. Auswertung der Betriebskosten (AP 2 und AP 5)

Für die Auswertung der Verbräuche der Passivhäuser wurden Daten von den BewohnerInnen eingeholt. Die Ergebnisse werden zunächst für jedes Haus einzeln dargestellt und zur Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche in einer Tabelle zusammengefasst.

Bei PH 1 wurden die Stromverbräuche vom Bewohner selbst aufgezeichnet. Die Daten der Ablesung liegen für den gesamten Verbrauch ohne Aufteilung auf einzelne Komponenten vor. Die Lüftungsanlage wird einmal pro Jahr gewartet, wobei im bisherigen Zeitraum Filterkosten (30 bis 35 Euro / Jahr exkl. USt) angefallen sind.

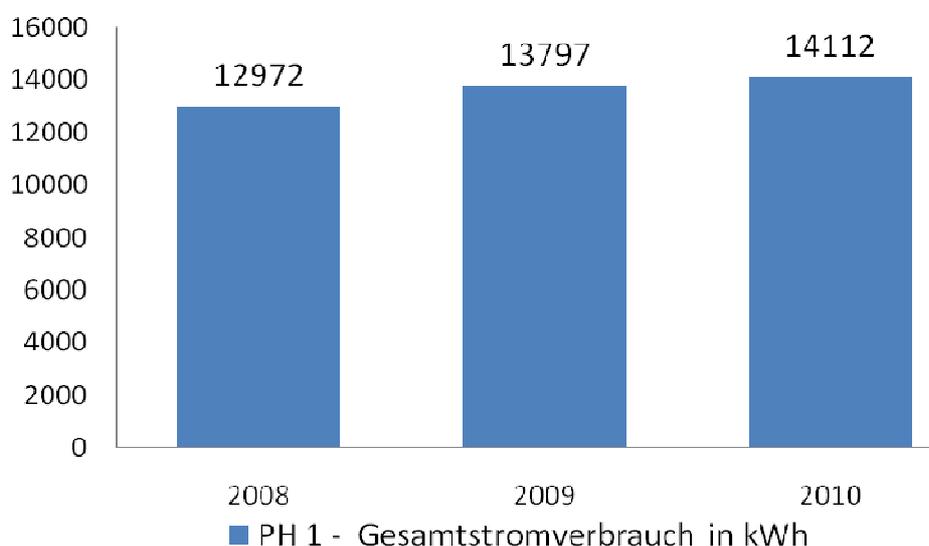


Abbildung 13: PH 1 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Auskunft BewohnerInnen

Für PH 2 liegen die Daten in Form von Jahresabrechnungen des Energielieferanten (Strom) vor. Der durchschnittliche Pelletverbrauch wurde von den BewohnerInnen mit 75 Säcken Pellets à 15 kg pro Heizsaison angegeben. Für Pellets wird ein Heizwert von 5 kWh/kg angesetzt. Auf Basis der Jahresabrechnungen ergeben sich folgende jährliche Strom- (inkl. Heizung, Warmwasser, Lüftung, Haushaltsstrom) und Pelletverbräuche:

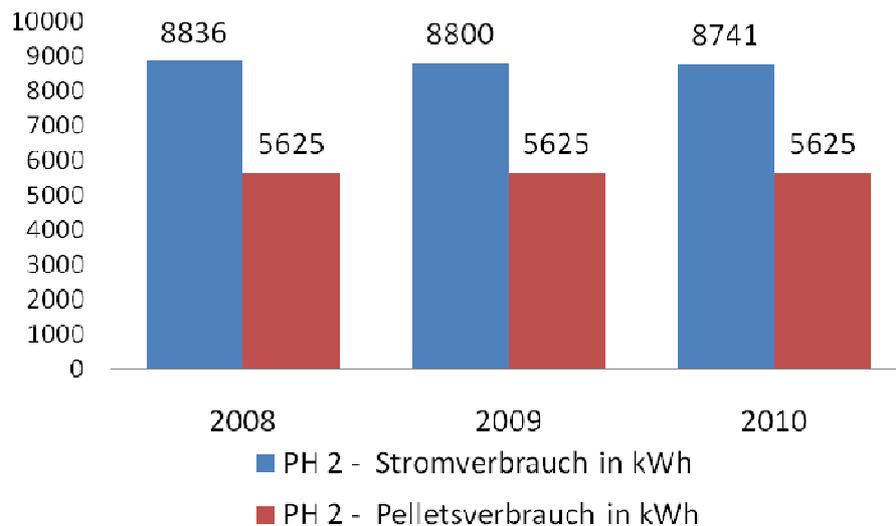


Abbildung 14: PH 2 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung und durchschnittlicher, jährlicher Pelletverbrauch in kWh laut Auskunft der BewohnerInnen

Für PH 3 liegen die Daten als Jahresabrechnungen (Strom) vor. Der geschätzte Holzverbrauch des Kachelofens beträgt 1,5 bis 2 rm pro Jahr. Ein Raummeter luftgetrocknetes Holz verfügt, je nach Baumart, über eine Heizleistung von etwa 2100 kWh/rm [GEI11]. Laut Auskunft der BewohnerInnen werden die Filter selbstständig ausgetauscht, wobei pro Jahr für Fein- und Grobfilter 83 Euro exkl. USt. anfallen. Zusätzlich wurde Anfang 2011 das erste Service für die Lüftungsanlage zu 262 Euro exkl. USt. durchgeführt. Die Kosten für den Rauchfangkehrer belaufen sich auf 45 Euro exkl. USt. pro Jahr. Auf Basis der Jahresabrechnungen ergeben sich folgende jährliche Strom- (inkl. Heizung, Warmwasser, Lüftung, Haushaltsstrom) und Holzverbräuche:

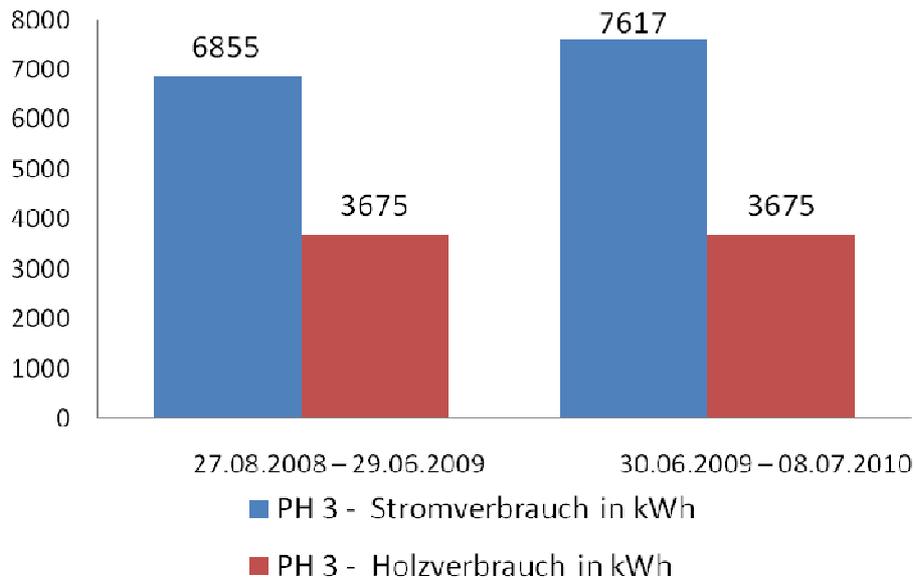


Abbildung 15: PH 3 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung und Holzverbrauch in kWh laut Auskunft BewohnerInnen

Für PH 4 liegen die Daten in Form von Jahresabrechnungen vor (Strom). Eine zusätzliche Heizung ist nicht vorhanden. Im Jahr 2011 wurde das erste Service für die Lüftungsanlage durchgeführt (341 Euro exkl. USt. davon Ersatzteile 120 Euro). Einmal pro Jahr wird der Feinstaubfilter ausgetauscht (57,9 Euro exkl. USt.) und in unregelmäßigen Abständen der Grobstaubfilter (~20 Euro / Jahr exkl. USt.). Auf Basis der Jahresabrechnungen ergeben sich folgende jährliche Stromverbräuche (inkl. Heizung, Warmwasser, Lüftung, Haushaltsstrom):

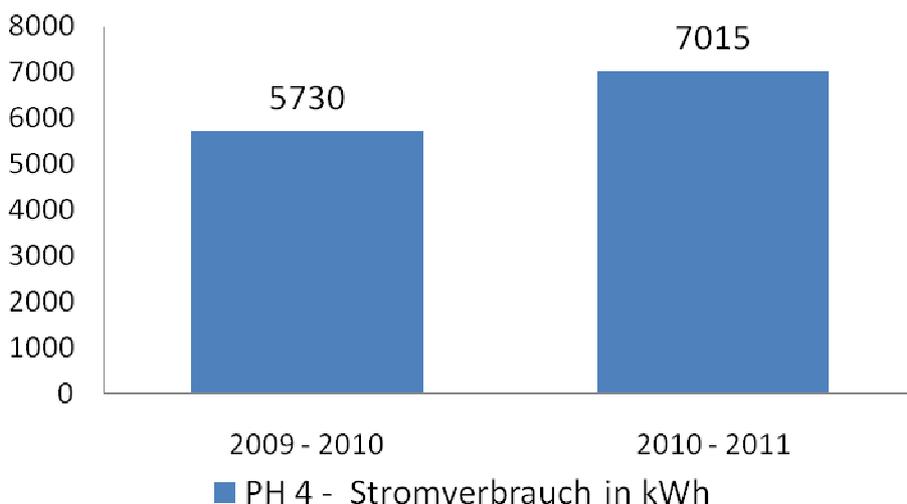


Abbildung 16: PH 4 – Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung für die betrachteten Zeiträume

Für PH 5 liegen die Daten als Jahresabrechnungen vor (Strom). Seit dem Bezug im Jahr 2008 wurde ein Service für die Lüftungsanlage durchgeführt (410,6 Euro exkl. USt.). Einmal pro Jahr werden Fein- und Grobstaubfilter ausgetauscht (Gesamtkosten 76,75 Euro exkl. USt). Auf Basis der Jahresabrechnungen ergeben sich folgende jährliche Gesamtstromverbräuche:

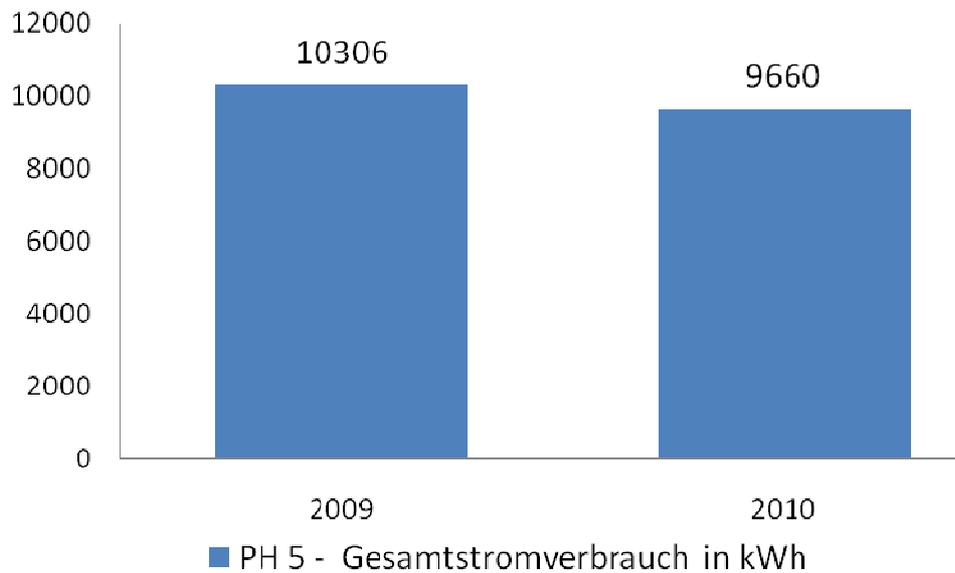


Abbildung 17: PH 5 – jährliche Gesamtstromverbräuche in kWh laut Auskunft der BewohnerInnen

Für die Auswertung der Verbräuche der Niedrigenergiehäuser wurden Daten von den Verfassern der Diplomarbeiten [DÖR11], [STE11] und AEE INTEC (Messdaten) eingeholt. Die Ergebnisse werden zunächst für jedes Haus einzeln dargestellt und zur Gegenüberstellung der Gesamtverbräuche in einer Tabelle zusammengefasst.

Das EFH 1 wurde von AEE INTEC vermessen und eine Energiebilanz erstellt. Die linke Säule stellt die Produktion der gesamten Energie für Heizung und Warmwasser und die rechte Säule alle Verbräuche von Warmwasser und Heizung mit den Systemverlusten dar. Die Messung wurde für ein Jahr durchgeführt.

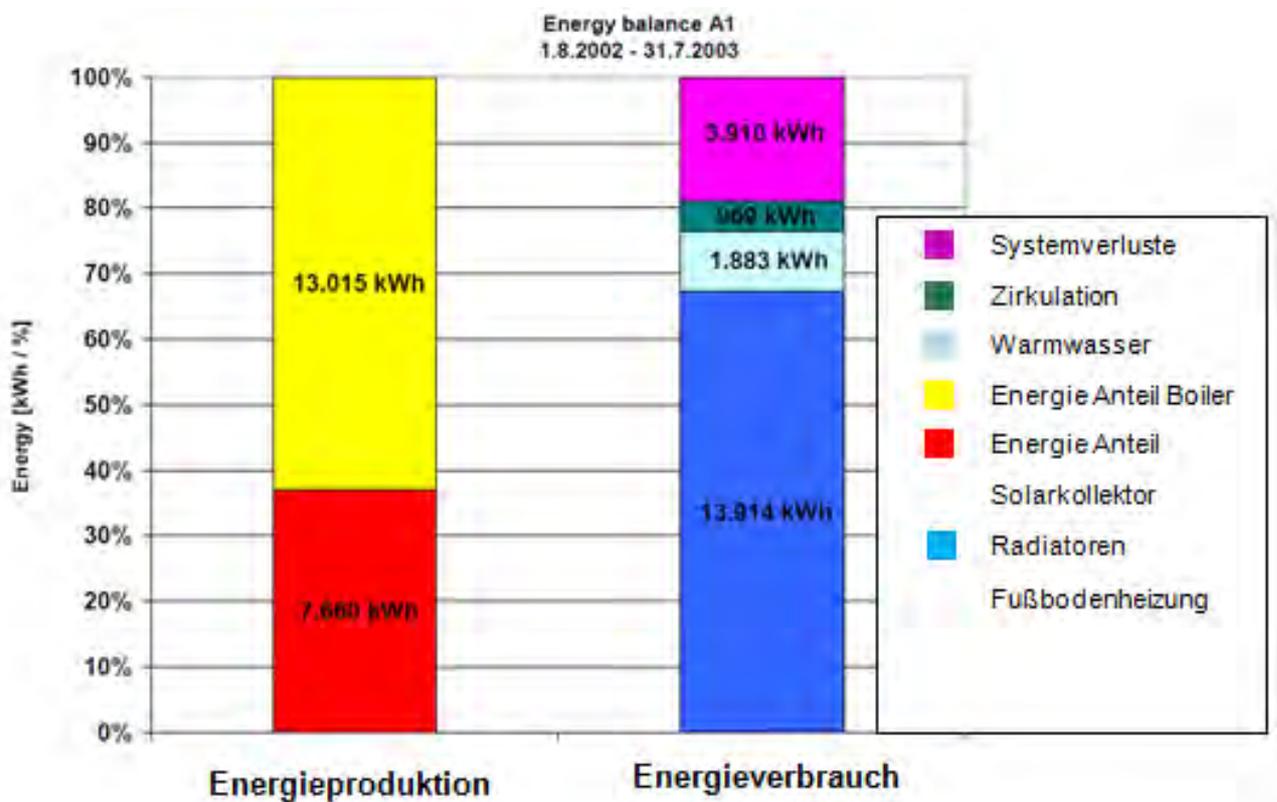


Abbildung 18: Energiebilanz EFH 1 (Quelle: AEE Institut für Nachhaltige Technologien)

Die Daten zu EFH 2 wurden aus [DÖR11] entnommen. Die Verbräuche sind für die Zeiträume vor und nach der Sanierung in der folgenden Grafik dargestellt.

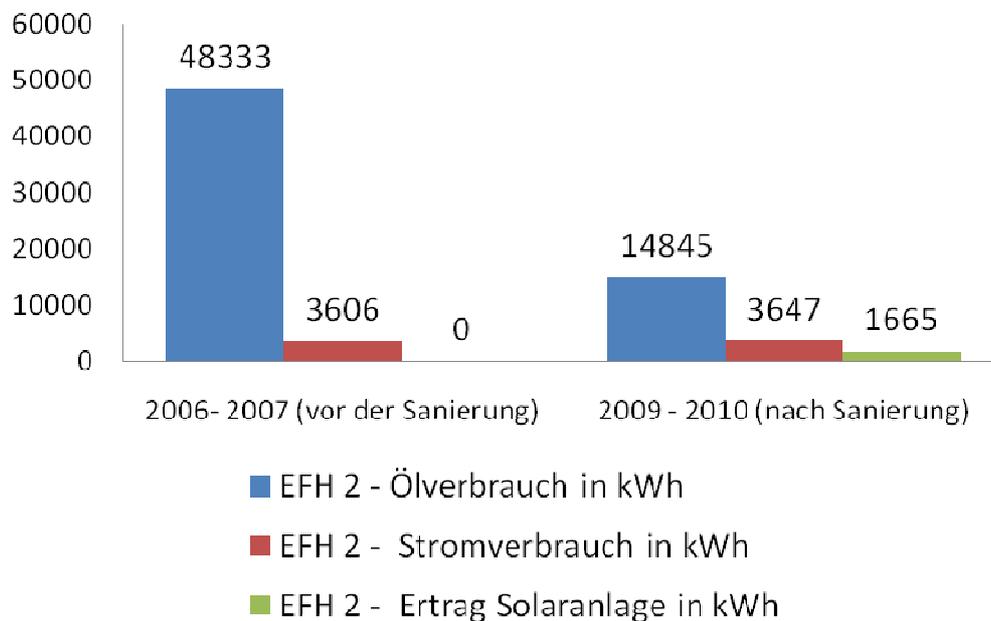


Abbildung 19: EFH 2 – jährlicher Stromverbrauch, Ölverbrauch und Ertrag der Solaranlage in kWh [DÖR11]

Daten und Verbräuche für EFH 3 wurden vom Verfasser der Diplomarbeit zur Verfügung gestellt [STE11]. Die Jahresabrechnung enthält drei Zähler: Haushaltsstrom, Wärmepumpe Haupttarif und Wärmepumpe Nachttarif. Der Ertrag der vorhandenen Solaranlage wurde mit einem durchschnittlichen Wert von 200 kWh/m².a (bezogen auf Kollektorfläche) für teilsolare Raumheizung abgeschätzt [STR11].

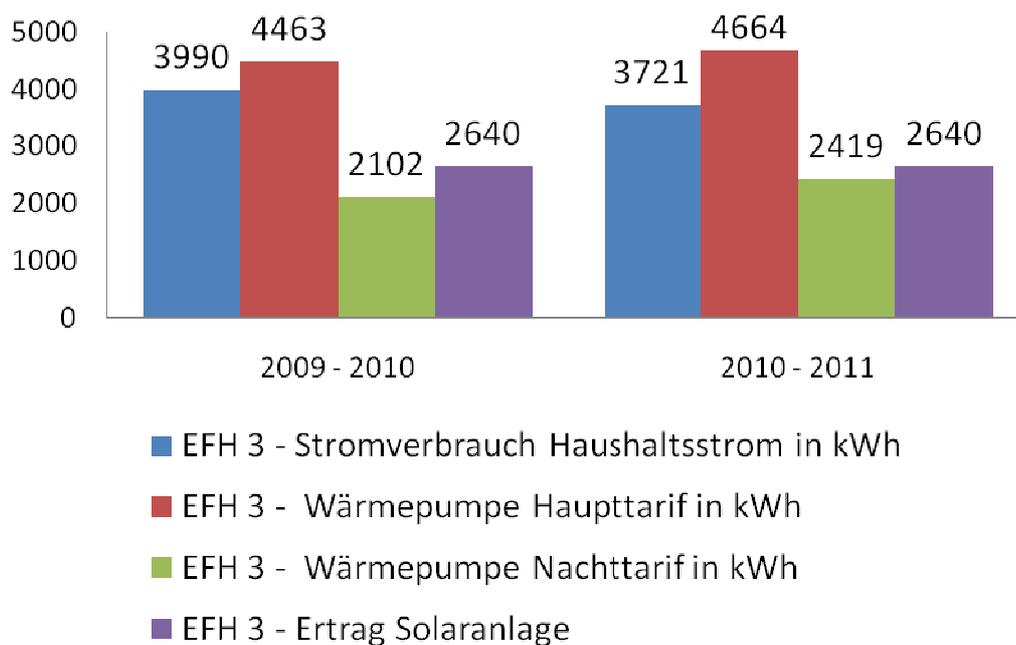


Abbildung 20: EFH 3 – jährliche Stromverbrauche und Erträge der Solaranlage in kWh [STE11]

Für die Berechnung der Kosten wurde auf die Daten vom Institut für wirtschaftliche Ölheizung [IWO11] und Wien Energie zurückgegriffen. Die Pellets haben einen Heizwert von 5 kWh/kg. Die Arbeiterkammer Niederösterreich konnte in [HOL11] einen Medianwert von 75 Euro / rm inkl. USt. (62,5 Euro / rm exkl. USt.) für Brennholz (Buche) erheben.

Energieträger	Preis inkl. USt	Preis exkl. USt
	Cent / kWh	Cent / kWh
Erdgas ¹	6,95	5,79
Pellets ²	4,70	3,92
Strom ³	16,64	13,87
Heizöl, extra leicht ⁴	9,54	7,95
Brennholz ⁵	3,57	2,98

¹ Erdgas – laut Auskunft Wien Energie, Gas Optima Online (Stand April 2011)
² Pellets - Preis März 2011; Durchschnittspreis von proPellets, WKÖ, AK und Handel für eine Abnahmemenge von 6 Tonnen [IWO11]
³ Strom - laut Auskunft Wien Energie, Strom Optima Online (Stand April 2011)
⁴ Preis laut [IWO11], 10 kWh pro Liter Öl
⁵ Kosten von 62,5 Euro / rm exkl. USt. bei einem Heizwert von 2100 kWh/rm [GEI11], Buchenholz

Tabelle 21: Preise Energieträger laut [IWO11], Wien Energie, Fernwärme Wien (Stand April 2011) und [HOL11]

Eine Gegenüberstellung der betrachteten Passivhausprojekte hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Pellets zeigt die folgende Tabelle. Preise für die Energieträger sind Tabelle 21 entnommen.

Projekt / Zeitraum	Verbrauch Strom	Verbrauch Holz/Pellets	Kosten Strom	Kosten Holz/Pellets	Gesamtkosten
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
PH 1 2009	52,5	0,0	7,3	0,0	7,3
PH 1 2010	53,7	0,0	7,4	0,0	7,4
PH 2 2009	31,5	20,1 (Pellets)	4,4	0,8 (Pellets)	5,2
PH 2 2010	31,2	20,1 (Pellets)	4,3	0,8 (Pellets)	5,1
PH 3 2008-2009	32,3	17,3 (Holz)	4,5	0,5 (Holz)	5,0
PH 3 2009-2010	35,9	17,3 (Holz)	5,0	0,5 (Holz)	5,5
PH 4 2009-2010	32,0	0,0	4,4	0,0	4,4
PH 4 2010-2011	39,2	0,0	5,4	0,0	5,4
PH 5 2009	41,7	0,0	5,8	0,0	5,8
PH 5 2010	39,1	0,0	5,4	0,0	5,4

Tabelle 22: Vergleich der Passivhaus-Einfamilienhäuser hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Pellets

Im Schnitt liegen die energetischen Gesamtbetriebskosten (Haushaltsstrom, Heizung, Warmwasser) der Passivhäuser (exkl. Wartung) bei 5,7 Euro/m².a bzw. 5,3 Euro/m².a (ohne Berücksichtigung des durchschnittlichen Stromverbrauchs der Lüftungsanlage). Die etwas höheren Betriebskosten kommen dadurch zustande, dass bei allen Passivhäusern mittels Strom geheizt wird. Da die BewohnerInnen oft eine Zusatzheizung wünschen, fallen für diese ebenfalls Kosten an (Pellets, Holz).

Die jährlichen Wartungskosten für die Lüftungsanlage liegen im Schnitt bei 0,4 Euro/m².a (ohne Berücksichtigung PH 1 weil überdurchschnittlich billige Wartungs-

kosten). Das ist dieselbe Größenordnung wie bei Passiv-Mehrfamilienhäusern. In Abständen von drei bis fünf Jahren fallen Servicearbeiten an, welche im Schnitt 340 Euro betragen, das sind grob 0,4 Euro/m².a.

Eine Gegenüberstellung der betrachteten Niedrigenergiehäuser hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Öl zeigt die folgende Tabelle. Preise für die Energieträger sind Tabelle 21 entnommen.

Projekt / Zeitraum	Verbrauch Strom	Verbrauch Holz/Öl	Kosten Strom	Kosten Holz/Öl	Gesamtkosten
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
EFH 1 - 2002-2003	kA	60,8 (Holz)	kA	1,8 (Holz)	1,8 ¹
EFH 2- 2006-2007 ²	21,6	289,9 (Öl)	3,0	23,1 (Öl)	26,1
EFH 2- 2009-2010 ³	21,9	89,1 (Öl)	3,0	7,1 (Öl)	10,1
EFH 3- 2009-2010	56,1	0,0	7,8	0,0	7,8
EFH 3- 2010-2011	57,4	0,0	8,0	0,0	8,0

¹ Stromverbräuche konnten nicht erhoben werden, dieser Preis bezieht sich nur auf den Holzverbrauch für den Kessel
² vor der Sanierung, inkl. Erzeugungsverluste
³ nach der Sanierung, inkl. Erzeugungsverluste

Tabelle 23: Vergleich der Niedrigenergie-Einfamilienhäuser hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Öl

Im Schnitt liegen die energetischen Gesamtbetriebskosten (Haushaltsstrom, Heizung, Warmwasser) der Niedrigenergiehäuser (exkl. Wartung) bei 8,6 Euro/m². Projekte mit unvollständigen Daten oder Verbräuche vor der Sanierung des Gebäudes (EFH 2) wurden bei diesen Kosten nicht berücksichtigt. Bei zwei von drei EFH ist keine Lüftungsanlage vorhanden, somit fallen auch keine Wartungskosten an. Bei EFH 3 kann davon ausgegangen werden, dass die Wartungs- und Stromkosten für die Lüftungsanlage im Bereich der betrachteten Einfamilien-Passivhäuser liegen.

5.3. Stromkosten Lüftungsanlagen

Wie bei zentralen Lüftungsanlagen in Passiv-Mehrfamilienhäusern ist der Stromverbrauch von Lüftungsanlagen in Passiv- und Niedrigenergie-Einfamilienhäusern abhängig von den Luftmengen, dem Wirkungsgrad der Antriebstechnik und dem Gesamtdruckverlust [KAP10].

Um für Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern diese Stromkosten quantifizieren zu können, muss eine rechnerische Abschätzung durchgeführt werden. Die angegebenen Daten setzen sich aus Durchschnittswerten der betrachteten Einfamilienhäuser mit Lüftungsanlage zusammen:

Kompaktlüftungsgerät in Einfamilienhäusern - Stromverbrauch:

220 m² Einfamilienhaus, Dauerbetrieb

Strombedarf Ventilatoreinheit: 0,4 Wh/m³

Luftvolumenstrom bei durchschnittlicher Benutzung: 175 m³/h

$175 \text{ m}^3/\text{h} * 0,4 \text{ Wh}/\text{m}^3 = 70 \text{ W}$

$70 \text{ W} * 8760 \text{ Stunden} / 1000 = 613,2 \text{ kWh}/\text{a} = 2,8 \text{ kWh}/\text{m}^2.\text{a}$

$2,8 \text{ kWh}/\text{m}^2.\text{a} * 0,132 \text{ Euro}/\text{kWh} = 0,37 \text{ Euro}/\text{m}^2.\text{a}$

Strompreis 13,17 Cent/kWh

Aufgrund dieser rechnerischen Abschätzung kann davon ausgegangen werden, dass die Stromkosten für Kompaktlüftungsanlagen in Einfamilienhäusern ca. 0,4 Euro/m².a betragen. Ist im Niedrigenergie-Einfamilienhaus keine Lüftungsanlage vorhanden, decken sich diese Mehrkosten für das Passiv-Einfamilienhaus von 0,4 Euro/m².a in etwa mit den Mehrkosten aus dem zusätzlichen Lüftungsstromverbrauch der Passiv-Mehrfamilienhäuser.

5.4. Vergleich mit Planwerten – Einfamilienhäuser (AP 3 und AP 6)

Bei PH 1 erfolgt die Aufteilung des Gesamtstromverbrauchs auf die einzelnen Positionen auf Basis der Berechnungen in PHPP. Für dieses Passivhaus wurde eine Zertifizierung angestrebt, aus diesem Grund liegt eine genauere Auswertung der PHPP-Unterlagen inkl. Berechnungen zu geplanten Stromverbräuchen und Warmwasseraufbereitung vor. Dies ist für Einfamilienhäuser nicht üblich. Bei den restlichen Passivhäusern erfolgt der Vergleich der abgerechneten Gesamtverbräuche mit den in PHPP berechneten Werten aufgrund folgender Aufteilung:

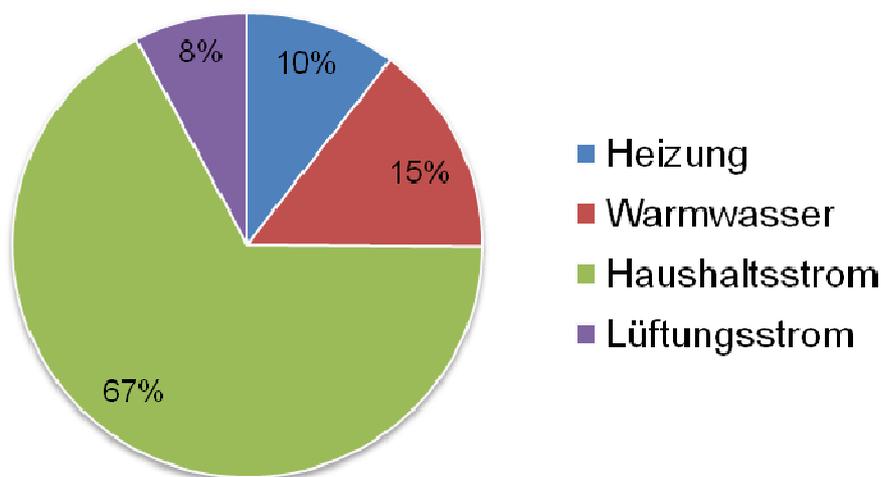


Abbildung 21: Aufteilung der Gesamtverbräuche auf die einzelnen Positionen auf Basis der Messdaten Roschégasse [WAG09b]

Die Aufteilung der Gesamtverbräuche des Projekts Roschégasse ist mit jener der Passiv-Einfamilienhäuser (PH 2- 5) vergleichbar, da in der Roschégasse die Heizung und die Warmwasseraufbereitung ebenfalls über dezentrale, in den Wohnungen situierte Kompaktlüftungsgeräte (mit Wärmepumpe) erfolgt. Für den Vergleich wurde die Elektro-Zusatzheizung aus den Messdaten der Roschégasse in der Abbildung 21 nicht berücksichtigt. In den PHPP-Unterlagen wurden Zusatzheizsysteme (Pellets, Holz) nicht berücksichtigt und gingen somit nicht in den Vergleich ein. Die prozentuale Aufteilung der Verbräuche auf die einzelnen Positionen bei PH 1 zeigt gute Übereinstimmung mit den Messdaten aus HdZ-Messprojekten.

Verbrauch	geplanter Verbrauch (PHPP)	Anteil am Gesamtverbrauch	1. MJ	2. MJ	3. MJ
	kWh/m ² .a		kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
PH 1					
Haushaltsstrom	10,4	30 % ¹	14,9	15,8	16,2
Lüftungsstrom	1,7	5 % ¹	2,4	2,6	2,6
Heizung	13,4	39 % ¹	19,2 ⁶	20,4 ⁶	20,9 ⁶
Warmwasser inkl. Verluste	9,0	26 % ¹	12,9	13,7	14,0
PH 2					
Haushaltsstrom	12,3 ²	67 %	21,2	21,1	20,9
Lüftungsstrom	2,6 ³	8 %	2,5	2,5	2,5
Heizung ^{4,5}	10,8 ⁶	10 %	9,5 ⁶	9,4 ⁶	9,4 ⁶
Warmwasser inkl. Verluste ⁴	kA	15 %	14,2	14,2	14,1
PH 3					
Haushaltsstrom	16,7 ²	67 %	21,6	24,0	-
Lüftungsstrom	2,3 ⁷	8 %	2,6	2,9	-
Heizung ^{4,8}	15,0 ⁶	10 %	9,7 ⁶	10,8 ⁶	-
Warmwasser inkl. Verluste ⁴	10,0 ²	15 %	14,5	16,1	-
¹ Aufteilung auf Basis der PHPP-Berechnung ² Die Berechnungen für Strom und Warmwasser im PHPP beruhen auf Abschätzungen bei üblicher Belegung ³ gerechnet: Stufe 2, Ganzjahresbetrieb, 0,4 Wh/m ³ bei 210 m ³ /h ⁴ COP Wärmepumpe = 3 ⁵ Pelletverbrauch Heizung 20,1 kWh/m ² .a, nicht in der Gegenüberstellung enthalten ⁶ Der geplante Verbrauch laut PHPP beinhaltet keine Verluste (Heizwärmebedarf). Im Gegensatz dazu beinhaltet der abgerechnete Verbrauch etwaige Verluste aus Verteilung und Speicherung. Diese Verluste sind aufgrund der dezentralen Aufbereitung, kurzer Leitungslängen und gut gedämmter Speicher gering. ⁷ gerechnet: Stufe 2, Ganzjahresbetrieb, 0,4 Wh/m ³ bei 140 m ³ /h ⁸ Holzverbrauch Heizung 17,3 kWh/m ² .a, nicht in der Gegenüberstellung enthalten					

Tabelle 24: geplante und abgerechnete Verbräuche PH 1 – 3

Verbrauch	geplanter Verbrauch (PHPP)	Anteil am Gesamtverbrauch	1. MJ	2. MJ	3. MJ
	kWh/m ² .a		kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
PH 4					
Haushaltsstrom	10,3 ¹	67 %	21,4	26,3	-
Lüftungsstrom	3,1 ²	8 %	2,6	3,1	-
Heizung ³	15,0 ⁴	10 %	9,6 ⁴	11,8 ⁴	-
Warmwasser inkl. Verluste ³	kA	15 %	14,4	17,6	-
PH 5					
Haushaltsstrom	13,9 ¹	67 %	27,9	26,2	-
Lüftungsstrom	2,4 ⁵	8 %	3,3	3,1	-
Heizung ³	13,0 ⁴	10 %	12,5 ⁴	11,7 ⁴	-
Warmwasser inkl. Verluste ³	kA	15 %	18,8	17,6	-
¹ Die Berechnungen für Strom und Warmwasser im PHPP beruhen auf Abschätzungen bei üblicher Belegung ² gerechnet: Stufe 2, Ganzjahresbetrieb, 0,4 Wh/m ³ bei 160 m ³ /h ³ COP Wärmepumpe = 3 ⁴ Der geplante Verbrauch laut PHPP beinhaltet keine Verluste (Heizwärmebedarf). Im Gegensatz dazu beinhaltet der abgerechnete Verbrauch etwaige Verluste aus Verteilung und Speicherung. Diese Verluste sind aufgrund der dezentralen Aufbereitung, kurzer Leitungslängen und gut gedämmter Speicher gering. ⁵ gerechnet: Stufe 2, Ganzjahresbetrieb, 0,4 Wh/m ³ bei 170 m ³ /h					

Tabelle 25: geplante und abgerechnete Verbräuche PH 4 - 5

Für die Niedrigenergie-Einfamilienhäuser wird folgende Aufteilung der Verbräuche festgelegt:

EFH 1

- Die Aufteilung der Verbräuche auf die einzelnen Positionen (Heizung, Warmwasser) ist in Abbildung 18 ersichtlich, der Haushaltsstrom wurde nicht erfasst.

EFH 2

- Haushaltsstrom zu 100 % laut Stromrechnung [DÖR11]
- Heizung / Warmwasser laut Energieflussanalyse in [DÖR11] für vor und nach der Sanierung

EFH 3

- Haushaltsstrom: 89 % vom Haushaltsstromzähler laut Stromrechnung [STE11], Annahme basierend auf Abbildung 21
- Lüftungsstrom: 11 % vom Haushaltsstromzähler laut Stromrechnung [STE11], Annahme basierend auf Abbildung 21
- Heizung zu 40 % aus Einträgen Solaranlage und Wärmepumpe (COP = 3), Annahme basierend auf Abbildung 21
- Warmwasser zu 60 % aus Einträgen Solaranlage und Wärmepumpe (COP = 3), Annahme basierend auf Abbildung 21

Verbrauch	geplanter Verbrauch (Energieausweis)	1. MJ	2. MJ
	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a	kWh/m ² .a
EFH 1			
Haushaltsstrom	kA	kA	-
Heizung exkl. Verluste	58,4	65,0	-
Warmwasser exkl. Verluste	6,5	8,8	-
EFH 2			
Haushaltsstrom	kA	21,6	21,9
Heizung inkl. Verluste ¹	62,7	251,3 ²	72,4 ³
Warmwasser inkl. Verluste	17,4	38,7	26,7
EFH 3			
Haushaltsstrom	kA	18,9	17,6
Lüftungsstrom	3,4 ⁴	2,3	2,2
Heizung ⁵	51,3 ⁶	47,5 ⁶	50,8 ⁶
Warmwasser inkl. Verluste ⁵	kA	71,2	76,2
¹ inkl. Verluste laut Energieausweis, Heizwärmebedarf (exkl. Verluste): 41,4 kWh/m ² .a ² vor Sanierung, Heizwärmebedarf (exkl. Verluste): 168,7 kWh/m ² .a ³ nach Sanierung, Heizwärmebedarf (exkl. Verluste): 49,5 kWh/m ² .a ⁴ gerechnet: Stufe 2, Ganzjahresbetrieb, 0,4 Wh/m ³ bei 180 m ³ /h ⁵ COP Wärmepumpe = 3 ⁶ Der geplante Verbrauch laut PHPP beinhaltet keine Verluste (Heizwärmebedarf). Im Gegensatz dazu beinhaltet der abgerechnete Verbrauch etwaige Verluste aus Verteilung und Speicherung. Diese Verluste sind aufgrund der dezentralen Aufbereitung, kurzer Leitungslängen und gut gedämmter Speicher gering.			

Tabelle 26: geplante und abgerechnete Verbräuche EFH 1 - 3

5.5. Einsparungen Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus - Einfamilienhäuser (AP 7)

In den Kapiteln 5.1 bis 5.4 wurden die Ergebnisse vorgestellt. Es werden die Gesamtkosten verglichen und gegenübergestellt. Die Kosten sind Durchschnittswerte aller Projekte. In der ersten Tabelle werden nur für das Passivhaus Wartungs- und Stromkosten für die Lüftungsanlage angesetzt, im Niedrigenergiehaus ist keine Lüftungsanlage vorhanden:

Einfamilienhäuser	Niedrigenergiehaus	Passivhaus
	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
Energiekosten (Gesamtstrom exkl. Lüftungsstrom, Heizung, Warmwasser)	8,60	5,30
Wartung Lüftungsanlage	-	0,80
Strom Lüftungsanlage	-	0,40
Summe	8,60 100 %	6,50 75 %
Einsparung Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus	2,1 Euro/m².a ca. 25 %	

Tabelle 7: Einfamilienhäuser - Gegenüberstellung der Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Kostenangaben pro m² Wohnnutzfläche exkl. USt.

Für die Kostenauswertung in der zweiten Tabelle ist im Niedrigenergiehaus eine Lüftungsanlage vorhanden (siehe z. B. EFH 3). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Lüftungswartungskosten und die Lüftungsstromkosten im Bereich der betrachteten Einfamilien-Passivhäuser liegen, und somit keine Mehr- bzw. Minderkosten angesetzt werden können.

Einfamilienhäuser	Niedrigenergiehaus	Passivhaus
	Euro/m ² .a	Euro/m ² .a
Energiekosten (Gesamtstrom exkl. Lüftungsstrom, Heizung, Warmwasser)	8,60	5,30
Summe	8,60 100 %	5,30 60 %
<i>Einsparung Passivhaus gegenüber Niedrigenergiehaus</i>	3,3 Euro/m².a ca. 40 %	

Tabelle 7: Einfamilienhäuser - Gegenüberstellung der Betriebskosten von Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Kostenangaben pro m² Wohnnutzfläche exkl. USt.

Die Absolutsumme der Einsparungen der Passiv-Einfamilienhäuser gegenüber den Niedrigenergie-Einfamilienhäusern ohne Lüftungsanlage von 2,10 Euro/m².a deckt sich punktgenau mit der Einsparung der Mehrfamilienhäuser von 2,10 Euro/m².a.

6. Anhang

6.1. Quellenverzeichnis

- [DÖR11] Dörn, M.: Vergleich von Verbrauchsdaten mit Bedarfsberechnungen für den Energieeinsatz bei Einfamilienhäusern, Diplomarbeit, Technische Universität Wien 2011
- [EAN09] EnergieAgentur.NRW - Preisvergleich Lüftungsanlagen
<http://www.energieagentur.nrw.de/lueftung/page.asp?TopCatID=7630>
(abgerufen am 5. Februar 2009, Link nicht mehr aktiv)
- [FEI04] Feist, W. (Hrsg.): Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus. Protokollband 28. Passivhaus Institut, Darmstadt 2004
- [GEI10] Geitmann, Sven: Erneuerbare Energien. Mit neuer Energie in die Zukunft. Hydrogeit Verlag, Oberkärmer 2010
- [HDZ11] Ergebnisse der messtechnischen Begleituntersuchungen von "Haus der Zukunft" – Demonstrationsbauten
http://143.130.16.34/hdz_pdf/messprojekt_leitfaden.pdf
(abgerufen am 18. Juli 2011)
- [HOL11] Arbeiterkammer Niederösterreich. Preiserhebung Brennstoffe – Stückholz. März 2011
http://noe.arbeiterkammer.at/bilder/d106/Brennstofferhebung_03_2011Stueckholz.pdf
(abgerufen am 10. Mai 2011)
- [HÜT09] Hüttler, W., Amann, C., Varga, M. et al.: ZUWOG Zukunftsfähige Wohngebäudemodernisierung, Integrierte Konzepte u. Lösungen zu Wirtschaftlichkeit, Nutzerzufriedenheit, Praxistauglichkeit, Energie der Zukunft Endbericht, Wien 2009

- [IGP11] IG Passivhaus Österreich – Objektdatenbank
<http://www2.igpassivhaus.at>
(abgerufen am 11. April 2011)
- [IWO11] Der aktuelle Ölpreis - Heizölpreis – Energieträgerpreis. Institut für wirtschaftliche Ölheizung
<http://www.iwo-austria.at/index.php?id=126>
(abgerufen am 4. April 2011)
- [KAM11] Grundlagen der Kamintechnik. Schiedel Kaminsysteme GmbH
http://www.schiedel.at/fileadmin/data/austria/ALLG.Kamintechnik/Grundlagen_der_KAMINTECHNIK.pdf
(abgerufen am 5. April 2011)
- [KAP10] Kapferer, R., Greml, A., Leitzinger W. et. al.: Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich und Erstellung von Qualitätskriterien bzw. eines Planungsleitfadens. Energie der Zukunft Endbericht, 2010
- [KEH11] Verordnung des Landeshauptmannes von Wien betreffend den Höchstarif für das Rauchfangkehrergewerbe in Wien (Kehrtarif 2011)
<http://www.wien.gv.at/recht/landesrecht-wien/rechtsvorschriften/pdf/w1001000.pdf>
(abgerufen am 4. April 2011)
- [ÖN1801] ÖNORM B 1801-2 Bauprojekt- und Objektmanagement. Teil 2: Objekt-Folgekosten. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2011
- [ÖN4000] ÖNORM A 4000 Abrechnung von Bewirtschaftungskosten von Gebäuden mit Miet- und Eigentumsobjekten. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2008.
- [ÖN6038] ÖNORM H 6038 Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung. Planung,

Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2006.

- [PHP07] Passivhaus Projektierungs Paket 2007. Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist in Darmstadt, Darmstadt, 2007.
- [SCH04] Schöberl, H. Bednar, T. et al.: Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau, Endbericht 5/2004, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2004; auch erschienen im Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2004 ISBN 3-8167-6634-X
- [SCH11] Schöberl, H., et al.: „Reduktion der Wartungskosten von Lüftungsanlagen in Plus-Energiehäusern“, Haus der Zukunft Plus, Endbericht in Ausarbeitung, Wien 2011
- [STE11] Steinbacher, D.: Berechnung des Energiebedarfs, der Energiekosten und Treibhausgasemissionen von Gebäudeensembles mit probabilistischen Metamodellen, vorläufiger Titel, Diplomarbeit in Ausarbeitung, Technische Universität Wien 2011
- [STR11] Skriptum zur Vorlesung „Sonnenenergienutzung“ – Wolfgang Streicher – Institut für Wärmetechnik, TU Graz, Graz 2004
http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i3070/downloads/skripten/Sonnenenergienutzung/Teil3_Brauchwasser_und_Heizung_06.pdf
(abgerufen am 2. Mai 2011)
- [THA10] Thaler, A.: Lebenszykluskosten von Wohnraumlüftungsanlagen im mehrgeschossigen Wohnbau. Diplomarbeit, Fachhochschule Kufstein Tirol Bildungs GmbH, Kufstein 2010
- [TRE07] Treberspurg, M., Smutny, R., Oberhuber, A. et. al.: Nachhaltigkeits-Monitoring Molkereistraße. Wissenschaftliche Evaluierung von Nutzerzufriedenheit, Energieperformance und Klimaschutzbeitrag von gemeinnützigen Wiener Wohnbauten in Passivhausstandard am Beispiel des Passiv-

haus-Studentenheims Molkereistraße in Wien. Universität für Bodenkultur, Wien 2007

- [TRE09] Treberspurg, M., Smutny, R. et. al.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien. Universität für Bodenkultur, Wien 2009
- [WAG09a] Wagner, W., Prein, A., Mauthner, F., et. al.: Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivmehrfamilienhaus Utendorfgasse. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, 2009
- [WAG09b] Wagner, W., Prein, A., Mauthner, F., et. al.: Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Bauprojekt Roschégasse 20. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, 2009
- [WAG10a] Wagner, W., Prein, A., Spörk-Dür, J., et. al.: Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivmehrfamilienhaus Mühlweg. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, 2010
- [WAG10b] Wagner, W., Prein, A., Spörk-Dür, J., et. al.: Energietechnische und baubiologische Begleituntersuchung Passivmehrfamilienhaus Dreherstraße. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, 2010
- [WNF11] LEITFADEN der MA 25 zur Berechnung der Nutzflächen für Mehrwohnhäuser und Heime nach dem WWFSG 1989 bzw. MRG/WEG/WGG igF
- <http://www.wien.gv.at/wohnen/wohnbautechnik/pdf/leitfaden-nutzflaeche.pdf>
- (abgerufen am 11. April 2011)

6.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gegenüberstellung der vergleichsrelevanten Betriebskosten von Mehrfamilien-Passivhäusern zu Niedrigenergiehäusern	4
Abbildung 2: Comparison of relevant operation costs of passive houses for multiple families to low energy houses	6
Abbildung 3: Passivhaus Utendorfgasse (Foto Bruno Klomfar).....	16
Abbildung 4: Passivhaus Dreherstraße (Foto BUWOG).....	17
Abbildung 5: Passivhaus Mühlweg (Foto Bruno Klomfar).....	17
Abbildung 6: Passivhaus Samer Mösl (Foto Paul Ott).....	18
Abbildung 7: Passivhaus Studentenheim Molkereistraße (Foto Roman Smutny)	19
Abbildung 8: Passivhaus Wohnhausanlage Roschégasse (Foto AEE INTEC)	19
Abbildung 9: Passivhaus Wohnhausanlage Lodenareal (Foto Neue Heimat Tirol)	20
Abbildung 10: 1. Messjahr – Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs von Passiv- und Niedrigenergiehäusern	26
Abbildung 11: 2. Messjahr – Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs von Passiv- und Niedrigenergiehäusern	26
Abbildung 12: Gegenüberstellung der Betriebskosten von Mehrfamilien-Passivhäusern gegenüber Niedrigenergiehäusern	46
Abbildung 13: PH 1 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Auskunft BewohnerInnen	50
Abbildung 14: PH 2 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung und durchschnittlicher, jährlicher Pelletverbrauch in kWh laut Auskunft der BewohnerInnen	51
Abbildung 15: PH 3 – jährliche Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung und Holzverbrauch in kWh laut Auskunft BewohnerInnen.....	52

Abbildung 16: PH 4 – Stromverbräuche in kWh laut Jahresabrechnung für die betrachteten Zeiträume	52
Abbildung 17: PH 5 – jährliche Gesamtstromverbräuche in kWh laut Auskunft der BewohnerInnen	53
Abbildung 18: Energiebilanz EFH 1 (Quelle: AEE Institut für Nachhaltige Technologien)	54
Abbildung 19: EFH 2 – jährlicher Stromverbrauch, Ölverbrauch und Ertrag der Solaranlage in kWh [DÖR11]	55
Abbildung 20: EFH 3 – jährliche Stromverbräuche und Erträge der Solaranlage in kWh [STE11]	56
Abbildung 21: Aufteilung der Gesamtverbräuche auf die einzelnen Positionen auf Basis der Messdaten Roschégasse [WAG09b].....	61

6.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Arbeitspakete.....	8
Tabelle 2: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs im ersten Messjahr – Mühlweg 1.1.-31.12.2007, Utendorfgasse 1.1.-31.12.2007, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Molkereistraße 1.1.-31.12. 2006, Roschégasse 1. 3. 2007 – 29. 2. 2008, Lodenareal 1.1. – 31. 5. 2010 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b] und Endbericht Molkereistraße [TRE07])	22
Tabelle 3: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs im zweiten Messjahr – Mühlweg 1.1.-31.12.2008, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, Molkereistraße 1.1.-31.12. 2007, Utendorfgasse / Roschégasse / Lodenareal keine Daten vorhanden. (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b] und Endbericht Molkereistraße [TRE07])	23
Tabelle 4: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs (HWB) im ersten Jahr, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Niedrigenergiehäuser (1 - 4) 1.1. – 31.12.2008 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)	25
Tabelle 5: Messergebnisse des Heizwärmebedarfs (HWB) im zweiten Jahr, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, Niedrigenergiehäuser (1 - 4) 1.1. – 31.12.2009 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW)	25
Tabelle 6: Preise Energieträger laut [IWO11], Wien Energie und Fernwärme Wien (Stand April 2011)	27
Tabelle 7: Betriebskosten für Raumheizung (ohne Anlagen und Leitungsverluste) anhand des gemessenen Heizwärmebedarfs von Passivhäusern (Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], Messdaten Molkereistraße laut Endbericht [TRE07]).....	28
Tabelle 8: Betriebskosten für Raumheizung (ohne Anlagen und Leitungsverluste) anhand des gemessenen Heizwärmebedarfs von Niedrigenergiehäusern (Quelle: NEH 1 - 4 ÖSW, Dreherstraße [WAG10b])	29

Tabelle 9: Wartungskosten einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in einem Passivhaus (Wohnbau) pro m ² Wohnnutzfläche exkl. USt	32
Tabelle 10: Übersicht Lüftungsstromverbräuche (Quelle: Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], NEUE HEIMAT TIROL und Endbericht Molkereistraße [TRE07])	33
Tabelle 11: Auszug Kehrtarif 2011 [KEH11].....	36
Tabelle 12: Varianten - Minderkosten für Rauchfangkehrer aus Sicht des Passivhauses	37
Tabelle 13 Vergleich vom gemessenen Heizwärmebedarf und gemessenen Warmwasserverbrauch (Quelle: Daten Haus der Zukunft Endberichte [WAG09a], [WAG10a], [WAG10b], [WAG09b], Unterlagen Heimat Österreich und Endbericht Molkereistraße [TRE07])	38
Tabelle 14: Messergebnisse und Planwerte des Heizwärmebedarfs (HWB) im ersten Jahr, Dreherstraße 1.10.2007-30.9.2008, Niedrigenergiehäuser 1.1. – 31.12.2008 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW).....	40
Tabelle 15: Messergebnisse und Planwerte des Heizwärmebedarfs (HWB) im zweiten Jahr, Dreherstraße 1.10.2008-30.9.2009, alle Niedrigenergiehäuser 1.1. – 31.12.2009 (Tabelle Schöberl & Pöll GmbH, Daten [WAG10b] und ÖSW).....	41
Tabelle 16: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Utendorfgasse, Mühlweg.....	42
Tabelle 17: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Molkereistraße, Roschégasse	43
Tabelle 18: Passivhauswohnanlagen - Gegenüberstellung von Messwerten und Ergebnissen aus der PHPP-Berechnung: Dreherstraße (PH)	44
Tabelle 19: Übersicht der Passiv-Einfamilienhäuser (Quelle: BewohnerInnen, PHPP-Unterlagen).....	48

Tabelle 20: Übersicht der Niedrigenergie-Einfamilienhäuser (Quelle: AEE Institut für Nachhaltige Technologien, [DÖR11], [STE11])	49
Tabelle 21: Preise Energieträger laut [IWO11], Wien Energie, Fernwärme Wien (Stand April 2011) und [HOL11].....	57
Tabelle 22: Vergleich der Passivhaus-Einfamilienhäuser hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Pellets.....	58
Tabelle 23: Vergleich der Niedrigenergie-Einfamilienhäuser hinsichtlich laufender Kosten für Strom, Holz und Öl.....	59
Tabelle 24: geplante und abgerechnete Verbräuche PH 1 – 3.....	62
Tabelle 25: geplante und abgerechnete Verbräuche PH 4 - 5.....	63
Tabelle 26: geplante und abgerechnete Verbräuche EFH 1 - 3	65