

# Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf

Endbericht

Auftragnehmer:  
Joanneum Research, Institut für Energieforschung

Autoren:  
DI Kurt Könighofer  
Univ.-Doz. Josef Spitzer  
Dr. Reinhard Padinger  
Mag. Jürgen Suschek-Berger  
a.o. Univ.-Prof. Wolfgang Streicher  
Thomas Mach

Graz, im März 2001

Ein Projektbericht im  **HAUS**  
der Zukunft

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



# Vorwort

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

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

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

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

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



## Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
1. Problemstellung, Methode, Ziel	5
1.1 Problemstellung und Ziel	5
1.2 Methode	6
2. Arbeitsschritte und Ergebnisse	8
2.1 Marktübersicht Biomassefeuerungen Österreich	8
2.2 Befragung der Bewohner von Mehrfamilienwohnbauten, von Wohnbauträgern und Heizungsbetreuer	16
2.3 Simulation des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser für Referenzbauten (Mehrfamilienwohnhaus, Bürogebäude)	39
2.4 Erkenntnisse aus den Simulationsrechnungen	50
2.4.1 Leistungs- und Wärmebedarf der Gebäude	50
2.4.2 Betrieb der Wärmequelle (Kessel)	51
2.4.3 Jahresnutzungsgrad der Wärmequelle (Kessel)	57
2.5 Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen	74
3. Forschungsbedarf	75
4. Relevante Literatur	76

### **Anhang**

Start-up-Workshop, 22.03.2000, Graz

    Ergebnisse Zusammenfassung

Workshop, 13.10.2000, Graz

    Ergebnisse Zusammenfassung

Abschluss-Workshop, 31.01.2001, Graz

    Ergebnisse Zusammenfassung

Herstellerliste Biomassefeuerungen Österreich

Analyse der Nutzererfahrungen

Simulationsbericht (Teil I und Teil II)



## Vorwort

Vorarbeiten im Rahmen des Aktionsschwerpunkts *Energie aus Biomasse* im Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* haben gezeigt, dass ein stärkerer Einsatz der Biomasse im Raumwärmemarkt einen wichtigen Beitrag zum Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung leisten kann. Den statistischen Daten ist zu entnehmen, dass gegenwärtig dem Einsatz von Brennholz (Scheitholz) in Kleinf Feuerungsanlagen für Raumwärme und Warmwasserbereitung die größte Bedeutung zukommt. Da gerade in diesem Bereich ein Rückgang zu beobachten ist, müssen besondere Anstrengungen unternommen werden, dass der angestrebte verstärkte Einsatz der Bioenergie erreicht werden kann. Die dabei zu behandelnden Fragestellungen umfassen technische und soziologische Aspekte.

**Technische Aspekte:** Trotz des sinkenden Energiebedarfs für Raumwärme durch energiesparende Bauweise („Niedrigenergiehaus“) wird die Wärmeversorgung weiterhin eine große Bedeutung haben. Dafür soll auch Biomasse als erneuerbarer, regional verfügbarer und umweltfreundlicher Energieträger eingesetzt werden. Die hierfür notwendigen Anlagen sind weitgehend verfügbar, müssen aber allenfalls an spezielle Einsatzfälle angepasst werden.

**Soziologische Aspekte:** Ein entscheidender Faktor für den verstärkten Einsatz von Biomasse stellen die Nutzer von Biomassefeuerungen dar. Der Bereich der großvolumigen Bauten (Mehrfamilienwohnbauten, Bürogebäude) ist einer der Bereiche, in dem Biomassefeuerungen bisher selten eingesetzt wurden. Die Bereitschaft, zur Versorgung dieser Bauten Biomassefeuerungen einzusetzen, musste deshalb festgestellt werden.

Unter Berücksichtigung der technischen und soziologischen Aspekte sollten die Anforderungen an Biomassefeuerungen für den betrachteten Einsatzbereich erarbeitet werden. Hierzu wurde ein multidisziplinäres Team gebildet: Institut für Wärmetechnik an der Technischen Universität Graz (TUG-IWT), Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ) Graz, und Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Energieforschung (JR-IEF). Zusätzlich erfolgte ein Erfahrungsaustausch mit Bearbeitern anderer relevanter Projekte im „Haus der Zukunft“ und mit der Energieverwertungsagentur (E.V.A.).

Die Projektbearbeiter bedanken sich für die fruchtbare Zusammenarbeit mit diesen Partnern, sowie mit dem Bioenergie-Cluster, den Herstellern von Biomassefeuerungen und mit allen Teilnehmern an den Workshops, die in den regen Diskussionen wertvolle Beiträge einbrachten.

Der Dank gilt auch dem Auftraggeber (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) und den Projektbetreuern (Technologie Impulse Gesellschaft und Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik) für die organisatorische Unterstützung bei der Bearbeitung.

## Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zu erstellen, die in Objekten mit niedrigem Energiebedarf eingesetzt werden können. Betrachtet wurden Mehrfamilienwohnbauten und Bürobauten.

Einerseits handelte es sich dabei um technische Fragestellungen, die in Form von technischen Parametern zu beantworten sind: Es wurde festgestellt, welche Heizanlagen bereits am Markt sind und wie noch zu entwickelnde Biomassefeuerungen gestaltet werden müssen, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Andererseits handelt es sich um eine sozialwissenschaftliche Fragestellung: Hierzu wurden die Meinungen und die Einstellungen derjenigen, die mit der Heizanlage in ihrem täglichen Leben konfrontiert sind, untersucht.

Die Bearbeitung erfolgte durch ein multidisziplinäres Team bestehend aus Technikern und Soziologen. Die inhaltlichen Schwerpunkte waren die Erstellung einer Marktübersicht, die Befragung der Nutzer (Bewohner, Wohnbauträger und Heizungsbetreuer), die Simulationsrechnungen zum Wärmebedarf der untersuchten Gebäude und die Festlegung von Anforderungsprofilen. Energieexperten, Heizanlagenhersteller und Wohnbauträger wurden mittels Workshops eingebunden.

Als Ergebnisse liegen nun Anforderungsprofile vor:

- Geringer Bedienungsaufwand, geringe Lärm- und Schmutzmissionen sowie größtmögliche Betriebssicherheit und hoher Automatisierungsgrad.
- Optimierung in Bezug auf Wirkungsgrad und Emissionen für Betriebszustände, in denen der Wärmebedarf des Gebäudes unter 30% der Heizlast liegt, unter Berücksichtigung eines Taktbetriebs.
- Häufigkeit der Takte möglichst klein, das heißt, das Verhältnis zwischen „Brennzeit“ und „Pausenzeit“ möglichst groß halten; im allgemeinen Ausstattung mit einem Pufferspeicher.
- Brauchwassererwärmung im Sommer durch Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle (z. B. Solaranlage).
- Die Feuerungsanlagen sollen für eine möglichst große Bandbreite von Brennstoffen geeignet sein.
- Die Biomassefeuerungen soll so konzipiert werden, dass eine kostengünstige Serienfertigung von Standardkomponenten erreicht wird.

Damit lässt sich folgender Forschungsbedarf ableiten:

- Anlagenkonzepte für unterschiedliche Brennstoffe („Multifuel-Konzepte“).
- Neue Auslegungsstrategie für Feuerungen in Bezug auf Teillastverhalten.
- Messprogramm von Teillastzuständen hinsichtlich Wirkungsgrade und Emissionen.
- Einfache Rechenhilfe zur Auslegung von optimierten Pufferspeichern.

## 1. Problemstellung, Ziel, Methode

Ausgehend von der Problemstellung des Rückganges von Biomassefeuerungen, einer Marktübersicht, den Bedürfnissen der Nutzer und einem verringerten Energiebedarf werden Anforderungsprofile erstellt und der Forschungsbedarf abgeleitet.

### 1.1 Problemstellung und Ziel

Der Anteil der Biomasse am österreichischen Primärenergieaufkommen liegt mit etwa 142 PJ bei ca. 12% (1998) und damit über dem europäischen Durchschnitt von ca. 6%. Den statistischen Daten ist zu entnehmen, dass gegenwärtig dem Einsatz von Brennholz (Scheitholz) in Kleinfeuerungsanlagen für Raumwärme und Warmwasserbereitung im Sektor der Kleinverbraucher die größte Bedeutung zukommt. Gemäß ÖSTAT wurden 1997 ca. 16% der österreichischen Haushalte mit Holz beheizt.

Etwa 30.000 bestehende Holzheizkessel werden jährlich durch neue Heizkessel ersetzt, davon etwa 15.000 durch Kessel für fossile Energieträger. Dadurch ist es in den 90er Jahren zu einem Rückgang bei den mit Holz beheizten Hauptwohnsitzen um 20 % gegenüber 1990 gekommen. Angesichts der Bedeutung dieses Bereichs für die Bioenergie ist ein massives Gegensteuern erforderlich, wenn an dem Ziel Erhöhung des Bioenergieanteils festgehalten werden soll.

Die Entwicklung im Sektor Raumwärme war in den letzten Jahren geprägt durch eine ständige Verbesserung der Wärmedämmung sowohl bei bestehenden Bauten als auch bei Neubauten (z. B. Niedrigenergiehäuser) und die damit einhergehende Verringerung der Heizlast und des Energiebedarfs. Bei Neubauten wird dies durch eine energiesparende Gesamtkonzeption (z. B. Gebäudeausrichtung, Kompaktheit des Gebäudes) und durch einen verbesserten Wärmeschutz (Bauteilaufbauten mit niedrigen U(k)-Werten) erreicht. Nachgefragt werden deshalb kleine Leistungen für konventionelle zentrale Heizsysteme, neue Wärmebereitstellungs- und -verteilssysteme bzw. sogar der Verzicht auf ein zentrales Heizsystem. Die Wärmeversorgungssysteme sollen möglichst mit erneuerbarer Energie betrieben werden können. Die thermische Sanierung bestehender Gebäude ist ein wichtiger Bestandteil der Gesamtstrategie. Zusätzlich zur Berücksichtigung der verringerten Heizlast ergibt sich hier die Notwendigkeit, bestehende Anlagen und Komponenten bei der Auslegung der neuen Wärmeversorgung zu berücksichtigen.

Der Fokus des Projektes liegt auf großvolumigen Bauten (Mehrfamilienwohnbauten, Bürogebäude). Dies hat einerseits mit dem Schwerpunkt der Ausschreibung des „Hauses der Zukunft“ zu tun, andererseits hat sich ergeben, dass zu dieser Themenstellung im Bereich des verdichteten Wohnbaus noch nicht geforscht wurde. Auch daher schien eine nähere Auseinandersetzung mit diesem Thema interessant.

Ziel des gegenständlichen Projektes war daher die Erarbeitung von Anforderungsprofilen für Biomassefeuerungen für den im "Haus der Zukunft" gegebenen niedrigen Leistungs- und Energiebedarf, die unter den heutigen und zu erwartenden Randbedingungen konkurrenzfähig sind. Es sollen Lösungsansätze

erarbeitet und technische Entwicklungen spezifiziert werden, die mit entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben realisiert werden sollen.

## 1.2 Methode

Dieses Projekt zielt darauf, Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zu erstellen, die in Objekten mit niedrigem Energiebedarf eingesetzt werden können. Dabei handelt es sich einerseits um eine technische Fragestellung, die mit technischen Parametern zu beantworten ist. Es muss festgestellt werden, welche Heizanlagen bereits am Markt sind, die diese Anforderungen erfüllen können und – falls es derartige Anlagen noch nicht gibt – welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit noch zu entwickelnde Biomassefeuerungen für diesen Leistungsbereich den an die gestellten Anforderungen gerecht werden können. Hier fließen auch Ergebnisse von Simulationsrechnungen ein.

Andererseits handelt es sich um eine sozialwissenschaftliche Fragestellung. Es sind auch die Meinungen und die Einstellungen derjenigen, die mit der Heizanlage in ihrem täglichen Leben konfrontiert sind. Wenn es sich um die BesitzerInnen von Ein- oder Zweifamilienhäusern handelt, ist die Heizanlage eine entscheidende Investition im Haus, die gut überlegt werden muss. Mit welchem Brennstoff soll das Haus beheizt werden? Welche Investitions- und Betriebskosten sind damit verbunden? Wie funktioniert die Zulieferung des Brennstoffes und die Wartung der Anlage? Was ist zu tun, wenn die Anlage einmal ausfällt oder eine Reparatur ansteht?

Im Falle der Errichtung von Mehrfamilien- oder Mehrgeschosswohnbauten sind dies entscheidende Fragen für die Wohnbaugenossenschaften und Wohnbauträger. Für sie kann es unterschiedliche Motive dafür geben, welche Heizanlagen in ihren Wohnanlagen eingesetzt werden sollen. Neben der sicher an erster Stelle stehenden Frage nach den Kosten sind hier wohl auch Bewohnerwünsche zu berücksichtigen, die sich von einer zentralen Heizanlage im Haus wahrscheinlich dementsprechend niedrige Betriebskosten und entsprechenden Komfort erwarten.

Die Akzeptanz der Nutzer von Biomassefeuerungen und das Angebot von Biomassefeuerungsanlagen durch die Hersteller müssen für eine verstärkte Marktdurchdringung in optimale Übereinstimmung gebracht werden. Ein wichtiger Schritt dafür ist die „Übersetzung“ der Bedürfnisse der Nutzer in die Heizungstechnik (Verbrennung, Regelung, Fördertechnik). Um der technischen und sozialwissenschaftlichen Fragestellung Rechnung zu tragen, wurde ein multidisziplinäres Team (Soziologen und Techniker) für die Bearbeitung des Projekts gebildet. Das Interuniversitäre Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ) Graz, vertreten durch Jürgen Suschek-Berger, befragte die Gruppen der Nutzer (Bewohner, Wohnbauträger, Heizungsbetreuer) und wertete die Fragebögen sowie die persönlichen Gespräche aus. Der Aufgabenstellung entsprechend wurden speziell die Einstellungen von Bewohner in Mehrfamilienwohnbauten bzw. Mehrgeschosswohnbauten untersucht, was bisher in dieser Form noch nicht durchgeführt wurde. Eine enge Kooperation mit der Energieverwertungsagentur

(E.V.A., Christian Rakos) im Projekt „Einsatz von Holz als Energieträger im Wärmemarkt – Verdichteter Wohnbau“ fand statt.

Das Institut für Wärmetechnik an der Technischen Universität Graz (TUG-IWT), vertreten durch Wolfgang Streicher und Thomas Mach, berechnete mittels des Simulationsmodells TRNSYS den Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser für je ein Referenz-Mehrfamilienwohnhaus und ein Referenz-Bürogebäude.

Das Institut für Energieforschung an der Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (IEF), vertreten durch Reinhard Padinger und Kurt Könighofer, stellte eine Übersicht über die bestehenden Marktangebote von Scheitholz-, Hackgut- und Pelletskessel im Leistungsbereich bis 100 kW zusammen. Es wurde Kontakt zu den österreichischen Herstellern von Biomassefeuerungen und zum Bioenergie-Cluster, Bereich feste Biomasse (Franz Hoinig), aufgenommen. Vom IEF wurden dann auch die Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Auslegung der Feuerungen aus der vorausgegangenen Simulation gezogen.

Joanneum Research war für das Projektmanagement verantwortlich und hat gemeinsam mit den Partnern Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen aus den Ergebnissen aller im Projekt durchgeführten Arbeiten ausgearbeitet.

Die inhaltliche und organisatorische Abstimmung der Bearbeitung erfolgte in regelmäßigen Teamtreffen. Die Zwischen- und Endergebnisse wurden im Rahmen von drei Workshops einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt und mit den Teilnehmer diskutiert. Zu den Workshops wurden die relevanten Akteure im Bioenergiebereich, die österreichischen Biomasseanlagenhersteller (in Abstimmung mit dem Bioenergie-Cluster), Bauträger und Architekten, Vertreter der öffentlichen Verwaltung und alle Verantwortlichen der Projekte im Rahmen von „Haus der Zukunft“ eingeladen.

## 2. Arbeitsschritte und Ergebnisse

Entsprechend der in Kapitel 1 beschriebenen Ausgangslage wurden 4 Arbeitsschwerpunkte definiert:

- Marktübersicht Biomassefeuerungen Österreich
- Befragung der Bewohner von Mehrfamilienwohnbauten, von Wohnbauträgern und Heizungsbetreuer
- Simulation des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser für die ausgewählten Referenzbauten (Mehrfamilienwohnhaus, Bürogebäude)
- Erkenntnisse und Schlussfolgerungen
- Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen für den gegebenen niedrigen Leistungs- und Energiebedarf

### 2.1 Marktübersicht Biomassefeuerungen Österreich

Ziel dieses Arbeitsschwerpunktes ist es eine Übersicht über die von österreichischen Herstellern angebotenen Biomassefeuerungen mit einer Nennleistung bis 100 kW für die Brennstoffe Scheitholz, Hackgut und Pellets sowie kombinierte Anlagen zu geben. Es wurde im Laufe der Bearbeitung klar, dass sich das Angebot am Markt relativ schnell verändert (innerhalb eines halben Jahres), sodass die Tabellen nur für einen kurzen Zeitraum Gültigkeit haben werden.

Für die Marktübersicht wurde eine Recherche schriftlicher Datenquellen und Internet-Homepages, eine schriftliche Befragung der Hersteller von Biomassefeuerungen und persönliche Gespräche auf Messen sowie in den Workshops durchgeführt.

Bei der Recherche wurden folgende Datenquellen berücksichtigt:

- Bei Joanneum Research vorliegende Quellen wie z. B. Fachzeitschriften (Der Österreichische Installateur, Renovation, Heizung-Lüftung-Klimatechnik, Sonderheft Heizung & Energie, erneuerbare energie, Veröffentlichungen der Energieinstitutionen der Bundesländer).
- Sonstige Veröffentlichungen, Firmenprospekte, Werbematerial etc.
- Fachliteratur:
  - Rakos, Ch.: Marktübersicht Pelletsheizungen, Energieverwertungsagentur E.V.A., Wien 2000, <http://www.eva.ac.at/service/pelletkessel.htm>
  - Prüfberichte der Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg, 1994 bis 2000
  - Die Rolle der Kachelöfen im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzepts, Österreichisches Ökologie-Institut, Wien, Jänner 2000
  - Berichte der Bundesanstalt für Landtechnik (M. Wörgetter): Internationales Biomasseseminar, Budapest 1.-2.7.1999; Internationales Biomasseseminar Verona 16.-17.3.2000

- Verbreitung von Biomasse-Kleinanlagen, Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur, Graz, März 1997
- Assessment manual for wood fired small scale central heating systems, Final report, EU-Projekt, Energieinstitut Vorarlberg, J. Haas, Jänner 1998
- Informationen aus dem Internet, insbesondere die Herstellerlisten in den Internetseiten
  - <http://www.energytech.at>
  - [http://www.carmen-ev.de/deutsch/marktplatz/bezugsqu/hack\\_100.html](http://www.carmen-ev.de/deutsch/marktplatz/bezugsqu/hack_100.html)
  - <http://www.biomasseverband.at/kanal7/hersteller.htm>
  - <http://www.bmwf.gv.at/6extern/biomasse/d/p11.htm>
  - <http://www.etn.wsr.ac.at/index.htm>
  - <http://www.bioenergy.at/>

sowie individuelle Homepages verschiedener Hersteller.

- Schriftliche Befragung der Hersteller  
 Jeder auf diese Weise bekannt gewordene Hersteller wurde überdies individuell angeschrieben und um aktuelle Angaben zu seinem Angebot ersucht. In einigen Fällen wurden ergänzend telefonische Informationen eingeholt. Eine vollständige Liste der angeschriebenen Hersteller findet sich in Tabelle 1.
- Persönliche Gespräche mit Heizungsanlagenherstellern auf der Grazer Frühjahrs- und Herbstmesse 2000.
- Persönliche Gespräche mit Heizungsanlagenherstellern auf der Welser Energiesparmesse 2000.
- Ergebnisse der Projekt-Workshops am 22. März, 13. Oktober 2000 und 31. Jänner 2001 in Graz. Insbesondere im Start-up-Workshop (22. März 2000) wurden die anwesenden Vertreter der Firmen über ihr Angebot an Biomassefeuerungen befragt und die Informationen in die Marktübersicht integriert.
- Über den Leiter des Bereichs „Feste Biomasse und Heizanlagen“ Franz Hoinig im Bioenergie-Cluster wurde das gegenständliche Projekt den Cluster-Mitgliedern vorgestellt (23.03.2000, Gmunden) und eine schriftliche Befragung an die Mitglieder verteilt. Für den Abschluss-Workshop wurden die Mitglieder durch den Bioenergie-Cluster speziell eingeladen.

Die Hersteller, von denen ausreichende Informationen erhoben werden konnten, wurden in die aktuelle Übersicht über die Heizungsanlagen in die Tabellen 2 bis 5 aufgenommen.

**Tabelle 1:** Liste der kontaktierten österreichischen Hersteller von Biomassefeuerungen (siehe Anhang)

Firma	Adresse	Ort	Tel.Nr.	Fax.Nr.	Email	Homepage
Biogen GesmbH	Plainburgerstr. 503	5084 Großgmain	06247 7121	06247 8795		
Bioheiztechnik	Froschau 79	4391 Waldhausen im Strudengau	07418/4530	07418/45304		
Binder Maschinenbau u. Handelsges.m.b.H.	Grazer Vorstadt 120b	8570 Voitsberg	03142 22544	03142 22544 16	<a href="mailto:binder@binder-gmbh.at">binder@binder-gmbh.at</a>	<a href="http://www.binder-gmbh.at/home.htm">http://www.binder-gmbh.at/home.htm</a>
Compact Heiz- und Energiesysteme	Koaserbauerstr. 16	4810 Gmunden	07612 73760	07612 73760 17		
Eder Anton GmbH	Leiten 42	5733 Bramberg am Wildkogel	06566 7366	06566 8127	<a href="mailto:eder.kesselbau@magnet.at">eder.kesselbau@magnet.at</a>	
Fischer GUNTAMATIC Heizungstechnik GmbH	Bruck 7	4722 Peuerbach	07276 24410	07276 3031		
Fröling Heizkessel- und Behälterbau GmbH	Industriestraße 12	4710 Grieskirchen	07248 606	07248 62387	<a href="mailto:office@froeling.at">office@froeling.at</a>	<a href="http://www.austroinfo.at/froeling/">http://www.austroinfo.at/froeling/</a>
Gilles Energiesysteme	Koaserbauerstr. 16	4810 Gmunden	07612 73716	07612 73716 17		
GEO-THERM GesmbH	Koaserbauerstr. 5	4810 Gmunden	07612 65783	07612 65783 10		
Hager-Energietechnik GmbH	Laaer Straße 110	2170 Poysdorf	02552 2110 0	02552 2110 6		
Hargassner GmbH	Gunderding 8	4952 Wenig im Innkreis	07723 5274	07723 5274 5		
Herz-Feuerungstechnik GmbH	Sebersdorf 138	8272 Sebersdorf	03333 2411	03333 241673	<a href="mailto:office@herz.feuerung.com">office@herz.feuerung.com</a>	
HDG Bavaria Heizkessel & Anlagenbau	Im Winkel 15	6850 Dornbirn	05572 33025	05572 33025 4		
HOVAL GesmbH	Hovalstraße 11	4614 Marchtrenk	07243 550 0	07243 550 15	<a href="mailto:info@hoval.at">info@hoval.at</a>	<a href="http://www.hoval.at/">http://www.hoval.at/</a>
Kalkgruber (Prüller) Solar- u. Umwelttechnik	Graben 6	4421 Aschach/Steier	07259/50020	07259/500210	<a href="mailto:office@kalkgruber.at">office@kalkgruber.at</a>	<a href="http://www.kalkgruber.at/default.htm">http://www.kalkgruber.at/default.htm</a>
KÖB & Schäfer KG	Flotzbachstraße 33	6922 Wolfurt	05574 6770 0	05574 65707	<a href="mailto:boehler@koeb-schaefer.com">boehler@koeb-schaefer.com</a>	
Kurri Holzspanheizungen	Fliegegasse 70	2700 Wiener Neustadt	02622 23865	02622 23865 15		
KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH		8321 St. Margarethen/Raab	03115 6116 0	03115 6116 4		
Lohberger GesmbH	Braunauerstraße 2	5230 Mattighofen	07742/521112	07742/521174		
ÖKOFEN Forschungs- und Entwicklungsges. M. b. H.	Mühlgasse 9	4132 Lembach im Mühlkreis	07286 7450	07286 7450 10		
Perhofer Bio-Heizungs-GmbH & CoKG	Waisenegg 115	8190 Birkfeld	03174 3705	03174 3705-8	<a href="mailto:biomat-perhofer@hild.at">biomat-perhofer@hild.at</a>	
Pöllinger Heizungstechnik GmbH, Herbert Pöllinger	Geroldstr. 12	3385 Gerersdorf	02749 8684	02749 8684-14		
RIKA Metallwaren GmbH & Co. KG	Müllerviertel 20	4563 Micheldorf	07582 686	07582 686 43	<a href="mailto:rika.austria@aon.at">rika.austria@aon.at</a>	
sht-Heiztechnik aus Salzburg GmbH	Rechtes Salzachufer 40	5101 Salzburg	0662 4504440	0662 4504445	<a href="mailto:hartl@sht.at">hartl@sht.at</a>	
Sommerauer & Lindner Heizanlagen-Technik GmbH	Trimmelkam 113	5120 St.Pantaleon	06277 7804	06277 7818	<a href="mailto:sl-heizung@eUNET.at">sl-heizung@eUNET.at</a>	
Sonnenkraft Vertriebs-GesmbH	Resslstrasse 9	9065 Klagenfurt – Ebenthal	0463 740550	0463 740550 – 17	<a href="mailto:office@sonnenkraft.com">office@sonnenkraft.com</a>	<a href="http://www.sonnenkraft.com/">http://www.sonnenkraft.com/</a>
Stelrad Kesselfabrikation	Wienerstrasse 118	2700 Wiener	02622 23555	02622 25346		





**Tabelle 4: Lieferprogramm Pelletsfeuerungen österreichischer Hersteller bis 100 kW  
(Stand 01/2001)**

Hersteller	5 kW	10 kW	15 kW	20 kW	25 kW	30 kW	40 kW	50 kW	> 50 kW
BINDER Voitsberg	7 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	22 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	22 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	30 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	30 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	49 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■			
BIOMAT Birkfeld	7 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	20 (nur mit Pufferspeicher)	3 ■■■ 7 geplant						
BUDERUS Wetzlar	2 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	10 (Leistung auf Raumwärme und Warmwasser aufteilbar)							
EDER Bramberg	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15							
FISCHER GUNTAMATIC Peuerbach	3,5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15							
FRÖLING Grieskirchen	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15	8 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	28 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	35 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■			(bis 1.500 kW)
GILLES Gmunden	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	17	10 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	20 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	32 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■			62 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	bis 95 kW
HAGER Poysdorf			15 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■		25 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■				
HARGASSNER Weng	3,4 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	12 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	22 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	35 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	45 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■		
HERZ Seebersdorf	3 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15							
HOVAL Marchtrenk	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15			25 ■■■ (geplant für das Jahr 2001)				
KALKGRUBER Aschach/Steyr	7 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	20	10 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	30	13 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	40			
KÖB Wolfurt									ab 100, 150, 220, 300, 400, 540
KWB St. Margarethen/Raab	3,3 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	11	4,5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15	7,5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25	9 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	30	
LOHBERGER Mattighofen			15 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■						
ÖKOFEN Lembach	3,3 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	11 (für Anlagen unter 10 kW wird ein Pufferspeicher empfohlen)	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15	7 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	20	9 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25	11 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
SHT-HEIZTECHNIK aus Salzburg GmbH, Bergheim	3 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	13	4 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15 (18)	5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25	9 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	30	(Wahlweise Schneckenfördersystem oder Vacuum-Saugfördersystem)
SOMMERAUER & LINDNER, Trimmelkam	4 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15	4 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25					
VWR Stallhofen	4 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15	7 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	25					(Wahlweise mit Schnecken- oder Saugaustragung)
WINDHAGER Seekirchen/Wallersee	3,5 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■	15			25 ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■				



- Leistungsbereich ab 5 kW aufwärts (ab 3 kW geplant)

Diese Übersicht über die am Markt angebotenen Biomassefeuerungsanlagen (in Summe etwa 100 Heizungstypen) stellt eine der Grundlagen für die Erarbeitung der Anforderungsprofile und des Forschungsbedarfs dar.

### **Schlussfolgerungen**

Die Schlussfolgerungen für die Marktsituation von Biomassefeuerungsanlagen bis 100 kW sind:

- Es gibt Biomassefeuerungen für die verschiedenen Brennstoffe ab etwa 2 kW am Markt. Die größte Anzahl an Herstellern gibt es bei Pelletsfeuerungen.
- Einige Hersteller bieten ihre Biomassefeuerungsanlagen nur mit Pufferspeicher an.
- Einige Hersteller bieten Komplettlösungen an: Feuerungsanlage, Speicher, Solaranlage etc. werden als Paket geliefert.
- Die Hackgutfeuerungsanlagen werden als problematisch angesehen: Es ist noch immer eine aufwendige Beratung notwendig, die Investitionskosten sind trotz Förderungen sehr hoch und beim Einbau ist die Lärm- und Staubproblematik zu beachten.
- Trotz der Vollautomatisierung der Pelletsfeuerungen ist ein höherer Betreuungsaufwand als bei Öl- oder Gasfeuerungen gegeben.
- Das Marktangebot für Biomassefeuerungsanlagen unterliegt einer starken Dynamik, das heißt es werden in relativ kurzen zeitlichen Abständen (etwa ein halbes Jahr) immer wieder Neuanlagen in den Markt eingeführt.

## 2.2 Befragung der Bewohner von Mehrfamilienwohnbauten, von Wohnbauträgern und Heizungsbetreuern

Folgende Vorgangsweise wurde für die Bearbeitung gewählt:

1. Es wurde eine Sekundäranalyse von bereits durchgeführten Projekten zum Thema „Heizen mit Biomasse“ durchgeführt, um daraus einerseits schon gesicherte Ergebnisse ableiten zu können, andererseits um weiteren Forschungsbedarf festzustellen.
2. Es wurde eine Befragung von ausgewählten Wohnbaugenossenschaften durchgeführt, die bereits zentrale Biomasseheizungen in ihren Wohnanlagen einsetzen, um deren Motive und Erfahrungen kennen zu lernen.
3. Nächster Schritt war eine Österreich-weite Befragung von Bewohnern in Mehrfamilienwohnbauten zum Thema „Heizen“ und speziell zu den Erfahrungen mit dem in ihrem Haus eingesetzten Heizsystem. Diese Befragung wurde sowohl in herkömmlichen als auch in Niedrigenergiebauten durchgeführt.
4. Eine kleine Auswahl von Heizungsbetreuern konnte bei der Bewohnerbefragung ausgemacht werden, die mit einem speziellen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit der von ihnen betreuten Heizanlage befragt wurden.

### **Ergebnisse der Sekundäranalyse**

Zum Thema „Heizen mit Holz“ wurden in Österreich in den letzten Jahren einige Studien durchgeführt, die sich mit Erfahrungen, Einstellungen, Wünschen und Problemen von Holz- und Nicht-Holzheizern und mit der Meinung von Experten zu diesem Thema auseinandersetzen. Diese Studien enthalten sowohl quantitative als auch qualitative Nutzerbefragungen.

Fast alle diese Berichte beziehen sich auf Heizformen in Einfamilienhäusern, nicht auf Wohneinheiten mit mehreren Wohnungen. Dies muss bei der Darstellung der Auswertungen mitbedacht werden.

Um die Ergebnisse der verschiedenen schon durchgeführten Studien und die daraus abgeleiteten Hypothesen zu überprüfen, wurden diese einer Sekundäranalyse unterzogen. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sind im folgenden zusammengefasst dargestellt.

Folgende Berichte wurden einer Durchsicht und Auswertung unterzogen:

- Harald Rohrer/Jürgen Suschek-Berger (unter Mitarbeit von Günther Schwärzler): Verbreitung von Biomasse-Kleinanlagen (insgesamt 141 quantitative Nutzer-Interviews (25 Biomasse-Kleinanlagen-Betreiber, 116 andere Heizer), 25 qualitative Experten-Interviews).
- Energie Tirol: Energieholzkonzept Tirol (158 quantitative Interviews, 43 Holzheizer, 30 Ölheizerinnen, 75 Mischheizer).
- Johannes Haas/Roger Hackstock: Brennstoffversorgung mit Biomassepellets (33 Experteninterviews).

- Österreichisches Ökologie-Institut: Kachelöfen im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzeptes (166 quantitative Interviews mit Kachelofenbesitzer, 10 qualitative Nutzer-Interviews, 16 Experten-Interviews).

Es gibt unterschiedliche Gründe und Motive, warum der Brennstoff Holz eingesetzt wird. Aus allen Befragungen geht hervor, dass der Hauptgrund, warum jemand seine Heizung mit Holz (Scheitholz oder Hackschnitzel) betreibt, der Besitz von eigenem bzw. der leichte Zugang zu Holz ist.

So finden sich Hackschnitzelheizungen hauptsächlich im landwirtschaftlichen Bereich, wo es Forstanteile leicht möglich machen, sich mit Holz zu versorgen. Der Brennstoff steht in ausreichender Menge und auch in ausreichender Qualität zur Verfügung.

Holzheizer, die das Holz oft nicht selbst besitzen, sind Kachelofennutzer. Ihre Motivation, einen Kachelofen zu betreiben, ist eine andere: Ihnen geht es um die wohlige Wärme, die der Kachelofen ausstrahlt, um die Gemütlichkeit.

Holz wird auch als billiger Energieträger empfunden, da der Eigenanteil an Arbeit nicht berechnet wird. Aber auch wenn man das Holz extern bezieht – wie die Kachelofenbesitzer – so ist man von der Kostengünstigkeit des Brennstoffes überzeugt.

Personen, die mit fossilen Brennstoffen heizen, haben andere Motive. Ihnen sind vor allem die niedrigen Betriebskosten der Heizungsanlage wichtig. Ebenso sollte die Heizanlage wartungs- und bedienungsfreundlich sein.

Welche Motive hatten Holzheizer, überhaupt eine Holzheizung – sprich: einen Stückholzkessel oder eine Hackschnitzelanlage – zu installieren bzw. installieren zu lassen? Auch hier spielen interessanterweise die Kosten eine große Rolle. Die Besitzer von Holzheizungen sind durchwegs der Meinung, dass ihre Anlagen kostengünstig sind, und zwar vor allem bei den Betriebskosten. Die Untersuchung in Tirol hat auch ergeben, dass die Investitionskosten für die Anlage von den Holzheizern als nicht hoch eingestuft werden.

Ein wichtiger Grund, der für Holz als Energieträger spricht, ist die Tatsache, dass er ein einheimischer Brennstoff ist, der – im Falle eines Falles – auch Unabhängigkeit vom Ausland garantiert. Außerdem handelt es sich um eine erneuerbare Energieform.

Was spricht gegen eine Holzheizung? Hier wird als erster Grund angeführt, dass man den Brennstoff, nämlich das Holz, nicht selbst besitzt. Auch wird angeführt, dass die Heizanlage, aber auch die Lagerung des Brennstoffes zu viel Platz brauchen würde und der Arbeitsaufwand für das Betreiben der Heizung zu groß sei. Die Anlage würde auch zu wenig Komfort bieten.

Es unterscheiden sich auch die Informationsquellen, bei denen die Heizer Informationen über Ihre Heizanlagen eingeholt haben. Während sich die Holzheizer lieber auf Ausstellungen und Messen bzw. bei Verwandten und Bekannten informieren oder sich überhaupt auf ihr eigenes Wissen verlassen, ist der vorrangige

Ansprechpartner für Heizer von fossilen Brennstoffen in erster Linie der Installateur, dann werden auch Verwandte und Bekannte befragt.

Für die Installation eines Kachelofens wird in erster Linie der Hafner zu Rate gezogen.

Diese Arbeiten haben auch gezeigt, dass speziell zu Mehrfamilienwohnbauten bisher keine Ergebnisse aus Befragungen vorliegen. Da im Mehrfamilienhausbereich die Art der Beheizung von den Bauträgern und Planern bestimmt wird, scheint es wichtig, diese Gruppe zusätzlich zu den Nutzern ebenfalls zu befragen.

## **Befragungen**

Im ursprünglichen Projektkonzept war eine telefonische Befragung von 1000 Haushalten in ganz Österreich vorgesehen. Aufgrund der neu gewonnenen Erkenntnisse durch die Sekundäranalyse wurde die Anzahl der Telefoninterviews von tausend auf 500 Haushalte reduziert (ca. 250 Bewohner von „herkömmlichen“ Wohnbauten und ca. 250 Bewohner von Niedrigenergiebauten). Dafür wurden zusätzlich Bauträger und Planer befragt, wobei auch persönliche Interviews als Ergänzung zur telefonischen Befragung vorgesehen waren. Ebenso wurden Hausmeister interviewt, die in den von ihnen betreuten Häusern für die Betreuung und Wartung der Heizanlage zuständig sind.

Für die Befragung dieser drei Zielgruppen (Wohnbauträger bzw. Planer, Hausmeister und Nutzer) wurden spezifische Fragebögen entworfen, die als Grundlage für die Befragung dienten. Die Befragung wurde in drei Stufen durchgeführt:

1. Kontaktaufnahme mit Wohnbauträgern und Wohnungsgenossenschaften  
Diese Kontaktaufnahme diente dazu, die Erfahrungen mit Biomasseheizungen (Investition und Betrieb) zu erfragen und Adressen von Mehrfamilienbauten mit Biomasseheizungen (speziell Niedrigenergiebauten) zu erhalten.

2. Befragung der Heizungsbetreuer

Im Zentrum dieser Befragung standen Fragen zu technischen Informationen (zu dem von ihnen betreuten Haus, der installierten Heizanlage und dem Gebäude, der Heizanlage und dem Brennstoff) und zur Zufriedenheit bzw. zu Schwierigkeiten (Heizsystem und Brennstoff) sowie zur Einschätzung verschiedener Heizformen nach unterschiedlichen Kriterien.

3. Befragung der Bewohner

Zielsetzungen dieser Befragung waren technische Informationen (Wohnung, Heizanlage und Brennstoff) und Fragen zur Zufriedenheit bzw. zu Schwierigkeiten (Heizsystem und Brennstoff) sowie zur Einschätzung verschiedener Heizformen nach unterschiedlichen Kriterien. Die Informationen zu Lüftungsverhalten und Wasserverbrauch werden für die Simulation der Referenzbauten benötigt.

Es wurden schließlich insgesamt 467 Bewohner befragt, 193, die in Niedrigenergiebauten leben (Zufallsauswahl aufgrund der von Wohnbaugenossenschaften und Beratungsstellen zur Verfügung gestellten

Adressen) und 274 andere (geschichtete Zufallsauswahl aus österreichischen Telefonbüchern). Die Interviews wurden telefonisch im Zeitraum Juli/August 2000 durchgeführt. Die für diese Untersuchungen entworfenen Fragebögen finden sich im Anhang (Analyse der Nutzererfahrungen).

Um ein noch differenzierteres Bild zu bekommen, wurde mit dem Zentrum für Soziale Innovation (ZSI) in dessen Projekt „Erfahrungen und Einstellungen von Nutzern als Basis für die Entwicklung nachhaltiger Wohnkonzepte mit hoher sozialer Akzeptanz“ zusammengearbeitet. In diesem Projekt wurde eine standardisierte schriftliche Befragung von Bewohnern durchgeführt, die in im weitesten Sinne „ökologischen Wohnformen“ (darunter auch Niedrigenergiebauten) leben. In dem hierfür entworfenen Fragebogen wurden einige zusätzliche Fragen zum Thema „Heizen“ aufgenommen. Dieser Fragebogen wurde an ca. 400 Haushalte in Österreich mit der Bitte um Beantwortung und Rücksendung verschickt. Die in dieser Untersuchung für das Thema „Heizen“ relevanten Daten werden vom ZSI für weitere Auswertungen zur Verfügung gestellt. Ein Großteil dieser Daten bezog sich allerdings auf Ein- und Zweifamilienwohnhäuser, sodass sie für die Auswertung in dieser Untersuchung nicht passend waren.

Eine weitere Kooperationsmöglichkeit ergab sich dadurch, dass die Energieverwertungsagentur im Auftrag des Vereins zur Förderung der Bioenergie in Österreich ein Projekt zum Thema „Einsatz von Holz als Energieträger am Wärmemarkt“ durchgeführt hat. Ziel des Projektes war es, mehr darüber zu erfahren, welche Chancen und Hindernisse es gibt, Holz verstärkt als Energieträger in den Bereichen „Verdichteter Wohnbau“ und „Öffentliche Gebäude“ einzusetzen. Da diese Zielsetzung und das geplante Vorgehen dem hier beschriebenen sehr ähnlich war, wurde mit dem Projektleiter Christian Rakos eine beiderseitige enge Kooperation und ein intensiver Datenaustausch vereinbart. Erster Schritt in dieser Kooperation waren gemeinsame explorative Gespräche bei Wohnbauträgern und Planern in Salzburg. Dies bot auch die Gelegenheit, die in den beiden Projekten verwendeten Gesprächsleitfäden und Fragebögen aufeinander abzustimmen.

### **Befragung der Wohnbaugenossenschaften**

Mit 27 Vertretern von Wohnbaugenossenschaften und Bauträgern in Salzburg (6), Steiermark (6), Tirol (5) und Vorarlberg (10) wurden telefonische und einige persönliche Interviews durchgeführt. Die Länge der Interviews schwankte zwischen wenigen Minuten und mehr als einer Stunde, je nachdem, wie wichtig das Thema „Heizen mit Biomasse“ dem jeweiligen Vertreter der Wohnbaugenossenschaft war und wie viel er dazu sagen konnte. Von den Interviews wurden Gesprächsprotokolle angefertigt und ausgewertet.

Bezüglich des Einsatzes von Biomasseanlagen bei Wohnbaugenossenschaften gibt es regionale Unterschiede: So gibt es in der Steiermark sehr viele Biomasse-Fern- und Nahwärmenetze, aber nur wenige zentrale Biomasseanlagen. Ebenso wird in der Steiermark kaum im Niedrigenergiebereich gebaut. In Salzburg dagegen werden hauptsächlich Niedrigenergiegebäude errichtet. In diesen Gebäuden wird auch sehr

oft Biomasse als Heizform eingesetzt, in Form von Hackschnitzel- oder Pelletsanlagen.

Dieser massierte Einsatz derartiger Heizformen hat damit zu tun, dass in Salzburg die Wohnbauförderung diejenigen Bauten, die nach ökologischen Kriterien errichtet werden, in Form einer Punktförderung bevorzugt. Diese Wohnbauförderung führt dazu, dass die Zusatz-Investitionskosten für die Biomasseheizanlagen fast vollständig gefördert werden. Zusätzlich sitzt in der Wohnbauförderungsabteilung des Landes ein Promotor von Holzheizungen, der mit viel Einsatz, Elan und Wissen dafür sorgt, dass im kommunalen Wohnbau hauptsächlich Holzheizungen zum Einsatz kommen.

Werden die Vertreter der Wohnbaugenossenschaften nach ihrer Motivation befragt, warum sie Holzheizungen einsetzen, so zeigt sich, dass sehr oft die Gemeinden, in denen die Wohnanlagen gebaut werden, großes Interesse am Einbau einer Biomasseheizung haben. Sie vertreten dabei die Interessen der Bauern in der Kommune, weil diese dadurch die Möglichkeit bekommen, ihr Holz in Form von Hackgut zu verkaufen und die Wohnanlagen damit zu beliefern.

Ebenso ins Treffen geführt werden meist Gründe des Umweltschutzes, die Holz als Energieträger interessant machen. Durch seine CO<sub>2</sub>-Neutralität und seine Eigenschaft, ein heimischer Energieträger zu sein, eignet er sich sehr gut als umweltpolitisches Argument beim Verkauf von Wohnungen.

Was den Kostenaspekt betrifft, ergibt sich hier eine interessante Zweiteilung. Die Kosten werden sowohl als Argument für als auch als Argument gegen den Einsatz von Biomasseheizungen ins Treffen geführt.

Moderne Biomasseheizungen sind vor allem in der Anschaffung und im Bereich der Investitionen noch immer um einiges teurer als z. B. Öl- oder Gasheizungen. Diese Mehrkosten bei den Investitionen schlagen sich natürlich auch bei den Anschaffungskosten für die Wohnung nieder.

Andererseits wird von den Befürwortern ins Treffen geführt, dass die Betriebskosten auf lange Sicht gesehen billiger werden, weil der Brennstoff Holz billig zu bekommen ist. Diese Amortisationszeiten sind aber in den Augen der „Gegner“ der Biomasseheizungen noch zu lange, als dass sie betriebswirtschaftlich relevant wären.

Umstritten ist auch, ab welcher Größe der Wohnanlage sich der Einsatz einer Biomasseheizung wirtschaftlich rechnet. Während ein Interviewpartner diese kritische Größe ab 10 Wohneinheiten ansetzte, meinten andere, es müssten zumindest 40 Wohneinheiten sein. Sehr große Wohnanlagen finden sich aber eher in den Großstädten wie Wien oder Graz, wo aufgrund anderer Rahmenbedingungen – z.B. der Fernwärmeanschlusspflicht in Graz – das Forcieren von Biomasseheizungen wieder erschwert wird.

Sehr massiv ins Treffen geführt wird bei den Gründen gegen Biomasseanlagen die fehlenden oder unzureichenden Förderungen.

Von vielen wird aber auch ein Informationsdefizit zugegeben. Die Genossenschaften, die es vielleicht gerne versuchen würden, wissen nicht, woher sie Informationsmaterial bekommen oder an wen sie sich um Unterstützung wenden könnten. Es gibt keinen regelmäßigen und vor allem keinen organisierten Erfahrungsaustausch zwischen den Genossenschaften.

Was Funktionsweise und Fehleranfälligkeit der Heizanlagen betrifft, ist das Zeugnis unterschiedlich, das den Biomasseanlagen ausgestellt wird. Bei den meisten Genossenschaften, die Holzheizungen im Einsatz haben, gab es Probleme, vor allem, wenn erste Versuche, die Anlagen einzusetzen, bereits länger zurückliegen.

Ein Problem, das auch heute immer wieder auftritt, ist die Lärmbelästigung durch die Anlage. Vor allem bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten, aber auch im Betrieb sind die Anlagen den Bewohnern oft zu laut. Zur Lösung dieses Problems werden die Biomassekessel z. B. auf Gummimanschetten gestellt, um ein Vibrieren zu verhindern.

Sehr oft funktionieren die Anlagen aber auch ohne Probleme. „Wir hören nichts“ ist die Aussage vieler Wohnbaugenossenschaften – gemeint ist damit, dass die Hausbewohner sich nicht zu Wort melden, was für ein gutes Zeichen gehalten wird, weil Positives als selbstverständlich hingenommen und darüber nicht berichtet wird, Negatives aber sehr wohl sofort an die Genossenschaften weitergegeben werden würde.

Ein weiterer hemmender Faktor wird in der Frage gesehen, wer die Heizanlage im Haus betreuen soll, sobald diese in Betrieb ist. Dieses Argument wird vor allen von denjenigen vorgetragen, die noch keine Biomasseanlagen im Einsatz haben. Es werde sich kaum jemand von den Bewohnern finden, der gleichzeitig auch die Aufgabe des „Heizwartes“ übernehmen möchte, der Hausmeister habe andere Aufgaben zu erfüllen (falls es überhaupt einen im Haus gibt).

Interessanterweise funktioniert die Betreuung in den Häusern, in denen Biomasseanlagen im Einsatz sind, aber sehr gut. Sehr vieles von den Aufgaben der Heizung wird bereits automatisch durchgeführt, es bleiben nur noch wenige Handgriffe übrig wie z. B. von Zeit zu Zeit das Ausleeren der Asche. Manche der Heizungsbetreuer sehen dies auch als eine Art Hobby an.

Oft ist es auch so, dass die Liefergemeinschaft, die den Brennstoff, z. B. die Hackschnitzel, liefert, die Betreuung der Anlage und die Verantwortung dafür übernimmt. Sie hat ja ein großes Interesse daran, dass der Brennstoff in einwandfreiem Zustand geliefert wird und dass dadurch die Heizanlage optimal funktioniert und kein großer Betreuungsaufwand notwendig wird.

Große Hoffnung wird in den Brennstoff „Pellets“ gesetzt. Aufgrund ihrer guten Handhabbarkeit und großen Energiedichte werden Pellets in Zukunft durchaus als wichtiges Konkurrenzprodukt zu Öl oder Gas gesehen, vor allem, wenn der Preis noch etwas fallen sollte (oder der Ölpreis in etwa so hoch bleiben sollte wie zum Zeitpunkt der Befragung).

Interessant ist auch noch, wie potentielle Wohnungsinteressenten auf die Mitteilung reagieren, dass ihr Wohnhaus mit einer zentralen Biomasseheizung ausgestattet sein werde. Hier gibt es im wesentlichen zwei Reaktionsweisen: Die eine ist die, dass dies bei dem Interesse für die Wohnung gar keine Rolle spielt, weil andere Aspekte einfach wichtiger sind, wie z. B. die Ausstattung der Wohnung oder ihre Lage innerhalb des Gebäudes. Die andere Reaktion ist durchaus positiv in bezug darauf, dass das Heizen mit Holz als umweltfreundliche Heizform gesehen wird.

Welche Möglichkeiten es gäbe, Wohnbaugenossenschaften beim Einsatz von Biomasseheizungen zu unterstützen, wird in Kapitel „Empfehlungen“ ausgeführt.

### **Befragung der Heizungsbetreuer**

Im Rahmen der Befragungen der Wohnbaugenossenschaften konnten die Namen von sieben Heizungsbetreuern eruiert werden, die Biomasse-Heizanlagen in den von ihnen bewohnten Gebäuden betreuen. Diese wurden mit einem eigenen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit den Heizanlagen befragt. Ein Ergebnis dieser Befragung ist hier kurz dargestellt.

Fünf der Betreuer leben in normalen Wohnhäusern, nur zwei in Niedrigenergiebauten. Sie stammen zum Großteil aus Tirol (vier), zwei aus der Steiermark und einer aus Vorarlberg. Sie betreuen in der Hauptsache Hackschnitzelanlagen (nur eine Pelletsheizung). Drei der mit Hackschnitzel beheizten Gebäude können unterstützend auch mit Öl beheizt werden. Alle Gebäude sind zentralbeheizt, in vielen Wohnungen gibt es zusätzlich Kachelöfen.

Fast alle von den Heizungsbetreuern sind mit der Heiztechnik und dem Brennstoff in Hinsicht auf Aspekte wie Komfort, Bedienung, Wartung, Zuverlässigkeit, Umweltfreundlichkeit zufrieden oder sehr zufrieden.

Trotzdem geben fast alle (sechs von sieben) an, dass die Heizanlage schon einmal ausgefallen ist. Vor allem in der Anfangsphase gab es diesbezüglich Probleme. Schwierigkeiten, die es mit den Anlagen gibt bzw. gegeben hat: Von allen wird die Lärmbelästigung genannt (vor allem kurz nach der Installation und Inbetriebnahme), von einigen auch eine Geruchsbelästigung, mehrmals werden Schmutz- und Staubbelästigung angeführt, einige Male Probleme mit den Emissionen und technischen Teilen der Anlage sowie der Fördereinrichtung.

Sie schätzen die Zufriedenheit der Bewohner im Gebäude aber trotz dieser Probleme als gut ein, sie selbst äußern auch große Zufriedenheit mit der Anlage.

Von den meisten Heizungsbetreuern werden kleinere Reparaturen an der Anlage selbst durchgeführt, einige lassen die Anlage auch fremdwarten.

### **Befragung der Bewohner in Österreich**

Um einen Eindruck zu gewinnen, wie die österreichische Bevölkerung in Mehrfamilienbauten mit den zentralen Heizanlagen in den von ihnen bewohnten Gebäuden zufrieden ist und wie deren Einstellung zum Thema „Heizen“ im allgemeinen ist, wurde eine telefonische Befragung von 274 Haushalten in ganz

Österreich durchgeführt. Die Adressen wurden nach einer Zufallsauswahl aus den österreichischen Telefonbüchern gezogen, geschichtet nach der Einwohnerzahl der Bundesländer.

Was die sozialstatistische Verteilung betrifft, so zeigt sich, dass in der Stichprobe bei der Bundesländerverteilung der Anteil Oberösterreichs etwas überdimensioniert ist, bei der Verteilung der Schulbildung der Anteil derjenigen, die Matura oder einen Hochschulabschluss haben. Auch ein leichter Überhang von Angestellten und Pensionisten ist in der Stichprobe zu bemerken. Was die Wohnformen betrifft, so machen Mietwohnungen ca. die Hälfte aus, gefolgt von den Eigentumswohnungen. Neuere Rechtsformen wie der Mietkauf sind noch nicht sehr häufig vertreten. Das monatliche Haushaltseinkommen liegt bei fast der Hälfte der befragten Haushalte unter 20.000,- öS. Die Verteilung der Wohngrößen, die Belegungsdauer und die Belegungsdichte in den Wohnungen dürfte ein gutes Abbild der österreichischen Situation darstellen.

Wie sind die Wohnverhältnisse in der Stichprobe verteilt? Ein Großteil der Befragten wohnt entweder in Mietwohnungen (46,3%) oder in Eigentumswohnungen (40,3%), 7,8% wohnen in Genossenschaftswohnungen und nur 5,6% in der relativ neuen Form der Mietkaufwohnungen (siehe Abbildung 1).

In welcher Form werden diese Wohnungen beheizt? (siehe Tabelle 6).

Die meisten Wohnungen sind mit einer Zentralheizung (über 50%) ausgestattet und werden mit dem Brennstoff Öl (ca. 30%) oder Gas (ca. 20%) beheizt, auch Strom ist noch relativ oft vertreten. Scheitholz und vor allem Hackschnitzel spielen eine weit untergeordnete Rolle. In ca. 70% der Fälle werden die Wohnungen über Heizkörper beheizt.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse in bezug zum eingesetzten Brennstoff in den Wohnungen dargestellt.

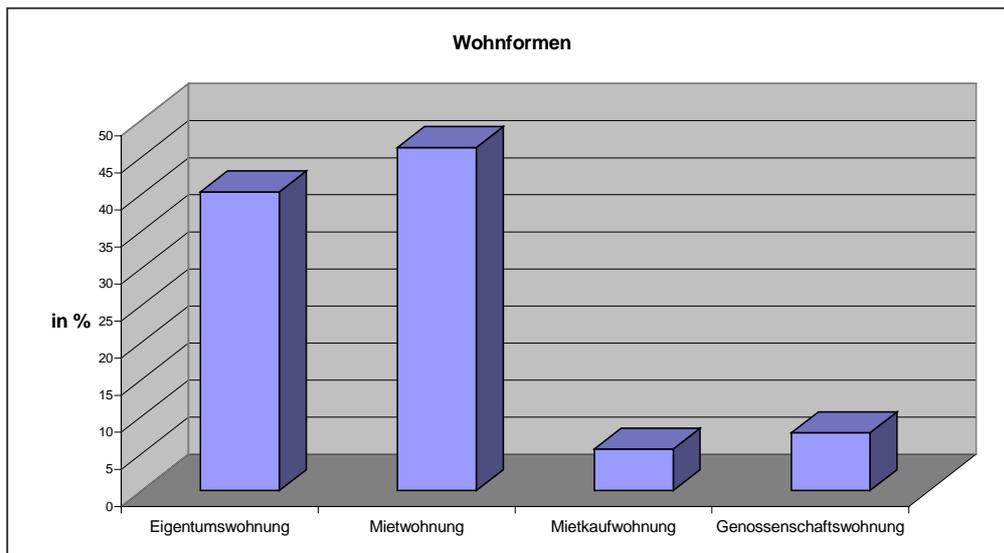


Abb.1: Wohnformen der Befragten

Tabelle 6: Heizformen

Zentralheizung	54%
Fernwärme	21,8%
Einzelöfen	12,1%
Kachelöfen	3,7%
Etagenheizung	3,4%
Wärmepumpe	0,7%
Teilweise Solarwärme	0,3%

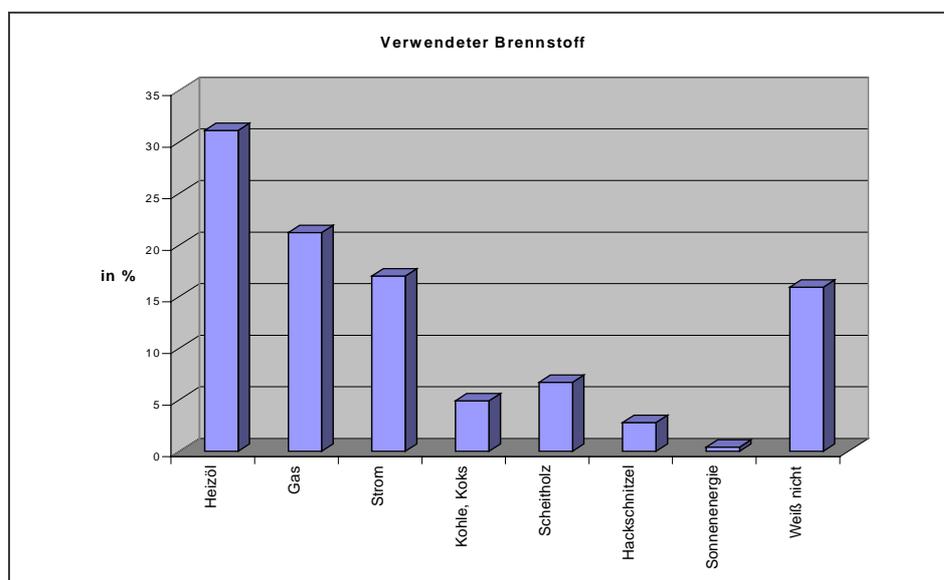


Abb. 2: Verwendeter Brennstoff

Auf die Frage, ob sie wüssten, um welche Heizanlage es sich in Ihrem Haus handelt, antworteten 33,6% mit „ja“ und 66,5% mit „nein“.

Die nächsten Fragen rankten sich um das Thema „Heizkosten“. Interessant war die Frage nach der Höhe der jährlichen Heizkosten (inkl. Warmwasserbereitung) für die Wohnung. Abgesehen davon, dass ein Großteil der Befragten im ersten Moment keine Antwort auf diese Frage geben konnte, ergab eine Nachprüfung oft sehr unglaubliche Werte, die z. B. mit der Größe der Wohnung nicht korrelieren konnten. In Abbildung 3 ist die Auswertung „Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten?“ dargestellt.

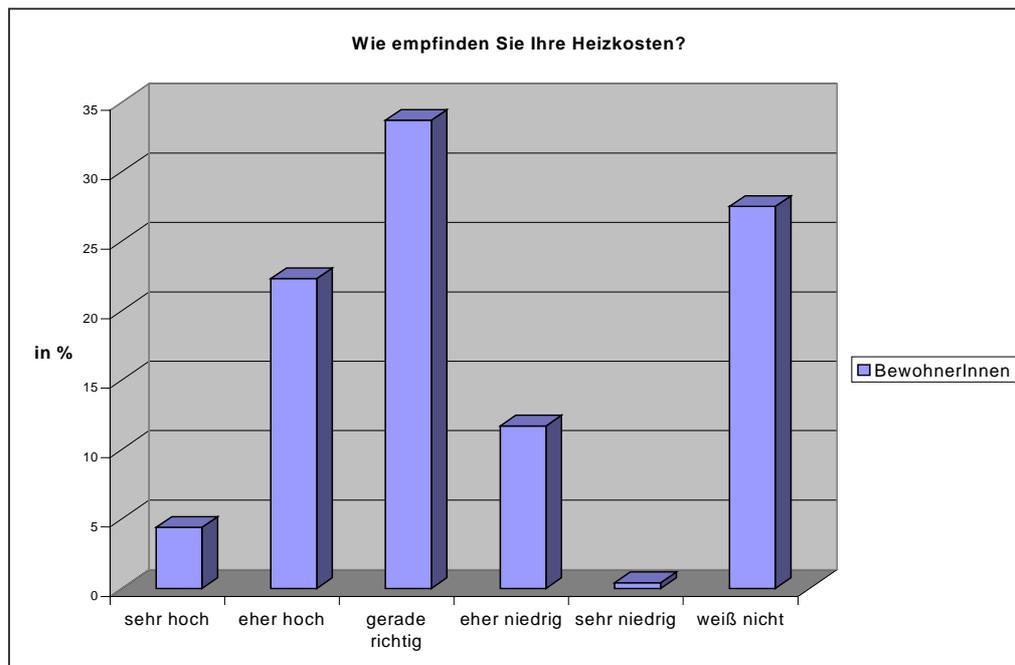


Abb. 3: Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten?

Prinzipiell kann aus mehreren Indikatoren abgeleitet werden, dass das Thema Heizen für die Bewohner von Mehrfamilienbauten nicht im Vordergrund steht.

So ist z. B. interessant, dass ein doch beträchtlicher Anteil von 15% der Befragten in Mehrfamilienbauten nicht weiß, mit welchem Brennstoff das von ihnen bewohnte Gebäude beheizt wird.

Ein weiteres Indiz dafür, dass das Thema „Heizen“ für die Bewohner in Mehrfamilienbauten eine untergeordnete Rolle spielt, sind die Antworten auf die Fragen zur Heizanlage. Ca. zwei Drittel der Befragten wissen nicht, welche zentrale Heizanlage im Keller steht (also z. B. welcher Typ es ist oder von welcher Firma die Anlage stammt).

Ebenso interessant ist, dass für über die Hälfte bei der Entscheidung für den Einzug in die Wohnung die Art der Heizung nicht besonders wichtig war (siehe Abbildung 4). Die Bewohner sind mit der Höhe Ihrer Heizkosten zum Großteil einverstanden (wenn die Befragung auch gezeigt hat, dass sie kaum in der Lage sind, entsprechende Auskünfte über deren Höhe zu geben). Was die Erwartung bzgl. der Heizkosten beim Einzug in die Wohnung betrifft, so kann hier wiederum ca. die Hälfte der Befragten keine Auskunft geben, ob sie diese höher, niedriger oder gleich wie jetzt eingeschätzt hatten.

Diese Ergebnisse werden durch die Gespräche mit den Vertretern der Wohnbaugenossenschaften bestätigt, die auch zeigten, dass die Heizung für die Wohnungsinteressenten kein vorrangiges Thema ist.

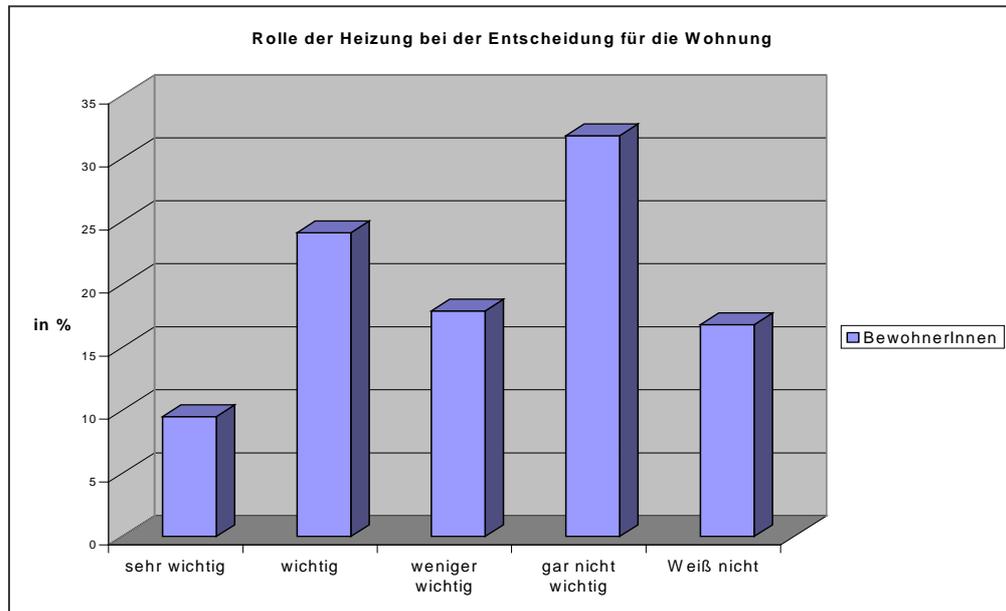


Abb. 4: Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung

Als nächstes wurden verschiedene Zufriedenheitsaspekte mit der eingesetzten Heiztechnik und Heizanlage im Haus abgefragt, um ein Gefühl dafür zu bekommen, wo es Probleme mit den Heizanlagen gegeben hat.

Es kann eine relativ große Zufriedenheit bei den Befragten mit der im Haus eingesetzten Heiztechnik (siehe [Abbildung 5](#)) und mit dem eingesetzten Brennstoff festgestellt werden (siehe [Abbildung 6](#)). Zu berücksichtigen ist bei diesen Ergebnissen allerdings, dass Bewohner in Mehrparteienhäusern eben wenig mit der Heiztechnik an sich und noch weniger mit dem eingesetzten Brennstoff konfrontiert sind. Unter Beachtung dieser Tatsache zeigt sich, dass bzgl. Komfort, Wartung, Schmutz- und Staubbelastung den Heizanlagen ein sehr gutes Zeugnis ausgestellt wird, nur die Kategorie „Umweltfreundlichkeit“ hinkt etwas nach. Beim verwendeten Brennstoff ist es ähnlich, allerdings ist hier der Anteil derjenigen, die diesbezüglich keine Auskunft geben können, wesentlich höher (vor allem in den Kategorien „Preis“ und „Umweltfreundlichkeit“).

Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in den Wohnungen gibt es selten. Wenn es Schwierigkeiten gab, handelte es sich meist darum, dass die Heizanlage überhaupt ausgefallen ist, Öfen oder Heizkörper nicht funktioniert haben oder es – aus verschiedensten Gründen – einfach zu kalt in der Wohnung war. Was die Ursachen für diese Schwierigkeiten waren, wissen die Bewohner in den seltensten Fällen.

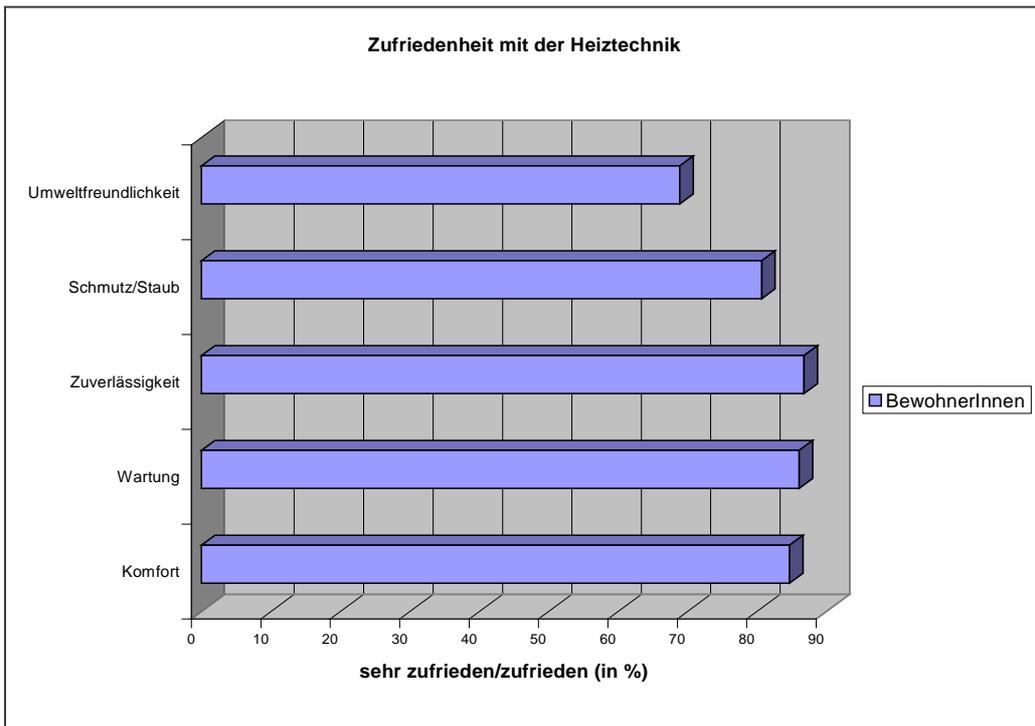


Abb. 5: Zufriedenheit mit der Heiztechnik

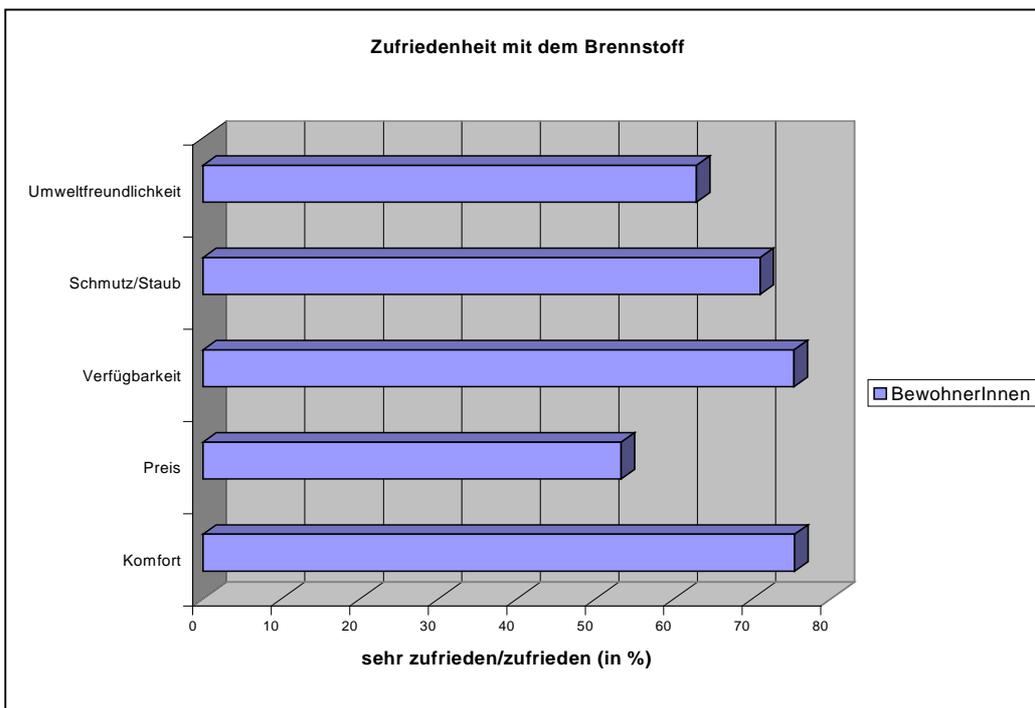


Abb. 6: Zufriedenheit mit dem Brennstoff

Bei der Frage nach der Wichtigkeit verschiedener Eigenschaften einer Heizung stehen der Energiesparaspekt und die Frage des Umweltschutzes an erster Stelle, als weniger wichtig werden die Kostenaspekte (Investitions- bzw. Betriebskosten) bewertet (siehe Abbildung 7). Dies könnte als ein Ansatzpunkt für die Forcierung von Biomasseheizungen gewertet werden, wenn es gelingt, diese als energiesparend

und umweltfreundlich zu vermarkten. Natürlich muss berücksichtigt werden, dass es sich hier um eine Abfrage zu Einstellungen handelt und nicht zu realen Handlungen.

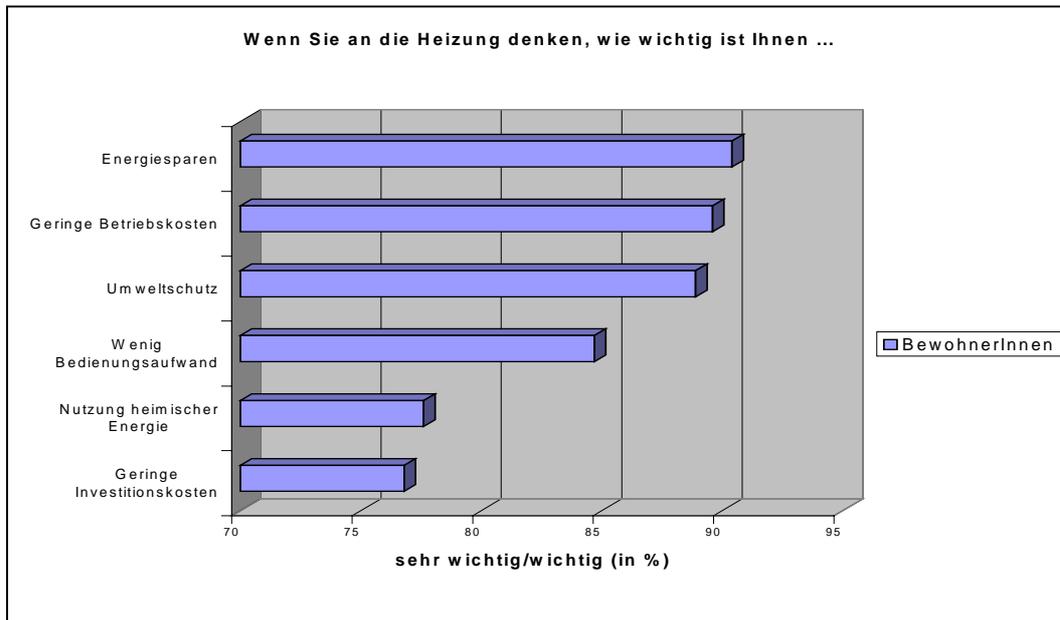


Abb. 7: Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...?

Bei dieser Frage steht mit über 90% der Aspekt „Energiesparen“ an erster Stelle, knapp gefolgt von geringen Betriebskosten und Umweltschutz.

Abschließend wurden die Befragten noch um eine Rangreihung dreier Heizformen (Öl-, Gas- und Holzheizung) nach den Kriterien „billig“ und „umweltfreundlich“ gebeten. Aus dieser Reihung kann man erkennen, dass die Ölheizung nur von 20% bei der Kategorie „billig“ an erster Stelle gereiht wird, die Gasheizung hingegen von 36%. Selbst die Holzheizung schneidet besser ab als die Ölheizung (28%). Was die Umweltfreundlichkeit betrifft, so siegt die Holzheizung sogar knapp vor der Gasheizung, die Ölheizung liegt hier abgeschlagen. Dieses Ergebnis zeigt, dass das Image der Biomasseheizung in der Bevölkerung besser sein dürfte als oft angenommen, sowohl was den Preis als auch was die Umweltfreundlichkeit betrifft, das der Ölheizung schlechter als oft angenommen.

### **Befragung der Bewohner in Niedrigenergiebauten**

Der Fokus des Projektes zielt auf Heizanlagen in Niedrigenergiebauten im Mehrfamilienwohnbereich. Daher wurden für das Projekt auch 193 Telefoninterviews in Niedrigenergiebauten durchgeführt. Die Adressen für diese Interviews wurden im Zuge der Recherchen bei den österreichischen Wohnbauträgern gesammelt bzw. in Kooperation mit Christian Rakos von der Energieverwertungsagentur und Michael Ornetzeder vom Zentrum für soziale Innovation zusammengestellt. Hier zu berücksichtigen ist sicher, dass dies nicht wirklich eine repräsentative Auswahl von Niedrigenergiegebäuden sein kann, da ja die Grundgesamtheit nicht bekannt ist und daher keine Stichprobe gezogen werden konnte.

Was in der Stichprobe – im Vergleich zur Österreichbefragung – auffallend ist, sind mehrere Tatsachen. Der Anteil der Jüngeren (unter 30-jährigen) ist höher, ebenso der Anteil der Besserausgebildeten (Matura oder Hochschulabschluss) und der Besserverdienenden. Angestellte und Beamte sind überrepräsentiert. Dies alles deutet darauf hin, dass es sich bei den Bewohner von Niedrigenergiebauten in gewissem Sinn um eine „Elite“ handelt, die einer neuen Wohnform eher aufgeschlossen gegenübersteht.

Die Wohnungen sind – logischerweise – auch bei weitem noch nicht so lange bewohnt wie in der Österreichstichprobe (zu ca. 80% erst seit 5 Jahren). Der Anteil der Eigentumswohnungen ist wesentlich niedriger.

Der Begriff des Niedrigenergiehauses (NEH) wurde für die Befragung relativ weit gefasst. Es wurde kein technisches Kriterium für die Definition angelegt. So umfasst die vorliegende Stichprobe 85,5% Niedrigenergiehäuser, 4,9% Passivhäuser, aber auch 9,6% Häuser, die nach ökologischen Kriterien gebaut sind.

In diesem Bereich überwiegen die mit Fernwärme und zentralbeheizten Bauten bei weitem. Der Anteil der Einzelöfen ist wesentlich geringer als bei den herkömmlichen Bauten (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Heizformen – Niedrigenergiebauten

Fernwärme	45,1%
Zentralheizung	31,6%
Teilweise Solarwärme	6,3%
Etagenheizung	4,9%
Lüftungssystem	2,4%
Einzelöfen	1,9%
Wärmepumpe	1,5%
Kachelöfen	1%
Weiß nicht	5,3%

Interessant ist, dass über 50% der Befragten nicht wissen, mit welchem Brennstoff das von ihnen bewohnte Gebäude beheizt wird. Hier muss berücksichtigt werden, dass Fernwärme einen großen Anteil bei der Heizversorgung (ca. 40%) einnimmt und fast niemand von den Bewohnern angeben kann, woher diese Fernwärme bezogen wird.

Vom Brennstoff her ist Gas (über 20%) am häufigsten vertreten. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass in der Stichprobe Wien überrepräsentiert ist und in Wien Gas als Brennstoff eine wichtige Rolle spielt.

Hackschnitzel und Pellets spielen eine größere Rolle als im Österreich-Schnitt. Der Anteil biogener Heizstoffe ist höher als bei den herkömmlichen Bauten, Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets machen zusammen immerhin ca. 14% aus (siehe Abbildung 8).

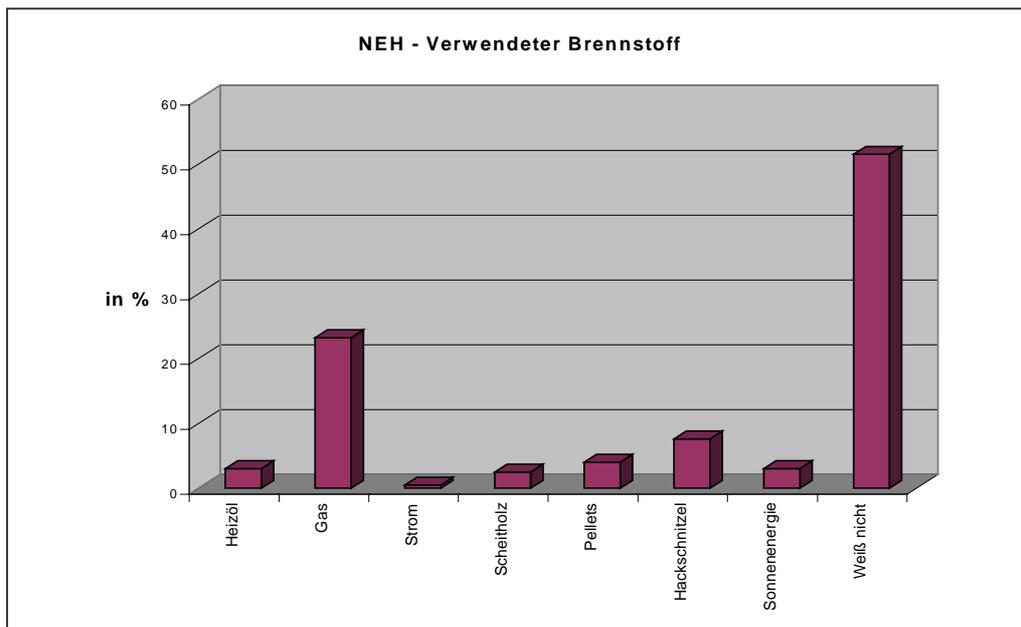


Abb. 8: Verwendeter Brennstoff - Niedrigenergiebauten

Auf die Frage, ob sie wüssten, um welche Heizanlage es sich in Ihrem Haus handelt, antworteten bei den Befragten in den Niedrigenergiebauten 23,1% mit „ja“ und 76,9% mit „nein“.

Die meisten Wohnungen im Niedrigenergiebereich werden über Heizkörper mit Wärme versorgt, geringe Anteile über Fußbodenheizung, Lüftungssystem oder über eine Wandheizung.

Auch bei den Niedrigenergiebauten gab es bei der Beantwortung der Frage nach der Höhe der Heizkosten große Schwierigkeiten. Viele Befragte konnten die Frage nicht beantworten, viele Auskünfte erschienen nicht glaubwürdig.

Die Empfindung der Heizkosten kann besser dargestellt werden. Nur 0,5% der Befragten empfinden ihre Heizkosten (inkl. Warmwasserbereitung) als sehr hoch oder als eher hoch (6,3%), 30,7% als gerade richtig, 21,4% als eher niedrig und 6,3% als sehr niedrig. Bemerkenswert ist wieder der hohe Prozentsatz von 34,9%, der auf diese Frage keine Antwort geben konnte (siehe [Abbildung 9](#)).

Eine mögliche Annahme wäre, dass Bewohner von Niedrigenergiebauten sich bewusster mit dem Thema Energie und damit auch mit dem Themenbereich „Heizen“ auseinandersetzen. Dieses Ergebnis weist nicht in diese Richtung, weitere auch nicht.

So spielte nur für ca. 20% die Art der Heizung eine wichtige Rolle beim Einzug in die Wohnung (siehe [Abbildung 10](#)). Über 70% wissen nicht, um welche Heizanlage es sich im Haus handelt, bei der Angabe der Heizkosten gab es ähnlich große Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Frage nach der Höhe dieser Kosten. Auch bei der Frage nach den Erwartungen bzgl. der Höhe der Heizkosten passten über 40%.

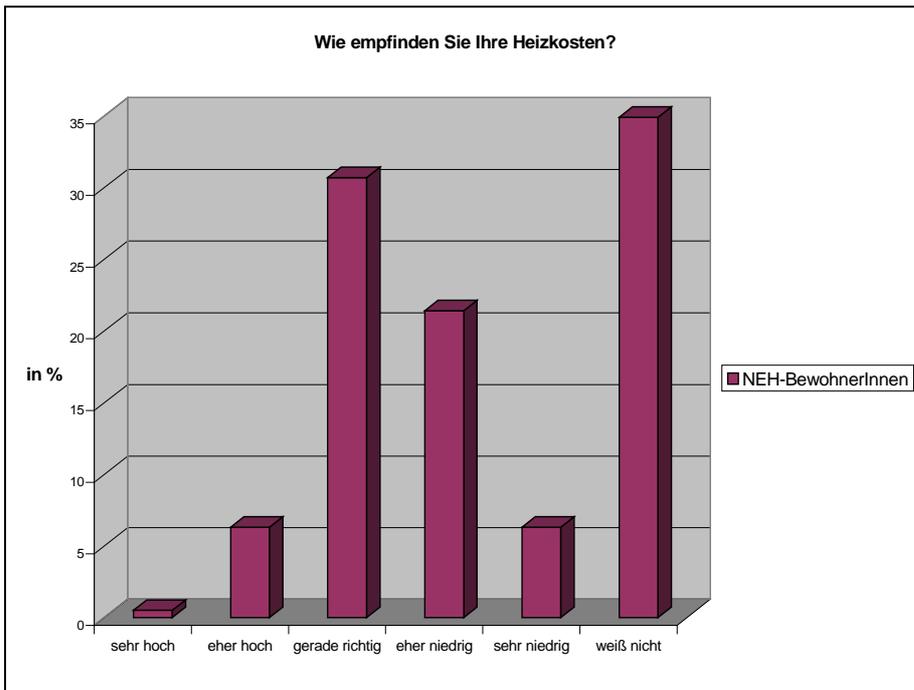


Abb. 9: Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten? - Niedrigenergiebauten

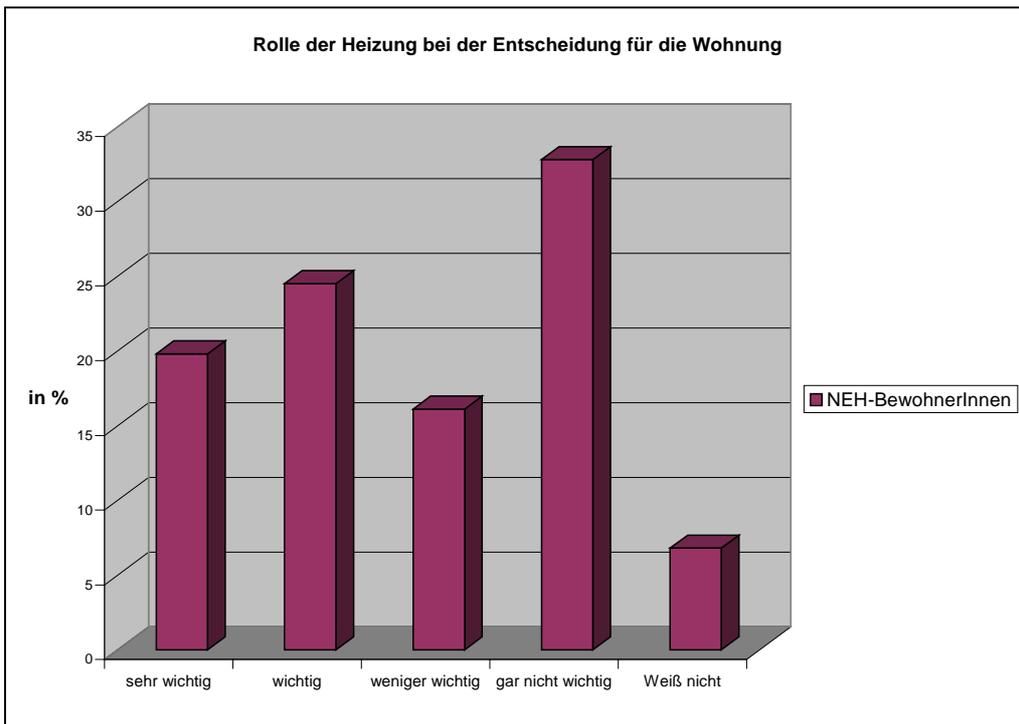


Abb. 10: Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung – Niedrigenergiebauten

Die Zufriedenheit in bezug auf Schmutz- oder Staubbelästigung, Komfort, aber auch die Umweltfreundlichkeit der Heizanlage ist sehr hoch (siehe [Abbildung 11](#)). Auch für die Beurteilung des eingesetzten Brennstoffes gilt Ähnliches (Schmutz/Staub, Verfügbarkeit, Komfort, Umweltfreundlichkeit), der Preis wird noch am schlechtesten

bewertet. Im Vergleich zur Bewertung der Heiztechnik ist auch hier der Prozentsatz derjenigen, die keine Beurteilung abgeben können, wesentlich höher (im Schnitt bei ca. 30%).

Was die Einstellung allgemein zur Heizung betrifft, so wurden auch bei den Niedrigenergiebauten-Bewohnern mehrere Kriterien abgefragt.

Am wichtigsten sind den Bewohnern von Niedrigenergiebauten die Aspekte des Umweltschutzes und des Energiesparens, gefolgt von wenig Bedienungsaufwand und geringen Betriebskosten. Die Frage der Investitionskosten steht nicht an erster Stelle der Überlegungen (siehe Abbildung 12).

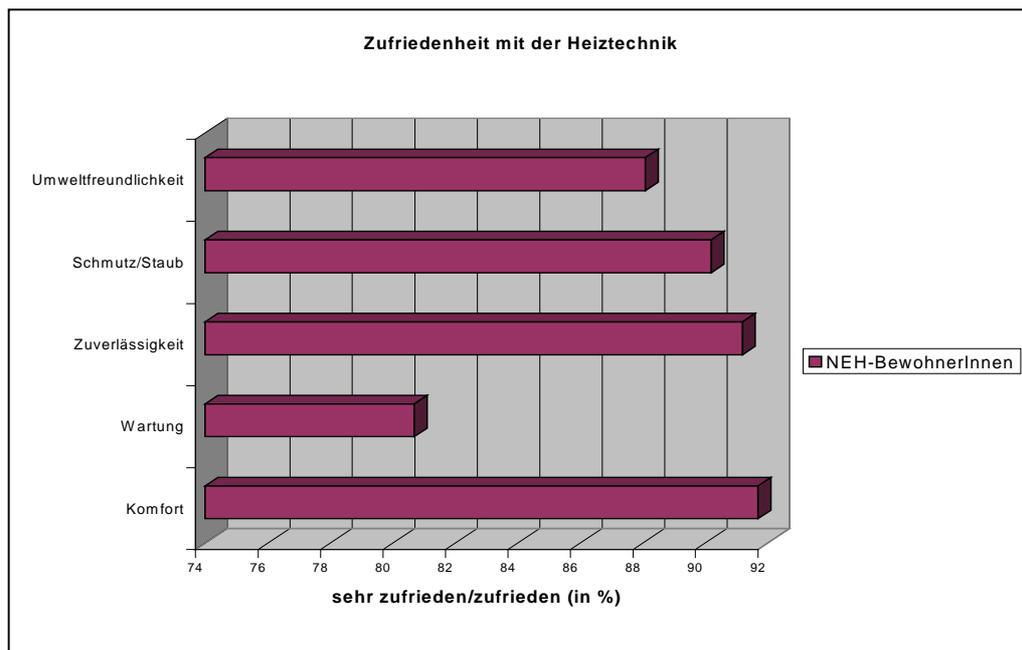


Abb. 11: Zufriedenheit mit der Heiztechnik – Niedrigenergiebauten

Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in den Wohnungen treten sehr selten auf.

Bei der Wichtigkeit der Eigenschaften einer Heizung stehen auch hier – wie in der Österreichstichprobe – die Kriterien des Umweltschutzes und des Energiesparens an erster Stelle (jeweils ca. 70%). Das Kriterium „geringe Investitionskosten“ wird von nur 30% der Befragten als sehr wichtig angesehen. Dieses Ergebnis könnte darauf hindeuten, dass für die Bewohner in Niedrigenergiebauten doch nicht-monetäre Aspekte bei der Beurteilung einer Heizung im Vordergrund stehen.

Wie die abschließende Reihung der drei Heizformen (Öl, Gas und Holz) zeigt, liegt die Ölheizung sowohl bei den Kriterien „billig“ und „umweltfreundlich“ an letzter Stelle, noch wesentlich schlechter als in der Österreichbefragung. Die Gasheizung schneidet bzgl. beider Kriterien wieder sehr gut ab, ebenso aber die Holzheizung. Das Image der Ölheizung ist also noch schlechter als im Österreich-Schnitt, jenes der Holzheizung besser.

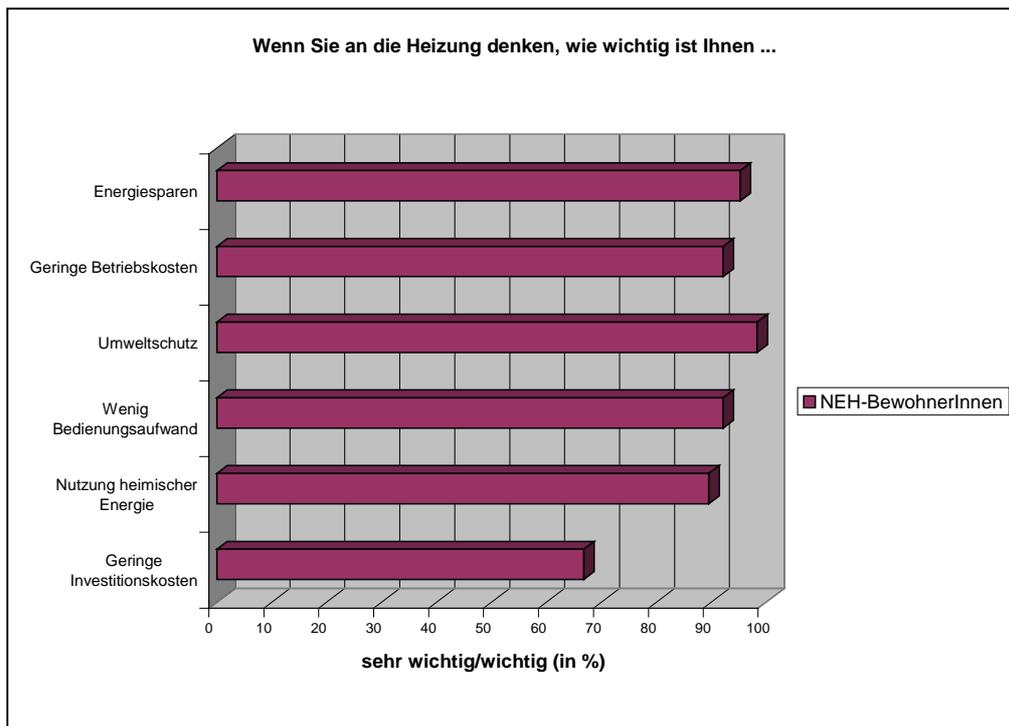


Abb.12: Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ... - Niedrigenergiebauten

### **Auswertung nach den Untergruppen „Nichtholz-/Holzheizer“**

Besonders interessant für die Auswertung war natürlich der Aspekt, wieweit sich die Bewohner, die in mit Holz (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) beheizten Wohnanlagen leben, in ihren Einstellungen, Erfahrungen und Ansichten von den Befragten unterscheiden, die in mit anderen Brennstoffen beheizten Gebäuden leben. Dies sind in den gezogenen Stichproben leider nicht sehr viele: bei den herkömmlichen Bauten handelt es sich um insgesamt 27, bei den Niedrigenergiebauten um 28.

Da sehr viele der Befragten in der Gesamtstichprobe nicht angeben konnten, mit welchem Brennstoff Ihr Haus beheizt wird, konnten diese natürlich auch nicht in eine Auswertung nach Brennstoffen aufgenommen werden – die Fallzahlen sind daher im folgenden entsprechend kleiner.

Die Zufriedenheit mit den Heizkosten ist unterschiedlich. Während die Nicht-Holz-Heizer in Normalbauten zu fast 30% meinen, ihre Heizkosten seien hoch oder sehr hoch, und zu etwas über 30% als gerade richtig einstufen, sind es bei den Holzheizern in Normalbauten fast 60%, die ihre Heizkosten als gerade richtig oder niedriger einstufen. Bei den Niedrigenergiebauten überwiegen in beiden Kategorien diejenigen, die ihre Heizkosten als gerade richtig oder noch niedriger einstufen.

Die Art der Beheizung war für die Befragten in Normalbauten eher kein so wichtiger Grund, in die Wohnung einzuziehen. Unterschiedlich ist es bei den Niedrigenergiehäusern, bei denen sowohl für Nichtholzheizer und Holzheizer dies schon für die Hälfte bzw. mehr als die Hälfte ein wichtiger Grund war, in die

Wohnung einzuziehen. Interessant ist weiter, dass bei dieser Frage zwar 44 Bewohner von Normalbauten keine Antwort geben konnten, dass es bei den Niedrigenergiebauten aber fast keinen gab, der diese Frage nicht beantworten konnte (siehe Abbildung 13).

Was verschiedene Aspekte der Zufriedenheit mit der eingesetzten Heiztechnik betrifft, so herrscht bei allen Befragten eher Zufriedenheit, egal, welcher Kategorie sie angehören. Vor allem bzgl. Komfort, Wartung und Zuverlässigkeit gibt es wenig Probleme. Am ehesten stellt die Schmutz/Staubbelastung noch ein Problem dar und hier betrifft es die Nicht-Holzheizter und die Holzheizter in Normalbauten gleichermaßen. Mit der Umweltfreundlichkeit sind die Bewohner in Niedrigenergiehäusern in beiden Kategorien zufriedener als die Bewohner in Normalbauten (siehe Abbildung 14).

Vorausgeschickt kann werden, dass auch nach einer Auswertung der Untergruppen der mit Holz und mit anderen Brennstoffen versorgten Gebäude keine großen Unterschiede in den Bewertungen und Einstellungen festgemacht werden können. Dies deutet darauf hin, dass die mit Biomasse beheizten Wohngebäude weder in positiver noch in negativer Hinsicht gegenüber den anderen Brennstoffen auffallen.

Was die Heizkosten betrifft und die Auseinandersetzung mit dem Thema Heizen überhaupt, so zeigt sich, dass in den Niedrigenergiebauten die Heizkosten von den Bewohnern als niedriger empfunden werden als in den herkömmlichen Bauten – hier haben aber wiederum die Holzheizter die niedrigeren Kosten. Auffallend ist der doch höhere Grad an Auseinandersetzung mit dem Heizsystem bei der Entscheidung für die Wohnung bei den Befragten der Niedrigenergiebauten.

Die Zufriedenheit mit der Heiztechnik ist in allen Kategorien recht bis sehr hoch. Die Zufriedenheit mit der Umweltfreundlichkeit ist vor allem bei den mit Holz beheizten Niedrigenergiebauten extrem hoch.

Gleiches gilt auch für den Brennstoff. Die Zufriedenheit ist in allen Aspekten sehr hoch, am ausgeprägtesten bei den Niedrigenergiebauten, hier vor allem in den mit Holz beheizten. Die Zufriedenheit mit dem Preis des Brennstoffes hinkt vor allem bei den Bewohnern von herkömmlichen Bauten hinterher.

Die Aspekte „Umweltschutz“ und „Energiesparen“ sind den Bewohnern von Niedrigenergiebauten – egal ob mit Holz oder mit einem anderen Brennstoff beheizt – am wichtigsten bei einer Heizanlage, die Investitionskosten am unwichtigsten. Es stehen also bei den Niedrigenergiebauten eher nicht-monetäre Aspekte im Vordergrund, während bei den Normalbauten die Kostenfragen eine größere Rolle spielen.

In der Bewertung der Heizanlagen zeigt sich in allen Kategorien ein gutes Abschneiden der Holzheizung. Vor allem bei den Holzheizern liegt sie sowohl bei dem Aspekten „Preis“, aber vor allem bei der „Umweltfreundlichkeit“ voran. Die Ölheizung schneidet bei den Bewohnern der herkömmlichen Bauten etwas besser ab (interessanterweise vor allem bzgl. der Umweltfreundlichkeit), liegt aber beim Preis bei weitem nicht so gut wie das zu erwarten gewesen wäre.

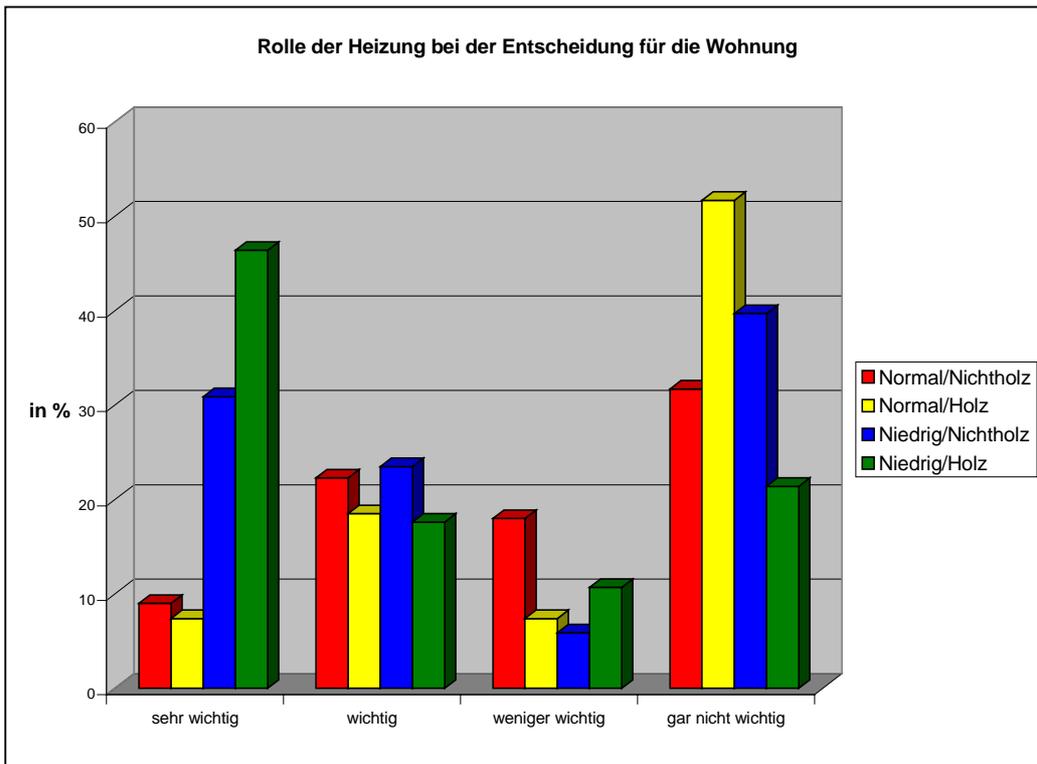


Abb. 13: Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung – Nichtholz/Holz

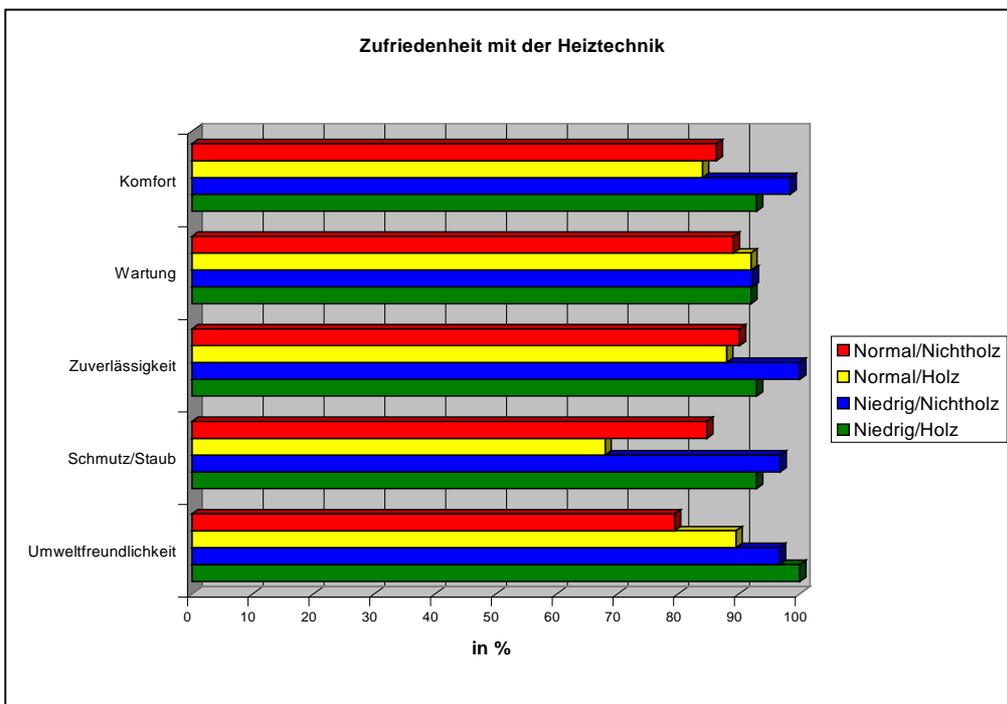


Abb. 14: Zufriedenheit mit der Heiztechnik – Nichtholz/Holz

## **Schlussfolgerungen aus der Befragung der Bewohner**

In einem Resümee zu allen Befragungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das Thema „Heizen“ für die Bewohner in Mehrfamiliengebäuden eine untergeordnete Rolle spielt. Die Beschäftigung mit der Heizanlage, mit den Heizkosten und verschiedenen Aspekten der Heizung steht im Hintergrund, solange es in der Wohnung bei Bedarf warm ist und die Heizanlage ihren Dienst zufriedenstellend versieht. Auch beim Interesse für eine Wohnung ist die Heizung kein wichtiges Entscheidungskriterium. Es macht interessanterweise keinen Unterschied, ob es sich um Bewohner von Standardbauten oder von Niedrigenergiebauten handelt. Die Art der Heizung ist für das Wohnklima und den Wohnkomfort nicht vorrangig wichtig.

Dies alles unterscheidet die Bewohner im verdichteten Wohnbau signifikant von den Bewohnern von Ein- oder Zweifamilienhäusern, die zu ihrer Heizanlage im Haus wesentlich mehr Bezug haben und über diese auch gut informiert sind.

Was nun die Beurteilung von verschiedenen Heizformen betrifft, schneidet die Biomasseheizung in keinem Fall schlechter ab als andere Heizformen wie die Öl- oder Gasheizung. Befragte, die in mit Biomasseheizungen versorgten Gebäuden leben, sind mit der Heiztechnik und dem Brennstoff genau so zufrieden wie Bewohner anderer Gebäude, die mit anderen Heizformen versorgt werden.

Prinzipiell wichtig sind den Befragten bei der Beurteilung der Heizung Umweltschutz- und Kostenaspekte. Genau diese Attribute werden von der Holzheizung vor allem beim Aspekt des Umweltschutzes und des Energiesparens positiv erfüllt. Aufgrund des zum Zeitpunkt der Befragung sehr hohen Ölpreises wird die Holzheizung auch auf diesem Sektor als durchaus konkurrenzfähig eingestuft. Sollte sich der Ölpreis auf diesem Niveau halten, wird wahrscheinlich auch für Wohnungsinteressenten die Frage des eingesetzten Brennstoffes im Haus interessanter und Holz als Brennstoff eine Alternative.

Vor allem in dem mit Holz geheizten Gebäuden ist die Zufriedenheit mit dem Brennstoff – ob Scheitholz, Hackschnitzel oder Pellets – sehr groß. Die Vermutung, dass der Anteil an Unzufriedenen, der in der Stichprobe ausgemacht wurde, genau diejenigen repräsentieren würde, die in diesem Segment leben, konnte in keiner Weise bestätigt werden.

Aus den Befragungen kann geschlossen werden, dass Biomasseheizungen in der Gesamtbevölkerung ein durchaus positives Bild haben, und wenn kein positives, so ein neutrales, sicher kein negatives. Sicher ist es aber wichtig, hier weiterhin Informations- und Aufklärungsarbeit zu leisten.

Einige Punkte, die bei der Einführung einer Biomasseheizanlage in einem Mehrfamilienbau beachtet werden sollten, sind:

1. Die Feuerungsanlagen sollten für eine möglichst große Bandbreite an Brennstoffen geeignet, d.h. wenn möglich von Hackschnitzel auf Pellets umrüstbar sein.

2. Die Anlagen, insbesondere die Fördertechnik, sollte so weit wie möglich automatisch funktionieren, damit der Betreuungsaufwand für die Anlage möglichst klein bleibt.
3. Die Anlagen sollten „versteckt“ installiert sein, d.h. möglichst wenig von den Bewohnern bemerkt werden können. Dies bezieht sich einerseits auf die Zulieferung von Hackgut und andererseits auf die mögliche Lärmbelästigung durch die Anlage.
4. Maßnahmen zur Imageverbesserung der Biomasseheizungen scheinen nicht vordergründig notwendig zu sein. Da die derzeit eingesetzten Anlagen recht gut funktionieren und funktional sind, können diese für Bewohner, die gegenüber Biomasseheizungen skeptisch sind, sicher als Vorzeigeobjekte präsentiert werden.
5. Die Aspekte des Umweltschutzes, des Energiesparens und der geringen Betriebskosten sollten bei der Bewerbung in den Vordergrund gestellt werden.

Vieles weist aber darauf hin, dass – unter der Prämisse, dass Biomassefeuerungen im verdichteten Wohnbau gefördert werden sollen – die Bewohner die falschen Ansprechpartner sind. Eher sieht es so aus, als müsste hier intensiv mit den Wohnbaugenossenschaften gearbeitet werden. Diese brauchen Unterstützung in verschiedensten Formen, wenn sie forciert Biomasseheizungen bei ihren Planungen berücksichtigen und in ihren Wohnanlagen einbauen sollen.

### **Schlussfolgerungen aus der Befragung der Wohnbaugenossenschaften**

Einige Genossenschaften, vor allem im westlichen Teil Österreichs, sind im Biomassesektor bereits sehr aktiv. Diese sind von der Qualität der Heizanlagen auch überzeugt.

Wie können nun aber diejenigen unterstützt werden, die bisher noch nicht in diesem Bereich tätig waren und dies vielleicht gerne tun würden? Wie können Barrieren und Hemmnisse abgebaut werden?

1. Erster und wichtigster Punkt ist sicher eine Intensivierung der Förderungen für den Einsatz von Biomasseheizungen. Diese politische Unterstützungsmöglichkeit im Sinne der Förderung ökologischer Kriterien beim Bauen würde laut Auskunft der Genossenschaften großen Effekt haben.
2. Wichtig ist aber nicht nur die finanzielle Unterstützung. Eine Intensivierung des Know-How-Transfers zwischen den Genossenschaften, die bereits Erfahrungen haben und denen, die gerne mehr wissen möchten, wäre sehr wünschenswert. Diese Gelegenheiten zum Informationsaustausch haben sich bisher eher zufällig ergeben, z.B. bei den Workshops im Rahmen dieses Projektes.
3. Detaillierte, aber auch klare und prägnante Unterlagen stellen ein weiteren wichtigen Baustein in der Unterstützung der Genossenschaften dar. Es soll nachgelesen werden können, welche Aspekte bei der Planung des Gebäudes zu beachten sind (z.B. in bezug auf den Platz für die Lagerung des

Brennstoffes) oder welche technische Kriterien die Anlage erfüllen muss, damit sie für gewisse Leistungsbereiche gut einsetzbar ist. Dies alles könnte z.B. in Form eines Handbuches geschehen.

4. Etwas mit eigenen Augen zu sehen und dessen Funktionstüchtigkeit überprüfen zu können, ist eines der überzeugendsten Argumente. Daher sollten Exkursionen zu bestehenden gut funktionierenden Anlagen auf jeden Fall zu einem Unterstützungsprogramm für Genossenschaften gehören. Die E.V.A. arbeitet derzeit an einer Liste mit Musterbeispielen von zentralen Biomasseanlagen.
5. Wichtig ist in Zukunft sicher auch der Bereich des Anlagencontractings. Die Genossenschaften möchten die Verantwortung für die Betreuung der Heizanlage gerne jemand anderem überlassen und übergeben. Hier ist allerdings noch ein Problem zu bewältigen (auf das Christian Rakos hinweist). Solange diese Dienstleistung von den Genossenschaften nicht nachgefragt wird, wird sie niemand erbringen wollen. Solange sie aber niemand erbringt, kann sie auch nicht nachgefragt werden.
6. Immer wieder zu nennen – wenn sich hier in den letzten Jahren auch sehr viel getan hat – ist die Frage der Brennstoffversorgung. Der Brennstoff – egal ob Hackgut oder Pellets – muss zur Verfügung stehen und in dementsprechender Qualität sein. Alle Möglichkeiten, die eine weitere Verbesserung dieser Versorgungsinfrastruktur und der Qualitätskriterien mit sich bringen, sind zu begrüßen.
7. Sicher nicht zu vernachlässigen ist auch die Frage der Kosten. Vor allem die Investitionskosten von Biomasseanlagen werden noch als Hemmschwelle gesehen, da diese doch um einiges höher liegen als bei Öl- oder Gasheizungen. Hier muss verstärkt auf den Aspekt der geringeren Betriebskosten hingewiesen werden. Beispiele aus Schweden und Vorarlberg zeigen, dass die Umstellung von Wohnbauträgern ausschließlich auf Biomasseheizanlagen alle Kosten reduzieren (Investitionskosten, Betriebs- und Wartungskosten, interner Organisationsaufwand).
8. Sicher sind auch „Leitbetriebe“, die verstärkt auf das Pferd „Biomasse“ setzen, wichtig für das Nachziehen der anderen Wohnbauträger.
9. Biomasseheizanlagen sollten Chefsache sein – die persönliche Überzeugung in den obersten Etagen ist ein entscheidender Faktor.
10. Was natürlich eine große Unterstützung bei der weiteren Forcierung von Biomasseheizanlagen wäre, ist ein weiteres Steigen des derzeit sehr hohen Ölpreises – oder zumindest ein Einpendeln auf dem derzeitigen Stand.

### 2.3 Simulation des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser für die ausgewählten Referenzbauten (Mehrfamilienwohnhaus, Bürogebäude)

Die Bearbeitung teilte sich in eine Recherche über bestehende Niedrigenergiebauten, die Festlegung der Referenzbauten mit allen Ausgangsdaten, die Variation von wichtigen Eingabeparametern und die Durchführung der Simulationsrechnungen mit TRNSYS sowie die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.

#### **Recherche über bereits ausgeführte Niedrigenergiebauten**

Als Grundlage für die Definition der Referenzbauten waren Recherchen bezüglich bereits ausgeführter und publizierter Niedrigenergiebauten zu erstellen. Dabei musste die Recherche auf Bauten beschränkt bleiben, die mit ausreichend Datenmaterial veröffentlicht wurden, um daraus Leitlinien für die Erstellung der Referenzbauten ziehen zu können.

Schlussfolgerungen aufgrund der Recherche:

- Die Bezeichnung „Niedrigenergiehaus“ wird in der Beschreibung von Gebäuden immer häufiger verwendet; in den seltensten Fällen aber auch mit dem entsprechenden Datenmaterial unterlegt.
- Die Angabe wärmetechnischer Kennwerte ist bei publizierten Bauwerken als Ausnahme und nicht als Standard zu sehen. Daher ergibt sich auch bei gezielter Suche eine Fokussierung auf wenige Datenquellen.
- Die dargestellten Kennwerte sind oftmals ohne Bezugsgrößen und ohne Angabe des verwendeten Berechnungssystems dargestellt und deshalb unbrauchbar oder bestenfalls als Näherung anzusehen.
- In Österreich ist eine Konzentration publizierter Niederenergiebauten in einigen Bundesländern (Vorarlberg, Salzburg, Wien) auffallend.
- Der überwiegende Anteil publizierter Niederenergiebauten ist auf dem reinen Wohnbausektor anzutreffen. Wenige Ausnahmen beziehen auf eine gemischte Nutzung. Publizierter Niedrigenergie-Bürobau ist als Ausnahme anzusehen.
- Die Anzahl der Wohneinheiten hängt von der gestellten Bauaufgabe ab. Ein Zusammenhang der Bauwerksgröße mit der Dämmqualität ist nicht zu erkennen. Großvolumige Bauvorhaben in ausgewiesener und nachgewiesener Niedrigenergiebauweise sind jedoch selten anzutreffen.
- Die U-Werte der Konstruktionen fallen mit dem Fertigstellungsdatum. Dies ist durch die Verschärfung der Bauvorschriften nur teilweise zu erklären, da die erzielten Wärmeschutzwerte die geforderte Qualität weit überschreiten.
- Bei der Brauchwassererwärmung scheint sich die Miteinbeziehung einer Solaranlage durchgesetzt zu haben. Sie ist in fast jedem Projekt, in dem Daten zur Verfügung standen, vertreten.

## Referenzbauten

Es wurden jeweils ein Wohnbau und ein Bürobau als Referenzbauten definiert. Das Referenz-Wohnhaus in der Basisvariante (siehe [Abbildung 15](#)) ist ein dreigeschossiger langgestreckter Baukörper in Ost–West Ausrichtung mit einhüftiger und offener Erschließung an der nördlichen Längsseite. Jedes der drei Geschosse besteht aus vier durchgebundenen Wohneinheiten mit 50, 70, 90 und 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Der Baukörper wird als vollständig unterkellert angenommen.

Die statistischen Aufstellungen zeigen, dass sich der gewählte Referenzwohnbau sowohl in seiner Baukörpergröße als auch in der Wahl der Wohnungsgrößen einem gegenwärtigen Standardwohnbau entspricht (siehe Anhang/Simulationsbericht, Teil I). Die Basisvariante des Referenz- Bürogebäudes (siehe [Abbildung 16](#)) wird als dreigeschossig, intern erschlossen und Ost–West gerichtet angenommen. Die Nutzfläche einschließlich der Stellflächen für Innenwände und der inneren Erschließung beträgt 309,9 m<sup>2</sup> je Geschoss. Der Baukörper wird als vollständig unterkellert angenommen.

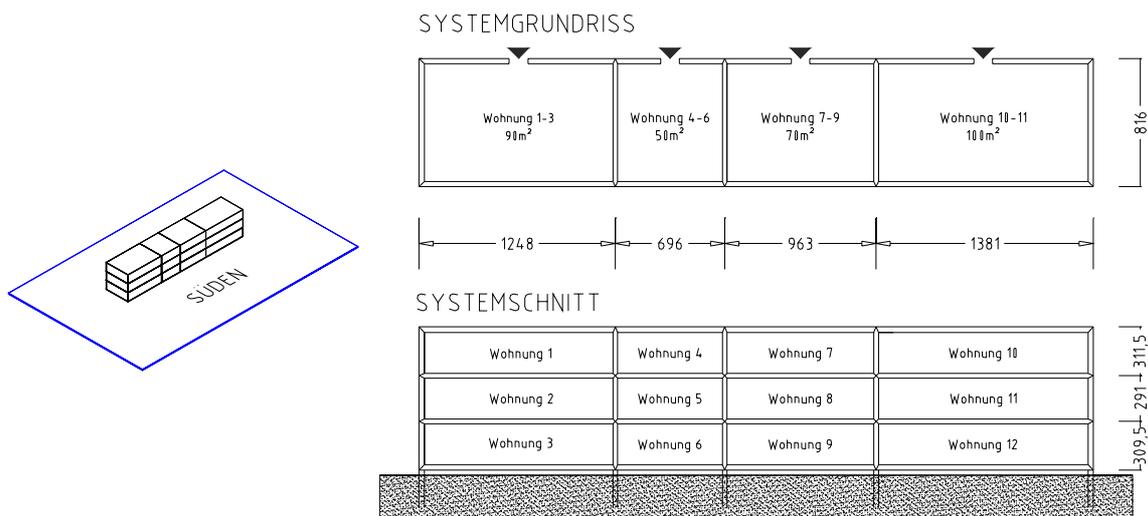
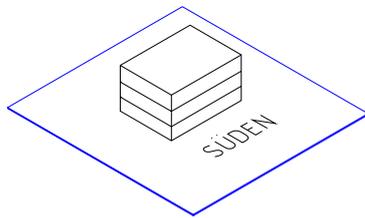
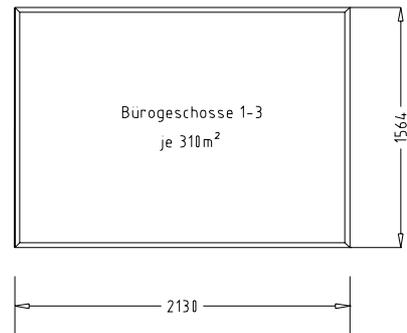


Abb. 15: Die Geometrie des Referenz-Wohngebäudes



SYSTEMGRUNDRISS



SYSTEMSCHNITT

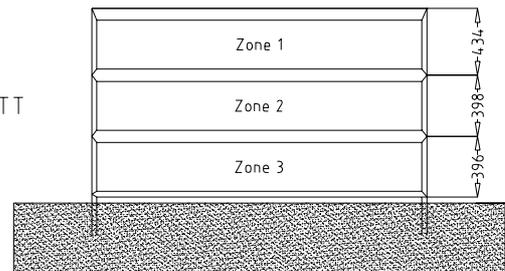


Abbildung 16

Geometrie Referenz-Bürogebäude

### Konstruktion der Referenzbauten

Die Bezeichnung Niedrigenergiehaus ist an die Forderung gekoppelt eine definierte Obergrenze im Jahresheizenergiebedarf nicht zu überschreiten. Bei einem Einfamilienhaus liegt dieser Wert bei  $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  und im Mehrfamilienwohnbau bei  $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  [Feist, Das Niedrigenergiehaus]. Daraus ist zu ersehen, dass für den einzelnen Bauteil (mit Ausnahme der jeweiligen gültigen baugesetzlichen Bestimmungen) keine zwingend vorgeschriebenen Mindestgrößen im Wärmeschutz eingehalten werden müssen, sofern das Gebäude in seiner Gesamtheit die oben erwähnten  $70$  bzw.  $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  an Heizwärmebedarf nicht überschreitet.

Die raumbegrenzenden Bauteile der Referenzbauten werden nun auf ihre wärmetechnisch relevanten Schichten reduziert (Speicherschicht und Dämmschicht). Die Dicken der Speicherschichten orientieren sich an statischen und schalltechnischen Erfordernissen. Der Wahl der Dämmstärke liegt die Annahme zugrunde, dass bereits die Einhaltung der baugesetzlich vorgeschriebenen Mindestwerte im Wärmeschutz zum Erreichen eines Niedrigenergiehauses führt (siehe Tabelle 8). Daher wurde die Dicke der Dämmschicht so gewählt, dass die derzeit gültigen U-Werte der baugesetzlichen Bestimmungen aller österreichischen Bundesländer eingehalten werden. Die Innendecken weisen zusätzlich eine Nutzschicht am jeweils oberen Rand des Aufbaues auf. Die Wahl der Stoffwerte orientiert sich an derzeit gängigen Materialien.

### Personenbelegung

Als Grundlage der getroffenen Annahmen der Personenbelegung im Referenz-Wohngebäude dient das Statistische Jahrbuch für die Republik Österreich [Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich]. Die durchschnittliche Wohnnutzfläche pro Person lag in Österreich 1991 bei  $33,0 \text{ m}^2$ . Das Referenz-Wohngebäude weist eine Nutzfläche von

929,7 m<sup>2</sup> auf; daraus wird eine durchschnittliche Belegung von ca. 29 Personen abgeleitet.

Für jede der 29 Personen der Belegung wird eine Tagesprofil der Anwesenheit, nach Wochentag und Samstag/Sonntag) aufgeteilt, angenommen. Die Überlagerung der 29 Belegungsprofile ergibt ein Belegungsprofil für das gesamte Gebäude an einem Wochentag (siehe Abbildung 17) bzw. an einem Tag des Wochenendes.

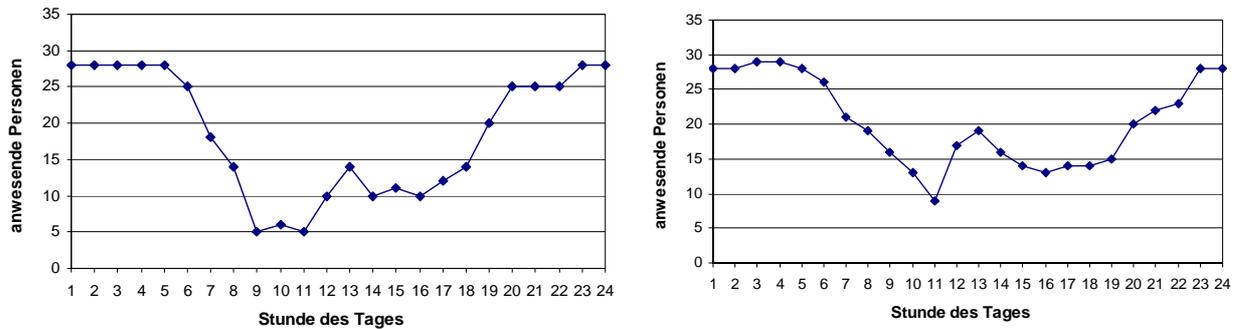


Abb. 17: Angenommene Anwesenheit der Bewohner des Referenzwohnhauses an einem Wochentag (links) und am Wochenende (rechts)

Die Bruttogeschossfläche des Referenz-Bürogebäudes wurde in unterschiedliche Nutzungen unterteilt. Den verbleibenden Flächen für „Büroräume“ und dem „Raum mit Parteienverkehr“ ist in der Referenzvariante je 15 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche eine anwesende Person zugeordnet. Das ergibt eine Vollbelegung von 32 Personen im gesamten Gebäude, die gleich wie im Wohngebäude in ein Tagesprofil der Belegung eingebunden wird.

### Personenabwärme

Die Wärmeabgabe durch Personen ist im Simulationsmodell an die Anwesenheit der Personen geknüpft. Sobald eine Person in der Belegung geführt wird, werden laut [ISO - 7730] 100 W /Person an Innenwärmen in Rechnung gestellt.

### Lüftungsannahmen

Der hygienisch erforderliche Luftwechsel wird mit 30 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde angesetzt [ÖNORM B – 8110-1]. In der Referenzvariante wird eine Regelung der Lüftung per Hand über Fensterlüftung angenommen. Für die Belüftung des Referenz-Bürogebäudes wird eine raumlufttechnische Anlage angenommen deren Tagesgang an Luftdurchsatz vorgegeben werden kann. Der angesetzte Tagesgang des Luftwechsels setzt sich aus drei Luftwechselraten zusammen. Neben der Grundlüftung durch Gebäudefugen wird der personenbezogene hygienische Luftwechsel laut [ÖNORM H 6000-3] mit 30 m<sup>3</sup>/Person und Stunde angesetzt (unter der Annahme eines Rauchverbotes). Da der hygienische Luftwechsel von der Anzahl der im Gebäude vorhandenen Personen abhängt und anzunehmen ist, dass das Profil der Personenbelegung Schwankungen unterworfen ist, wird eine zusätzliche hygienische Lüftung eingeführt.

## **Geräteabwärme**

Die Wärmeabgabe durch Beleuchtung und Haushaltsgeräte ist in Anlehnung an die in [Feist, *Das Niedrigenergiehaus*] veröffentlichten Werte angenommen. Die darin enthaltene Aufstellung über innere Wärmequellen wurde für das Referenz-Wohngebäude modifiziert. Bei der Berücksichtigung der Innenwärmen im Referenz-Bürogebäude wird zwischen der Wärmeabgabe durch Bürogeräte und der Wärmeabgabe durch künstliche Beleuchtung unterschieden.

## **Fenster**

Für den Referenz-Wohnbau wird der Glasflächenanteil der Südfassade mit 33,25% und der Glasflächenanteil der Nordfassade mit 12,66% angesetzt (Bezugsfläche 391,07 m<sup>2</sup>). Die Ost- und Westfassaden werden fensterlos ausgebildet. Die angenommene Qualität der Verglasung wird mit  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0,598$  und des Rahmens mit  $U=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  angenommen.

Für den Referenz-Bürobau wird der Glasflächenanteil der Südfassade bzw. Nordfassade mit 37,39% angesetzt (Bezugsfläche 261,56 m<sup>2</sup>). Die Ostfassade wird mit einem Glasflächenanteil von 10% angenommen; die Westfassade wird fensterlos ausgebildet. Die angenommene Qualität der Verglasung wird mit  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g=0,598$  und des Rahmens mit  $U=2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  angenommen.

## **Einfluss der Zonierung auf die Modellbildung**

Bei jeder thermischen Gebäudesimulation ist das zu untersuchende Gebäude in thermische Zonen zu unterteilen. Je höher die Anzahl der thermischen Zonen gewählt wird, umso detaillierter kann die Ausgabe der Ergebnisse erfolgen. Mit der Anzahl der Zonen steigt der Eingabeaufwand und somit auch die Fehleranfälligkeit des Simulationssystems. Da die sich die vorliegende Studie auf das Heizsystem gesamter Gebäude bezieht und nicht auf einzelne Gebäudeteile, ist die Verwendung eines 1-Zonenmodelles zu bevorzugen. Das ein Einzonenmodell eine ausreichende Genauigkeit liefert wurde in einer Anzahl von Vergleichsrechnungen bestätigt.

## **Einbau einer Zusatzlüftung gegen Raumlufüberhitzung**

Um zu vermeiden, dass hohe Strahlungsgewinne und die damit verbundenen unbehaglich hohen Raumluf temperatures zur Deckung des Wärmebedarfes strahlungsarmer Tageszeiten verwendet werden, muss ein Überhitzungsschutz eingeführt werden. Sobald die Raumluf temperature über 24°C steigt und die Außentemperatur darunter liegt, erhöht sich der Luftwechsel um 1<sup>-h</sup>, um die Überwärmung wegzulüften. Fällt die Raumluf temperature dann wieder unter 23°C, reduziert sich der Luftwechsel wieder.

## **Jalousieverschattung**

Im folgenden Schritt wird eine Jalousieverschattung eingesetzt. Der Wirkungsgrad der Verschattung wird mit 50% angenommen. Die Einschaltzeiten der Verschattungselemente sind raumluf temperaturegeregt. Übersteigt die mittlere

Raumlufttemperatur einer Zone 23°C so wird die Verschattung als „aktiv“ angenommen. Fällt die Raumlufttemperatur dann wieder unter 21°C so werden die Verschattungselemente deaktiviert.

### Einbau eines Heizsystems

Im folgenden wird in die beiden Referenzsysteme je ein Heizungssystem modelliert. Der Auslegung liegt die Normaußentemperatur des Gebäudestandortes laut ÖNORM B 8135 (Graz: -12°C) zugrunde. Im Auslegungsfall des Wohngebäudes werden die Inneren Gewinne sowie die solare Strahlung auf null gestellt und der Luftwechsel wird konstant auf 0,8 h<sup>-1</sup> gehalten. Die geforderte Raumlufttemperatur wird im Referenz-Wohngebäude mit 21°C festgelegt (Referenz-Bürogebäude: 20°C).

Als Wärmeabgabesystem werden Plattenheizkörper mit einer Bauhöhe von 0,6 m und einer Norm-Wärmeleistung von 1263 W/m gewählt. Die Vorlauftemperatur wird in den Referenzgebäuden mit 50°C (bei Normaußentemperatur: -12°C) angesetzt; die Rücklauftemperatur mit 40°C. Für das Referenz-Wohngebäude ergibt sich unter diesen Annahmen eine erforderliche Heizkörperfläche von 65,88 m<sup>2</sup> (Referenz-Bürogebäude: 63,94 m<sup>2</sup>). Bei einer angenommenen Heizkörperhöhe von 0,6 m wird somit das Referenz-Wohnhaus mit einem Heizkörper in einer Länge von 109,8 m (Referenz-Bürogebäude: 106,6 m) ausgestattet. Eine Darstellung des Simulationsschemas zeigt Abbildung 18.

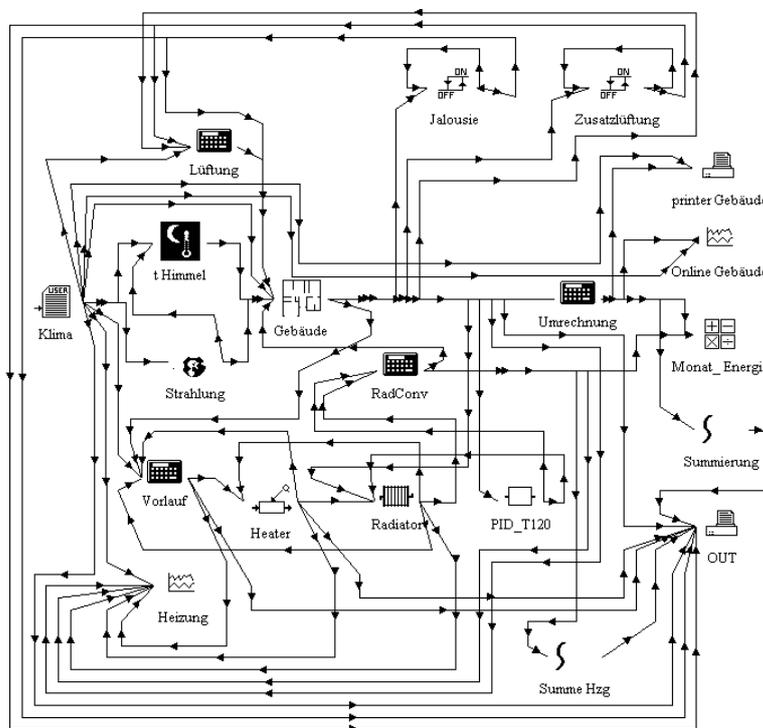


Abb. 18: Simulationsschema des Wohngebäudes mit Heizungssystem

Sowohl unterschiedliche Ausführungen der Gebäudehülle als auch verschiedenartige Nutzungsszenarien können einen bedeutenden Einfluss auf das thermische Verhalten eines Gebäudes ausüben. Um eine ganze Bandbreite unterschiedlicher Ausführungs- und Nutzungsvarianten in ihrem thermischen Verhalten erfassen zu

können werden Variationsrechnungen durchgeführt. Die gewählten Variationen sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht der Variationsrechnungen im Referenz- Wohnbau

Variationsrechnungen Referenz- Wohnbau							
	Klimadaten	Glasflächenanteil der Südfassade	Transmissionswärmeschutz	Verglasung	Belegung	Lüftungsverhalten	Raumluft-solltemperatur
Referenzvariante	Klimadaten 68	33,25%	lt. Norm	U = 1,1 W/m²K g = 0,598	29 Personen	30 m³ / Pers*h Regelfaktor 2	21°C
Variante_Wohn 1	Meteonorm 2	X	X	X	X	X	X
Variante_Wohn 2	X	23,77%	X	X	X	X	X
Variante_Wohn 3	X	42,73%	X	X	X	X	X
Variante_Wohn 4	X	X	erhöht	X	X	X	X
Variante_Wohn 5	X	X	X	U=0,7 / g=0,407	X	X	X
Variante_Wohn 6	X	X	X	X	39 Personen	X	X
Variante_Wohn 7	X	X	X	X	X	Regelfaktor 3	X
Variante_Wohn 8	X	X	X	X	X	X	23°C

Tabelle 9: Übersicht der Variationsrechnungen im Referenz- Bürobau

Variationsrechnungen Referenz- Bürobau							
	Klimadaten	Glasflächenanteil der Südfassade	Transmissionswärmeschutz	Verglasung	Belegung	Lüftungsverhalten	Raumluft-solltemperatur
Referenzvariante	Klimadaten 68	37,39%	lt. Norm	U = 1,1 W/m²K g = 0,598	32 Personen	30 m³ / Pers*h	20°C
Variante_Büro 1	Meteonorm 2	X	X	X	X	X	X
Variante_Büro 2	X	21,63%	X	X	X	X	X
Variante_Büro 3	X	53,15%	X	X	X	X	X
Variante_Büro 4	X	X	erhöht	X	X	X	X
Variante_Büro 5	X	X	X	U=0,7 / g=0,407	X	X	X
Variante_Büro 6	X	X	X	X	24 Personen	X	X
Variante_Büro 7	X	X	X	X	40 Personen	X	X
Variante_Büro 8	X	X	X	X	X	45 m³ / Pers*h	X
Variante_Büro 9	X	X	X	X	X	X	22°C

## Warmwasserbereitung

Die Bereitung des Warmwassers für das Wohngebäude wurde nicht in das Simulationsschema von TRNSYS eingebunden. Ein an der Universität Marburg entwickeltes Programm [Jordan, 2000] zur Generierung realistischer Brauchwasserzapfprofile kam zum Einsatz. Aufgrund statistischer Verteilungen der zu erwartenden Warmwasserzapfungen (Duschen, Baden, Handwäsche etc.) in einem Wohngebäude generiert das Programm Zapfprofile für Wohngebäude von bis zu 60 Wohneinheiten und gibt es in Minutenschritten aus. Als weiteres Ergebnis liefert das Programm den zur Erwärmung der errechneten Warmwassermenge benötigten Energiebedarf in Stundenwerten für den gesamten Simulationszeitraum

(siehe Anhang: Simulationsbericht, Teil II: Daten der Simulationsergebnisse auf CD) eines Jahres. Leitungsverluste sind nicht berücksichtigt. Im Wohngebäude wird von zwei unterschiedlichen Varianten ausgegangen: Einerseits als Beispiel für einen kleinen Warmwasserverbrauch wird von 15 Litern Warmwasser (60°C) pro Person und Tag und andererseits als Beispiel für einen größeren Warmwasserverbrauch von 30 Litern Warmwasser (60°C) pro Person und Tag ausgegangen. Die Arbeitsweise der Berechnung des Energiebedarfes für das Warmwasser ist auf den folgenden Seiten dargestellt. Für das Bürogebäude wurden keine Warmwasserberechnungen durchgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass eine zentrale, in das Heizsystem eingebundene, Warmwasserbereitung für ein Bürogebäude der gewählten Art nicht in Frage kommt und somit für die Heizanlage ohne Bedeutung bleibt.

## Ergebnisse

Auf Grundlage der gewählten Varianten der Referenzgebäude ergibt sich eine gewisse Streuung in der Anforderung an das Heizsystem. Diese Streuung ist auf Grundlage der Monatsbilanzen in Abbildung 19 dargestellt.

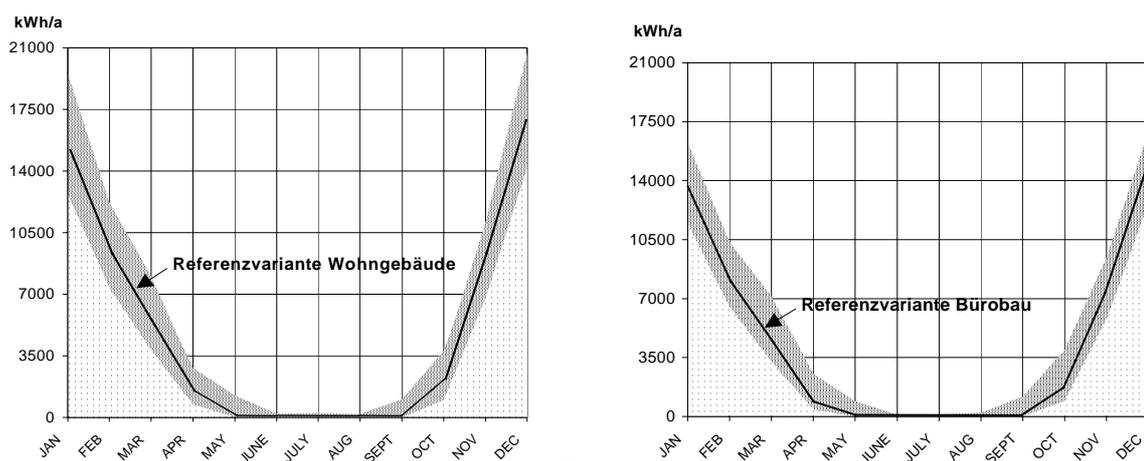


Abb. 19: Streuung der monatlichen Anforderungen an das Heizsystem für Wohn- und Bürobau

Wenn die Stundenwerte der Wärmeabgabe des Heizkörpers nach ihrer Größe geordnet werden, erhält man die Jahresdauerlinien der Varianten. Sie geben ein Bild über die Häufigkeit der im Simulationsjahr auftretenden Leistungsanforderungen (siehe Abbildung 20).

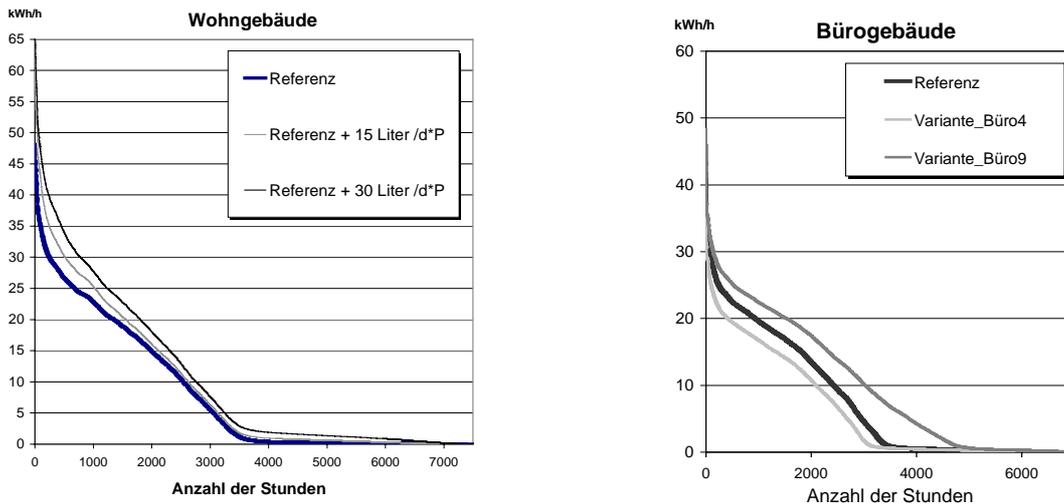


Abb. 20: Jahresdauerlinien einiger Varianten des Wohngebäudes (links) und des Bürogebäudes (rechts)

Bei Ansicht des Wärmebedarfes für Heizung und Warmwasser des Wohngebäudes zeigen sich folgende in Abbildung 21 dargestellte Verhältnisse.

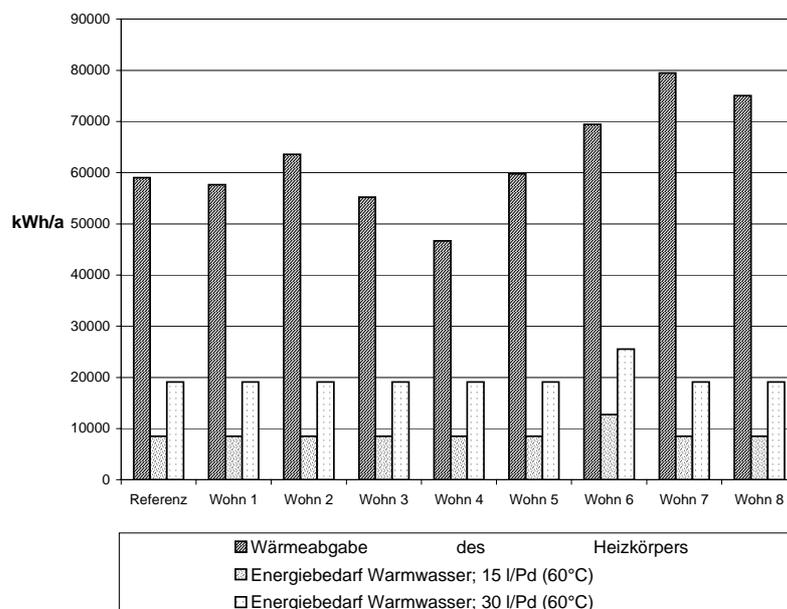


Abb. 21: Energiebedarf des Wohngebäudes für den Simulationszeitraum eines Jahres bezogen auf die Nutzfläche

Wesentliche das Heizungssystem betreffende Simulationsergebnisse der einzelnen Varianten des Wohn- bzw. Bürogebäudes sind in Form von EXCEL-Dateien zusammengefasst worden. In jeder dieser EXCEL-Dateien ist eine Auswertungsmaske (siehe Abbildung 22) enthalten. Am Kopf der Maske ist der Name der Variation verzeichnet. Darunter sind alle wesentlichen Parameter der jeweiligen Variante aufgelistet. Parameter, die von der Referenzvariante abweichen sind mit einem weißen Feld gekennzeichnet. Die Tabelle enthält Stundenwerte des gesamten Simulationsjahres (8760 Stunden).

IWT Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf at:sd

**Referenz\_Wohngebäude**

<b>Wohnungen:</b> .....	12	<b>Wohnnutzfläche:</b> .....	929,7m <sup>2</sup>	<b>Wärmebedarf [ kWh/m<sup>2</sup>a ]:</b> .....	84
<b>Belegung:</b> .....	29 Personen	<b>Raumluftsoltemperatur:</b> .....	21°C	<b>Klimatensatz:</b> .....	Graz 68
<b>Lüftungsverhalten:</b> .....	30m <sup>3</sup> /Pers., Regelfaktor2	<b>Heizkörperlänge:</b> .....	109,8 m	<b>Glas in der Südfassade:</b> .....	33,25%
<b>Wärmeschutz:</b> .....	lt.Norm	<b>Heizkörperhöhe:</b> .....	0,6 m	<b>Glas in der Nordfassade:</b> .....	12,66%
<b>Verglasung:</b> .....	U = 1,1 W/m <sup>2</sup> K, g = 0,599	<b>Auslegungsleistung:</b> .....	42,14 kW	<b>Glas in der Ostfassade:</b> .....	0%

Zeit					Klimadaten			Heizsystem					Warmwasser		Energiebedarf	
Stunde	Stunde	Monat	Tag	Tag	t_Luft	Global	Diffuss	t_	t_	t_	Massen-	Wärme-	15	30	Heizung	Heizung
des	des	des	des	der	[ °C ]	[ W/m <sup>2</sup> ]	[ W/m <sup>2</sup> ]	Raumluft	Vorlauf	Rücklauf	strom	abgabe	Liter pro	Liter pro	und Warm-	und Warm-
Jahres	Tages	Monats	Monats	Woche	[ °C ]	[ W/m <sup>2</sup> ]	[ W/m <sup>2</sup> ]	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]	[ kg / h ]	[ kWh/h ]	Tag/Pers.	Tag/Pers.	wasser	wasser
[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]	[ kWh ]				
1	1	Jänner	1	Montag	-2,5	0	0	21,00	43,04	21,30	5,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2	Jänner	1	Montag	-2,7	0	0	20,99	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
3	3	Jänner	4	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
4	4	Jänner	5	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
5	5	Jänner	6	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
6	6	Jänner	7	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
7	7	Jänner	8	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
8	8	Jänner	9	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
9	9	Jänner	10	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
10	10	Jänner	11	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
11	11	Jänner	12	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
12	12	Jänner	13	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
13	13	Jänner	14	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
14	14	Februar	1	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
15	15	Februar	2	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
16	16	Februar	3	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
17	17	Februar	4	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
18	18	Februar	5	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
19	19	Februar	6	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
20	20	Februar	7	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
21	21	Februar	8	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
22	22	Februar	9	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
23	23	Februar	10	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
24	24	Februar	11	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
25	25	Februar	12	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
26	26	Februar	13	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
27	27	Februar	14	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
28	28	März	1	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
29	29	März	2	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
30	30	März	3	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
31	31	März	4	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
32	32	März	5	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
33	33	März	6	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
34	34	März	7	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
35	35	März	8	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
36	36	März	9	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
37	37	März	10	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
38	38	März	11	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
39	39	März	12	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
40	40	März	13	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
41	41	März	14	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
42	42	April	1	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
43	43	April	2	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
44	44	April	3	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
45	45	April	4	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
46	46	April	5	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
47	47	April	6	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
48	48	April	7	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
49	49	April	8	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
50	50	April	9	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
51	51	April	10	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
52	52	April	11	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
53	53	April	12	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
54	54	April	13	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
55	55	April	14	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
56	56	April	15	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
57	57	April	16	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
58	58	April	17	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
59	59	April	18	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
60	60	April	19	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
61	61	April	20	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
62	62	April	21	Sonntag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
63	63	April	22	Montag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
64	64	April	23	Dienstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
65	65	April	24	Mittwoch	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
66	66	April	25	Donnerstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
67	67	April	26	Freitag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
68	68	April	27	Samstag	-2,7	0	0	20,97	43,19	27,38	2					

## Schlussfolgerungen

- Die Lüftung erhöht die Heizlast entscheidend.
- Eine Raumtemperaturerhöhung um 2°C erhöht den Wärmebedarf für die Heizung um 27% für das Wohn- und um 35% für das Bürogebäude. Dieser Anstieg ist wesentlich höher als bei „normal“ gedämmten Gebäuden des derzeitigen Gebäudebestandes in Österreich.
- Bessere Dämmung reduziert die Heizlast und den Wärmebedarf. Der Anteil der zur Brauchwassererwärmung benötigten Energie am Gesamtwärmebedarf steigt auf etwa 40%.
- Ob eine Verglasung mit kleinerem U-Wert und größerem g-Wert den Wärmebedarf senkt hängt vom Strahlungsangebot auf die betrachtete Fläche und somit wesentlich von der Ausrichtung ab.
- Für die gestellte Aufgabe (Anforderungsprofile gesamter Gebäude) liefern Einzonenmodelle ausreichend genaue Ergebnisse.

## 2.4 Erkenntnisse aus den Simulationsrechnungen

### 2.4.1 Leistungs- und Wärmebedarf der Gebäude

In den Simulationsrechnungen wurde der stündliche Wärmebedarf (im folgenden als „Leistungsbedarf“ bezeichnet) eines Wohn- und eines Bürogebäudes unter verschiedenen angenommenen Randbedingungen (Wohngebäude: 8 Varianten, Bürogebäude: 9 Varianten, siehe Tabellen 8 und 9, Kapitel 2.3) mit einer Auflösung von einer Stunde über den Zeitraum von einem Jahr berechnet. Beim Wohngebäude wurde der Wärmebedarf mit und ohne Brauchwassererwärmung berechnet.

Aus diesen Ergebnissen wurde zunächst die Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs, aufgeteilt in 5 kW Stufen, berechnet. Der Bereich „0 kW“ entspricht dem Fall „kein Leistungsbedarf“. Die Abbildungen finden sich auf den Seiten 55 bis 69.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt:

- Abbildung 24 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs des Wohngebäudes mit Brauchwassererwärmung.
- Abbildung 25 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs des Wohngebäudes ohne Brauchwassererwärmung.
- Abbildung 26 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs des Bürogebäudes.

Man erkennt in Abbildung 24 erwartungsgemäß, dass das Wohngebäude praktisch nie „keinen Leistungsbedarf“ hat. Dies ist durch den Leistungsbedarf für Brauchwassererwärmung im Sommer bedingt. Der Leistungsbedarf zeigt ein ausgeprägtes Häufigkeitsmaximum bei sehr kleiner Leistung, also im Leistungsbereich zwischen 0 und 5 kW. Je nach Variante wird diese Leistung zwischen etwa 4.200 und 5.300 Stunden pro Jahr benötigt.

Etwas höhere Leistungen, im Bereich zwischen 5 und 10 kW, werden rund 1.000 Stunden pro Jahr benötigt, Leistungen darüber über einen noch kürzeren Zeitraum. Die berechnete Heizlast von ca. 42 kW (siehe Anhang/Simulationsbericht, Teil I, 3.3 Einbau des Heizsystems) wird schon kaum mehr benötigt. Es ergibt sich dann ein Leistungsbedarf höher als die Heizlast, wenn die in der Simulationsrechnung verwendete Außentemperatur niedriger ist als die Normaußentemperatur (-12°C für Graz) und in Aufheizperioden bei tiefen Temperaturen.

Abbildung 25 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs des Wohngebäudes ohne Brauchwassererwärmung. Erwartungsgemäß ergeben sich hier zwischen etwa 1.100 und 2.100 Stunden, in denen im Sommer tatsächlich keine Leistung gebraucht wird. Auch in diesem Fall wird die kleinste Leistungsstufe mit rund 3.400 bis 4.100 Stunden pro Jahr immer noch weitaus am häufigsten benötigt.

Ähnliche Verhältnisse zeigt Abbildung 26, in der die Häufigkeit des Leistungsbedarfs des Bürogebäudes dargestellt ist. Da hier keine Brauchwassererwärmung angenommen wurde, ergeben sich etwa 1.700 bis 2.300 Stunden pro Jahr im

Bereich „0 kW“. Ein weiteres Maximum von etwa 800 bis 1.200 Stunden pro Jahr liegt im Bereich zwischen 15 und 20 kW. Die Dauer des Leistungsbedarfs in Höhe der Heizlast von 43 kW ist auch hier sehr kurz.

Für die Beurteilung des Betriebszustandes des Heizungssystems ist neben der Häufigkeit der Leistungsverteilung („Wie viele Stunden im Jahr wird eine bestimmte Leistung benötigt?“) aber auch die Wärmemenge, die bei einer bestimmten Leistung benötigt bzw. erzeugt wird (hier „Leistungsspektrum des Wärmebedarfs“ genannt), von Interesse.

Diese Funktionen wurden ebenfalls aus den Ergebnissen der Simulationsrechnungen ermittelt:

- Abbildung 27 zeigt das Leistungsspektrum des Wärmebedarfs des Wohngebäudes mit Brauchwassererwärmung.
- Abbildung 28 zeigt das Leistungsspektrum des Wärmebedarfs des Wohngebäudes ohne Brauchwassererwärmung.
- Abbildung 29 zeigt das Leistungsspektrum des Wärmebedarfs des Bürogebäudes.

Man erkennt in den Abbildungen 27 und 28, dass der größte Wärmebedarf des Wohngebäudes bei Leistungen zwischen 20 und 35 kW benötigt wird. Abbildung 29 zeigt, dass das Bürogebäude den größten Wärmebedarf in einem etwas niedrigeren Leistungsbereich, nämlich zwischen 20 und 25 kW, hat.

#### 2.4.2 Betrieb der Wärmequelle (Kessel)

Der Wärmebedarf des Gebäudes muss durch die Heizanlage mit der geforderten Leistung gedeckt werden. Bei Vorhandensein eines Wärmespeichers können Wärmebedarf und Wärmebereitstellung im Kessel („Wärmequelle“) zeitlich verschoben bzw. in Bezug auf die Leistung entkoppelt sein. Bezüglich der Regelung der momentanen Leistung der Wärmequelle können hierbei prinzipiell drei Möglichkeiten unterschieden werden:

- a) Die kontinuierliche Betriebsweise der Wärmequelle mit Regelung der Leistung bestmöglich entsprechend dem momentanen Wärmebedarf des Gebäudes.
- b) Die taktende Betriebsweise einer Wärmequelle bei jeweils konstanter Wärmeleistung und Einsatz eines Speichers zur Deckung des momentanen Wärmebedarfs des Gebäudes
- c) Die Kombination der Möglichkeiten a) und b) in der Weise, dass die Wärmequelle den Wärmebedarf des Gebäudes bei hohem Leistungsbedarf in kontinuierlicher Betriebsweise, bei niedrigem Leistungsbedarf in taktender Betriebsweise unter Einsatz eines Speichers deckt.

zu a) Kontinuierliche Betriebsweise der Wärmequelle mit Regelung der Leistung bestmöglich entsprechend dem momentanen Wärmebedarf des Gebäudes

Diese Betriebsweise setzt voraus, dass eine Regelung der Leistung der Wärmequelle im gesamten Leistungsbereich technisch uneingeschränkt möglich ist. Dies ist zum Beispiel bei einer Elektro-Widerstandsheizung der Fall.

Alle Feuerungsanlagen hingegen haben eine untere Leistungsgrenze, bei der ein ordnungsgemäßer Betrieb in technischer Hinsicht bzw. in Bezug auf den geforderten Wirkungsgrad und die geforderte Verbrennungsqualität nicht mehr gewährleistet ist. Die Bereitstellung von Wärme mit einer durchschnittlichen Leistung unterhalb dieser Leistungsgrenze ist bei Feuerungsanlagen daher nur im Taktbetrieb möglich.

zu b) Die taktende Betriebsweise einer Wärmequelle bei jeweils konstanter Wärmeleistung und Einsatz eines Speichers zur Deckung des momentanen Wärmebedarfs des Gebäudes

Diese Betriebsweise ist bei elektrisch beheizten Brauchwasserboilern wie auch Öl- und Gasfeuerungen üblich. Die Vorteile dieser Betriebsweise liegen in der Möglichkeit, den Betrieb der Wärmequelle für eine bestimmte Leistung zu optimieren und - wie bereits erwähnt - in der Einsparung von regeltechnischen Einrichtungen. Bei Öl- und Gasfeuerungen kommt dieser Vorteil besonders zur Wirkung.

Der Nachteil dieser Betriebsweise liegt im oftmaligen Durchlaufen von An- und Abstellphasen mit erhöhten Schadstoffemissionen und Wärmeverlusten. Die Schadstoffemissionen sind durch die schlechten Reaktionsbedingungen in den An- und Abstellphasen begründet. Sie ziehen außerdem Energieverluste durch das Entweichen unverbrannter Stoffe durch den Kamin nach sich. Weitere Verluste ergeben sich aus der Tatsache, dass ein Teil der in den Komponenten der Feuerungsanlage gespeicherten Wärme unterhalb der Heizwassertemperatur anfällt und daher - abhängig von der übrigen wärmemäßigen Einbindung der Feuerung ins Gebäude - zumindest teilweise ungenutzt bleibt bzw. mit dem Rauchgas durch den Schornstein entweicht.

Bei Biomassefeuerungen dauern die An- und Abstellphasen mit schlechten Betriebsbedingungen im allgemeinen länger als bei Öl- und Gasfeuerungen, die nach kurzer Zeit zünden und bei denen die Reaktionsbedingungen nicht so sehr von der Temperatur der Brennkammerwände und den sonstigen physikalischen Bedingungen in der Brennkammer beeinflusst werden, wie dies bei Biomassefeuerungen der Fall ist. Im reinen Taktbetrieb einer Biomassefeuerung können daher sowohl die Schadstoffemissionen wie auch die Energieverluste bezogen auf die Nutzenergie relativ hoch werden. Daher wird bei Einsatz einer Biomassefeuerung derzeit im allgemeinen der kombinierte Betrieb (siehe Absatz c) angestrebt.

Es sei aber dahingestellt, ob bei Einsatz einer optimierten Technik sowie bei Optimierung aller Randbedingungen auch bei einer Biomassefeuerung ein

reiner Taktbetrieb mit einheitlicher Leistung letztlich ökonomischer sein kann als eine kombinierte Betriebsweise.

- zu c) Die Kombination der Möglichkeiten a) und b) in der Weise, dass die Wärmequelle den Wärmebedarf des Gebäudes bei hohem Leistungsbedarf in kontinuierlicher Betriebsweise, bei niedrigem Leistungsbedarf in taktender Betriebsweise deckt.

Dies ist, wie schon erwähnt, die Betriebsweise, in der automatische beschickte Biomassefeuerungen im Allgemeinen arbeiten. Sie sind zumeist so konstruiert, dass die Grenze zwischen kontinuierlich geregelter und taktendem Betrieb bei etwa einem Drittel der Nennleistung liegt. Sie können daher im Leistungsbereich zwischen 1/3 der Nennleistung und der Maximalleistung kontinuierlich geregelt betrieben werden. Dies stellt gemäß heutigem Stand der Technik einen guten Kompromiss zwischen den Vorteilen der kontinuierlichen Leistungsregelung einerseits und den physikalisch bedingten Einschränkungen bei der Leistungsregelung von Biomassefeuerungen andererseits dar. Als Wärmespeicher im Taktbetrieb wirken entweder die ohnehin vorhandenen wärmespeichernden Massen der Heizanlage (Teile der Feuerung und des Kessels, sowie das Heizwasser), oder ein extra installierter bzw. ergänzender Pufferspeicher. Je größer das Speichervermögen dieses Pufferspeichers, desto größer werden die „Pausenzeiten“ im Taktbetrieb und desto kleiner wird somit die Anzahl der „Betriebstakte“.

Qualität der Verbrennung und Wirkungsgrad müssen in dem Leistungsbereich, in dem ein kontinuierlich geregelter Betrieb erfolgt, die geltenden gesetzlichen Bestimmungen erfüllen. Die im Taktbetrieb - bezogen auf die Nutzenergie - auftretenden erhöhten Emissionen bleiben allerdings derzeit im allgemeinen unbeachtet, weil sich die gesetzlichen Bestimmungen bei automatisch beschickten Biomassefeuerungen nur auf den Stationärbetrieb beziehen. Dies ist auch bei Öl- bzw. Gasfeuerungen der Fall. In gewissem Sinne „benachteiligt“ sind hier die händisch beschickten Feuerungen für feste Brennstoffe, bei denen die Emissionen über eine gesamte „Ofenreise“, also über einen gesamten „Betriebstakt“ einschließlich der An- und Abstellphase gemittelt werden. Diesem Umstand wird aber durch die Festsetzung entsprechend höherer Grenzwerte Rechnung getragen.

Bei den folgenden Betrachtungen wird der „konventionelle“ Fall gemäß dem obigen Absatz c) angenommen, nämlich dass die Feuerungsanlage in den betrachteten Fällen „Wohngebäude“ und „Bürogebäude“ bis hinab zu 15 kW - entsprechend ca. einem Drittel Teilleistung - kontinuierlich leistungsgeregelt, darunter aber taktend betrieben wird. Das heißt, dass sich die Feuerungsanlage unterhalb eines Leistungsbedarfs von 15 kW und nachdem ein etwaiger Pufferspeicher bereits aufgeladen ist, also bei Erfüllung der Vorgabe für die maximale Kesselwassertemperatur, selbsttätig abstellt und erst wieder anfährt, wenn der

Pufferspeicher entladen ist bzw. die Kesselwassertemperatur unter den eingestellten Minimalwert absinkt.

Nach dem Wiederanfahren wird die Feuerung - gemäß dem angewendeten Regelungsalgorithmus - versuchen, den Maximalwert der Kesselwassertemperatur so rasch wie möglich wieder zu erreichen bzw. den Speicher so rasch wie möglich wieder aufzuladen. Das heißt, dass der Taktbetrieb - sofern keine besonderen regelungstechnischen Maßnahmen getroffen werden, die die Leistung im Taktbetrieb begrenzen - im wesentlichen bei der technisch vorgesehenen Maximalleistung der Wärmequelle bzw. bei einer Leistung entsprechend der Heizlast erfolgt.

Die Merkmale dieser Betriebsweise werden anhand der folgenden Abbildungen 30, 31 und 32, die die Häufigkeitsverteilung der Kesselleistung (bereitgestellten Leistung), sowie anhand der Abbildungen 33, 34 und 35, die das Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme für diesen Fall zeigen, erörtert.

- Abbildung 30 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kesselleistung für das Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 - 45 kW erfolgt.
- Abbildung 31 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kesselleistung für das Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 - 45 kW erfolgt.
- Abbildung 32 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kesselleistung für das Bürogebäude, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 - 45 kW erfolgt.

Man erkennt in Abbildung 30 dass die Feuerungsanlage des Wohngebäudes mit Brauchwassererwärmung Stillstandszeiten von etwa 5.200 bis 6.300 Stunden aufweist. Die längste Betriebsdauer (rund 700 bis 800 Stunden pro Jahr) entfällt auf den Leistungsbereich zwischen 15 bis 20 kW. Bei höheren Leistungen fällt die Betriebsdauer weiter ab. Im Leistungsbereich 40 bis 45 kW ergibt sich erwartungsgemäß wieder eine höhere Betriebsdauer, die durch den Taktbetrieb bei dieser konstanten Leistung begründet ist.

Ohne Brauchwassererwärmung (Abbildung 31) wird die Stillstandsdauer erwartungsgemäß noch höher (5.800 bis 6.900 Stunden pro Jahr). Die Betriebsdauer im Taktbetrieb bei konstanter Kesselleistung von 40 bis 45 kW wird entsprechend verringert (etwa 400 bis 500 Stunden pro Jahr), im übrigen Leistungsbereich ändert sich nur wenig.

Die Verhältnisse im Bürogebäude (Abbildung 32) entsprechen in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung der Leistung näherungsweise jenen im Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung. Niedrige Leistungen im Bereich zwischen 20 und 25 kW treten mit rund 1.000 Stunden etwas häufiger auf als im Wohngebäude.

In den Abbildungen 33, 34 und 35 sind „Leistungsspektren der bereitgestellten Wärme“ unter der Annahme, dass die Feuerungsanlage mit einer Mindestleistung von 15 kW fährt oder stillsteht, dargestellt.

- Abbildung 33 zeigt das Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme für das Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 bis 45 kW erfolgt.
- Abbildung 34 zeigt das Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme für das Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 bis 45 kW erfolgt.
- Abbildung 35 zeigt das Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme für das Bürogebäude, wobei ein allfälliger Taktbetrieb mit einer konstanten Kesselleistung von 40 bis 45 kW erfolgt.

Die in den Abbildungen 33, 34 und 35 dargestellten Leistungsspektren der bereitgestellten Wärme zeigen in allen drei Fällen signifikant, dass die Wärmeerzeugung bei kontinuierlich geregelterm Betrieb überwiegend bei niedrigen Kesselleistungen zwischen 20 und 35 kW erfolgt. Eine zumindest ebenso große Wärmemenge wird aber auch im Taktbetrieb bei einer konstanten Kesselleistung von 40 bis 45 kW erzeugt. Im Fall des Wohngebäudes mit Brauchwassererwärmung (Abbildung 33) ist die im Taktbetrieb erzeugte Wärmemenge nahezu doppelt so groß wie die im kontinuierlich geregelterm Betrieb erzeugte Wärme; in den zwei anderen Fällen ist sie etwa gleich groß. Dies zeigt deutlich den Einfluss der Brauchwassererwärmung im Sommer.

Ein Vergleich mit der Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs (Abbildungen 24, 25 und 26) zeigt, dass die häufig auftretende Kesselleistung von 40 bis 45 kW (bzw. die jeweils „rechte“ Häufungsstelle in den Abbildungen 29 bis 35) ausschließlich durch den Taktbetrieb und in keiner Weise durch ein in diesem Leistungsbereich liegendes Wärmebedarfsmaximum begründet ist. Die in den „rechten“ Häufungsstellen erzeugte Wärme könnte daher auch mit einer kleineren Kesselleistung bereitgestellt werden.

Dies könnte folgende Vorteile haben:

- Die Anzahl der Takte bzw. das Verhältnis zwischen „Brennzeit“ und „Pausenzeit“ im Taktbetrieb würde sich verringern, wodurch die Verluste bezogen auf die Nutzwärme, also der Nutzungsgrad im Taktbetrieb kleiner würden (siehe Absatz zu b).
- Die „rechte“ Häufungsstelle bei Vollast würde zur „linken“ Häufungsstelle bei Teillast hin verschoben werden. Im Idealfall gäbe es nur mehr eine Häufungsstelle bei Teillast. Die Feuerungsanlage könnte dann vorwiegend für diesen einen, niedrigeren Teillastbereich technisch optimiert werden, was einerseits zu einer kleineren Baugröße mit verringerten Kosten und andererseits zu einem höheren Gesamt-Jahresnutzungsgrad führen könnte (nähere Erläuterungen hierzu finden sich in Abschnitt 2.4.3).

Der Einfluss einer solchen „Verschiebung“ bzw. Verringerung der konstanten Kesselleistung im Taktbetrieb auf die Häufigkeitsverteilung der Kesselleistung und

auf das Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme wurde anhand der angenommenen Modellgebäude neben dem bereits beschriebenen

- Fall 1: Die konstante Kesselleistung im Taktbetrieb beträgt 40 bis 45 kW  
(Abbildungen 30, 31, 32 bzw. 33, 34, 35)

für die folgenden 3 weiteren Fälle untersucht:

- Fall 2: Die konstante Kesselleistung im Taktbetrieb beträgt 25 bis 30 kW  
(siehe Abbildungen 36, 37, 38, bzw. 39, 40, 41)
- Fall 3: Die konstante Kesselleistung im Taktbetrieb beträgt 20 bis 25 kW  
(siehe Abbildungen 42, 43, 44, bzw. 45, 46, 47)
- Fall 4: Die konstante Kesselleistung im Taktbetrieb beträgt 15 bis 20 kW  
(siehe Abbildungen 48, 49, 50, bzw. 51, 52, 53)

Der gruppenweise Vergleich dieser Abbildungen zeigt die schrittweise Verschiebung der durch den Taktbetrieb begründeten Häufungsstelle in Richtung immer kleinerer Leistung. In den Fällen 2 und 3, also bei einer konstanten Kesselleistung von 25 bis 30 kW bzw. 20 bis 25 kW fällt diese Häufungsstelle näherungsweise mit der Lage des häufigsten Leistungsbedarfs des Gebäudes zusammen (vergleiche Abbildungen 27, 28 und 29) und es entstehen die höchsten „Peaks“.

In Fall 4 liegt die durch den Taktbetrieb begründete Häufungsstelle niedriger als die Stelle des häufigsten Leistungsbedarfs des Gebäudes. Die insgesamt entstehenden „Peaks“ sind etwas niedriger als in den Fällen 2 bzw. 3, das heißt die Wärmebereitstellung ist etwas weniger auf „eine“ überwiegende Leistung konzentriert. Andererseits würde in diesem Fall aufgrund des Taktbetriebs bei der kleinstmöglichen konstanten Leistung der oben genannte Vorteil längstmöglicher „Brennzeiten“ im Taktbetrieb am besten zur Wirkung kommen. Dieser Fall würde auch die kleinstmögliche Feuerungs-Nennleistung ermöglichen, wobei allerdings das wirtschaftliche Gesamtoptimum der Investition in Verbindung mit der erforderlichen Größe des Pufferspeichers zu ermitteln wäre.

Welche der angeführten Regelungsstrategien letztlich den größten Jahresnutzungsgrad der Heizanlage bewirkt, hängt vom Wirkungsgrad der Feuerungsanlagen bei verschiedenen Leistungen, vor allem aber vom Gesamtwirkungsgrad im Taktbetrieb ab. Eine nähere Analyse hierzu erfolgt im Abschnitt 2.4.3.

### 2.4.3 Jahresnutzungsgrad der Wärmequelle (Kessel)

Der Jahresnutzungsgrad der Heizanlage kann, sofern die benötigten Einzelparameter bekannt sind, aus dem Wirkungsgrad der Heizanlage als Funktion ihrer Leistung, zusammen mit dem Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme berechnet werden.

Die Nutzwärme ( $W$ ) wird in bei verschiedenen Leistungen ( $p_i$ ) erbracht, die in unterschiedlich langen Zeitintervallen  $\Delta t_i$  benötigt werden.

Für die Nutzwärme ( $W$ ) gilt:

$$W = \sum W(p_i) = \sum p_i * \Delta t_i$$

Die benötigten Brennstoffenergien ( $E_i$ ) ergeben sich aus der Nutzwärme durch Division durch den Wirkungsgrad ( $\eta$ ), der, abhängig von der Feuerungsanlage bzw. der Heizungstechnik, eine charakteristische Funktion von  $p$  (bzw. hier bezogen auf einen diskreten Leistungsbereich  $p_i$ ) ist:

$$E_i = 1/\eta(p_i) * W(p_i) \quad (\text{Gleichung 1})$$

Die gesamte Brennstoffenergie ergibt sich somit zu

$$E = \sum 1/\eta(p_i) * W(p_i) \quad (\text{Gleichung 2})$$

Der Jahresnutzungsgrad ( $\eta_J$ ) ist somit

$$\eta_J = W / E = \frac{W}{\sum 1/\eta(p_i) * W(p_i)} \quad (\text{Gleichung 3})$$

Er kann dadurch optimiert werden, dass man versucht, den Nenner möglichst klein zu halten. Dies gelingt im Prinzip dadurch, dass man die Feuerung so auslegt, dass ihr Wirkungsgrad in jenem Leistungsbereich hoch ist, in dem die meiste Wärme erzeugt wird.

Wie die Ergebnisse der Simulationsrechnungen gezeigt haben (siehe insbesondere Abbildungen 51 bis 53), ist dies keinesfalls die Heizlast (hier 42 kW) sondern - unter den getroffenen Annahmen - die Mindestleistung, auf die die Regelung der Feuerung eingestellt ist. Bei Nennleistung und darüber wird kaum ein Zehntel der Wärme erzeugt. Für eine ökonomische Betriebsweise ist es daher besonders wichtig, dass die Feuerungsanlage bei Teillast einen hohen Wirkungsgrad hat. Wird ein Leistungsbereich der Teillast im Taktbetrieb abgedeckt, so sind die in den dabei zu durchlaufenden instationären Betriebszuständen auftretenden erhöhten Verluste zu berücksichtigen. Leider sind quantitative Angaben über Wirkungsgrade von Feuerungen bei Taktbetrieb nur sehr spärlich verfügbar, so dass Gleichung 3 unter der Annahme eines teilweisen Taktbetriebs derzeit nicht berechnet werden kann.

Experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung des Wirkungsgrades einer Biomassefeuerung bei Taktbetrieb sind jedoch im Rahmen des Projekts

„Untersuchungen zur Regelung von Biomasse-Feuerungen zur emissions- und effizienzoptimierten Beheizung von Wohn- und Bürobauten“, das ebenfalls im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Haus der Zukunft“ bearbeitet wird, am Beispiel einer konkreten 50 kW Feuerung vorgesehen. Die Ergebnisse werden voraussichtlich weiterführende Schlussfolgerungen in Bezug auf die Optimierung des Jahresnutzungsgrades zulassen.

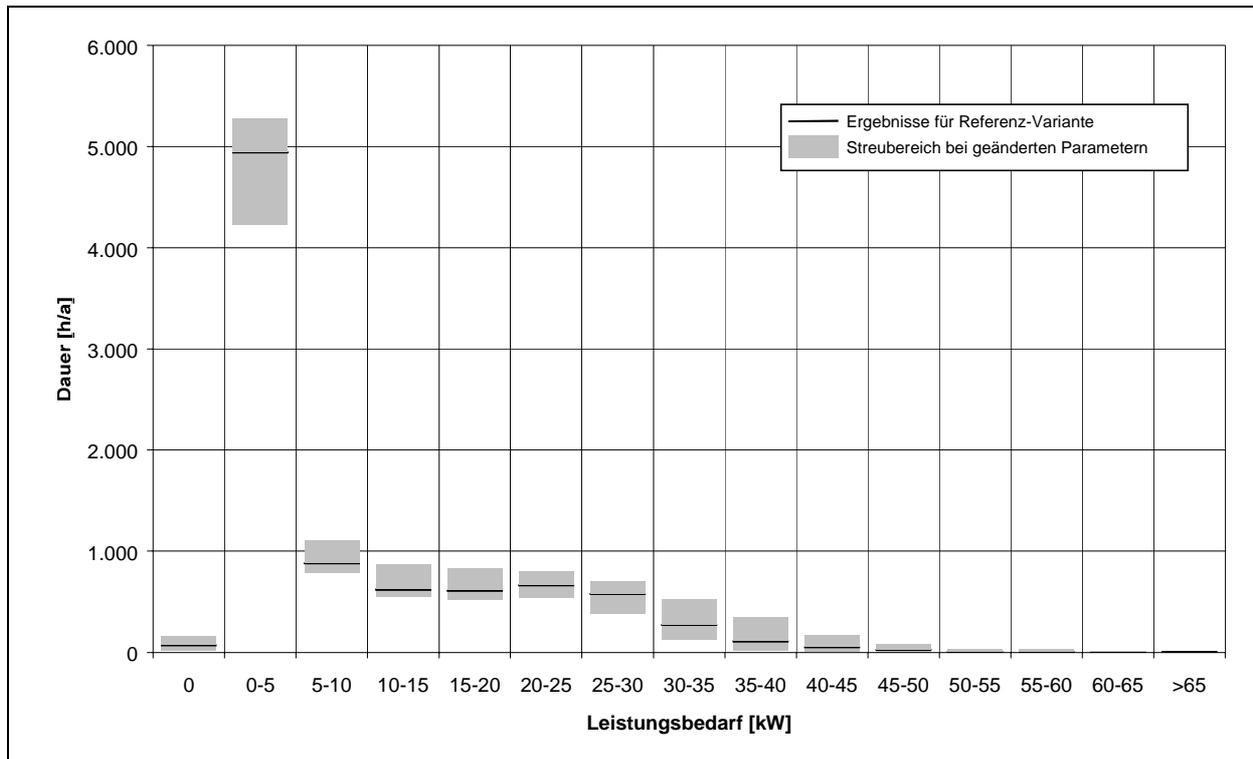


Abb. 24: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung – Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs

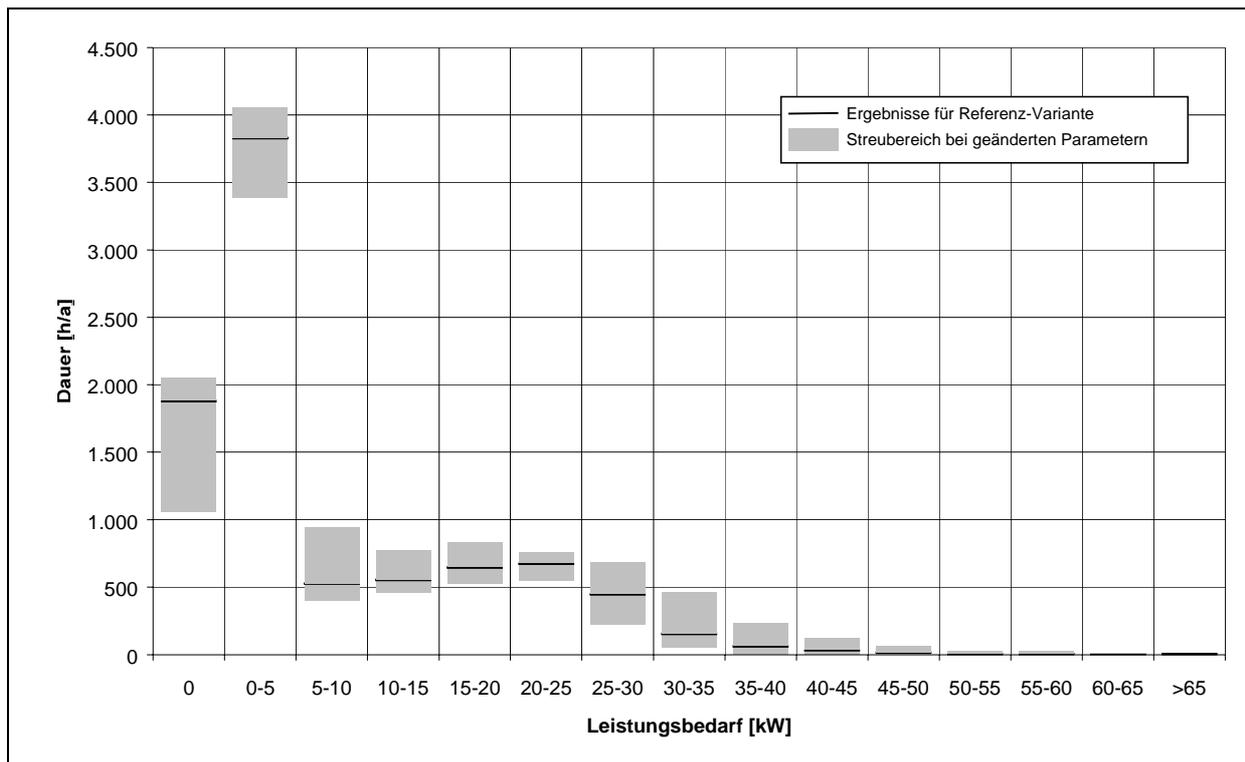


Abb. 25: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung – Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs

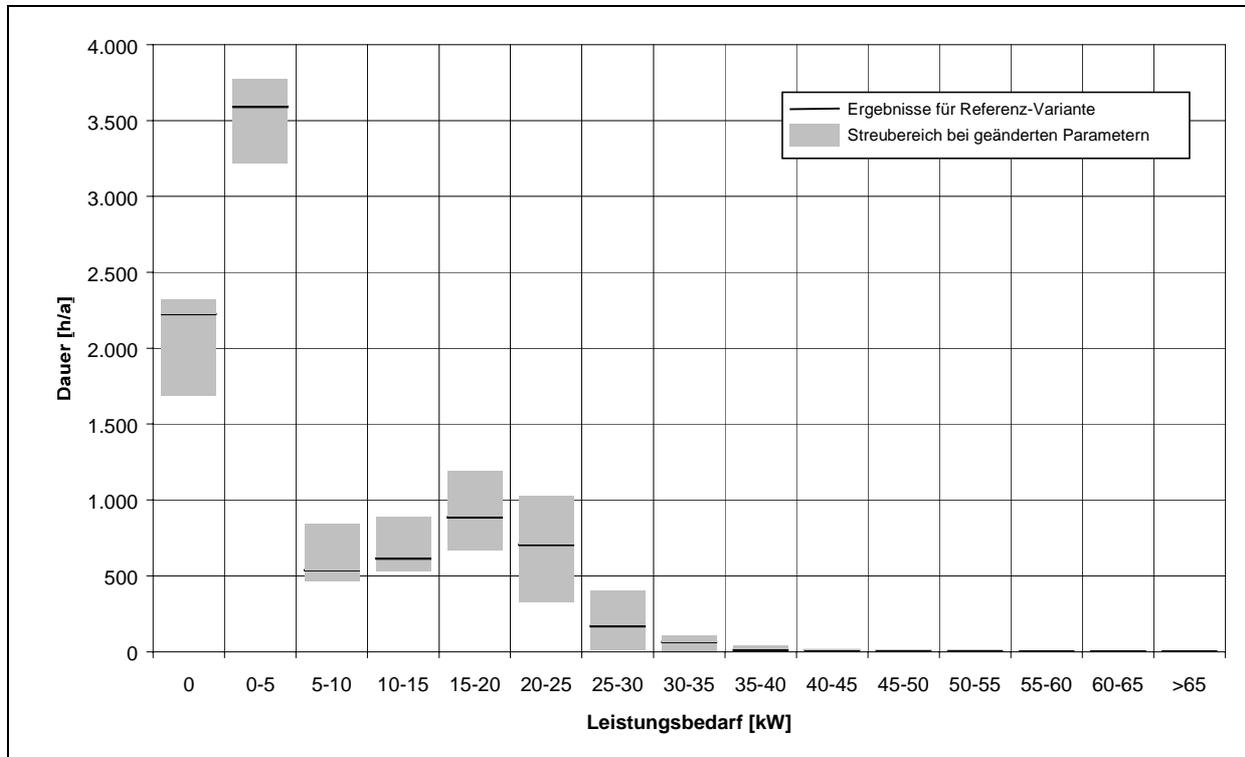


Abb. 26: Bürogebäude – Häufigkeitsverteilung des Leistungsbedarfs

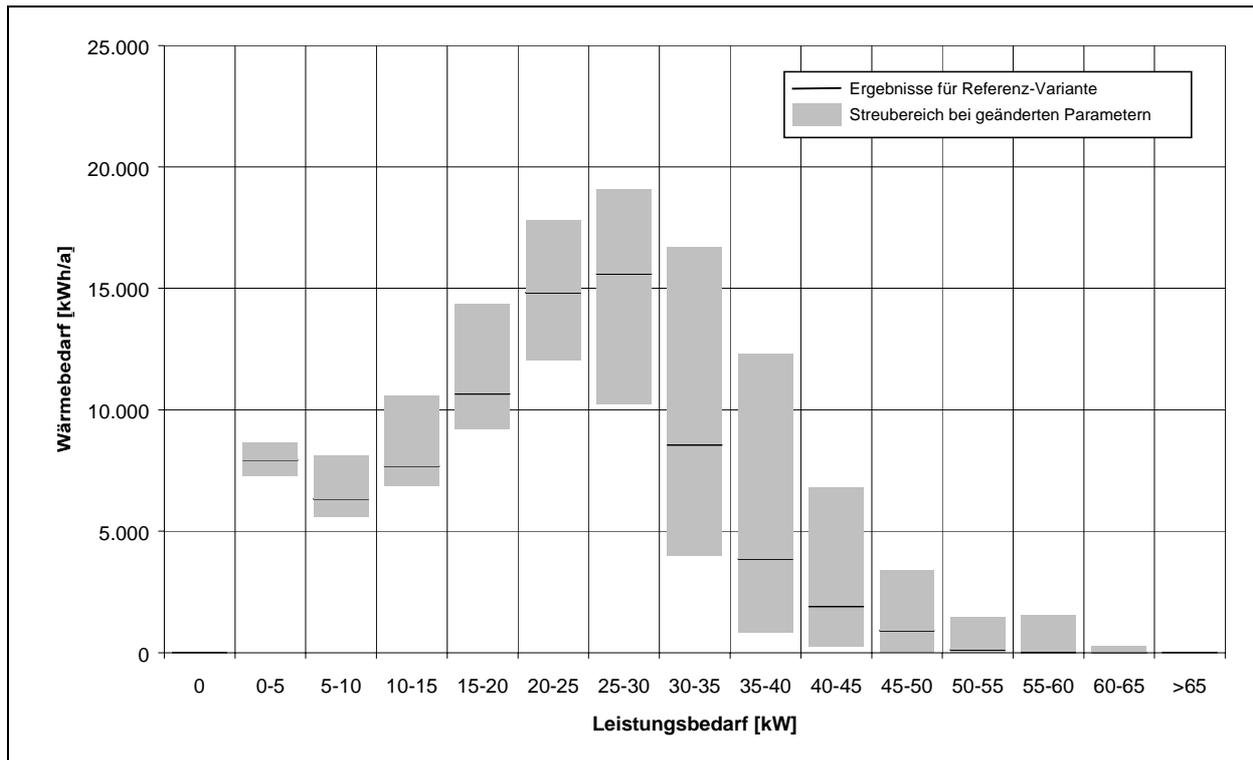


Abb. 27: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung – Leistungsspektrum des Wärmebedarfs

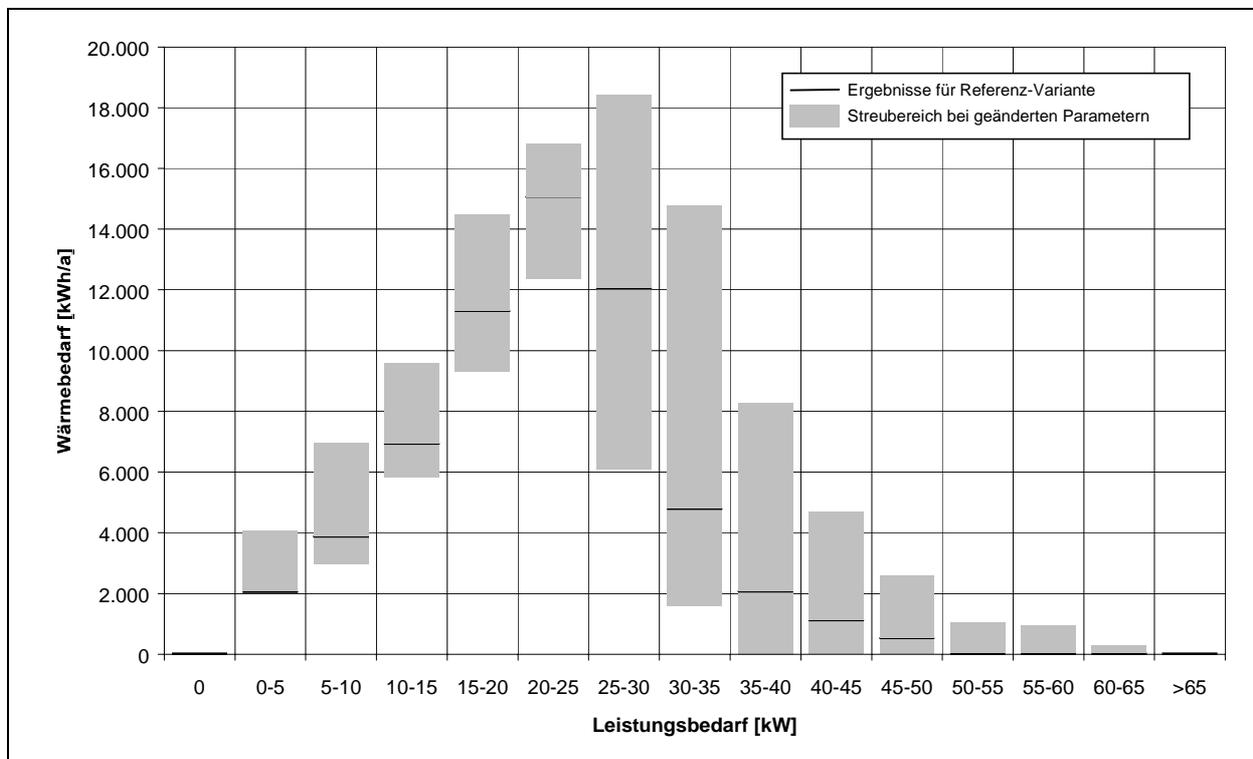


Abb. 28: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung – Leistungsspektrum des Wärmebedarfs

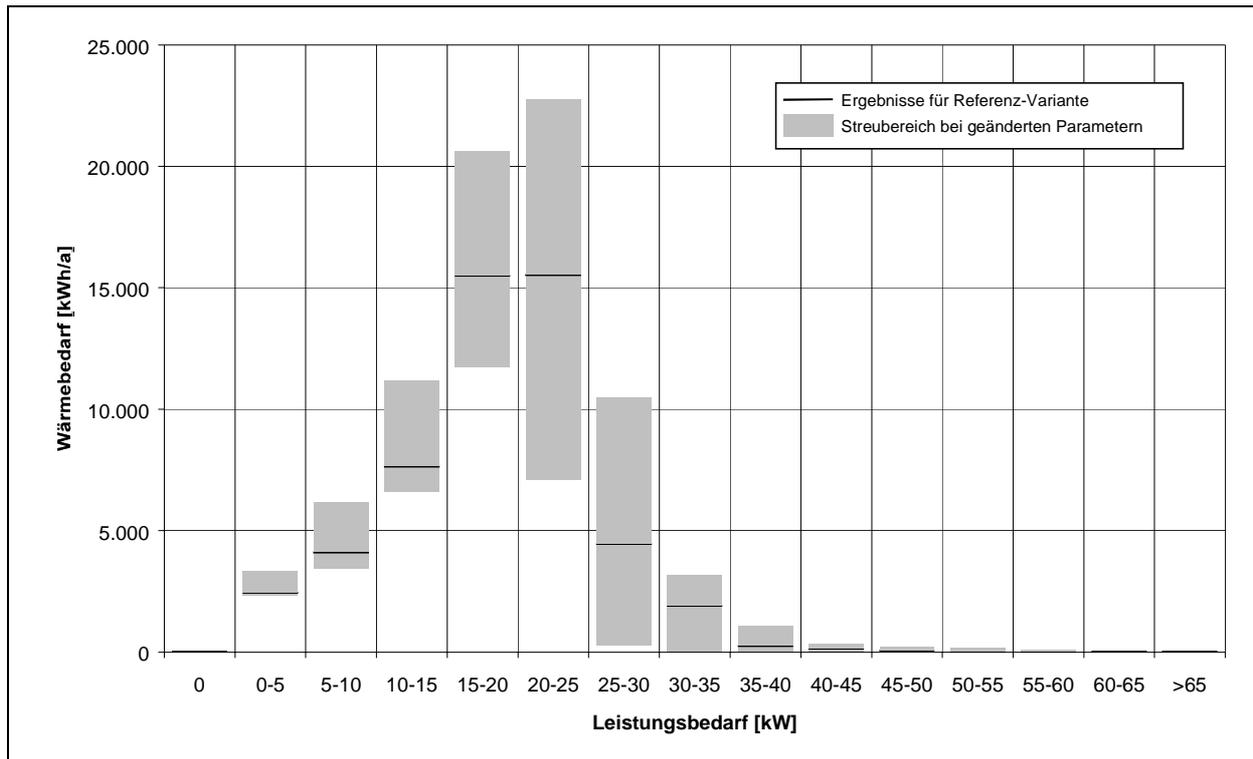
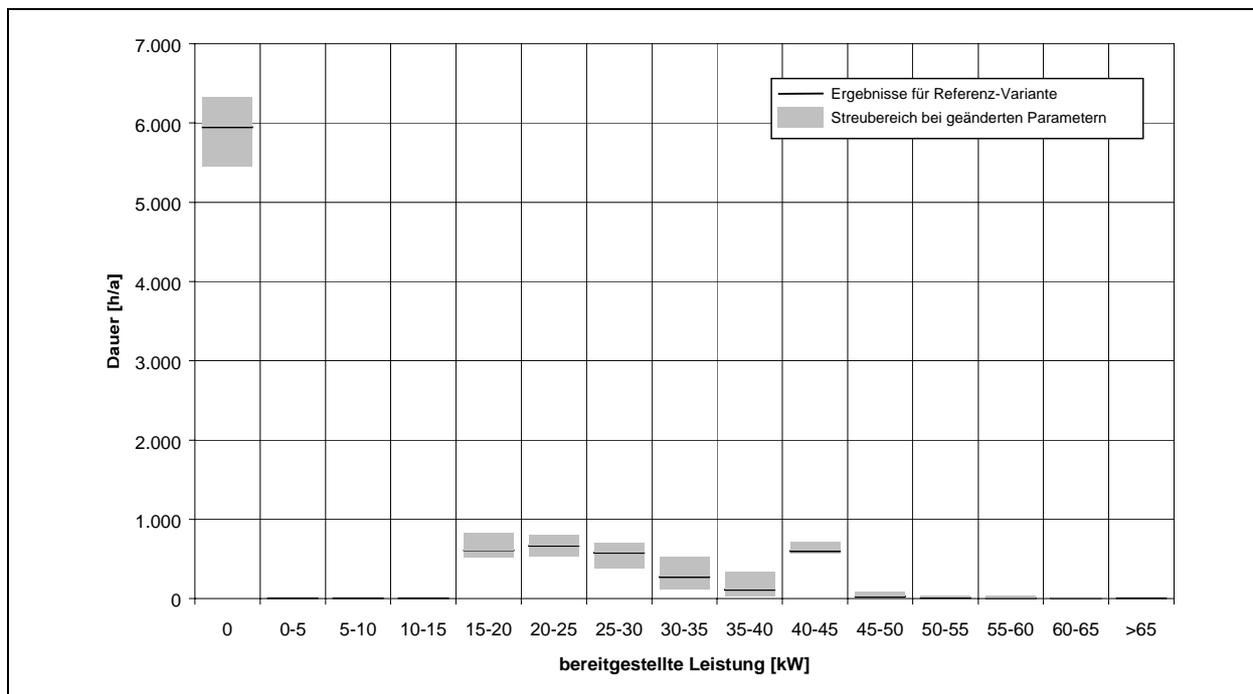
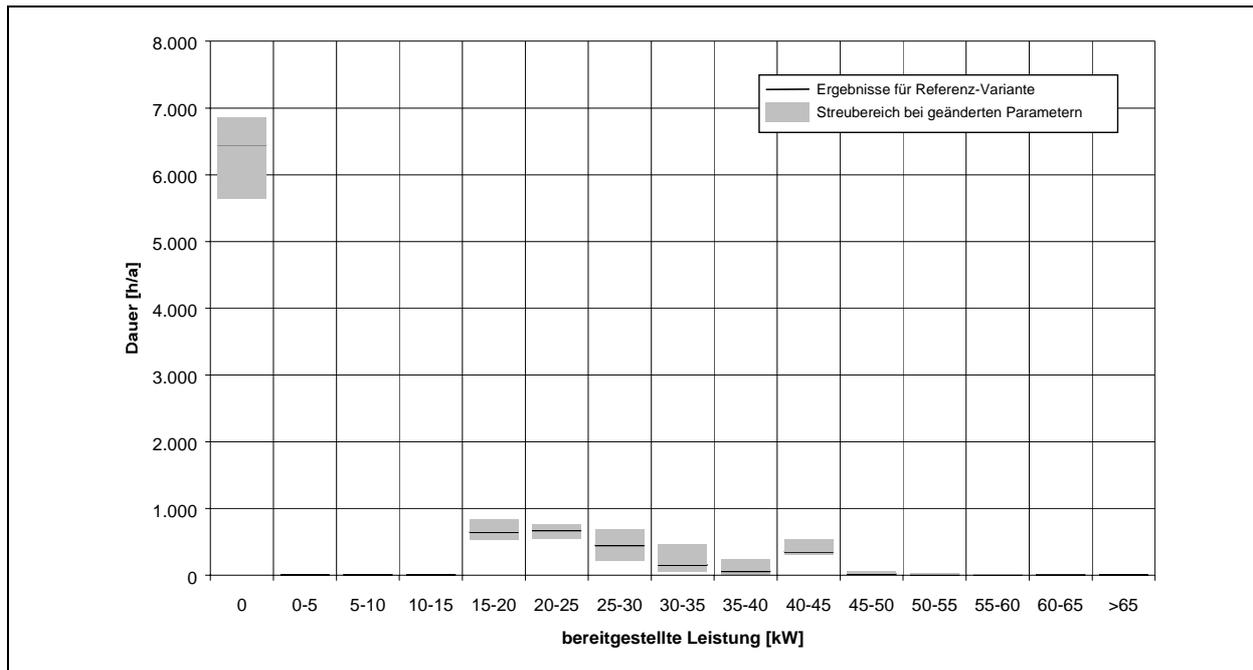


Abb. 29: Bürogebäude – Leistungsspektrum des Wärmebedarfs mit Brauchwasser



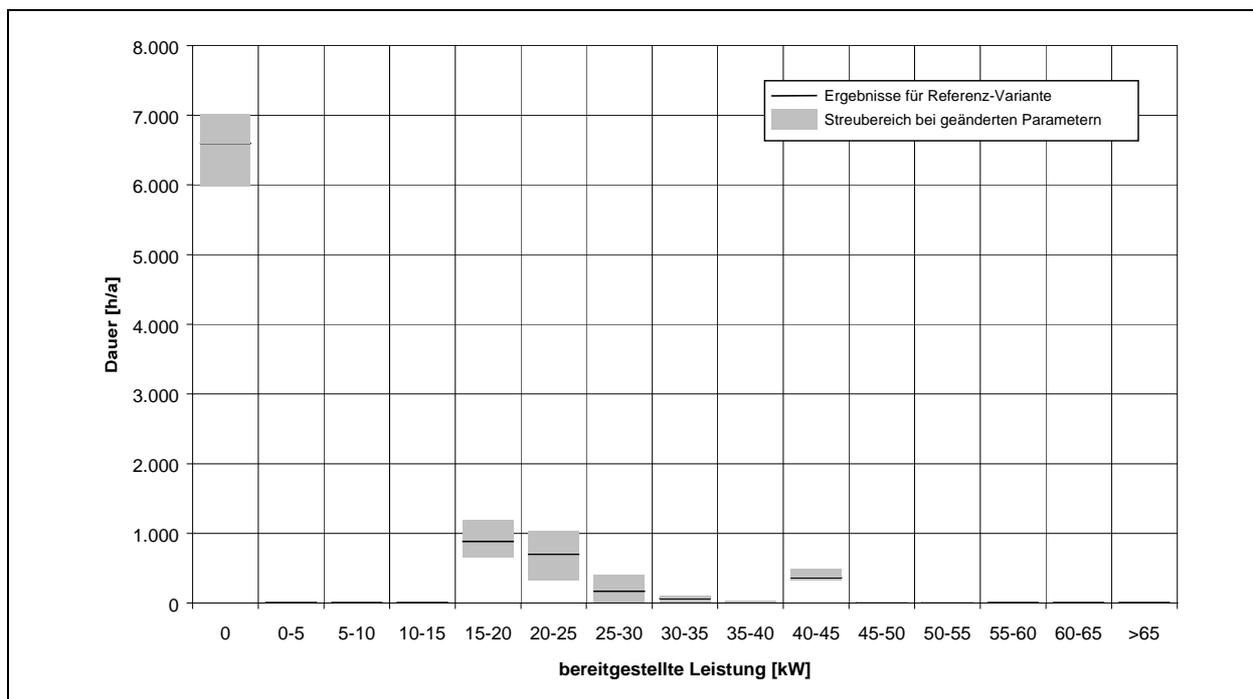
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

Abb. 30: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



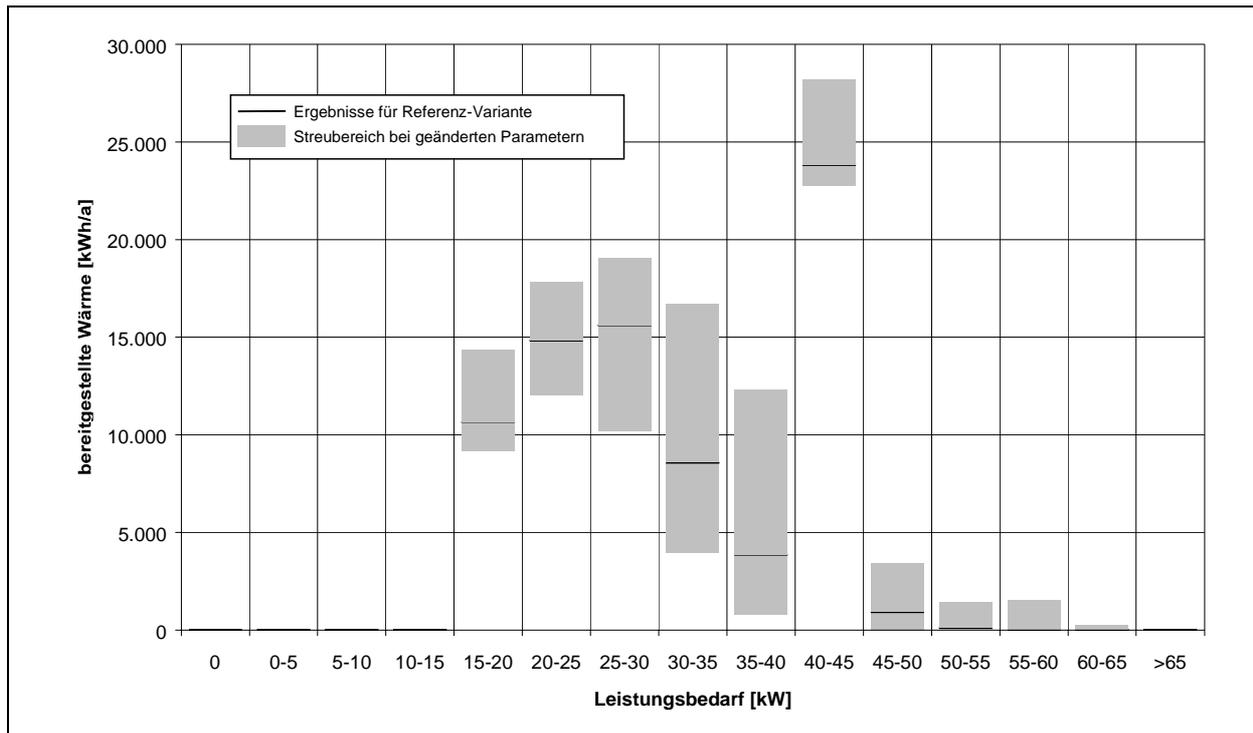
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

**Abb. 31: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung**



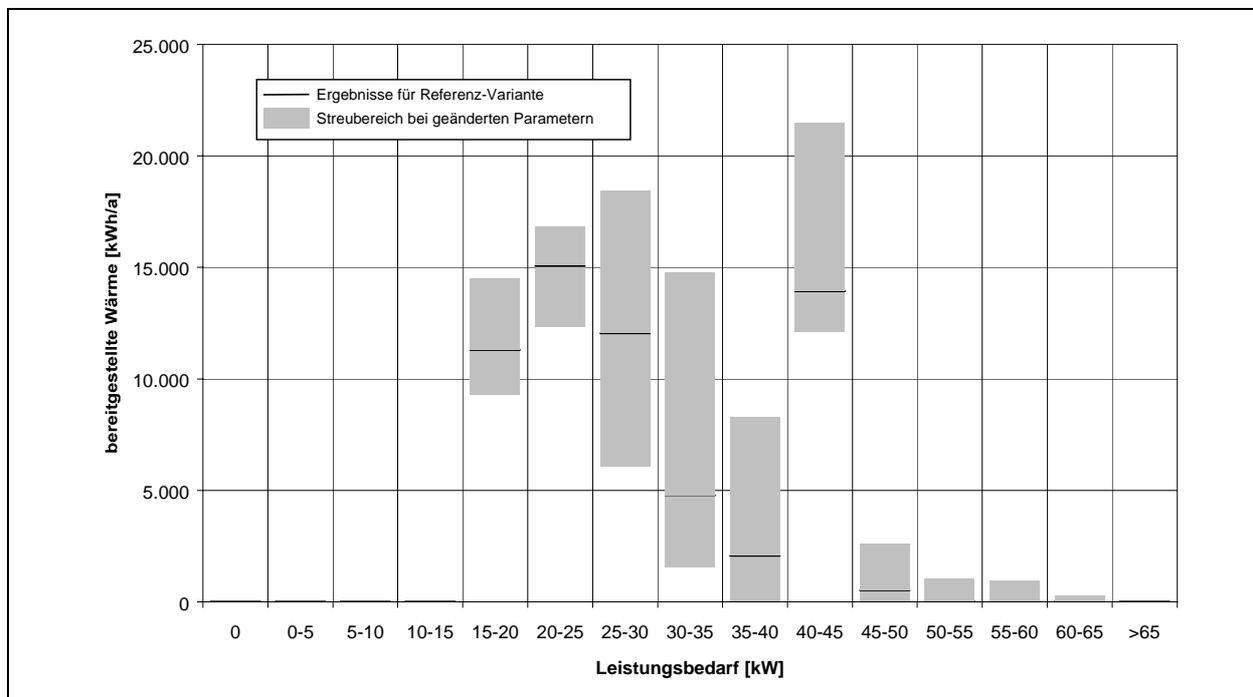
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

**Abb. 32: Bürogebäude - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung**



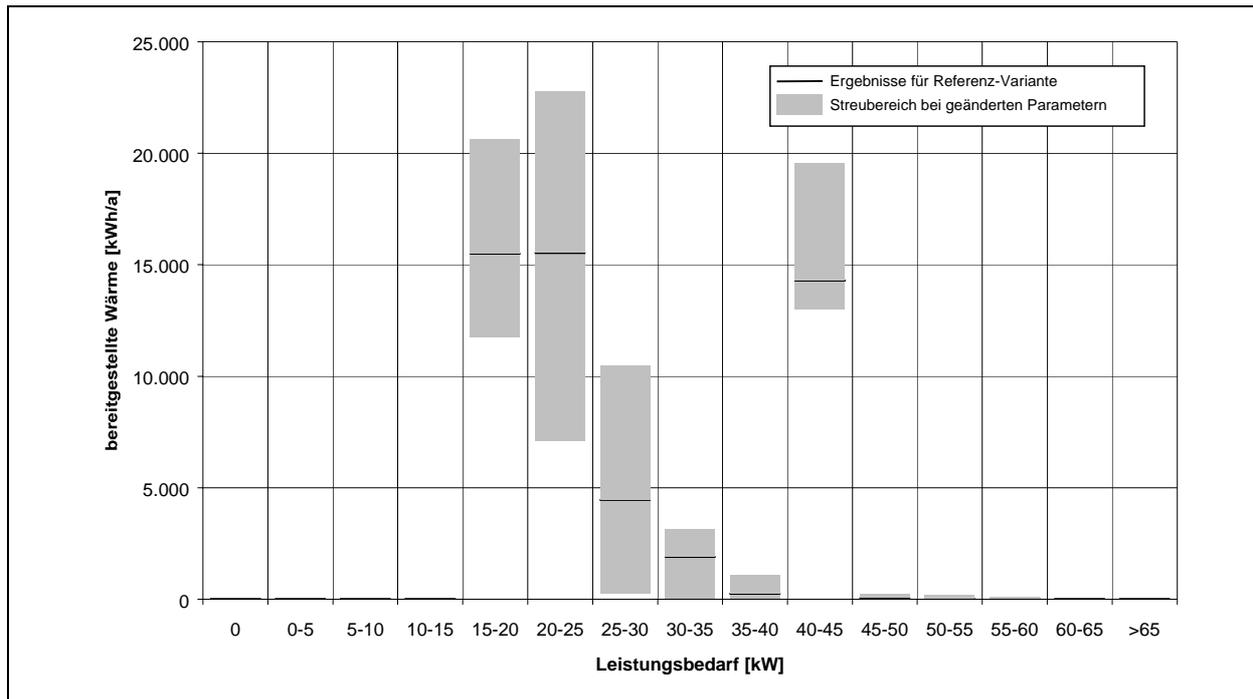
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

Abb. 33: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



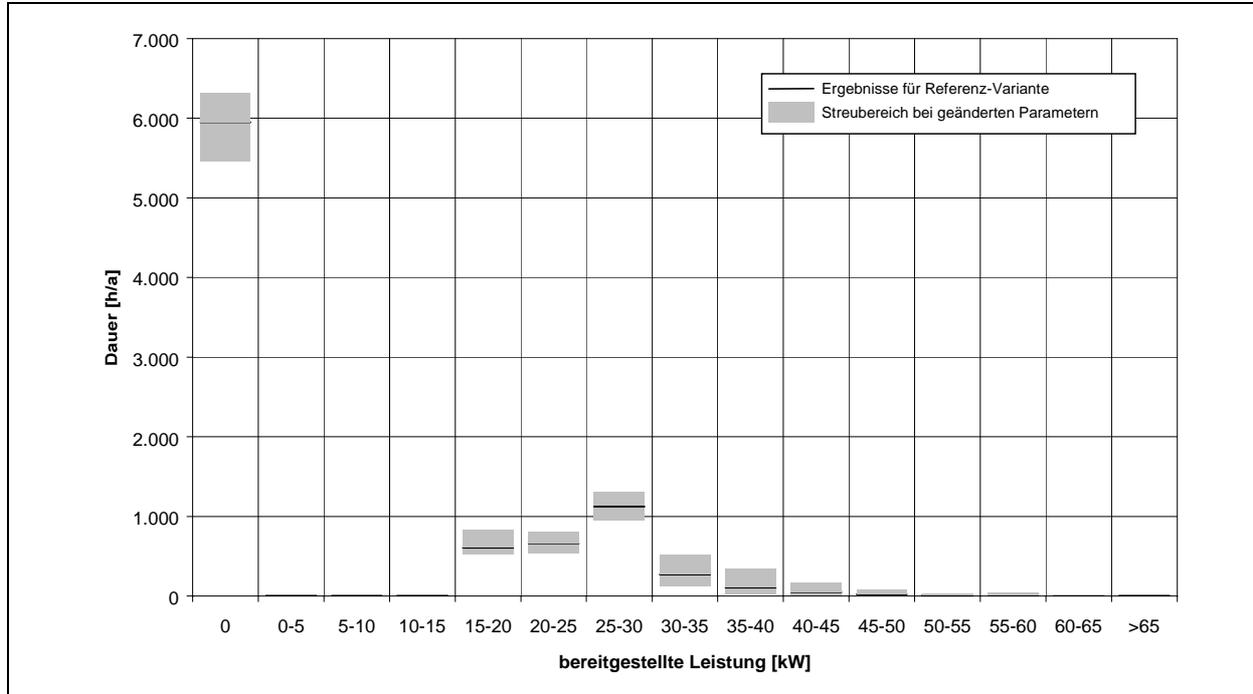
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

Abb. 34: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



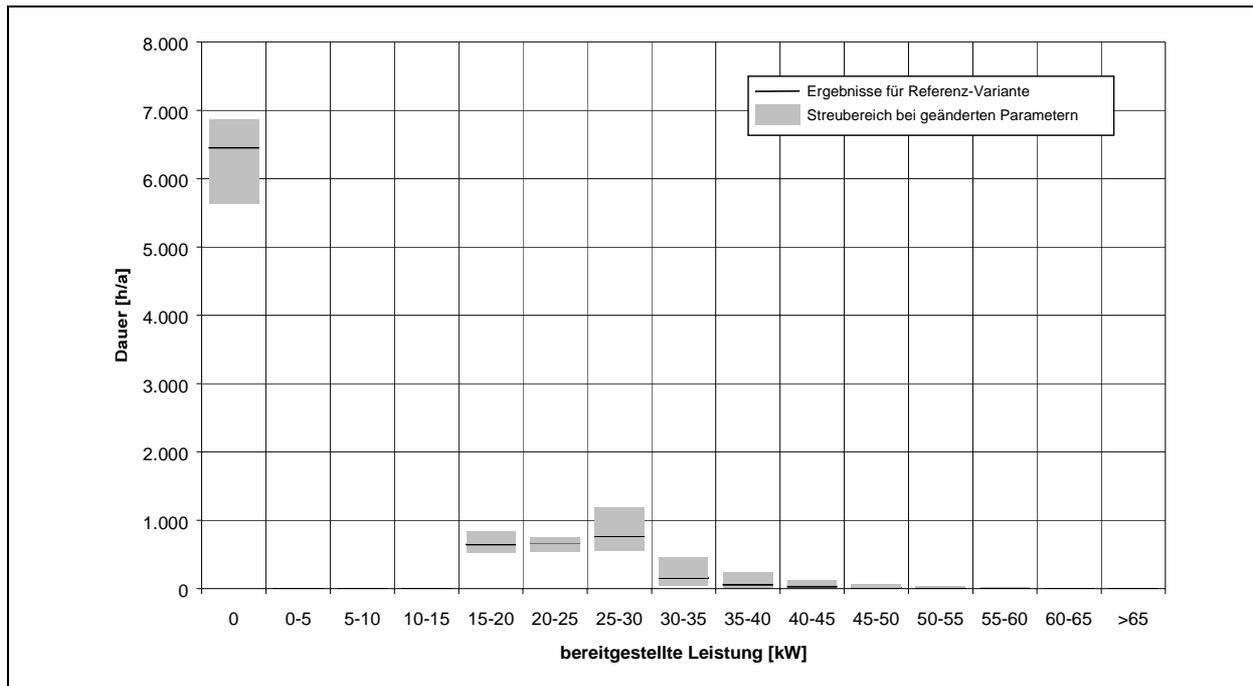
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 40 - 45 kW

Abb. 35: Bürogebäude - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



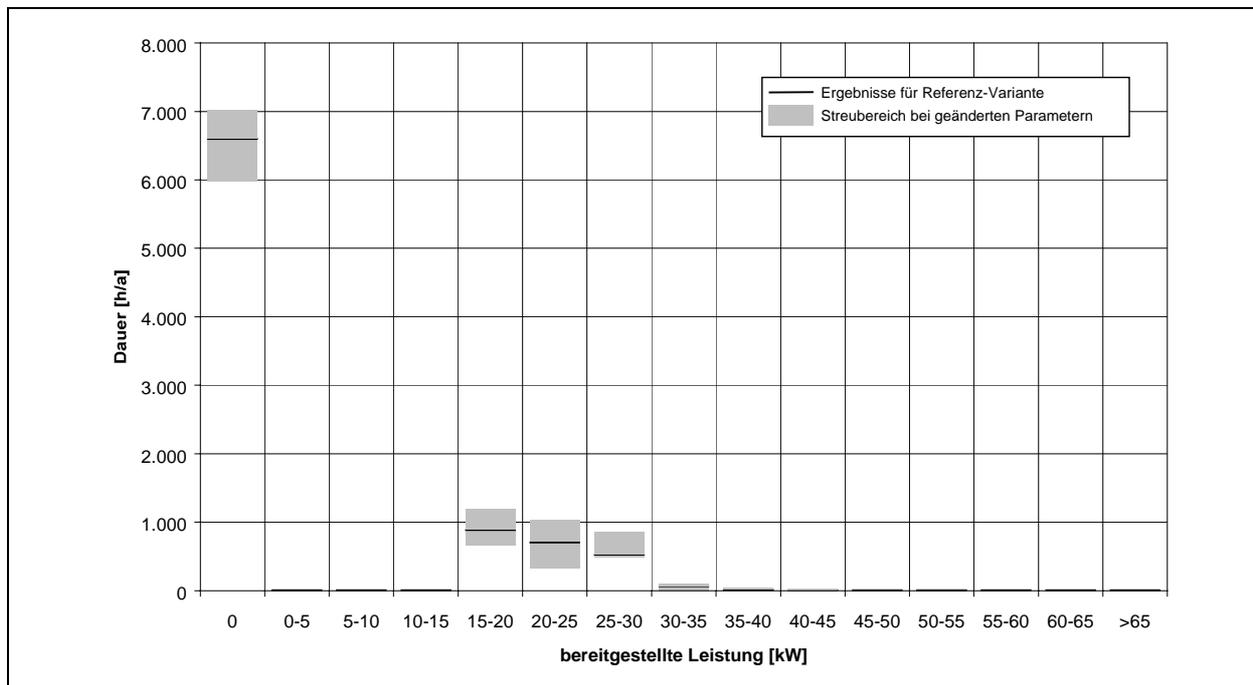
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

Abb. 36: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



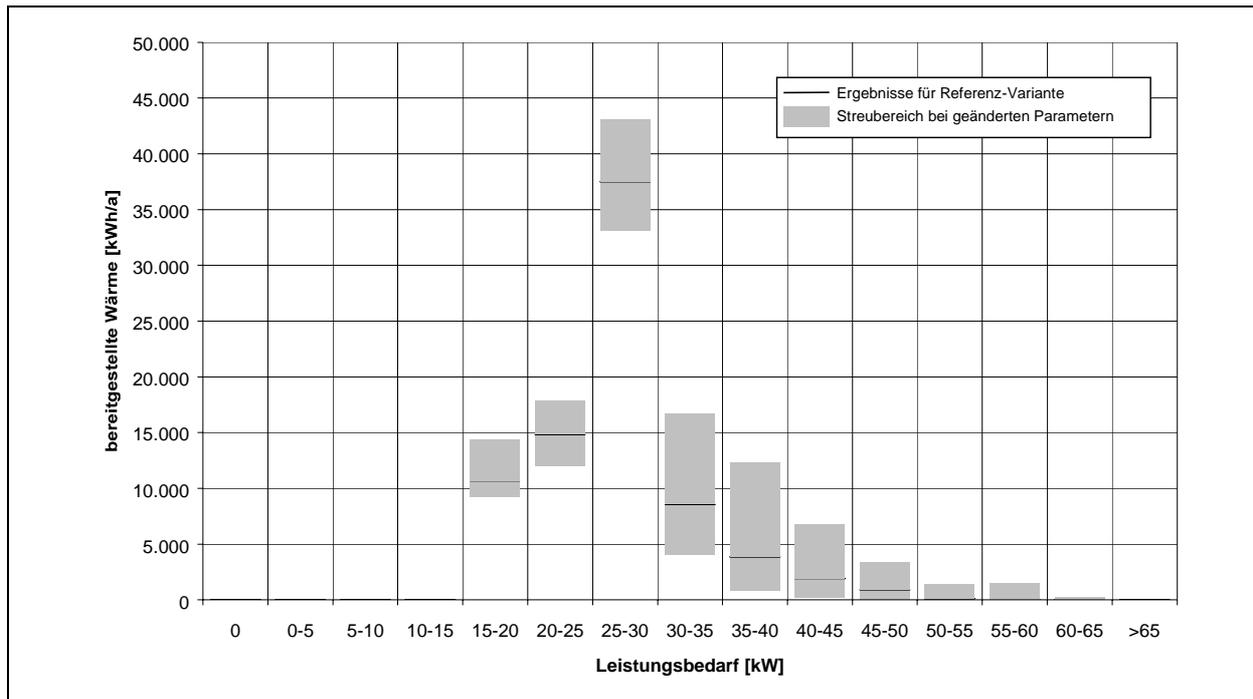
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

**Abb. 37: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung**



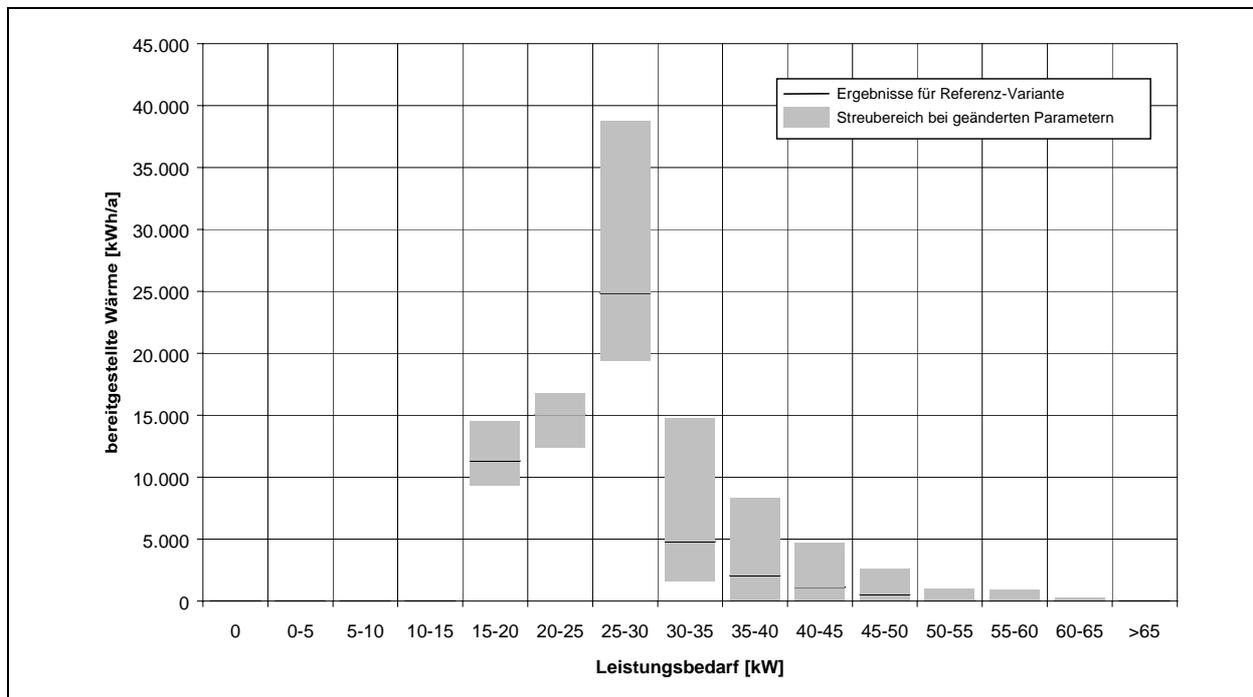
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

**Abb. 38: Bürogebäude - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung**



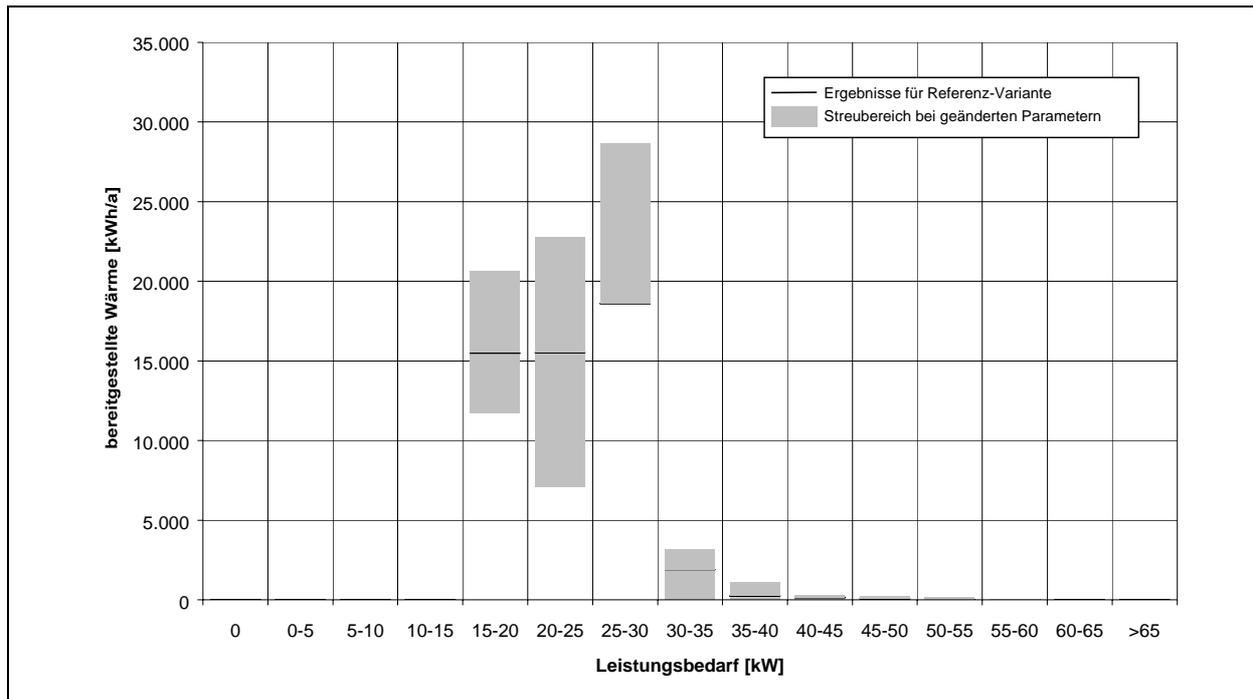
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

Abb. 39: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



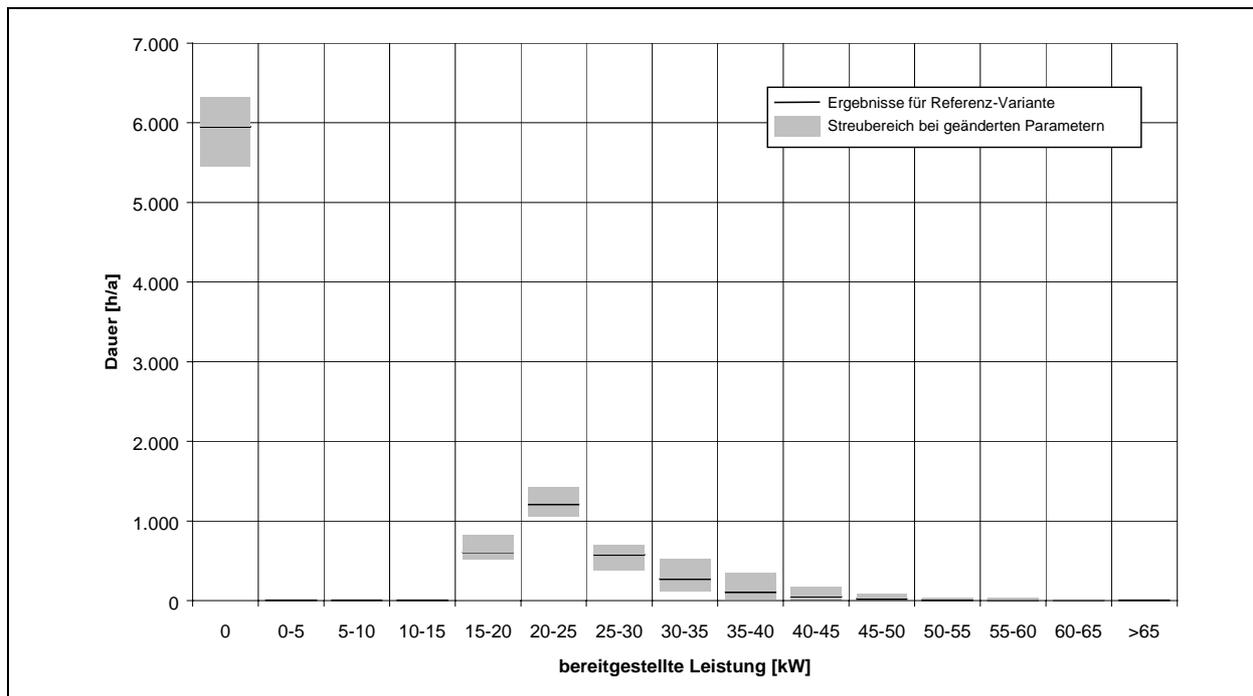
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

Abb. 40: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



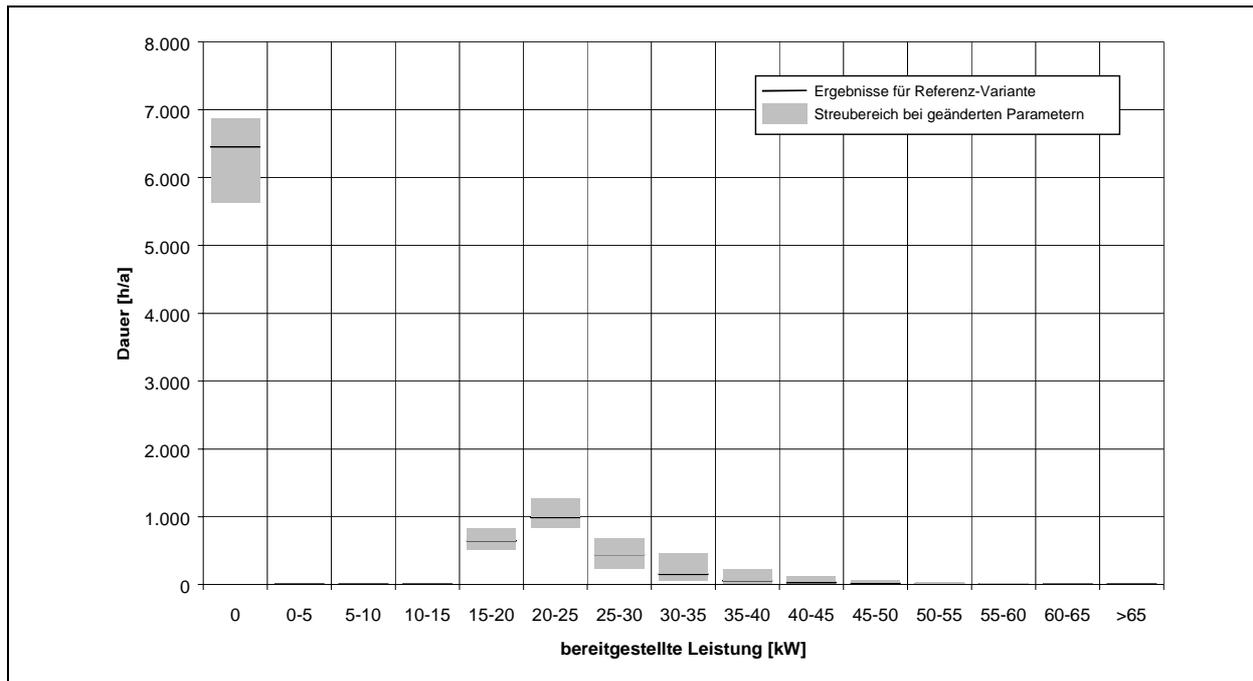
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 25 - 30 kW

Abb. 41: Bürogebäude - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



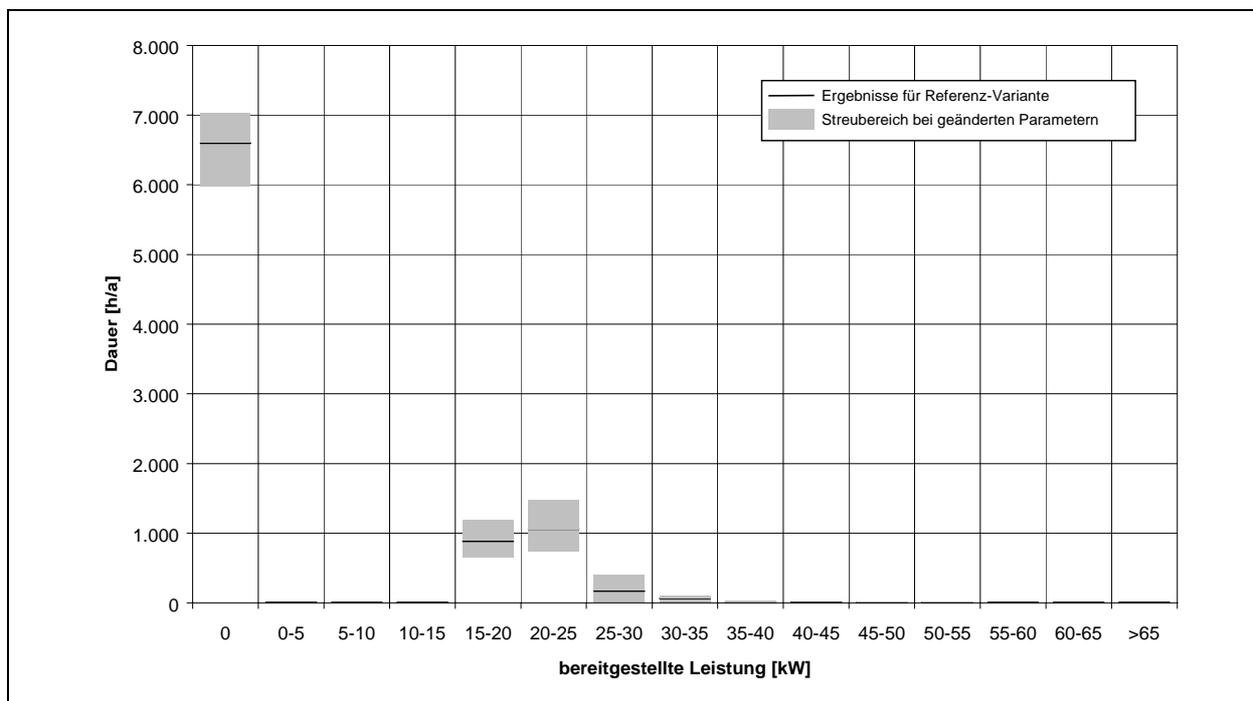
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 42: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



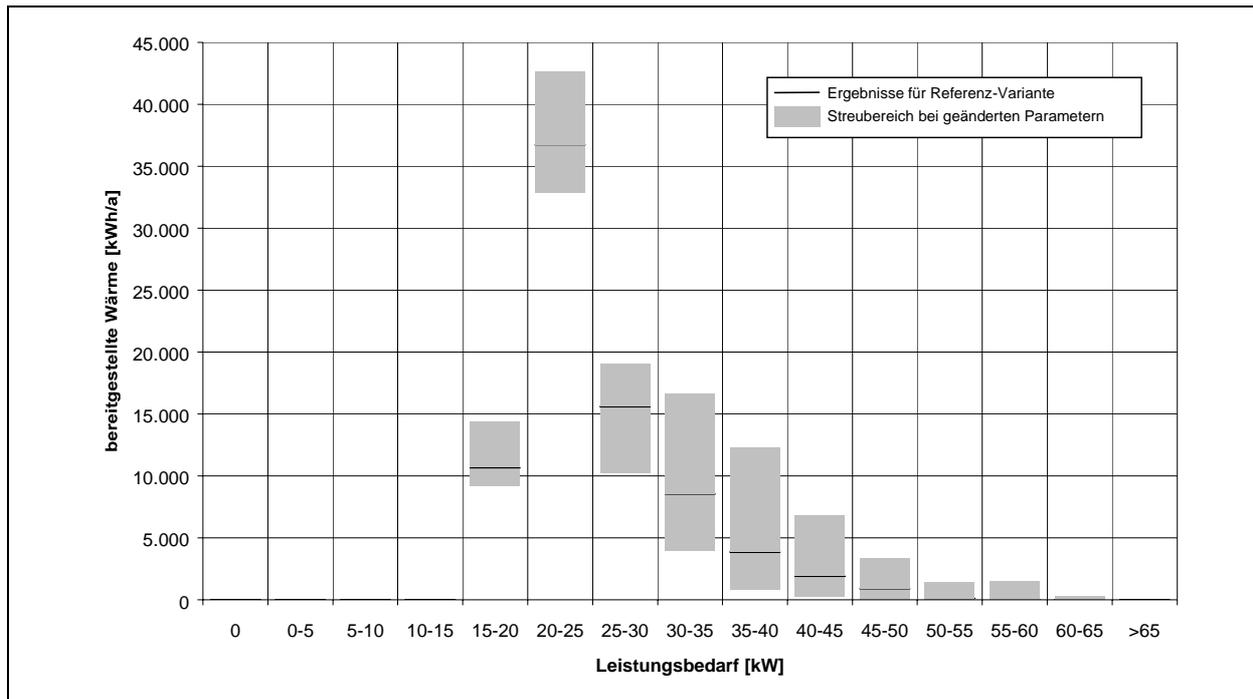
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 43: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



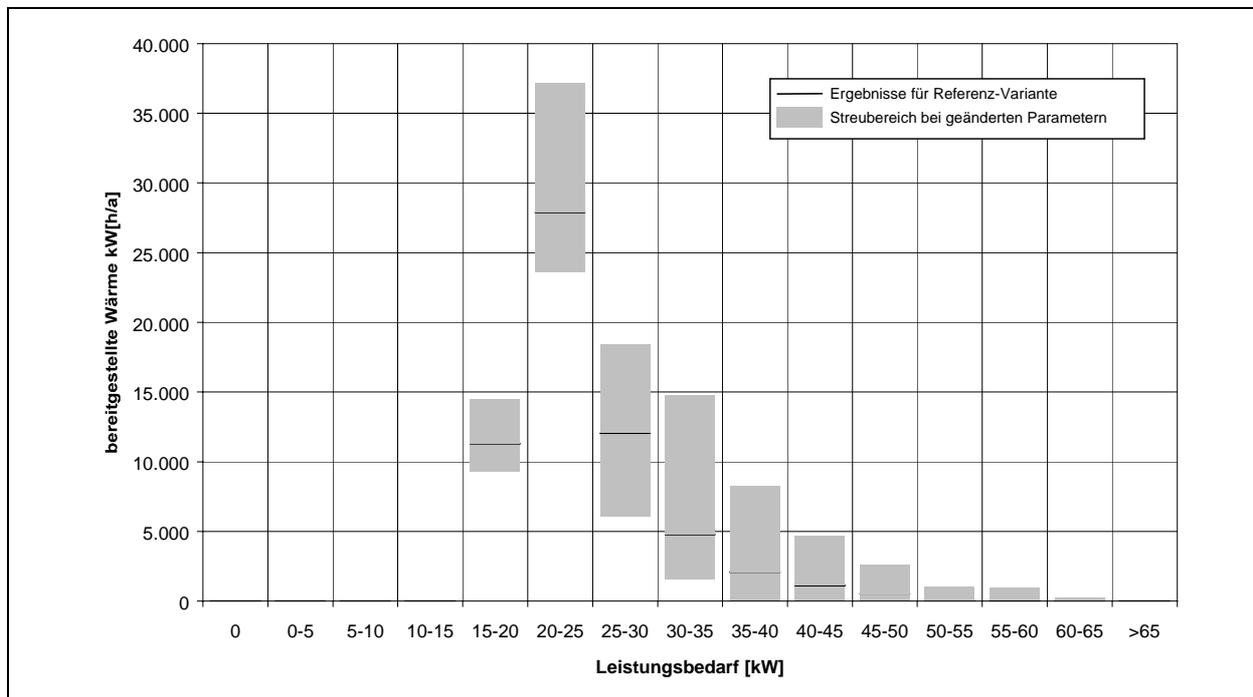
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 44: Bürogebäude - Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



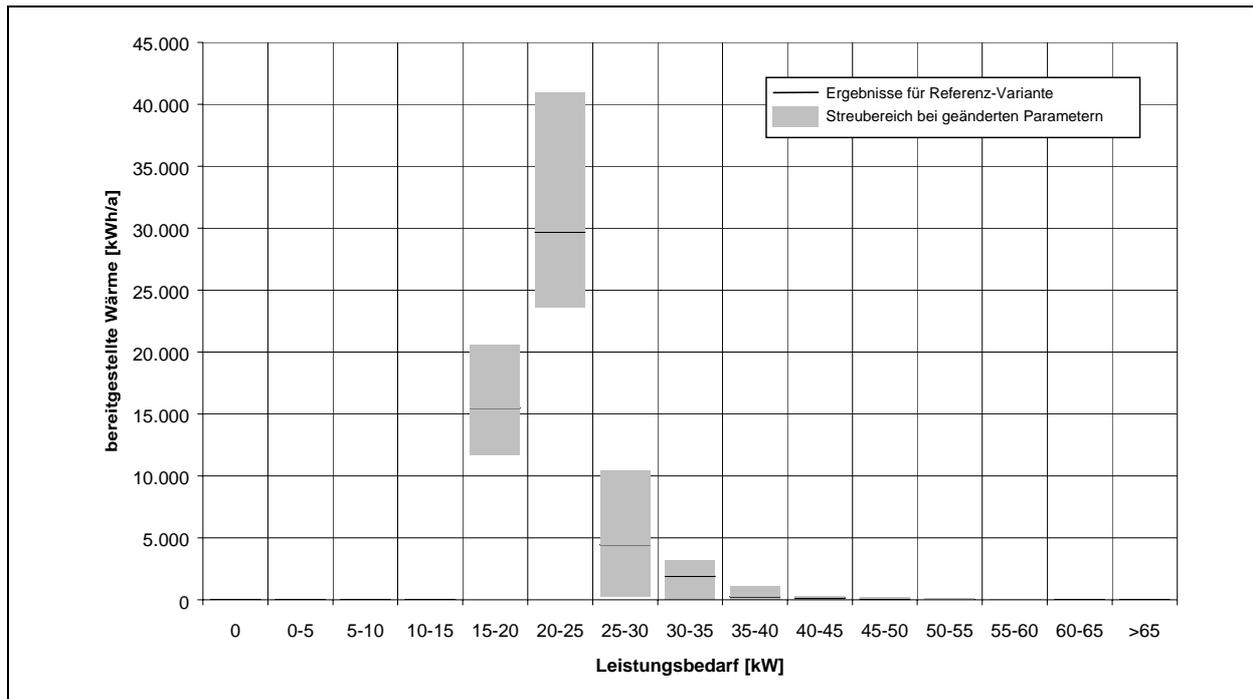
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 45: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



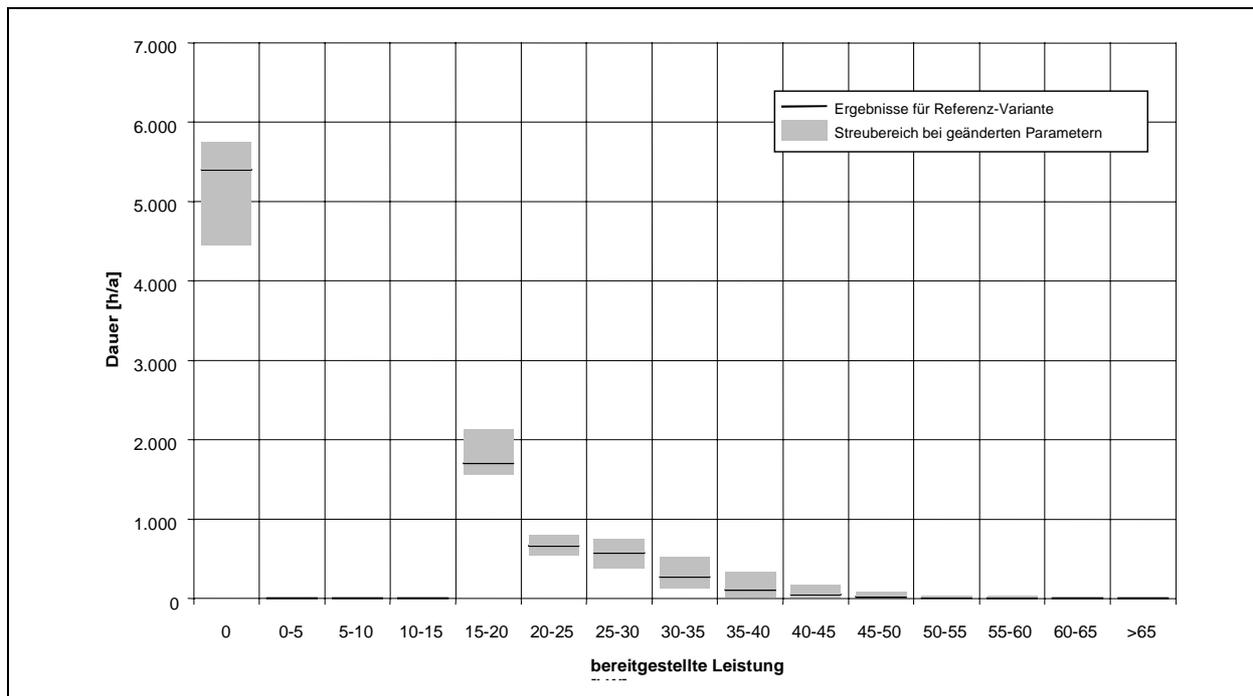
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 46: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



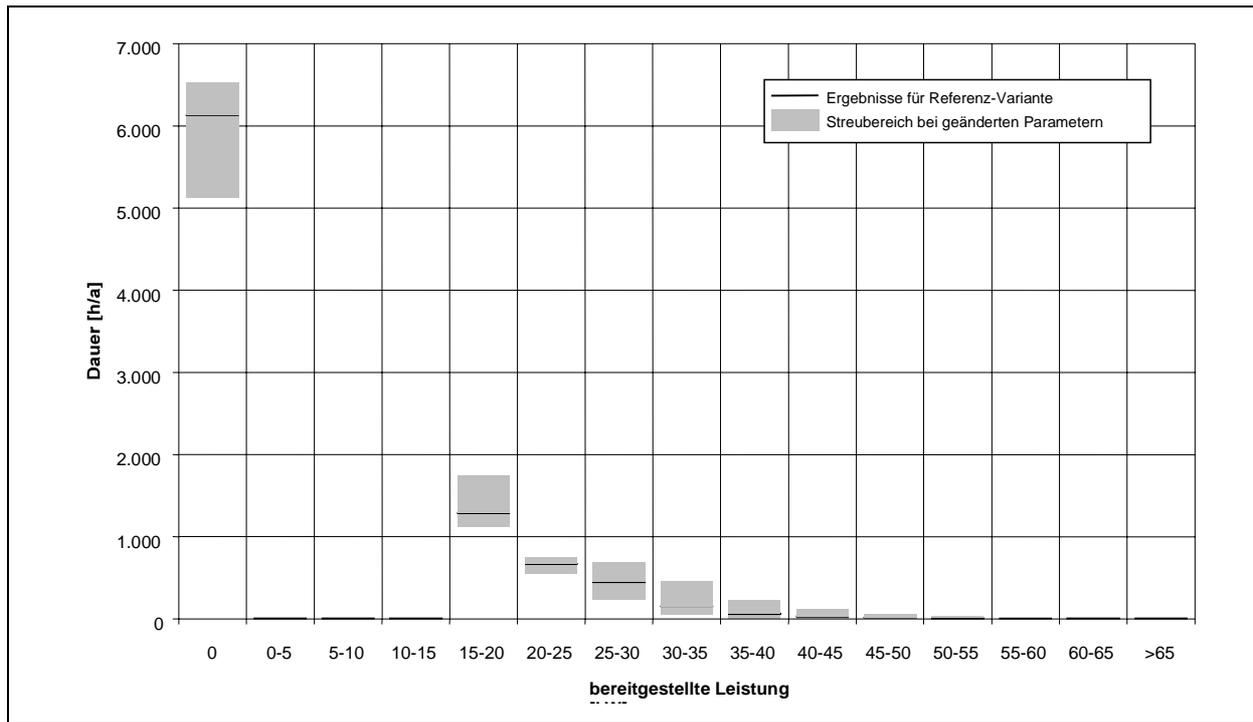
Bei Wärmebedarf über 15 kW: Betrieb mit kontinuierlicher Leistungsregelung; bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 20 - 25 kW

Abb. 47: Bürogebäude - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



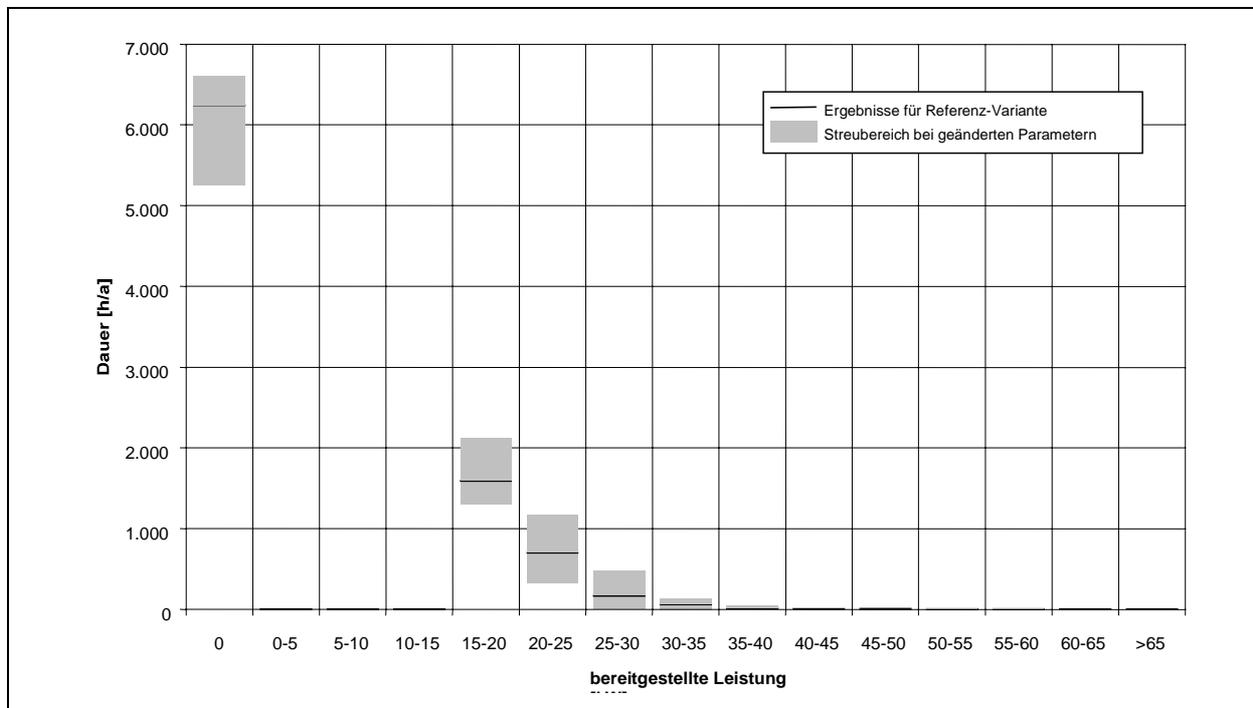
Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 48: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung – Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



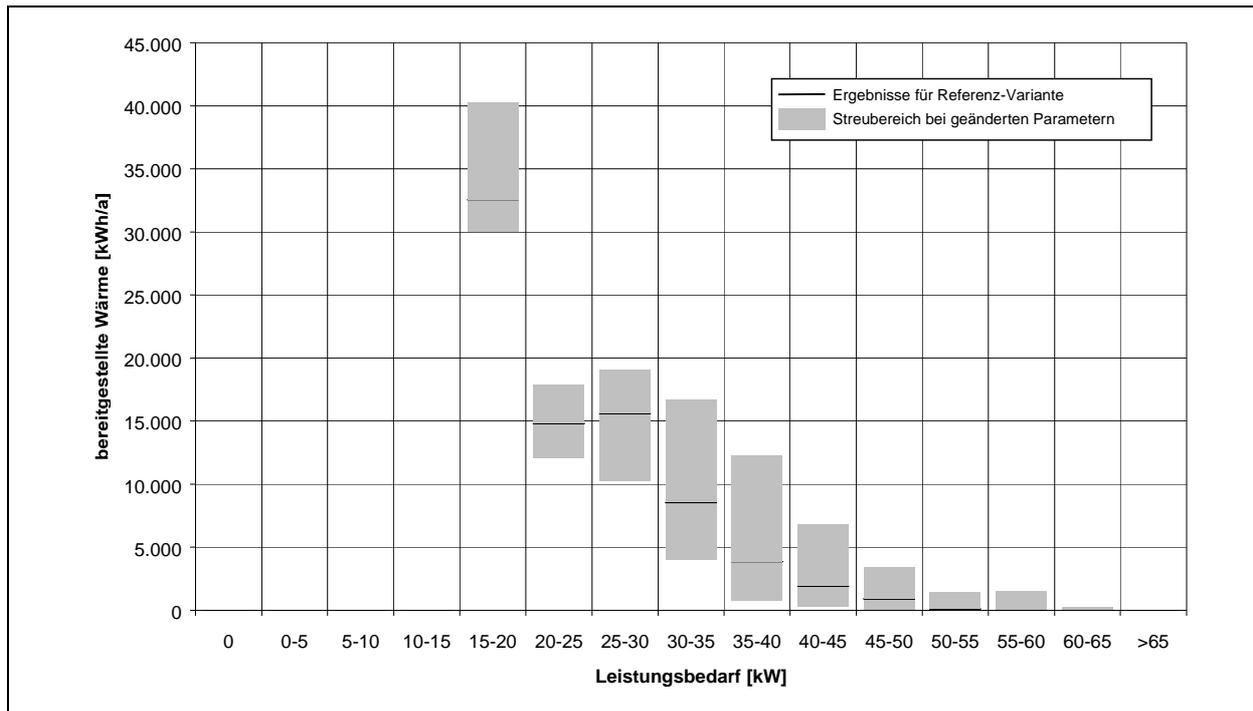
Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 49: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung – Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



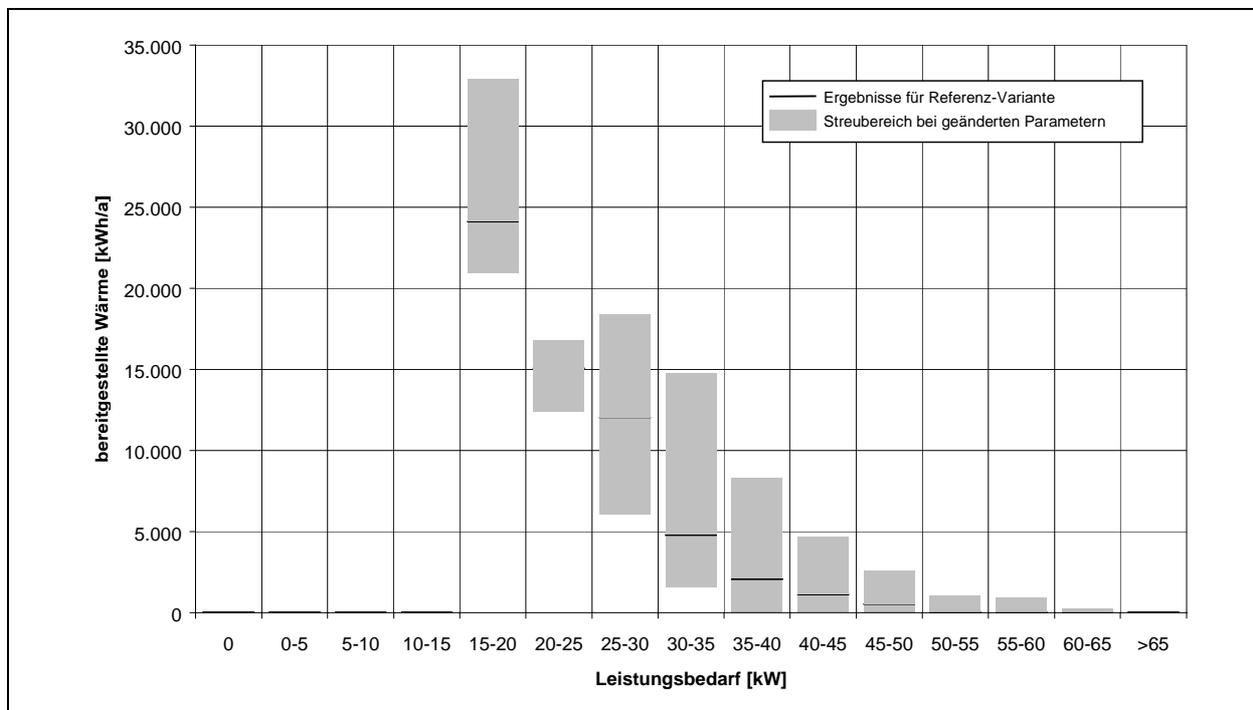
Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 50: Bürogebäude – Häufigkeitsverteilung der bereitgestellten Leistung



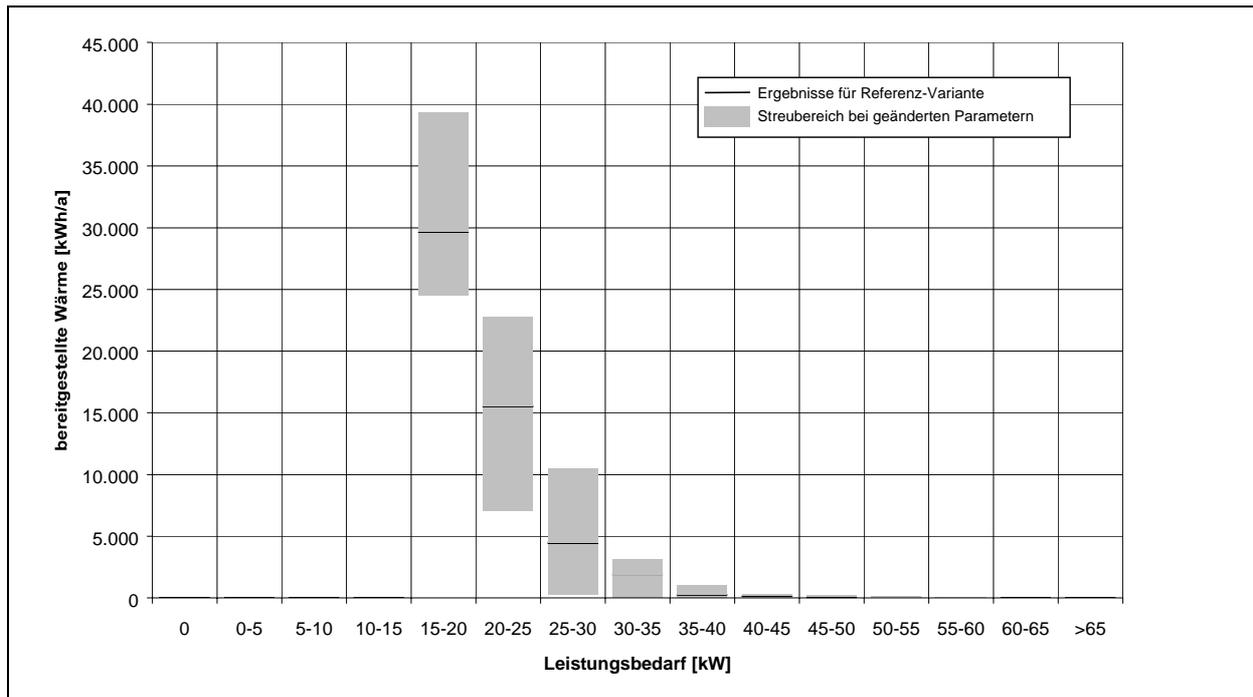
Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 51: Wohngebäude mit Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 52: Wohngebäude ohne Brauchwassererwärmung - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme



Bei Wärmebedarf unter 15 kW: Taktbetrieb mit konstanter Leistung im Leistungsbereich von 15 - 20 kW

Abb. 53: Bürogebäude - Leistungsspektrum der bereitgestellten Wärme

## 2.5 Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen

Aus den Schlussfolgerungen aus der Marktanalyse, der Benutzerbefragung und den Simulationsrechnungen sowie aufgrund der weiteren Erkenntnisse aus den Simulationsrechnungen konnten die nachstehenden Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen abgeleitet werden:

- Vorrangige Anforderungen sind geringer Bedienungsaufwand, geringe Lärm- und Schmutzemissionen sowie größtmögliche Betriebssicherheit und hoher Automatisierungsgrad zur Erzielung eines größtmöglichen Komforts für die Bewohner.
- Ein hoher Anteil der Wärme wird im kleinsten Leistungsbereich (unter einem Drittel der Heizlast) benötigt. Das heißt, die Biomassefeuerungsanlagen müssen in Bezug auf Nutzungsgrad und Emissionen einen effizienten Betrieb in kleinen Teillastbereichen ermöglichen. Wird ein Teillastbereich im Taktbetrieb abgedeckt, so sind die in den instationären Betriebsphasen auftretenden erhöhten Verluste zu beachten. Um diese Verluste klein zu halten muss die Heizanlage, vor allem auch die Feuerungsregelung, so ausgelegt werden, dass die Häufigkeit der Takte möglichst klein bzw. das Verhältnis zwischen „Brennzeit“ und „Pausenzeit“ möglichst groß gehalten wird. Weiters ergibt sich hieraus die Anforderung, dass Biomasseheizungen im allgemeinen mit einem Pufferspeicher ausgestattet sein sollten.
- Ein großer Teil der Wärme, die bei kleiner Leistung benötigt wird, ist durch die Brauchwassererwärmung im Sommer begründet. Um die bereits erwähnten Verluste bei kleiner Leistung (insbesondere im Taktbetrieb) zu verringern, ist der Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle (z. B. Solaranlage) zu empfehlen.
- Die Feuerungsanlagen sollen für eine möglichst große Bandbreite an Brennstoffen geeignet sein. Die Entwicklung von „kombinierten Feuerungen“ ist bei den Konsumenten nachgefragt und der Bedarf wird derzeit durch wenige Hersteller erfüllt (siehe Tabelle 5).
- Die Biomassefeuerungen sollen so konzipiert werden, dass eine kostengünstige Serienfertigung von gemeinsamen Komponenten (z. B. Brennkammer, Fördertechnik) mit einer hohen Stückzahl erreicht wird, um die Herstellungskosten zu senken.

### 3. Forschungsbedarf

Aus den Anforderungsprofilen lässt sich folgender Forschungsbedarf ableiten:

- Anlagenkonzepte für unterschiedliche Brennstoffe („Multifuel-Konzepte“)

Die Anforderungen der Nutzer gehen in die Richtung, möglichst unterschiedliche Brennstoffe (Stückholz, Hackgut, Pellets) in einer Feuerung verwenden zu können, um jeweils den kostengünstigsten verfügbaren Brennstoff einsetzen zu können.

Die Anforderungen wurden bereits von einigen Herstellern erfüllt (siehe Tabelle 5). Die Entwicklungen sollten aber verstärkt weitergeführt werden.
- Neue Auslegungsstrategie für Feuerungen

Da ein großer Teil der Wärme in einem Leistungsbereich weit unter der Heizlast bereitzustellen ist (siehe Abbildungen 27 bis 29), wäre es sinnvoll den optimalen „Auslegungspunkt“ für Feuerungsanlagen (höchster Wirkungsgrad, geringste Emissionen) in diesen Bereich und nicht in den Bereich der Heizlast (= Nennlast) zu legen.

Dies sollte zu besserer Brennstoffausnutzung und damit zur Senkung von Betriebskosten führen.
- Messprogramm von Teillastzuständen hinsichtlich Wirkungsgrade und Emissionen

Zur Entwicklung von Regelungen für einen optimalen Betrieb von Biomassefeuerungen unter Berücksichtigung derjenigen Teillastbereiche, in denen ein kontinuierlicher Betrieb nicht mehr möglich ist (unter einem Drittel der Nennlast), sind die Nutzungsgrade von Betriebszuständen im praktischen Einsatz für alle Teillastbereiche notwendig. Die in diesen Betriebszuständen verursachten Emissionsmengen müssten ebenfalls gemessen werden.

Die Kenntnis dieser Daten sollten eine optimale Betriebsweise von Feuerungsanlagen während der Heizperiode mittels „intelligenter“ Regelungen, gegebenenfalls unter Einbeziehung anderer Energieträger - insbesondere Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung im Sommer - ermöglichen.
- Einfache Rechenhilfe zur Auslegung von optimierten Pufferspeichern

Für den Betrieb von Biomassefeuerungsanlagen für niedrigen Energiebedarf ist die Installation von Speichern zu empfehlen. Für die Auslegung könnte ein Rechenmodul - unter Berücksichtigung der Warmwasserbereitung - entwickelt werden, das „Nicht-Fachpersonen“ einfach und rasch Informationen (Größe, Anzahl der Speicher, Kosten etc.) zur Verfügung stellt.

Die Rechenhilfe müsste die Erfordernissen der zukünftigen Nutzer (z. B. Wohnbauträger) sowie die Eigenheiten unterschiedlicher Feuerungsanlagen berücksichtigen und müsste anhand ausgewählter Wohn- und Bürogebäude in Hinblick auf seine Eignung in der Praxis getestet werden.

#### 4. Relevante Literatur

- Adensam, H. et al: Die Rolle des Kachelofens im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzeptes, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Endbericht, Wien, 02/2000
- Beheizung der Wohnungen 1997, Ergebnisse des Mikrozensus Juni 1997, Statistische Nachrichten 5/1998
- Biermayr, P. et al: Hemmnisse und fördernde Faktoren für die integrale Gebäudeplanung, Vortrag beim BMVIT Workshop „Innovative Wohnbauten“, Wien, 10.11.2000
- Ceipek, K.: Heizen mit Holz: Komfort muss stimmen, In: Ökoenergie 33/98
- Clement, W. et al: Bioenergie-Cluster Österreich, Industriewissenschaftliches Institut (IWI), Fachbereich Industriepolitik, Wien, 1. September 1998
- Einstellungen zum Heizen mit Holz, Fessel-GFK Institut für Marktforschung Ges.m.b.H., Studie im Auftrag des Österreichischen Biomasseverbands, 1998
- Energiefluss Österreichs 1997, Energieverwertungsagentur, Wien 1999
- Energie Tirol: Energieholzkonzept Zillertal, Endbericht, Innsbruck 1998
- Feist, Wolfgang (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus - Neuer Standard für energiebewusstes Bauen, Heidelberg: C.F.Müller Verlag, 4. Auflage 1997
- Haas, J.: Bewertungskatalog für kleine zentrale Holzheizungen, Kurzfassung, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 1998
- Haas, J.; Hackstock, R.: Brennstoffversorgung mit Biomassepellets, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/98, Wien 1998
- Halozan, H.: Im Jahr 1968 in Graz gemessener Klimadatensatz; ausgewertet von H. Halozan, 1968
- Holzpellets - Brennstoff mit Zukunft, Workshopunterlagen, Bundesanstalt für Landtechnik (BLT) Wieselburg, 16.09.1998
- Jonas, A.; Haneder, H.: Zahlenmäßige Entwicklung der modernen Holz- und Rindenfeuerungen in Österreich, Gesamtbilanz 1984-1999, NÖ Landwirtschaftskammer, Wien, 1. März 2000
- Jordan, U.: Programm zur Generierung realistischer Trinkwasser-Zapfprofile für bis zu 60 Wohneinheiten, Dipl.-Phys. Ulrike Jordan, Universität Marburg
- Keul, A.: Wohnen mit oder ohne Energiesparen: Das Salzburger Gefühl, Vortrag beim SIR Workshop „Wohnen und Energiesparen – was sagen die Bewohner?“, Salzburg, 7.12.2000

- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren, ISBN 3-540-64853-4, Springer-Verlag, 2001
- Lang, R. W.; Jud, Th.; Paula M.: Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Konzept, Februar 1999
- Meteonorm, 1995: Meteorologische Grundlagen für die Sonnenenergienutzung; Fabrikstrasse 14, CH - 3012 Bern, Schweiz
- Neubarth, J., Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Österreich – Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte; ISBN 3-211-83579-2, Springer-Verlag, Wien 2000
- Obernberger, I., Hammerschmid, A.: Dezentrale Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien, dbv-Verlag, Schriftenreihe Thermische Biomassennutzung, Band 4, Graz 1999
- Österreichisches Ökologie-Institut: Kachelöfen im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzeptes, Endbericht, Wien 2000
- Rakos, Ch.: Holzheizungen - Wege in die Zukunft, Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertenklausur "Zukunft der Holzheizung" in Sonntagberg, 27.-28.10.1998, Energieverwertungsagentur, 17.11.1998
- Rakos, Ch.: Zukunft der Forschung und Entwicklung bei Biomasse-Kleinf Feuerungsanlagen, Ergebnisse eines Workshops in der BLT Wieselburg am 15. Juni 1999
- Rakos, Ch.; Hackstock, R.: Untersuchungen zum Einsatz von Holz als Energieträger am Wärmemarkt, Endbericht, Energieverwertungsagentur, Wien 2000
- Rakos, Ch. u.a.: The Diffusion of Biomass District Heating in Austria, Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Endbericht, Wien 1995
- Rohracher, H.: Der organisatorisch-institutionelle Rahmen von Technikdiffusion. Am Beispiel der Verbreitung von modernen Holzfeuerungsanlagen, Interuniversitäres Forschungszentrum, Graz, Heft 26/1997
- Rohracher, H., Suschek-Berger, J., Schwärzler G.: Verbreitung von Biomasse-Kleinanlagen - Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Berichte aus Energie- und Umweltforschung 9/97, Wien 1997
- Spitzer, J. et al: Energie aus Biomasse – Ergebnisse aus der Vorbereitungsphase für das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften, Graz, Dezember 1999
- Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich: Österreichisches Statistisches Zentralamt, ab 1.Jänner 2000: Statistik Österreich (als Rechtsnachfolger), Wien

Streicher, W.: Teilsolare Raumheizung, Auslegung und hydraulische Integration, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, ISBN 3-90-1426-06-3, Gleisdorf 1996

Streicher, W.: Das Null-Heizenergiehaus Nader - Erste Messergebnisse und Erfahrungen, in Gleisdorf Solar '98, Internationales Symposium für thermische und photovoltaische Sonnenenergienutzung, 9.-12. Sept. 1998, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf 1998

SEL, 2000: TRNSYS 15, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison

Zilian, H.G. (unter Mitarbeit von Hödl, J.): Ein Markt in Entstehung – Die Angebotsseite von Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen, Endbericht, Graz 2000

#### Verwendete Normen:

ISO - 7730: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort

ÖNORM B 8110-1: Wärmeschutz im Hochbau; Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren. VORNORM 1.Juni 1998

ÖNORM B 8135: Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden. VORNORM 1.Februar 1983

ÖNORM H 6000-3: Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln, Hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen. 1.Jänner 1989

## Anhang

Start-up-Workshop, 22.03.2000, Graz

Ergebnisse Zusammenfassung

Workshop, 13.10.2000, Graz

Ergebnisse Zusammenfassung

Abschluss-Workshop, 31.01.2001, Graz

Ergebnisse Zusammenfassung

Herstellerliste Biomassefeuerungen Österreich

Analyse der Nutzererfahrungen

Simulationsbericht (Teil I und Teil II)



## Zusammenfassung

### Start-up-Workshop "Biomassefeuerungen für das Haus der Zukunft"

Ort: Graz, JOANNEUM RESEARCH, Steyrergasse 17, Konferenzzimmer

Termin: 22.03.2000, 10 bis 16h.

Programm: liegt bei

Teilnehmer: siehe Teilnehmerliste

#### Resümee:

- Biomassefeuerungen werden für die Beheizung von Niedrigenergiehäuser und Passivhäuser eingesetzt, sowohl in Einfamilien- als auch Mehrfamilien/Bürobauten.
- Die Chancen für Biomasseheizungen im Haus der Zukunft werden als gut eingeschätzt, wobei insbesondere Fördermodelle sich positiv auswirken (Salzburg, Tirol). Allerdings: Je niedriger der Energieverbrauch desto stärker fallen die Investitionskosten bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung ins Gewicht.
- Bei der Entscheidungsfindung für eine Biomassewärmerversorgung und im Betrieb dürfen allerdings keine Probleme auftreten: Lieferung der Heizanlage, Pelletsversorgung, einfacher Betrieb, leichte Bedienbarkeit, lange Wartungsintervalle.
- Die Brennstoffversorgung verliert dabei durch die geringen benötigten Jahresmengen an Bedeutung.
- Mehrere Objekte sollen durch eine gemeinsame Heizung versorgt werden ("Mikronetz").
- Änderung der Energiebedarfsverhältnisse Heizung/Warmwasser: Heizung etwa 1/3 und Warmwasser 2/3 des Energiebedarfs (im Standardbauten etwa umgekehrt).
- Die Wärmeversorgungsanlagen müssen die Bedürfnisse der Bewohner erfüllen können: keine bzw. nur geringe Überwärmung, schnelles Aufheizen bei Bedarf.
- Eventuell müssen den Benutzern "Verhaltensrichtlinien" mitgegeben werden.



# Zusammenfassung

des 2. Workshops im Projekt "Biomassefeuerungen für das Haus der Zukunft"

## **"Niedrigenergiebauten: Erfahrungen und Wünsche von BewohnerInnen, Standardbauten und Biomassefeuerungen"**

Ort: Graz, JOANNEUM RESEARCH, Steyrergasse 17, Konferenzzimmer

Termin: 13.10.2000, 10 bis 14h.

Programm: liegt bei

Teilnehmerliste: liegt bei

Resümee:

BewohnerInnenbefragung

- BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten setzen sich mit Fragen der Heizung wenig auseinander.
- Es gibt keine großen Unterschiede diesbezüglich in "normalen" Bauten oder Niedrigenergiebauten.
- Die Art der Wärmeversorgung spielt für Wohnklima und Wohnkomfort keine große Rolle.
- Image der Holzheizung ist besser als gedacht.
- Image der Ölheizung ist schlechter als gedacht.
- BewohnerInnen von Bauten mit Biomassefeuerungen haben eine gute Meinung zur Holzheizung.
- Forcierung von Biomassefeuerungen im Mehrfamilienwohnbau kann nicht bei den BewohnerInnen ansetzen sondern muss bei den Wohnbauträgern beginnen.
- Informationen über Lüftungsverhalten und Warmwasserverbrauch sind für die Verwendung in Simulationsrechnungen schwer abfragbar.

Simulationszwischenbericht

- Vorstellung der Annahmen für die Referenzbauten: Klimadaten, Personenbelegung, Zonierung etc.
- Vorstellung der Referenzbauten: Wohngebäude und Bürogebäude.
- Es werden Variationen von Eingabeparametern (z. B. Raumtemperatur) gerechnet, um die Einflüsse dieser Eingabeparameter auf die Ergebnisse beurteilen zu können.

- Es gab keine Einwände und Ergänzungen seitens der Teilnehmer.

#### Übersicht Lieferprogramm Biomasseheizanlagen aus Österreich

- Unterteilung in 4 Gruppen bis 100 kW: Stückholzfeuerungen (13 Hersteller), Hackgutfeuerungen (13 Hersteller), Pelletfeuerungen (19 Hersteller), kombinierte Anlagen (6 Hersteller).

#### Weitere Ergebnisse aus der Diskussion:

- Der Trend geht zu Pelletsheizungen auch für größere Leistungsbereiche.
- Grundsätzlich sollte die Qualität der Biomasseheizanlagen noch verbessert werden (Störungssicherheit, längere Wartungsintervalle).
- Alle Anlagen funktionieren mit entsprechendem Brennstoff (für den sie ausgelegt wurden) in der Regel problemlos. Forderung: bessere Qualität von Brennstoffen bzw. Norm für Biomassebrennstoffe (insbesondere Hackschnitzel).
- Verbesserung der Qualität bei Installation von Biomasseheizkessel: Regelungseinstellung seitens des Lieferanten, ausführliche und verständliche Information an die Nutzer.
- Es gibt Überlegungen in der Steiermark die regelmäßigen Wartungsarbeiten an Biomasseheizungen durch die Rauchfangkehrer im Rahmen ihrer Überprüfungen durchführen zu lassen.

# Zusammenfassung

des Abschluss-Workshops im Projekt "Biomassefeuerungen für das Haus der Zukunft"

## **"Biomassefeuerungen für das Haus der Zukunft: Präsentation der Anforderungsprofile"**

Ort: Graz, Joanneum Research, Elisabethstrasse 11, Schulungsraum

Termin: 31.01.2001, 10 bis 14h.

Programm: liegt bei

Teilnehmerliste: liegt bei

## BewohnerInnenbefragung

### **Ergebnisse**

- BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten setzen sich mit Fragen der Heizung wenig auseinander.
- Es gibt keine großen Unterschiede diesbezüglich in "normalen" Bauten oder Niedrigenergiebauten (ob holz- oder nichtholzbeheizt).
- Die Art der Wärmeversorgung spielt für Wohnklima und Wohnkomfort keine große Rolle.
- Image der Holzheizung ist besser als jenes der Ölheizung.
- BewohnerInnen von Bauten mit Biomassefeuerungen haben eine gute Meinung zur Holzheizung.
- Forcierung von Biomassefeuerungen im Mehrfamilienwohnbau kann nicht bei den BewohnerInnen ansetzen sondern muss bei den Wohnbauträgern beginnen.

### **Schlussfolgerungen für Anforderungsprofile**

- Die Feuerungsanlagen sollen für eine möglichst große Bandbreite an Brennstoffen geeignet sein.
- Die Kosten (vor allem auch die Investitionskosten) müssen sich in Grenzen halten.
- Die Anlagen, insbesondere die Fördertechnik muss (automatisch) funktionieren.
- Die Befragung ergab bezüglich der Funktionalität ein (überraschend) positives Ergebnis.
- Die Anlagen müssen leise sein (und „versteckt“ installiert)
- Brennstoffverbrauch bzw. Nutzungsgrad werden wenig beachtet.
- Das Image der Bioheizungen ist positiv oder neutral. Es gibt wenig Vorbehalte.  
⇒ PR Maßnahmen zur Imageverbesserung sind nicht vordergründig notwendig.

### **Weitere Anregungen aus der Diskussion:**

- Für gemeinnützige Wohnbauträger sind die Kosten entscheidend: Investitions- und Folgekosten (Betriebskosten). Förderung kann einen Anreiz darstellen, sollte auch für Umrüstung gelten.

- Wärmedienstleistung (Contracting) ist eine mögliche Finanzierungsvariante, derzeit in Erprobung.
- Beispiele aus Schweden und Vorarlberg zeigen, dass die Umstellung von Wohnbauträger ausschließlich auf Biomasseheizanlagen alle Kosten reduzieren (Investitionskosten, Betriebs- und Wartungskosten, interner Organisationsaufwand).
- „Leitbetriebe“ sind wichtig für das Nachziehen der anderen Wohnbauträger.
- Es gibt noch immer „Angst“ vor Biomasseheizanlagen.
- Biomasseheizanlagen sind Chefsache – persönliche Überzeugung in obersten Etagen ist entscheidend.
- Weitere PR-Maßnahmen sind trotzdem noch notwendig, um das positive Image zu verstärken.
- „Musterbeispiele“ sind wichtig – E.V.A. arbeitet an einer Liste der biomassebefeuerter Wohnanlagen in Österreich.

## Simulationsbericht

### Inhalte

- Definition der Referenzsysteme (Klimadaten, Referenzbauten, Heizungssystem, Nutzung und Simulationstechnik) auf Grundlage von Recherchen, Statistiken und Normen.
- Variation der Referenzsysteme um eine ganze Bandbreite möglicher Varianten abzudecken: Klimadaten, Glasfläche der Südfassade (Verkleinerung, Vergrößerung), U-Wert der Verglasung (reduziert), Personenbelegung (erhöht), Lüftung (erhöht), Warmwasserbedarf (berücksichtigt und verdoppelt) und Solltemperatur (21°C auf 23°C).

### Ergebnisse

- Die Lüftung erhöht die Heizlast entscheidend.
- Eine Raumtemperaturerhöhung um 2°C erhöht den Wärmebedarf um 30 % für das Wohn- und um 35 % für das Bürogebäude. Dieser Anstieg ist wesentlich höher als bei „normal“ gedämmten Gebäuden.
- Bessere Dämmung reduziert die Heizlast und den Wärmebedarf. Der Anteil des Warmwasserbedarfs zum Wärmebedarf steigt auf etwa 40%.
- Ob eine Verglasung mit kleinerem U-Wert und größerem g-Wert den Wärmebedarf senkt hängt vom Strahlungsangebot auf die betrachtete Fläche ab.
- Für die gestellte Aufgabe liefern Einzonenmodelle ausreichend genaue Ergebnisse.

## Schlussfolgerungen für Anforderungsprofile

- Hoher Anteil des Energiebedarfs im kleinsten Leistungsbereich (unter einem Drittel der Heizlast).
- Heizanlage sollte unbedingt mit Pufferspeicher betrieben werden.

- Beladung des Pufferspeichers könnte bei geringst möglicher Teillast (etwa 30% der Volllast) oder bei höherer Teillast durch eine entsprechende Regelung erfolgen.
- Kenntnis von Wirkungsgraden (Nutzungsgrad) im Taktbetrieb und Teillastbereich ist Voraussetzung zur Optimierung der Regelung.
- Kenntnis der Emissionen (Emissionsspitzen) im Taktbetrieb ist Voraussetzung zur Optimierung der Regelung.
- Warmwasserbereitung im Sommer sollte getrennt von der Heizanlage erfolgen (Solaranlage, Untertischspeicher).

### **Weitere Anregungen aus der Diskussion**

- Die Nachtabsenkung wurde bei der Simulation nicht berücksichtigt, da durch dem Massivbau sich keine bedeutenden Einsparungen ergeben.
- Entscheidend für die Anforderungen an die Heizanlagen ist auch die Schnelligkeit der Veränderung der Leistungsgröße.
- Die „Volllastbetriebsstunden“ der Heizanlage sinken auf geschätzte 1400 bis 1300 Stunden im Jahr.
- Vorrang hat der Komfort der BewohnerInnen.
- Gefragt wäre die notwendige optimale Größe des Pufferspeichers – optimal im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit.
- Takten des Heizkessels ist auch ein Problem betreffend Lebensdauer.
- Zu kleine Dimensionierung des Kessels ist auch nicht sinnvoll (schlechterer Wirkungsgrad durch hohe Abgastemperaturen).
- Wenn ein Gebäude thermisch saniert wird, sollte auch das Heizsystem im Rahmen der Möglichkeiten angepasst werden



## Liste der angeschriebenen österreichischen Hersteller von Biomassefeuerungen

- Biogen GesmbH  
Plainburgerstr. 503  
A-5084 Großgmain  
Tel.: 06247 7121  
Fax: 06247 8795
  
- Bioheiztechnik  
Froschau 79  
A-4391 Waldhausen im Strudengau  
Tel.: 07418/4530  
Fax: 07418/45304
  
- Binder Maschinenbau u. Handelsges.m.b.H.  
Grazer Vorstadt 120b  
A-8570 Voitsberg  
Tel.: 0 3142 22544  
Fax.: 0 3142 22544 16  
binder@binder-gmbh.at  
<http://www.binder-gmbh.at/home.htm>
  
- Compact Heiz- und Energiesysteme  
Koaserbauerstr.16  
A-4810 Gmunden  
Tel.: 07612 73760  
Fax: 07612 73760 17
  
- Eder Anton GmbH  
Leiten 42  
A-5733 Bramberg am Wildkogel  
Tel.: 06566 7366  
Fax: 06566 8127  
eder.kesselbau@magnet.at
  
- Fischer GUNTAMATIC Heizungstechnik GmbH  
Bruck 7  
A-4722 Peuerbach  
Tel.: 07276/24410  
Fax: 07276/3031

- Fröling Heizkessel- und Behälterbau GmbH  
 Industriestraße 12  
 A-4710 Grieskirchen  
 Tel.: 07248 606  
 Fax: 07248 62387  
 e-mail: office@froeling.at  
<http://www.austroinfo.at/froeling/>
  
- Gilles Energiesysteme  
 Koaserbauerstraße 16  
 A-4810 Gmunden, OÖ  
 Tel.: 07612 73716  
 Fax: 07612 73716 17
  
- GEO-THERM GesmbH  
 Koaserbauerstraße 5  
 A-4810 Gmunden, OÖ  
 Tel.: 07612 65783  
 Fax: 07612 65783 10
  
- Hager-Energietechnik GmbH  
 Laaer Straße 110  
 A-2170 Poysdorf  
 Tel.: 02552 2110 0  
 Fax: 02552 2110 6
  
- Hargassner GmbH  
 Gunderding 8  
 A-4952 Weng im Innkreis  
 Tel.: 07723 5274  
 Fax: 07723 5274 5
  
- Herz-Feuerungstechnik GmbH  
 Sebersdorf 138  
 A-8272 Sebersdorf  
 Tel.: 03333 2411  
 Fax: 03333 241673  
 e-mail: office@herz.feuerung.com
  
- HDG Bavaria Heizkessel & Anlagenbau  
 Im Winkel 15  
 A-6850 Dornbirn  
 Tel.: 05572 33025  
 Fax: 05572 33025 4

- HOVAL GesmbH  
 Hovalstraße 11  
 A-4614 Marchtrenk  
 Tel.: 07243 550 0  
 Fax: 07243 550 15  
 e-mail: info@hoval.at  
<http://www.hoval.at/>
  
- Kalkgruber (Prüller) Solar- u. Umwelttechnik  
 Graben 6  
 A- 4421 Aschach/Steyr  
 Tel.: 07259/50020  
 Fax: 07259/500210  
 e-mail: office@kalkgruber.at  
<http://www.kalkgruber.at/default.htm>
  
- KÖB & Schäfer KG  
 Flotzbachstraße 33  
 A-6922 Wolfurt  
 Tel.: 05574 6770 0  
 Fax: 05574 65707  
 e-mail: boehler@koeb-schaefer.com
  
- Kurri Holzspanheizungen  
 Fliegergasse 70  
 A-2700 Wiener Neustadt  
 Tel.:02622 23865  
 Fax: 02622 23865 15
  
- KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH  
 A-8321 St. Margarethen/Raab  
 Tel.: 03115 6116 0  
 Fax: 03115 6116 4
  
- Lohberger GesmbH  
 Braunauerstraße 2  
 A-5230 Mattighofen  
 Tel.: 07742/521112  
 Fax: 07742/521174
  
- ÖKOFEN Forschungs- und Entwicklungsges. m. b. H.  
 Mühlgasse 9  
 A-4132 Lembach im Mühlkreis  
 Tel.: 07286 7450  
 Fax: 07286 7450 10

- Perhofer Bio-Heizungs-GmbH & CoKG  
Waisenegg 115  
A-8190 Birkfeld  
Tel. +43 3174 3705  
Fax +43 3174 3705-8  
[biomat-perhofer@hild.at](mailto:biomat-perhofer@hild.at)
  
- Pöllinger Heizungstechnik GmbH  
Herbert Pöllinger  
Geroldstr. 12  
A-3385 Gerersdorf  
Tel. +43 2749 8684  
Fax +43 2749 8684-14
  
- RIKA Metallwaren GmbH & Co. KG  
Müllerviertel 20  
A-4563 Micheldorf  
Tel.: 07582 686  
Fax: 07582 686 43  
[rika.austria@aon.at](mailto:rika.austria@aon.at)
  
- sht-Heiztechnik aus Salzburg GmbH  
Rechtes Salzachufer 40  
A-5101 Salzburg Bergheim  
Tel.: 0662 450444-0  
Fax.: 0662 450444-5  
[Hartl@sht.at](mailto:Hartl@sht.at)
  
- Sommerauer & Lindner Heizanlagen-Technik GmbH  
Trimmelkam 113  
A-5120 St.Pantaleon  
Tel.: 06277 7804  
Fax: 06277 7818  
[sl-heizung@eunet.at](mailto:sl-heizung@eunet.at)
  
- Sonnenkraft Vertriebs GesmbH  
Resslstrasse 9  
A-9065 Klagenfurt - Ebenthal  
Tel.: +43(0)463 740550  
Fax: +43(0)463 740550 - 17  
e-mail: [office@sonnenkraft.com](mailto:office@sonnenkraft.com)  
<http://www.sonnenkraft.com/>
  
- Stelrad Kesselfabrikation GmbH  
Wienerstrasse 118  
A-2700 Wiener Neustadt  
Tel.: 02622 23555  
Fax: 02622 25346
  
- Thermostrom Energietechnik GmbH  
Ennsst. 91

A-4407 Steyr  
Tel.: 07252 38271  
Fax: 07252 38273 25

- Tropenglut-Heizanlagen  
Nöckhamstraße 3  
A-4407 Dietach-Steier  
Tel.: 07252/38267  
Fax: 07252/38267
  
- VIESSMANN Ges.m.b.H  
Lerschstrasse 11  
A-4600 Wels  
Tel.: 07242 62381  
Fax: 07242 68684
  
- Windhager Zentralheizung AG  
Anton Windhager Str. 20  
A-5021 Seekirchen  
Tel.: 06212 2341 0  
Fax: 06212 4228  
kli@windhager-ag.at



# **Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf**

*Im Auftrag des Bundesministeriums  
für Verkehr, Innovation und Technologie*

*In Kooperation mit  
Joanneum Research, Institut für Energieforschung  
Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik*

**Endbericht (Februar 2001)**

**Projektteil „Analyse der Nutzererfahrungen“**

**Jürgen Suschek-Berger**

Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur  
Schlögelgasse 2, 8010 Graz, Tel. 0316/813909-31, Fax 0316/810274

E-mail: [suschek@ifz.tu-graz.ac.at](mailto:suschek@ifz.tu-graz.ac.at)

Februar 2001

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Teil A	
1. Zusammenfassung	3
2. Problemstellung – Methode - Ziel	5
3. Heizen und Holzheizungen in Österreich	6
4. Ergebnisse der Sekundäranalyse	8
5. Befragungen	10
5.1. Befragung der Wohnbaugenossenschaften	12
5.2. Befragung der Heizungsbetreuer	16
5.3. Befragung der BewohnerInnen in Österreich	16
5.4. Interpretation der Ergebnisse der Österreichbefragung	26
5.5. Befragung der BewohnerInnen in Niedrigenergiebauten	28
5.6. Interpretation der Ergebnisse der Niedrigenergiebauten-Befragung	40
5.7. Auswertung nach den Untergruppen „Nichtholz-/HolzheizerInnen“	42
5.8. Interpretation der Ergebnisse der Auswertung nach Untergruppen	51
6. Empfehlungen	53
6.1. Empfehlungen in bezug auf die BewohnerInnen	53
6.2. Empfehlungen in bezug auf die Wohnbaugenossenschaften	54
Teil B	
7. Anhang	56
7.1. Fragenkatalog für Wohnbaugenossenschaften	56
7.2. Fragebogen für HausmeisterInnen / HeizungsbetreuerInnen	57
7.3. Fragebogen für BewohnerInnen	62
7.4. Verwendete Literatur	68

## 1. Zusammenfassung

Um die technischen Anforderungen an eine Biomasse-Heizanlage spezifizieren zu können, ist es notwendig, sich auch mit den Bedürfnissen, Ansichten und Meinungen der NutzerInnen auseinander zu setzen. In diesem Projekt wurden speziell die Einstellungen von BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten bzw. Mehrgeschosswohnbauten untersucht, was bisher in dieser Form noch nicht durchgeführt wurde. Die Ergebnisse bieten daher neue und interessante Einblicke in die Thematik.

Es wurde für die Projektbearbeitung folgende Vorgangsweise gewählt:

1. Es wurde eine Sekundäranalyse von bereits durchgeführten Projekten zum Thema „Heizen mit Biomasse“ durchgeführt, um daraus einerseits schon gesicherte Ergebnisse ableiten zu können, andererseits um weiteren Forschungsbedarf festzustellen. Diese Sekundäranalyse wird durch eine kurze Schilderung der gesamtösterreichischen Situation am Heizungssektor ergänzt.
2. Es wurde eine Befragung von ausgewählten Wohnbaugenossenschaften durchgeführt, die bereits zentrale Biomasseheizungen in ihren Wohnanlagen einsetzen, um deren Motive und Erfahrungen kennen zu lernen.
3. Nächster Schritt war eine Österreich weite Befragung von BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten zum Themas „Heizen“ und speziell zu den Erfahrungen mit dem in ihrem Haus eingesetzten Heizsystem. Diese Befragung wurde sowohl in herkömmlichen als auch in Niedrigenergiebauten durchgeführt.
4. Eine kleine Auswahl von HeizungsbetreuerInnen konnte bei der BewohnerInnenbefragung ausgemacht werden, die mit einem speziellen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit der von ihnen betreuten Heizanlage befragt wurden.

Folgende Ergebnisse können aus der Analyse der Nutzererfahrungen abgeleitet werden:

In einem Resümee zu allen Befragungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das Thema „Heizen“ für die BewohnerInnen in Mehrfamiliengebäuden eine untergeordnete Rolle spielt. Die Beschäftigung mit der Heizanlage, mit den Heizkosten und verschiedenen Aspekten der Heizung steht im Hintergrund, solange es in der Wohnung bei Bedarf warm ist und die Heizanlage ihren Dienst zufriedenstellend versieht. Auch beim Interesse für eine Wohnung ist die Heizung kein wichtiges Entscheidungskriterium. Es macht interessanterweise keinen Unterschied, ob es sich um BewohnerInnen von Standardbauten oder von Niedrigenergiebauten handelt. Die Art der Heizung ist für das Wohnklima und den Wohnkomfort nicht vorrangig wichtig.

Aus den Befragungen kann geschlossen werden, dass Biomasseheizungen in der Gesamtbevölkerung ein durchaus positives Bild haben, und wenn kein positives, so ein neutrales, sicher kein negatives. Sicher ist es aber wichtig, hier weiterhin Informations- und Aufklärungsarbeit zu leisten.

Vieles weist aber darauf hin, dass – unter der Prämisse, dass Biomassefeuerungen im verdichteten Wohnbau gefördert werden sollen – die BewohnerInnen die falschen AnsprechpartnerInnen sind. Eher sieht es so aus, als müsste hier intensiv mit den Wohnbaugenossenschaften gearbeitet werden. Diese brauchen Unterstützung in verschiedensten Formen, wenn sie forciert Biomasseheizungen bei ihren Planungen berücksichtigen und in ihren Wohnanlagen einbauen sollen.

1. Erster und wichtigster Punkt ist sicher eine Intensivierung der Förderungen für den Einsatz von Biomasseheizungen.
2. Wichtig ist aber nicht nur die finanzielle Unterstützung. Eine Intensivierung des Know-How-Transfers zwischen den Genossenschaften, die bereits Erfahrungen haben und denen, die gerne mehr wissen möchten, wäre sehr wünschenswert.
3. Detaillierte, aber auch klare und prägnante Unterlagen stellen ein weiteren wichtigen Baustein in der Unterstützung der Genossenschaften dar.
4. Etwas mit eigenen Augen zu sehen und dessen Funktionstüchtigkeit überprüfen zu können, ist eines der überzeugendsten Argumente. Daher sollten Exkursionen zu bestehenden gut funktionierenden Anlagen auf jeden Fall zu einem Unterstützungsprogramm für Genossenschaften gehören.
5. Wichtig ist in Zukunft sicher auch der Bereich des Anlagencontractings. Die Genossenschaften möchten die Verantwortung für die Betreuung der Heizanlage gerne jemand anderem überlassen und übergeben.
6. Immer wieder zu nennen – wenn sich hier in den letzten Jahren auch sehr viel getan hat – ist die Frage der Brennstoffversorgung. Der Brennstoff – egal ob Hackgut oder Pellets – muss zur Verfügung stehen und in dementsprechender Qualität sein.
7. Sicher nicht zu vernachlässigen ist auch die Frage der Kosten. Vor allem die Investitionskosten von Biomasseanlagen werden noch als Hemmschwelle gesehen, da diese doch um einiges höher liegen als bei Öl- oder Gasheizungen. Hier muss verstärkt auf den Aspekt der geringeren Betriebskosten hingewiesen werden.
8. Sicher sind auch „Leitbetriebe“, die verstärkt auf das Pferd „Biomasse“ setzen, wichtig für das Nachziehen der anderen Wohnbauträger.
9. Biomasseheizanlagen sollten Chefsache sein – die persönliche Überzeugung in den obersten Etagen ist ein entscheidender Faktor.
10. Was natürlich eine große Unterstützung bei der weiteren Forcierung von Biomasseheizanlagen wäre, ist ein weiteres Steigen des derzeit sehr hohen Ölpreises – oder zumindest ein Einpendeln auf dem derzeitigen Stand.

## **2. Problemstellung – Methode – Ziel**

Dieses Projekt zielt darauf, ein Anforderungsprofil für Biomasseheizungen zu erstellen, die in Objekten mit niedrigem Energiebedarf eingesetzt werden können. Dabei handelt es sich einerseits natürlich um eine technische Fragestellung, die mit technischen Parametern zu beantworten ist. Es muss festgestellt werden, welche Heizanlagen bereits am Markt sind, die diese Anforderungen erfüllen können und – falls es derartige Anlagen noch nicht gibt – welche Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit noch zu entwickelnde Biomasseanlagen für diesen Leistungsbereich den an die gestellten Anforderungen adäquat gerecht werden können. Hier fließen auch Ergebnisse von Simulationsberechnungen ein.

Andererseits handelt es sich um eine sozialwissenschaftliche Fragestellung. Es sind nicht nur die technischen Voraussetzungen zu beachten, sondern auch die Meinungen und die Einstellungen derjenigen, die mit der Heizanlage in ihrem täglichen Leben konfrontiert sind. Wenn es sich um die BesitzerInnen von Ein- oder Zweifamilienhäusern handelt, ist die Heizanlage eine entscheidende Investition im Haus, die gut überlegt werden muss. Mit welchem Brennstoff soll das Haus beheizt werden? Welche Investitions- und Betriebskosten sind damit verbunden? Wie funktioniert die Zulieferung des Brennstoffes und die Wartung der Anlage? Was ist zu tun, wenn die Anlage einmal ausfällt oder eine Reparatur ansteht?

Im Falle der Errichtung von Mehrfamilien- oder Mehrgeschosswohnbauten sind dies entscheidende Fragen für die Wohnbaugenossenschaften und Wohnbauträger. Für sie kann es unterschiedliche Motive dafür geben, welche Heizanlagen in ihren Wohnanlagen eingesetzt werden sollen. Neben der sicher an erster Stelle stehenden Frage nach den Kosten sind hier wohl auch BewohnerInnenwünsche zu berücksichtigen, die sich von einer zentralen Heizanlage im Haus wahrscheinlich dementsprechend niedrige Betriebskosten und entsprechenden Komfort erwarten.

Wenn es in diesem Projekt nun um die Fragestellung geht, welchen Anforderungen zentrale Biomasseheizanlagen entsprechen müssen, um in Objekten mit niedrigem Wärmebedarf von den BewohnerInnen akzeptiert zu werden, müssen auch diese in die Überlegungen einbezogen werden.

Ursprünglich war eine sozialwissenschaftliche Untersuchung in Einfamilienhäusern vorgesehen. Der Fokus des Projektes hat sich allerdings von der Antragstellung bis zum Beginn der Projektdurchführung auf Mehrfamilienbauten verschoben. Dies hat einerseits mit dem Schwerpunkt der Ausschreibung des „Hauses der Zukunft“ zu tun, andererseits hat sich ergeben, dass zu dieser Themenstellung im Bereich des verdichteten Wohnbaus noch nicht geforscht wurde. Auch daher schien eine nähere Auseinandersetzung mit diesem Thema interessant.

Es wurde für die Projektbearbeitung folgende Vorgangsweise gewählt:

1. Es wurde eine Sekundäranalyse von bereits durchgeführten Projekten zum Thema „Heizen mit Biomasse“ durchgeführt, um daraus einerseits schon gesicherte Ergebnisse ableiten zu können, andererseits um weiteren

Forschungsbedarf festzustellen. Diese Sekundäranalyse wird durch eine kurze Schilderung der gesamtösterreichischen Situation am Heizungssektor ergänzt.

2. Es wurde eine Befragung von ausgewählten Wohnbaugenossenschaften durchgeführt, die bereits zentrale Biomasseheizungen in ihren Wohnanlagen einsetzen, um deren Motive und Erfahrungen kennen zu lernen.
3. Nächster Schritt war eine Österreich weite Befragung von BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten zum Themas „Heizen“ und speziell zu den Erfahrungen mit dem in ihrem Haus eingesetzten Heizsystem. Diese Befragung wurde sowohl in herkömmlichen als auch in Niedrigenergiebauten durchgeführt.
4. Eine kleine Auswahl von HeizungsbetreuerInnen konnte bei der BewohnerInnenbefragung ausgemacht werden, die mit einem speziellen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit der von ihnen betreuten Heizanlage befragt wurden.

### **3. Heizen und Holzheizungen in Österreich**

Zu Beginn sollen einige Daten zur Beheizung in Österreich einen ersten Einstieg ins Thema bieten. Wie ist Österreich überhaupt beheizt? (vgl. Statistik Österreich Pressemitteilung Nr. 7.0035-68/00).

Im Juni 1999 wurden von den 3.223.400 Hauptwohnsitzen in Österreich noch 27% mittels Einzelöfen beheizt, 13% verfügten über eine Etagenheizung und 46% waren an eine Hauszentralheizung angeschlossen. Mittels Fernwärme wurden 14% der Wohnungen versorgt. Einschließlich der Wohnungen mit Einzelofenheizung mittels Gaskonvektoren oder Elektroheizungen (12%) verfügen damit deutlich mehr als vier Fünftel aller Hauptwohnsitze über Zentral- bzw. gleichwertige Heizungen.

Mit einem Anteil von 29% waren Heiz- und Ofenöl (einschließlich Flüssiggas) die am häufigsten verwendeten Brennstoffe, Erdgas folgte mit 27% knapp dahinter. In 16% der Wohnungen wurde vorwiegend Holz zur Beheizung verwendet; Kohle, Koks und Briketts (4%) lagen an letzter Stelle der festen Brennstoffe. Alternative Brennstoffe – wie z.B. Sonnenkollektoren, Hackschnitzel, Stroh etc. – spielten mit einem Anteil von knapp über einem Prozent eine untergeordnete Rolle.

Im Vergleich der Bundesländer weist Wien mit fast 32% den höchsten Anteil an Einzelofenheizungen auf; mit etwas mehr als einem Viertel (26%) ist aber auch die Fernheizung in Wien besonders stark vertreten. Etagenheizungen waren mit einem Anteil von etwa einem Drittel in Wien weit überdurchschnittlich häufig (davon 92% Gasetagenheizungen). Die Hauszentralheizung dominiert in den Ländern Vorarlberg (77%), Burgenland (65%) sowie Tirol (62%). Mittels Fernwärme wird – abgesehen von Wien – mehr als jede zehnte Wohnung in Oberösterreich und Salzburg (je 16%) sowie in der Steiermark (15%) versorgt. Zählt man zu den Etagen-, Hauszentral- und Fernheizungen noch die gleichwertigen Einzelöfen (Gaskonvektoren, Elektroheizungen), ergeben sich mit Ausnahme von Tirol (78%) zumindest Anteile von vier Fünftel aller Wohnungen, die über diese Art komfortabler Heizung verfügen.

Die Sonderstellung von Wien zeigt sich auch bei den verwendeten Brennstoffen. Fast jede zweite Wohnung (49%) wird hier bereits mittels Erdgas beheizt, während feste Brennstoffe (Holz, Kohle, Koks oder Briketts) zusammen nur mehr knapp über 3% liegen.

Die Beheizung mit Holz liegt mit einem Anteil von 31% im Burgenland mit Abstand an der Spitze; sonst wird Holz nur noch in Niederösterreich in einem Viertel der Wohnungen verwendet. Heizöl dominiert mit Anteilen von 58% in Tirol sowie 44% in Vorarlberg; die Anteile von Kohle, Koks und Briketts liegen in allen Ländern unter 5%. Elektroheizungen werden mit Anteilen von 14% in Kärnten sowie mit mehr als 10% in der Steiermark, in Salzburg und dem Burgenland überdurchschnittlich oft eingesetzt. Hohe Anteile an Gasheizungen werden – abgesehen von Wien – noch in Niederösterreich (32%), Vorarlberg (29%) sowie Burgenland und Oberösterreich (mehr als ein Viertel) erreicht.

Das Heizen mit Holz hat in Österreich lange Tradition. In den letzten Jahren haben moderne Biomasseheizungen vor allem im ländlichen Raum noch stärker an Bedeutung gewonnen. Leistungsfähige Hackschnitzelanlagen und seit einiger Zeit moderne Pelletsheizungen haben die Holzheizung wieder interessant gemacht.

Mit mehr als 4.300 Neuanlagen ist im Jahr 1999 ein Rekordergebnis bei der Zahl der modernen Holzheizungen in Österreich erreicht worden. Die Gesamtzahl der modernen, automatisch betriebenen Holzheizungen beläuft sich damit auf rund 30.000 in ganz Österreich (vgl. – auch für alles Weitere – Niederösterreichische Landwirtschaftskammer, Forstabteilung, Erhebung 1999). Bei den Kleinanlagen (bis 100 kW) ist die Steigerung der neu installierten Heizungen besonders deutlich erkennbar. Hauptsächlich verantwortlich dafür sind die Pelletsheizungen. Von den 4.186 neuen Haushaltszentralanlagen werden mehr als die Hälfte mit Pellets betrieben. Mit insgesamt 9.740 Anlagen (36%) liegt hier Oberösterreich an der Spitze vor Niederösterreich mit 6.070 Anlagen (23%) und der Steiermark mit 4.860 Anlagen (18%).

Gute Zuwachsraten gab es auch im mittleren Leistungsbereich (100 bis 1.000 kW) und im Bereich der Großanlagen.

Die installierte Gesamtleistung der modernen Holz- und Rindenfeuerung (alle drei Leistungskategorien zusammen) betrug Ende 1999 rund 2.668 MW. Für den Betrieb dieser Anlagen kann ein jährlicher Brennstoffbedarf von etwa 2,7 Millionen Festmeter Holz und Rinde angenommen werden, davon kommen 30% Waldhackgut aus der Waldpflege.

Der Nachteil dieser Zahlen ist, dass sich die meisten davon auf Einzelfeuerungen beziehen bzw. keine Unterscheidung zwischen Einfamilienhäusern und Wohnungen vorgenommen wird. Zahlen über zentral mit Holzheizungen beheizte Mehrfamilienhäuser oder Geschosswohnbauten sind eher schwer zu bekommen. Dieser Einsatz von Holzheizungen ist auch noch nicht so verbreitet wie bei Einzelfeuerungen.

Die neuesten Zahlen, die diesbezüglich zur Verfügung stehen, sind einem Projekt von DI Dr. Christian Rakos von der Energieverwertungsagentur zu verdanken, der eine Erhebung zur Zahl der eingesetzten zentralen Biomasseheizungen im verdichteten Wohnbau in Österreich durchgeführt hat (Näheres zu diesem Projekt siehe weiter unten). Er geht in seiner Analyse von einer Zahl von derzeit über 100 eingesetzten Anlagen in Österreich aus.

Was sich aber bei der Durchsicht der Daten auch zeigt, ist, dass die mit Holz beheizten Wohnsitze in den letzten Jahren kontinuierlich abnehmen. Alte Holzheizungen werden eher durch eine Öl- oder eine Gasheizung ersetzt als durch eine moderne Biomasseheizanlage, die mit Hackschnitzel oder Pellets betrieben wird. Auch diesem Trend gilt es entgegenzusteuern, wenn man den Einsatz von Biomasseanlagen in Österreich forcieren möchte.

#### **4. Ergebnisse der Sekundäranalyse**

Zum Thema „Heizen mit Holz“ wurden in Österreich in den letzten Jahren einige Studien durchgeführt, die sich mit Erfahrungen, Einstellungen, Wünschen und Problemen von Holz- und Nicht-HolzheizerInnen und mit der Meinung von ExpertInnen zu diesem Thema auseinandersetzen. Diese Studien enthalten sowohl quantitative als auch qualitative Nutzerbefragungen.

Fast alle diese Berichte beziehen sich auf Heizformen in Einfamilienhäusern, nicht auf Wohneinheiten mit mehreren Wohnungen. Dies muss bei der Darstellung der Auswertungen mitbedacht werden.

Um die Ergebnisse der verschiedenen schon durchgeführten Studien und die daraus abgeleiteten Hypothesen zu überprüfen, wurden diese einer Sekundäranalyse unterzogen. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sind im folgenden zusammengefasst dargestellt.

Folgende Berichte wurden einer Durchsicht und Auswertung unterzogen:

- 📖 Harald Rohrer/Jürgen Suschek-Berger (unter Mitarbeit von Günther Schwärzler): Verbreitung von Biomasse-Kleinanlagen (insgesamt 141 quantitative NutzerInnen-Interviews (25 Biomasse-Kleinanlagen-BetreiberInnen, 116 andere HeizerInnen)), 25 qualitative ExpertInnen-Interviews).
- 📖 Energie Tirol: Energieholzkonzept Tirol (158 quantitative Interviews, 43 HolzheizerInnen, 30 ÖlheizerInnen, 75 MischheizerInnen).
- 📖 Johannes Haas/Roger Hackstock: Brennstoffversorgung mit Biomassepellets (33 ExpertInneninterviews).
- 📖 Österreichisches Ökologie-Institut: Kachelöfen im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzeptes (166 quantitative Interviews mit KachelofenbesitzerInnen, 10 qualitative NutzerInnen-Interviews, 16 ExpertInnen-Interviews).

Es gibt unterschiedliche Gründe und Motive, warum der Brennstoff Holz eingesetzt wird. Aus allen Befragungen geht hervor, dass der Hauptgrund, warum jemand seine

Heizung mit Holz (Scheitholz oder Hackschnitzel) betreibt, der Besitz von eigenem bzw. der leichte Zugang zu Holz ist.

So finden sich Hackschnitzelheizungen hauptsächlich im landwirtschaftlichen Bereich, wo es Forstanteile leicht möglich machen, sich mit Holz zu versorgen. Der Brennstoff steht in ausreichender Menge und auch in ausreichender Qualität zur Verfügung. Der Aufwand und die Arbeitszeit, das Holz zu bearbeiten und es zu Brennholz zu fertigen, wird nicht bewertet und nicht in Berechnungen über die Kosten des Brennstoffes einbezogen. „Das Holz ist gratis“ – so der Tenor der Aussagen. Wenn man das Holz nicht selbst besitzt, so hat man zumindest leichten Zugang dazu über Verwandte, Freunde oder über Landwirte.

HolzheizerInnen, die das Holz oft nicht selbst besitzen, sind KachelofennutzerInnen. Ihre Motivation, einen Kachelofen zu betreiben, ist eine andere: Ihnen geht es um die wohlige Wärme, die der Kachelofen ausstrahlt, um die Gemütlichkeit. Dafür nehmen sie auch einiges an Unannehmlichkeiten in Kauf, um zu ihrem Brennstoff Holz zu gelangen.

Holz wird auch als billiger Energieträger empfunden, da ja der Eigenanteil nicht berechnet wird. Aber auch wenn man das Holz extern bezieht – wie die KachelofenbesitzerInnen – so ist man von der Kostengünstigkeit des Brennstoffes überzeugt.

Personen, die mit fossilen Brennstoffen heizen, haben andere Motive. Ihnen sind vor allem die niedrigen Betriebskosten der Heizungsanlage wichtig. Ebenso sollte die Heizanlage wartungs- und bedienungsfreundlich sein.

Welche Motive hatten HolzheizerInnen, überhaupt eine Holzheizung – sprich: einen Stückholzkessel oder eine Hackschnitzelanlage – zu installieren bzw. installieren zu lassen? Auch hier spielen interessanterweise die Kosten eine große Rolle. Die BesitzerInnen von Holzheizungen sind durchwegs der Meinung, dass ihre Anlagen kostengünstig sind, und zwar vor allem bei den Betriebskosten. Die Untersuchung in Tirol hat auch ergeben, dass die Investitionskosten für die Anlage von den HolzheizerInnen als nicht hoch eingestuft werden.

Ein wichtiger Grund, der für Holz als Energieträger spricht, ist die Tatsache, dass er ein einheimischer Brennstoff ist, der – im Falle eines Falles – auch Unabhängigkeit vom Ausland garantiert. Außerdem handelt es sich um eine erneuerbare Energieform. In ländlichen Gebieten spielt auch noch mit, dass der Brennstoff leicht verfügbar ist.

Wie schon erwähnt, unterscheiden sich die Motive der Installation eines Kachelofens von denen der BetreiberInnen anderer Holzheizungen. Bei diesen spielen der Symbolgehalt des Feuers und die angenehme Wärme die wichtigste Rolle. Der Kachelofen wird als Treffpunkt für die Familie und als Ort der Kommunikation genutzt.

Was spricht gegen eine Holzheizung? Hier wird als erster Grund angeführt, dass man den Brennstoff, nämlich das Holz, nicht selbst besitzt. Auch wird angeführt, dass

die Heizanlage, aber auch die Lagerung des Brennstoffes zu viel Platz brauchen würde und der Arbeitsaufwand für das Betreiben der Heizung zu groß sei. Die Anlage würde auch zu wenig Komfort bieten.

Es unterscheiden sich auch die Informationsquellen, bei denen die HeizerInnen Informationen über Ihre Heizanlagen eingeholt haben. Während sich die HolzheizerInnen lieber auf Ausstellungen und Messen bzw. bei Verwandten und Bekannten informieren oder sich überhaupt auf ihr eigenes Wissen verlassen, ist der vorrangige Ansprechpartner für HeizerInnen von fossilen Brennstoffen in erster Linie der Installateur, dann werden auch Verwandte und Bekannte befragt.

Für die Installation eines Kachelofens wird in erster Linie der Hafner zu Rate gezogen.

Wie wäre es nun möglich, dass HeizerInnen von fossilen Brennstoffen auf Holzheizungen umsteigen würden? Die Anlagen müssten entsprechenden Komfort bieten und die Anschaffungs- und Brennstoffkosten müssten denen von Öl oder Gas vergleichbar sein.

Diese Arbeiten haben auch gezeigt, dass speziell zu Mehrfamilienbauten bisher keine Ergebnisse aus Befragungen vorliegen. Da im Mehrfamilienhausbereich die Art der Beheizung von den Bauträgern und PlanerInnen bestimmt wird, scheint es wichtig, diese Gruppe zusätzlich zu den NutzerInnen ebenfalls zu befragen.

## **5. Befragungen**

Im ursprünglichen Projektkonzept war eine telefonische Befragung von 1000 Haushalten in ganz Österreich vorgesehen. Aufgrund der neu gewonnenen Erkenntnisse durch die Sekundäranalyse wurde die Anzahl der Telefoninterviews von tausend auf 500 Haushalte reduziert (250 BewohnerInnen von „herkömmlichen“ Wohnbauten und 250 BewohnerInnen von Niedrigenergiebauten). Dafür wurden zusätzlich Bauträger und PlanerInnen befragt, wobei auch persönliche Interviews als Ergänzung zur telefonischen Befragung vorgesehen waren. Ebenso wurden HausmeisterInnen interviewt, die in den von ihnen betreuten Häusern für die Betreuung und Wartung der Heizanlage zuständig sind. Diese Änderung wurde der TIG brieflich am 11. April 2000 zur Kenntnis gebracht.

Für die Befragung dieser drei Zielgruppen (Wohnbauträger bzw. PlanerInnen, HausmeisterInnen und NutzerInnen) wurden spezifische Fragebögen entworfen, die als Grundlage für die Befragung dienten. Die Befragung wurde in drei Stufen durchgeführt:

### **1. Kontaktaufnahme mit Wohnbauträgern und Wohnungsgenossenschaften**

Diese Kontaktaufnahme diente dazu, die Erfahrungen mit Biomasseheizungen (Investition und Betrieb) zu erfragen und Adressen von Mehrfamilienbauten mit Biomasseheizungen (speziell Niedrigenergiebauten) zu erhalten.

## 2. Befragung der Heizungsbetreuer

Im Zentrum dieser Befragung standen Fragen zu technischen Informationen (zum dem von ihnen betreuten Haus, der installierten Heizanlage und dem Gebäude, der Heizanlage und dem Brennstoff) und zur Zufriedenheit bzw. zu Schwierigkeiten (Heizsystem und Brennstoff) sowie zur Einschätzung verschiedener Heizformen nach unterschiedlichen Kriterien.

## 3. Befragung der BewohnerInnen

Zielsetzungen dieser Befragung waren technische Informationen (Wohnung, Heizanlage und Brennstoff) und Fragen zur Zufriedenheit bzw. zu Schwierigkeiten (Heizsystem und Brennstoff) sowie zur Einschätzung verschiedener Heizformen nach unterschiedlichen Kriterien. Die Informationen zu Lüftungsverhalten und Wasserverbrauch werden für die Simulation der Referenzbauten benötigt.

Es wurden schließlich insgesamt 467 BewohnerInnen befragt, 193, die in Niedrigenergiebauten leben (Zufallsauswahl aufgrund der von Wohnbaugenossenschaften und Beratungsstellen zur Verfügung gestellten Adressen) und 274 andere (geschichtete Zufallsauswahl aus österreichischen Telefonbüchern). Die Interviews wurden telefonisch im Zeitraum Juli/August 2000 durchgeführt. Die für diese Untersuchungen entworfenen Fragebögen finden sich im Anhang (7.1. bis 7.3.)

Um ein noch differenzierteres Bild zu bekommen, wurde mit dem Zentrum für Soziale Innovation (ZSI) in dessen Projekt „Erfahrungen und Einstellungen von NutzerInnen als Basis für die Entwicklung nachhaltiger Wohnkonzepte mit hoher sozialer Akzeptanz“ zusammengearbeitet. In diesem Projekt wurde eine standardisierte schriftliche Befragung von BewohnerInnen durchgeführt, die in im weitesten Sinne „ökologischen Wohnformen“ (darunter auch Niedrigenergiebauten) leben. In dem hierfür entworfenen Fragebogen wurden einige zusätzliche Fragen zum Thema „Heizen“ aufgenommen. Dieser Fragebogen wurde an ca. 400 Haushalte in Österreich mit der Bitte um Beantwortung und Rücksendung verschickt. Die in dieser Untersuchung für das Thema „Heizen“ relevanten Daten werden vom ZSI für weitere Auswertungen zur Verfügung gestellt. Ein Großteil dieser Daten bezog sich allerdings auf Ein- und Zweifamilienwohnhäuser, sodass sie für die Auswertung in dieser Untersuchung nicht ganz passend waren.

Eine weitere Kooperationsmöglichkeit ergab sich dadurch, dass die Energieverwertungsagentur im Auftrag des Vereins zur Förderung der Bioenergie in Österreich ein Projekt zum Thema „Einsatz von Holz als Energieträger am Wärmemarkt“ durchgeführt hat. Ziel des Projektes war es, mehr darüber zu erfahren, welche Chancen und Hindernisse es gibt, Holz verstärkt als Energieträger in den Bereichen „Verdichteter Wohnbau“ und „Öffentliche Gebäude“ einzusetzen. Da diese Zielsetzung und das geplante Vorgehen dem hier beschriebenen sehr ähnlich ist, wurde mit dem Projektleiter DI Dr. Christian Rakos eine beiderseitige enge Kooperation und ein intensiver Datenaustausch vereinbart. Erster Schritt in dieser Kooperation waren gemeinsame explorative Gespräche bei Wohnbauträgern und

PlanerInnen in Salzburg. Dies bot auch die Gelegenheit, die in den beiden Projekten verwendeten Gesprächsleitfäden und Fragebögen aufeinander abzustimmen.

### **5.1. Befragung der Wohnbaugenossenschaften**

Mit folgenden 27 VertreterInnen von Wohnbaugenossenschaften und Bauträgern wurden Interviews durchgeführt:

- ◆ Hr. Haigermoser, Bausparerheim Salzburg (persönlich)
- ◆ Hr. Stampfer, Firma Stampfer & Böckle, Salzburg (persönlich)
- ◆ Hr. Kainz, Firma Kainz, Salzburg (persönlich)
- ◆ Hr. Meisl, GSWB, Salzburg (persönlich)
- ◆ Hr. Heim, Fa. Habitat (persönlich)
- ◆ Ing. Gröger, Salzburger Siedlungswerk (persönlich)
- ◆ Herr Krainer, ÖWGES (persönlich)
- ◆ Hr. Hofmann, Alpenländische Wohnbau- und Siedlungsgenossenschaft, Steiermark (persönlich)
- ◆ Hr. Brünner, Alpenländische Wohnbau- und Siedlungsgenossenschaft, Steiermark (persönlich)
- ◆ Mag. Schubert, Neue Heimat, Steiermark (telefonisch)
- ◆ Ing. Tschrieter, Gmn. Bau- und Siedlungsgenossenschaft Rottenmann, Steiermark (telefonisch)
- ◆ Hr. Mößner, Gmn. Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaft Ennstal, Steiermark (telefonisch)
- ◆ Dr. Sporn, TIGEWOSI, Tirol (telefonisch)
- ◆ DI Peter Hertscheg, Wohnungseigentum, Tirol (telefonisch)
- ◆ Fr. Ingrid Krismer, Gmn. Hauptgenossenschaft des Siedlerbundes, Tirol (telefonisch)
- ◆ Dr. Klaus Lugger, Neue Heimat, Tirol (telefonisch)
- ◆ Ing. Karl Schlechter, Alpenländische Heimstätte, Tirol (telefonisch)
- ◆ Hr. Klaus Bumann, Wohnbaugenossenschaft Klimmer, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Hr. Günter Morscher, Wohnbaugenossenschaft Kohler, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Hr. Schiller, Wohnbaugenossenschaft Furtenbach, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Hr. Joachim Alge, Wohnbaugenossenschaft I & R Schertler, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Hr. Jürgen Pleschberger, Wohnbaugenossenschaft Müller, Vorarlberg (telefonisch)

- ◆ Hr. Ramic, Wohnbaugenossenschaft ATLANTIS, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Hr. Schmid, Wohnbaugenossenschaft Hefel, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Aktiv Baupartner, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ CALDO Bau, Vorarlberg (telefonisch)
- ◆ Dobler Bau, Vorarlberg (telefonisch)

Die Länge der Interviews schwankte zwischen wenigen Minuten und mehr als einer Stunde, je nachdem, wie wichtig das Thema „Heizen mit Biomasse“ dem jeweiligen Vertreter der Wohnbaugenossenschaft war und wie viel er dazu sagen konnte. Von den Interviews wurden Gesprächsprotokolle angefertigt und für diesen Bericht ausgewertet.

Bezüglich des Einsatzes von Biomasseanlagen bei Wohnbaugenossenschaften gibt es regionale Unterschiede: So gibt es in der Steiermark sehr viele Biomasse-Fern- und Nahwärmenetze, aber nur wenige zentrale Biomasseanlagen. Ebenso wird in der Steiermark kaum im Niedrigenergiebereich gebaut. In Salzburg dagegen werden hauptsächlich Niedrigenergiegebäude errichtet, es scheint so, dass in diesem Bundesland gar keine andere Möglichkeit mehr besteht. In diesen Gebäuden wird auch sehr oft Biomasse als Heizform eingesetzt, in Form von Hackschnitzel- oder Pelletanlagen.

Dieser massierte Einsatz derartiger Heizformen hat damit zu tun, dass in Salzburg die Wohnbauförderung diejenigen Bauten, die nach ökologischen Kriterien errichtet werden, in Form einer Punkteförderung bevorzugt. Diese Wohnbauförderung führt dazu, dass die Zusatz-Investitionskosten für die Biomasseheizanlagen fast vollständig gefördert werden. Zusätzlich sitzt in der Wohnbauförderungsabteilung des Landes ein Promotor von Holzheizungen, der mit viel Einsatz, Elan und Wissen dafür sorgt, dass im kommunalen Wohnbau hauptsächlich Holzheizungen zum Einsatz kommen. Er wird auch von allen InterviewpartnerInnen als eine wichtige Leitfigur in diesem Bereich genannt.

Überhaupt ist der Bereich des nachhaltigen Bauens in den westlichen Bundesländern weiter entwickelt als in den südlichen oder östlichen. Während die Steiermark z.B. im Bereich der Solarenergie führend in Österreich und auch in Europa ist, hinkt sie im Bereich des Niedrigenergie- und Passivhausbaus nach.

Werden die VertreterInnen der Wohnbaugenossenschaften nach ihrer Motivation befragt, warum sie Holzheizungen einsetzen, so zeigt sich, dass sehr oft die Gemeinden, in denen die Wohnanlagen gebaut werden, großes Interesse am Einbau einer Biomasseheizung haben. Sie vertreten dabei die Interessen der Bauern in der Kommune, weil diese dadurch die Möglichkeit bekommen, ihr Holz in Form von Hackgut und Hackschnitzel zu verkaufen und die Wohnanlagen damit zu beliefern.

Ebenso ins Treffen geführt werden meist Gründe des Umweltschutzes, die Holz als Energieträger interessant machen. Durch seine CO<sub>2</sub>-Neutralität und seine

Eigenschaft, ein heimischer Energieträger zu sein, eignet er sich sehr gut als umweltpolitischer Faktor beim Verkauf von Wohnungen.

Was den Kostenaspekt betrifft, ergibt sich hier eine interessante Zweiteilung. Die Kosten werden sowohl als Argument für als auch als Argument gegen den Einsatz von Biomasseheizungen ins Treffen geführt.

Moderne Biomasseheizungen sind vor allem in der Anschaffung und im Bereich der Investitionen noch immer um einiges teurer als z.B. Öl- oder Gasheizungen. Diese Mehrkosten bei den Investitionen schlagen sich natürlich auch bei den Anschaffungskosten für die Wohnung nieder.

Andererseits wird von den BefürworterInnen ins Treffen geführt, dass die Betriebskosten auf lange Sicht gesehen billiger werden, weil der Brennstoff Holz billig zu bekommen ist. Diese Amortisationszeiten sind aber in den Augen der „GegnerInnen“ der Biomasseheizungen noch zu lange, als dass sie betriebswirtschaftlich relevant wären.

Umstritten ist auch, ab welcher Größe der Wohnanlage sich der Einsatz einer Biomasseheizung wirtschaftlich rechnet. Während ein Interviewpartner diese kritische Größe ab 10 Wohneinheiten ansetzte, meinten andere, es müssten zumindest 40 Wohneinheiten sein. Sehr große Wohnanlagen finden sich aber eher in den Großstädten wie Wien oder Graz, wo aufgrund anderer Rahmenbedingungen – z.B. der Fernwärmeanschlusspflicht in Graz – das Forcieren von Biomasseheizungen wieder erschwert wird.

Sehr massiv ins Treffen geführt wird bei den Gründen gegen Biomasseanlagen die fehlenden oder unzureichenden Förderungen. Hier wird mit Neid nach Salzburg geblickt, wo die Förderung ja sehr hoch ist, und es daher natürlich ein Leichtes ist, Biomasseanlagen zu forcieren. Wenn es bessere Förderungen gäbe, wäre man natürlich bereit, in das Geschäft mit der Biomasse einzusteigen.

Von vielen wird aber auch ein Informationsdefizit zugegeben. Die Genossenschaften, die es vielleicht gerne versuchen würden, wissen nicht, woher sie Informationsmaterial bekommen oder an wen sie sich um Unterstützung wenden könnten. Es gibt keinen regelmäßigen und vor allem keinen organisierten Erfahrungsaustausch zwischen den Genossenschaften.

Was Funktionsweise und Fehleranfälligkeit der Heizanlagen betrifft, ist das Zeugnis unterschiedlich, das den Biomasseanlagen ausgestellt wird. Bei den meisten Genossenschaften, die Holzheizungen im Einsatz haben, gab es Probleme, vor allem, wenn erste Versuche, die Anlagen einzusetzen, bereits länger zurückliegen. Sehr oft tauchten Probleme mit zu nassem oder verunreinigtem Hackgut auf, sogar Ketten oder große Schrauben wurden im Hackgut gefunden.

Ein Problem, das auch heute immer wieder auftritt, ist die Lärmbelästigung durch die Anlage. Vor allem bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten, aber auch im Betrieb sind die Anlagen den BewohnerInnen oft zu laut. Zur Lösung dieses Problems werden die

Biomassekessel z.B. auf Gummimanschetten gestellt, um ein Vibrieren zu verhindern.

Ein Interviewpartner wies allerdings darauf hin, dass er Lärmmessungen bei den Heizanlagen hätte durchführen lassen. Diese ergaben, dass der Lärm der Biomasseheizung nicht lauter sei als der der Ölheizung. Allerdings handelt es sich um eine andere – ungewohnte – Art von Lärm, die seiner Meinung nach das Empfinden verstärke, die Biomasseanlage wäre sehr laut.

Sehr oft funktionieren die Anlagen aber auch ohne Probleme. „Wir hören nichts“ ist die Aussage vieler Wohnbaugenossenschaften – gemeint ist damit, dass die HausbewohnerInnen sich nicht zu Wort melden, was für ein gutes Zeichen gehalten wird, weil Positives als selbstverständlich hingenommen und darüber nicht berichtet wird, Negatives aber sehr wohl sofort an die Genossenschaften weitergegeben werden würde.

Ein weiterer hemmender Faktor wird in der Frage gesehen, wer die Heizanlage im Haus betreuen soll, sobald diese in Betrieb ist. Dieses Argument wird vor allen von denjenigen vorgetragen, die noch keine Biomasseanlagen im Einsatz haben. Es werde sich kaum jemand von den BewohnerInnen finden, der gleichzeitig auch die Aufgabe des „Heizwartes“ übernehmen möchte, der Hausmeister habe andere Aufgaben zu erfüllen (falls es überhaupt einen im Haus gibt).

Interessanterweise funktioniert die Betreuung in den Häusern, in denen Biomasseanlagen im Einsatz sind, aber sehr gut. Sehr vieles von den Aufgaben der Heizung wird bereits automatisch durchgeführt, es bleiben nur noch wenige Handgriffe übrig wie z.B. von Zeit zu Zeit das Ausleeren der Asche. Manche der HeizungsbetreuerInnen sehen dies auch als eine Art Hobby an.

Oft ist es auch so, dass die Liefergemeinschaft, die den Brennstoff, z.B. die Hackschnitzel, liefert, die Betreuung der Anlage und die Verantwortung dafür übernimmt. Sie hat ja einerseits ein großes Interesse daran, dass der Brennstoff in einwandfreiem Zustand geliefert wird und dass andererseits dadurch die Heizanlage optimal funktioniert und kein großer Betreuungsaufwand notwendig wird.

Große Hoffnung wird in den Brennstoff „Pellets“ gesetzt. Aufgrund ihrer guten Handhabbarkeit und großen Energiedichte werden Pellets in Zukunft durchaus als wichtiges Konkurrenzprodukt zu Öl oder Gas gesehen, vor allem, wenn der Preis noch etwas fallen sollte (oder der Ölpreis in etwa so hoch bleiben sollte wie zum Zeitpunkt der Befragung).

Interessant ist auch noch, wie die potentiellen WohnungsinteressentInnen auf die Mitteilung reagieren, dass ihr Wohnhaus mit einer zentralen Biomasseheizung ausgestattet sein werde. Hier gibt es im wesentlichen zwei Reaktionsweisen: Die eine ist die, dass dies bei dem Interesse für die Wohnung gar keine Rolle spielt, weil andere Aspekte einfach wichtiger sind, wie z.B. die Ausstattung der Wohnung oder ihre Lage innerhalb des Gebäudes. Die andere Reaktion ist durchaus positiv in

bezug darauf, dass das Heizen mit Holz als umweltfreundliche Heizform gesehen wird.

Daher ist ein Zitat, das zu denken gibt und am Ende dieses Kapitel stehen soll, hoffentlich doch nicht ganz richtig. Einer der Interviewpartner meinte: „Die Leute bezahlen eher für einen überdachten Parkplatz für das Zweit- oder Drittauto als für Umweltschutzmaßnahmen“.

Welche Möglichkeiten es gäbe, Wohnbaugenossenschaften beim Einsatz von Biomasseheizungen zu unterstützen, wird in Kapitel 6. „Empfehlungen“ ausgeführt.

## **5.2. Befragung der Heizungsbetreuer**

Im Rahmen der Befragungen der Wohnbaugenossenschaften konnten die Namen von sieben Heizungsbetreuern eruiert werden, die Biomasse-Heizanlagen in den von ihnen bewohnten Gebäuden betreuen. Diese wurden mit einem eigenen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit den Heizanlagen befragt. Ein Ergebnis dieser Befragung ist hier kurz dargestellt.

Fünf der Betreuer leben in normalen Wohnhäusern, nur zwei in Niedrigenergiebauten. Sie stammen zum Großteil aus Tirol (vier), zwei aus der Steiermark und einer aus Vorarlberg. Sie betreuen in der Hauptsache Hackschnitzelanlagen (nur eine Pelletsheizung). Drei der mit Hackschnitzel beheizten Gebäude können unterstützend auch mit Öl beheizt werden. Alle Gebäude sind zentralbeheizt, in vielen Wohnungen gibt es zusätzlich Kachelöfen.

Fast alle von den Heizungsbetreuer sind mit der Heiztechnik und dem Brennstoff in Hinsicht auf Aspekte wie Komfort, Bedienung, Wartung, Zuverlässigkeit, Umweltfreundlichkeit zufrieden oder sehr zufrieden.

Trotzdem geben fast alle (sechs von sieben) an, dass die Heizanlage schon einmal ausgefallen ist. Vor allem in der Anfangsphase gab es diesbezüglich Probleme. Schwierigkeiten, die es mit den Anlagen gibt bzw. gegeben hat: Von allen wird die Lärmbelästigung genannt (vor allem kurz nach der Installation und Inbetriebnahme), von einigen auch eine Geruchsbelästigung, mehrmals werden Schmutz- und Staubbelästigung angeführt, einige Male Probleme mit den Emissionen und technischen Teilen der Anlage sowie der Fördereinrichtung.

Sie schätzen die Zufriedenheit der BewohnerInnen im Gebäude aber trotz dieser Probleme als gut ein, sie selbst äußern auch große Zufriedenheit mit der Anlage.

Von den meisten Heizungsbetreuern werden kleinere Reparaturen an der Anlage selbst durchgeführt, einige lassen die Anlage auch fremdwarten.

## **5.3. Befragung der BewohnerInnen in Österreich**

Um einen Eindruck zu gewinnen, wie die österreichische Bevölkerung in Mehrfamilienbauten mit den zentralen Heizanlagen in den von ihnen bewohnten

Gebäuden zufrieden ist und wie deren Einstellung zum Thema „Heizen“ im allgemeinen ist, wurde eine telefonische Befragung von 274 Haushalten in ganz Österreich durchgeführt. Die Adressen wurden nach einer Zufallsauswahl aus den österreichischen Telefonbüchern gezogen, geschichtet nach der Einwohnerzahl der einzelnen Bundesländer. Eine zusammenfassende statistische Auswertung der Ergebnisse ist im folgenden dargestellt, eine Interpretation folgt in Kapitel 5.4.

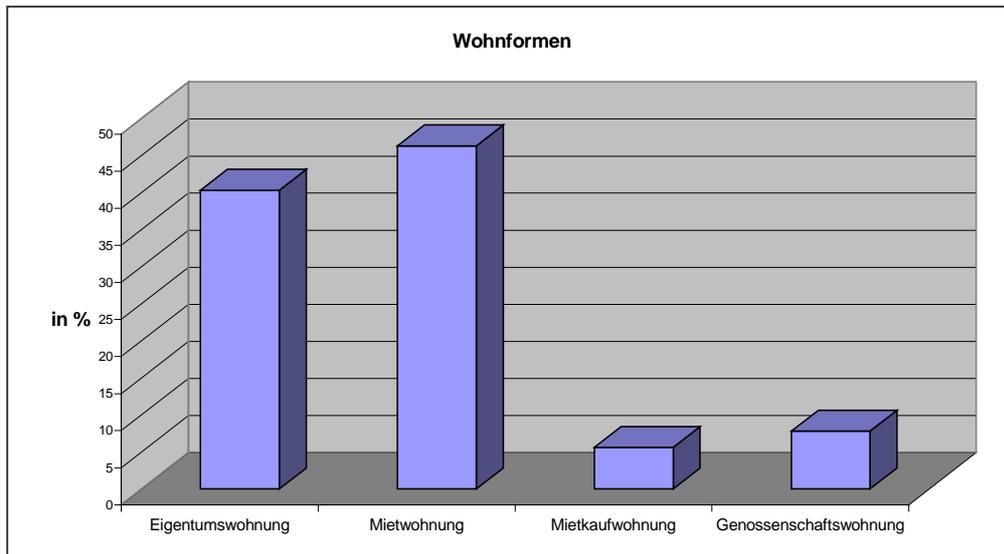


Abb.1. Wohnformen der Befragten

Wie sind die Wohnverhältnisse in der Stichprobe verteilt? Ein Großteil der Befragten wohnt entweder in Mietwohnungen (46,3%) oder in Eigentumswohnungen (40,3%), 7,8% wohnen in Genossenschaftswohnungen und nur 5,6% in der relativ neuen Form der Mietkaufwohnungen (Abb. 1).

31,1% dieser Wohnungen werden seit höchstens 5 Jahren bewohnt, 24,6% seit höchstens 10 Jahren, 16,1% seit höchstens 15 Jahren, 12,8% seit höchstens 20 Jahren und 15,4% seit mehr als 20 Jahren.

Die Größen dieser Wohnungen variieren zwischen 27 m<sup>2</sup> und 200 m<sup>2</sup>. Ca. 10% der Wohnungen sind unter 50 m<sup>2</sup>, ca. 20% unter 70 m<sup>2</sup>, ca. 22% unter 80 m<sup>2</sup>, ca. 14% unter 90 m<sup>2</sup>, ca. 13% unter 100 m<sup>2</sup>, der Rest liegt darüber.

In welcher Form werden diese Wohnungen beheizt? Auf diese Frage war es möglich, Mehrfachantworten zu geben (Tab. 1).

Zentralheizung	54%
Fernwärme	21,8%
Einzelöfen	12,1%
Kachelöfen	3,7%
Etagenheizung	3,4%
Wärmepumpe	0,7%
Teilweise Solarwärme	0,3%

Tab. 1. Heizformen

Ein überwiegender Teil der Wohnungen wird also bereits zentralbeheizt, fast ein Viertel davon mit Fernwärme. Diese Zahlen stimmen auch gut mit den österreichischen Daten überein.

Als nächstes wurde nach dem eingesetzten Brennstoff in den Wohnungen gefragt. Auch hier waren wiederum Mehrfachantworten möglich (Tab. 2, Abb. 2).

Heizöl	31,1%
Gas	21,2%
Strom	17%
Scheitholz	6,7%
Kohle, Koks, Briketts	4,9%
Hackschnitzel	2,8%
Sonnenenergie	0,4%
Weiß nicht	15,9%

Tab. 2. Verwendeter Brennstoff

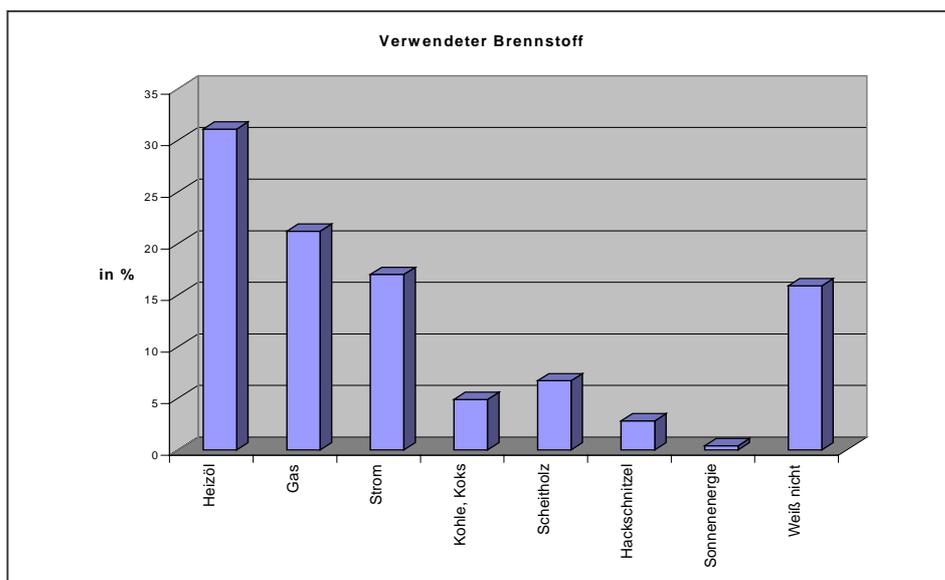


Abb. 2. Verwendeter Brennstoff

Den Löwenanteil – nämlich zusammen über 50% - machen bei den Brennstoffen Heizöl und Gas aus. Der Anteil der biogenen Heizstoffe ist sehr klein, der von Hackschnitzel liegt unter 3%, pelletsbeheizte Wohnanlagen gibt es nach dem Wissen der BewohnerInnen überhaupt keine. Fast 16% wissen nicht, mit welchem Brennstoff das von ihnen bewohnte Haus beheizt wird.

Über welche technische Einrichtungen erfolgt die Wärmeabgabe in den Wohnungen? Auch hier waren Mehrfachantworten möglich (Tab. 3).

Über Heizkörper	72,6%
Über Einzelöfen	15,1%
Über eine Fußbodenheizung	8%
Über eine Wandheizung	1,3%
Sonstiges	1,3%
Weiß nicht	1,7%

Tab. 3. Wärmeabgabe in den Wohnungen

Den größten Anteil stellen hier die über Heizkörper beheizten Wohneinheiten, aber auch der Anteil der Einzelöfen ist mit über 15% noch relativ hoch.

In diesem Zusammenhang interessant ist auch die Frage, wie die Heizung in der Wohnung geregelt werden kann (Tab. 4).

Heizkörper	27,8%
Thermostatventile	27,1%
Zentrales Thermostat	18,4%
Einzelöfen	12%
Heizung ein/aus	11,7%
Sonstiges	0,3%
Weiß nicht	2,7%

Tab. 4. Regelung der Heizung

Auf die Frage, ob sie wüssten, um welche Heizanlage es sich in Ihrem Haus handelt, antworteten 33,6% mit „ja“ und 66,5% mit „nein“.

Alternative Warmwasserbereitung ist nicht sehr verbreitet. Das Warmwasser für die Wohnungen wird nur in 1,5% der Fälle über eine zentrale Solaranlage für das ganze Haus aufbereitet, in 0,4% der Fälle über eine dezentrale Anlage für die Wohnung. Bei 83,3% der Gebäude gibt es keine Solaranlage in irgendeiner Form, 14,8% der Befragten konnten diese Frage nicht beantworten.

Die nächsten Fragen rankten sich um das Thema „Heizkosten“. Interessant war die Frage nach der Höhe der jährlichen Heizkosten (inkl. Warmwasseraufbereitung) für die Wohnung. Abgesehen davon, dass ein Großteil der Befragten im ersten Moment keine Antwort auf diese Frage geben konnte, ergab eine Nachprüfung oft sehr unglaubliche Werte, die z.B. mit der Größe der Wohnung nicht korrelieren konnten.

Als nächstes wird das Ergebnis auf die Frage „Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten (inkl. Warmwasseraufbereitung)?“ dargestellt. Mit „sehr hoch“ antworteten 4,4%, mit „hoch“ 22,3%, mit „gerade richtig“ 33,7%, mit „eher niedrig“ 11,7% und mit „sehr niedrig“ 0,4%. Auch hier konnte eine große Anzahl der Befragten, nämlich mehr als ein Viertel (27,5 %) auf diese Frage keine Antwort geben (Abb. 3).

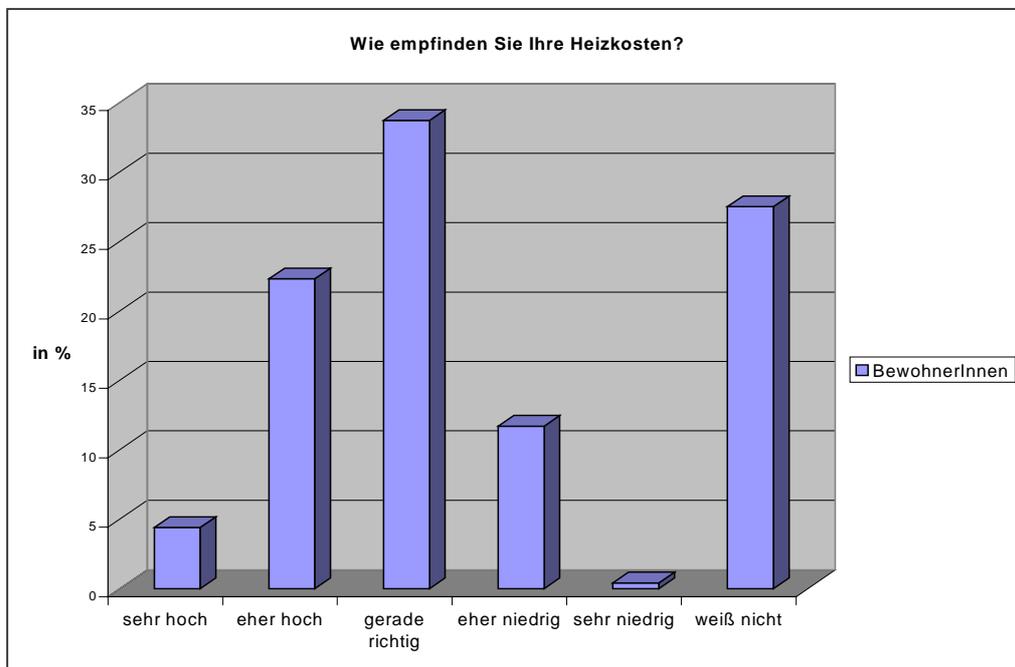


Abb. 3. Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten?

Auch die Erwartungen bzgl. der Heizkosten beim Einzug in die Wohnung wurden abgefragt. Mit höheren Kosten gerechnet haben 10,3% der Befragten, mit ungefähr den anfallenden Kosten 41,7% der Befragten und 14,4% haben mit niedrigeren Kosten gerechnet. Auch auf diese Frage konnte fast die Hälfte der Befragten, nämlich 43,9% keine Antwort auf diese Frage geben.

Eine sehr wichtige Rolle spielte die Art der Heizung bei der Entscheidung, in die Wohnung einzuziehen, für nur 9,5% der Befragten. Wichtig war es für 24,1%, weniger wichtig für 17,9% und gar nicht wichtig für 31,8%. 16,8% konnten diese Frage nicht beantworten (Abb. 4.).

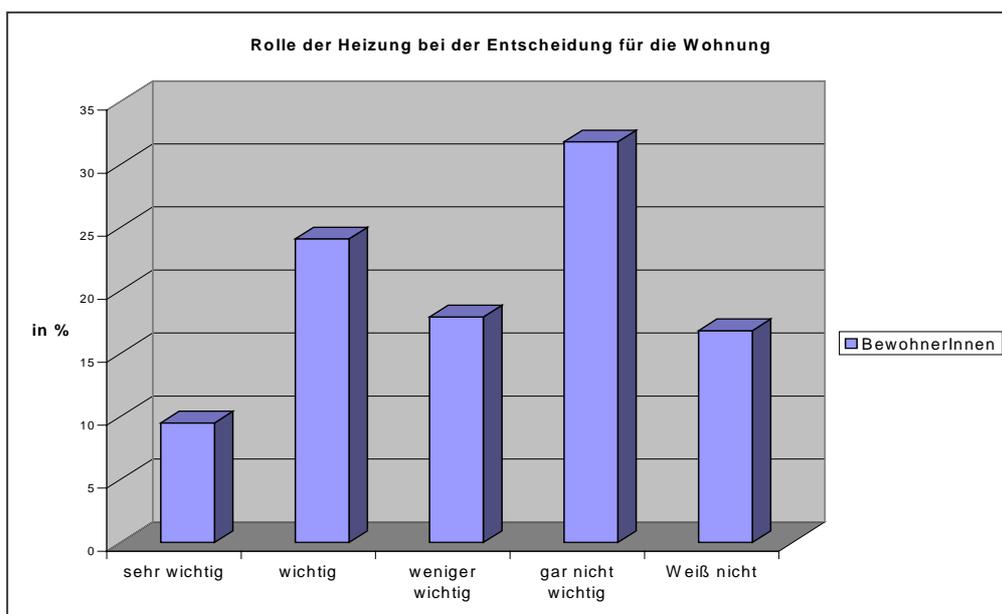
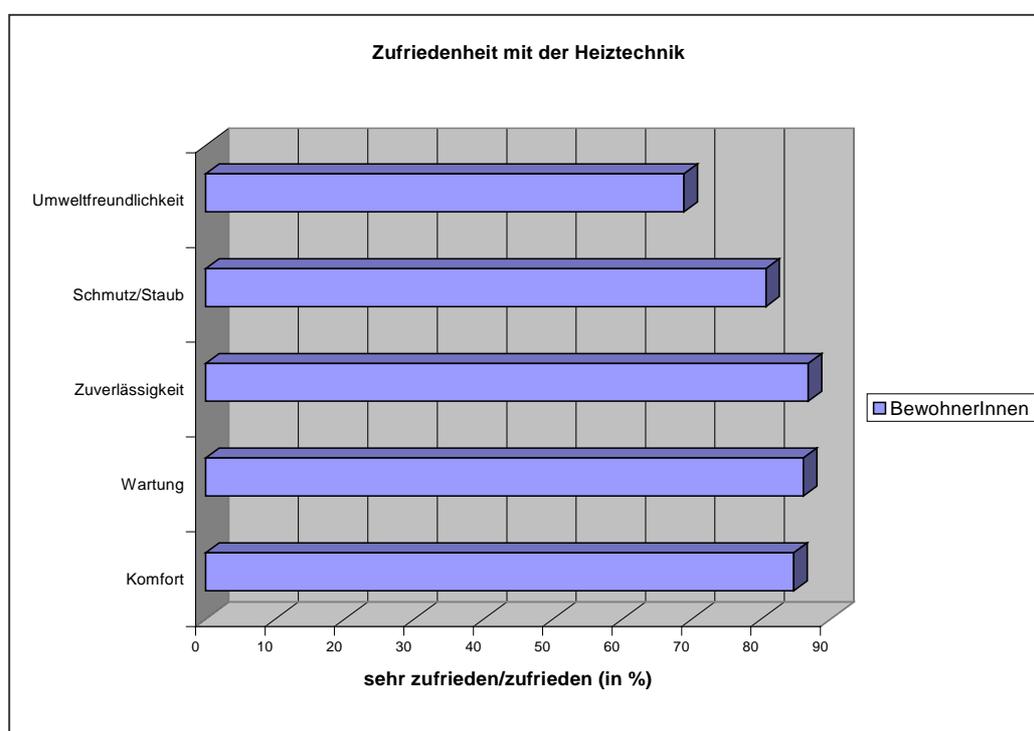


Abb. 4. Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung

Als nächstes wurden verschiedene Zufriedenheitsaspekte mit der eingesetzten Heiztechnik und Heizanlage im Haus abgefragt, um ein Gefühl dafür zu bekommen, wo es Probleme mit den Heizanlagen gegeben hat.

„Wie zufrieden sind Sie mit der Heiztechnik in Bezug auf ...?“ (in %) (Tab. 5, Abb. 5)

	Sehr zufrieden	Zufrieden	Weniger zufrieden	Gar nicht zufrieden	Weiß nicht
Komfort	40,9	43,8	8	2,2	5,1
Wartung	37,6	48,5	5,8	2,2	5,8
Zuverlässigkeit	44,3	42,5	7	1,1	5,1
Schmutz/Staub	40,9	39,8	6,9	5,8	6,6
Umweltfreundlichkeit	26	42,9	11	3,3	16,8



Tab. 5, Abb. 5. Zufriedenheit mit der Heiztechnik

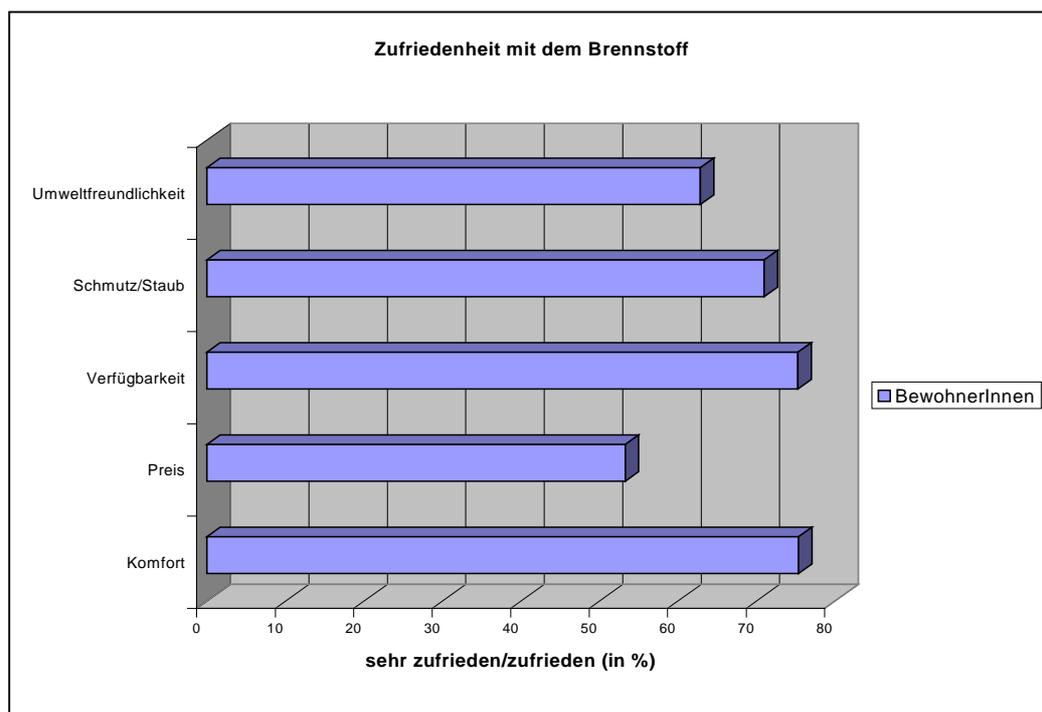
Es zeigt sich, dass die Zufriedenheit auf alle genannten Aspekte recht hoch ist, fast alle Zahlen liegen bei oder über 80%. Nur der Aspekt „Umweltfreundlichkeit“ hinkt mit knapp 70% etwas hinterher.

Auch bzgl. des für die zentralen Heizanlagen im Haus verwendeten Brennstoffe wurde die Frage nach der Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten gestellt.

„Wie zufrieden sind Sie mit dem Brennstoff in Bezug auf ...?“ (in %) (Tab. 6, Abb. 6)

	Sehr zufrieden	Zufrieden	Weniger zufrieden	Gar nicht zufrieden	Weiß nicht

Komfort	37,1	38,3	4,7	1,6	18,4
Preis	14,9	38,4	17,6	2,4	26,7
Verfügbarkeit	39,2	36,1	7,5	0,8	16,5
Schmutz/Staub	33,3	37,6	9	3,1	16,9
Umwelt- freundlichkeit	23,4	39,5	13,3	2,7	21,1



Tab. 6., Abb. 6. Zufriedenheit mit dem Brennstoff

Auch hier zeigt sich eine relativ große Zufriedenheit, wenn sie auch nicht so ausgeprägt ist wie bei der Frage nach der Heiztechnik. Die Zufriedenheit mit den meisten Aspekten liegt bei ca. 70%, nur die Umweltfreundlichkeit hinkt mit 60% etwas nach. Am wenigsten Zufriedenheit herrscht mit dem Preis des Brennstoffes – hier muss sicherlich der hohe Ölpreis zum Zeitpunkt der Befragung berücksichtigt werden.

Gab es schon einmal Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in der Wohnung? Diesbezüglich Probleme hatten 70,8% niemals, 8% manchmal, 7,7% einmal und 2,9% der Befragten oft. 10,6% konnten keine Antwort auf diese Frage geben.

Diese Schwierigkeiten bezogen sich darauf, dass es in vielen Fällen einfach „zu kalt“ in der Wohnung war (und nicht näher definiert werden konnte, was die Ursache dafür war), dass die Heizanlage ausgefallen ist oder die Heizkörper nicht funktioniert haben. Öfters gab es auch Schwierigkeiten mit alten Einzelöfen, die ihre Aufgabe nicht mehr zufriedenstellend erfüllen konnten.

Auf die Frage, ob es in der Wohnung oft zu warm oder zu kalt ist, antworteten 4,4% der Befragten mit „zu warm“, 9,9% mit „zu kalt“, 2,9% mit „zu warm und zu kalt“, für

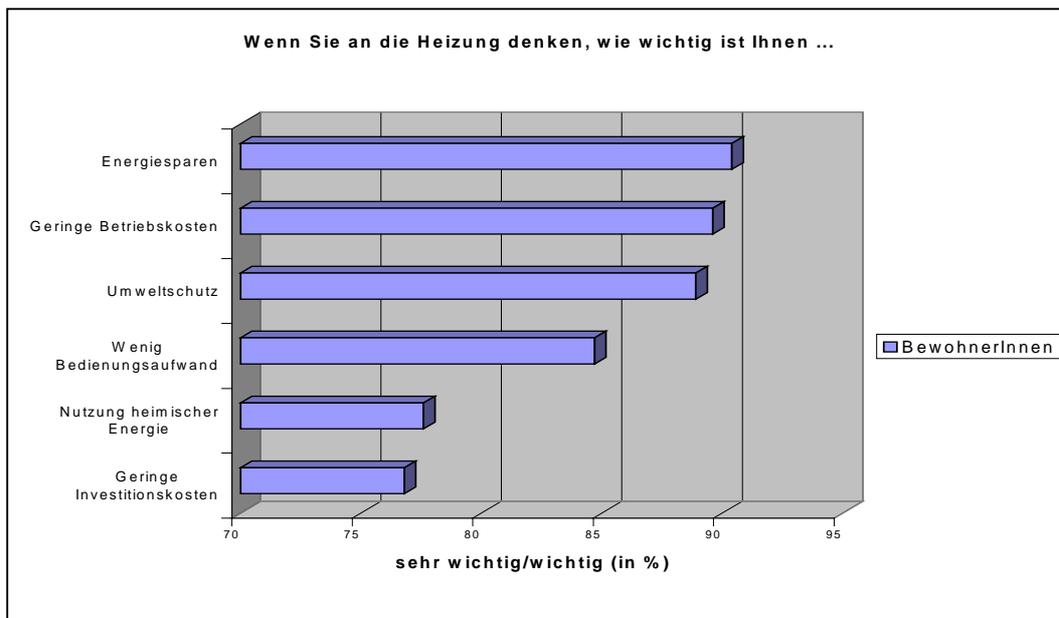
die meisten Befragten, nämlich 75,5%, ist die Temperatur in der Wohnung immer in Ordnung.

Wie wichtig verschiedene Kriterien sind, wenn jemand an die Heizung denkt, war Inhalt der nächsten Fragenbatterie.

„Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...?“ (in %) (Tab. 7, Abb. 7)

	Sehr wichtig	Wichtig	Weniger wichtig	Gar nicht wichtig	Weiß nicht
Energiesparen	45	45,4	6,6	0,4	2,6
geringe Investitionskosten	26,9	49,8	13,7	3	6,6
geringe Betriebskosten	38,3	50,7	3	0,4	7
Umweltschutz	50	38,9	7	0,4	3,7
Wenig Bedienungsaufwand	42,2	42,5	9,3	1,5	4,5
Nutzung heimischer Energie	39,9	37,7	11,6	5,6	5,2

Tab. 7., Abb. 7. Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...?



Bei dieser Frage steht mit über 90% der Aspekt „Energiesparen“ an erster Stelle, knapp gefolgt von geringen Betriebskosten und Umweltschutz.

Abschließend wurden die Befragten noch um eine Rangreihung dreier Heizformen (Öl-, Gas- und Holzheizung) nach den Kriterien „billig“ und „umweltfreundlich“ gebeten (Tab. 8).

Heizungsart		billig	umweltfreundlich
Ölheizung	1. Rang	20,2%	13,9%
	2. Rang	29,2%	23,7%
	3. Rang	33,7%	46,2%
	Weiß nicht	16,9%	16,2%
Gasheizung	1. Rang	36%	35,8%
	2. Rang	35,2%	39,2%
	3. Rang	12,4%	9,1%
	Weiß nicht	16,5%	15,8%
Holzheizung	1. Rang	27,7%	36%
	2. Rang	18,7%	21%
	3. Rang	37,1%	28,1%
	Weiß nicht	16,5%	15%

Tab. 8. Rangreihe der Heizanlagen

Es zeigt sich, dass die Gasheizung bei der Frage nach dem Preis am besten abschneidet und von über 36% der Befragten auf den ersten Rang gesetzt wird. Die Holzheizung liegt aber bereits an zweiter Stelle, die Ölheizung überraschenderweise an letzter Stelle.

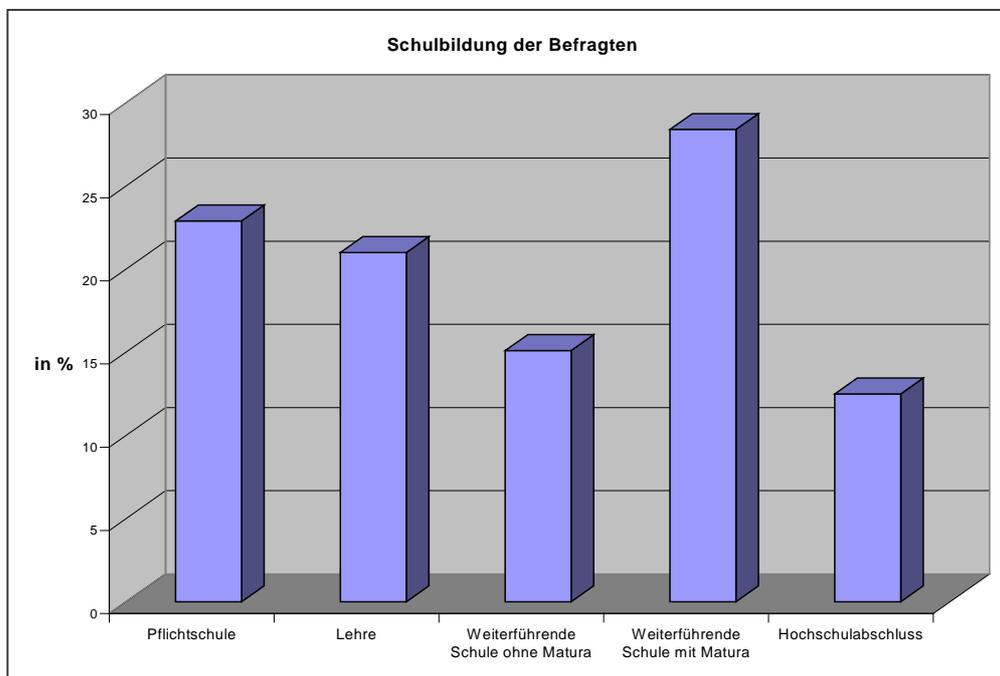
Bei der Umweltfreundlichkeit ist das Bild etwas anders: Hier wird von den meisten Befragten die Holzheizung an die erste Stelle gereiht, allerdings knapp gefolgt von der Gasheizung. Hier liegt die Ölheizung abgeschlagen an letzter Stelle.

Abschließend seien noch die sozialstatistischen Daten der Befragung präsentiert.

Von der Schulbildung her entspricht die Verteilung gut dem österreichischen Durchschnitt. Mehr als ein Viertel hat eine weiterführende Schule mit Maturaabschluss besucht, jeweils mehr als 20% haben eine Lehre oder einen Pflichtschulabschluss (Abb. 8).

Von den Berufen sind hauptsächlich vertreten: Angestellte (22,6%), PensionistInnen (19%), ArbeiterInnen (10,6%) und Hausfrauen bzw. Hausmänner (10,6%). Hier dürfte es in der Stichprobe einen leichten Überhang an PensionistInnen geben.

Abb. 8. Schulbildung der Befragten



Das monatliche Haushaltsnettoeinkommen beträgt für 43% der Haushalte bis 20.000,- öS, für 31% bis 30.000,- öS, für 18% bis 40.000,- öS, für 6% bis 50.000,- öS und für 2% über 50.000 öS.

Die Größe der Haushalte schwankt zwischen 1 Person (17,5%), 2 Personen (29,6%), 3 Personen (24,5%), 4 Personen (18,6%), 5 Personen (6,6%) und 6 oder mehr Personen (3,3%).

Die Verteilung nach der regionalen Herkunft stellt sich folgendermaßen dar (Tab. 9):

Kleinstadt/eher am Stadtrand	20,1%
Kleinstadt/eher im Zentrum	19%
Großes Dorf am Land	18,6%
Großstadt/eher am Stadtrand	14,9%
Großstadt/eher im Zentrum	14,1%
Kleines Dorf am Land	13,4%

Tab. 9. Verteilung nach regionaler Herkunft

Die Verteilung nach Bundesländern stellt sich folgendermaßen dar (Tab. 13, Abb. 9). Hier gibt es einen leichten Überhang von Befragten in Oberösterreich, aber ansonsten ist die Stichprobe sehr repräsentativ.

Oberösterreich	25%
Wien	21,7%
Niederösterreich	14,7%
Steiermark	14,7%

Kärnten	5,1%
Salzburg	5,9%
Tirol	6,6%
Vorarlberg	3,3%
Burgenland	2,9%

Tab. 10. Verteilung nach Bundesländern

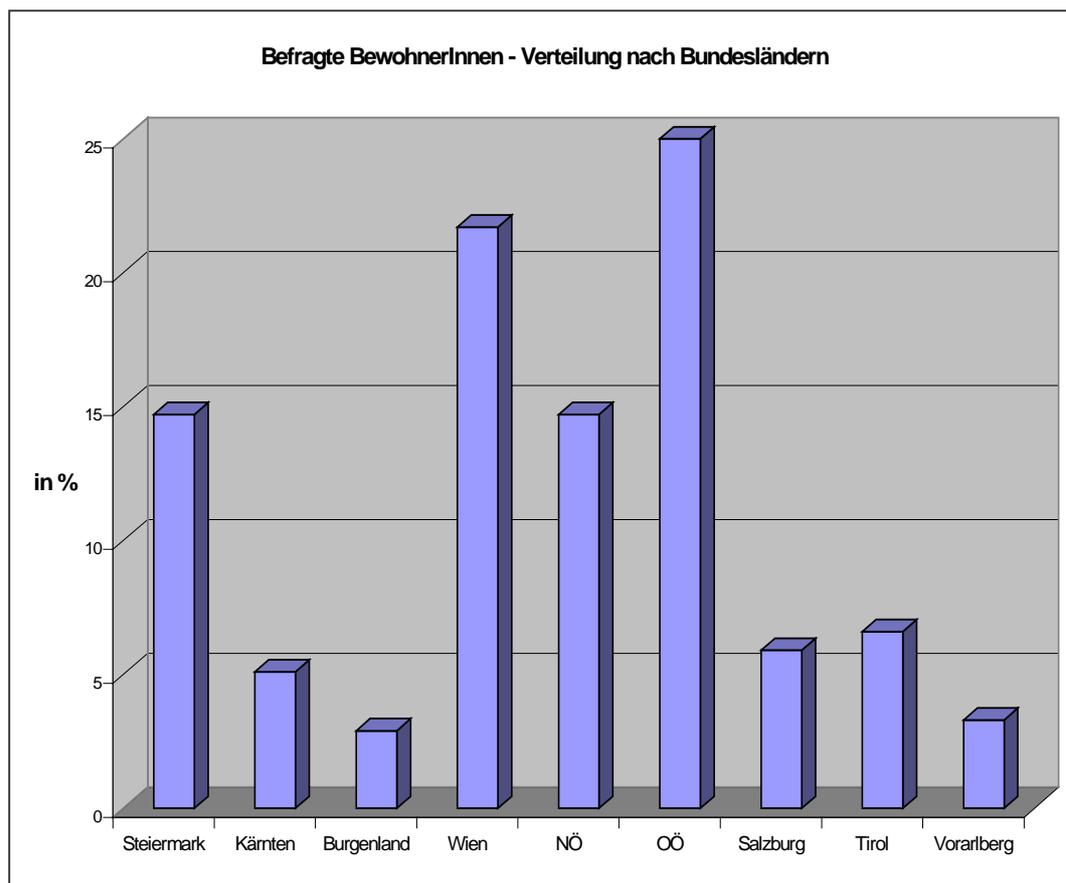


Abb. 9. Verteilung nach Bundesländern

#### 5.4. Interpretation der Ergebnisse der Österreichbefragung

Was die sozialstatistische Verteilung betrifft, so zeigt sich, dass in der Stichprobe bei der Bundesländerverteilung der Anteil Oberösterreichs etwas überdimensioniert ist, bei der Verteilung der Schulbildung der Anteil derjenigen, die Matura oder einen Hochschulabschluss haben. Auch einer leichter Überhang von Angestellten und PensionistInnen ist in der Stichprobe zu bemerken. Was die Wohnformen betrifft, so machen Mietwohnungen ca. die Hälfte aus, gefolgt von den Eigentumswohnungen. Neuere Rechtsformen wie der Mietkauf sind noch nicht sehr häufig vertreten. Das monatliche Haushaltseinkommen liegt bei fast der Hälfte der befragten Haushalte unter 20.000,- öS. Die Verteilung der Wohngrößen, die Belegungsdauer und die

Belegungsdichte in den Wohnungen dürfte ein gutes Abbild der österreichischen Situation darstellen.

Die meisten Wohnungen sind mit einer Zentralheizung (über 50%) ausgestattet und werden mit dem Brennstoff Öl (ca 30%) oder Gas (ca. 20%) beheizt, auch Strom ist noch relativ oft vertreten. Scheitholz und vor allem Hackschnitzel spielen eine weit untergeordnete Rolle. In ca. 70% der Fälle werden die Wohnungen über Heizkörper beheizt.

Prinzipiell kann aus mehreren Indikatoren abgeleitet werden, dass das Thema Heizen für die BewohnerInnen von Mehrfamilienbauten nicht im Vordergrund steht.

So ist z.B. interessant, dass ein doch beträchtlicher Anteil von 15% der Befragten in Mehrfamilienbauten nicht weiß, mit welchem Brennstoff das von ihnen bewohnte Gebäude beheizt wird. Dies weist darauf hin, dass die Auseinandersetzung mit dem Thema „Brennstoff“ eine geringe Rolle spielt, solange die Beheizung der Wohnung funktioniert und es eigentlich egal ist, welcher Brennstoff dafür eingesetzt wird.

Ein weiteres Indiz dafür, dass das Thema „Heizen“ für die BewohnerInnen in Mehrfamilienbauten eine untergeordnete Rolle spielt, sind die Antworten auf die Fragen zur Heizanlage. Ca. zwei Drittel der Befragten wissen nicht, welche zentrale Heizanlage im Keller steht (also z.B. welcher Typ es ist oder von welcher Firma die Anlage stammt). Ebenso interessant ist, dass für über die Hälfte bei der Entscheidung für den Einzug in die Wohnung die Art der Heizung nicht besonders wichtig war. Die BewohnerInnen sind mit der Höhe Ihrer Heizkosten zum Großteil einverstanden (wenn die Befragung auch gezeigt hat, dass sie kaum in der Lage sind, entsprechende Auskünfte über deren Höhe zu geben). Was die Erwartung bzgl. der Heizkosten beim Einzug in die Wohnung betrifft, so kann hier wiederum ca. die Hälfte der Befragten keine Auskunft geben, ob sie diese höher, niedriger oder gleich wie jetzt eingeschätzt hatten.

Diese Ergebnisse werden durch die Gespräche mit den VertreterInnen der Wohnbaugenossenschaften bestätigt, die auch zeigten, dass die Heizung für die WohnungsinteressentInnen kein vorrangiges Thema ist.

Es kann eine relativ große Zufriedenheit bei den Befragten mit der im Haus eingesetzten Heiztechnik und mit dem eingesetzten Brennstoff festgestellt werden. Zu berücksichtigen ist bei diesen Ergebnissen allerdings, dass BewohnerInnen in Mehrparteienhäusern eben wenig mit der Heiztechnik an sich und noch weniger mit dem eingesetzten Brennstoff konfrontiert sind. Unter Beachtung dieser Tatsache zeigt sich, dass bzgl. Komfort, Wartung, Schmutz- und Staubbelästigung den Heizanlagen ein sehr gutes Zeugnis ausgestellt wird, nur die Kategorie „Umweltfreundlichkeit“ hinkt etwas nach. Beim verwendeten Brennstoff ist es ähnlich, allerdings ist hier der Anteil derjenigen, die diesbezüglich keine Auskunft geben können, wesentlich höher (vor allem in den Kategorien „Preis“ und „Umweltfreundlichkeit“).

Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in den Wohnungen gibt es selten, ebenso mit der Temperatur.

Wenn es Schwierigkeiten gab, handelte es sich meist darum, dass die Heizanlage überhaupt ausgefallen ist, Öfen oder Heizkörper nicht funktioniert haben oder es – aus verschiedensten Gründen – einfach zu kalt in der Wohnung war. Was die Ursachen für diese Schwierigkeiten waren, wissen die BewohnerInnen in den seltensten Fällen.

Bei der Frage nach der Wichtigkeit verschiedener Eigenschaften einer Heizung stehen der Energiesparaspekt und die Frage des Umweltschutzes an erster Stelle, als weniger wichtig werden die Kostenaspekte (Investitions- bzw. Betriebskosten) bewertet. Dies könnte als ein Ansatzpunkt für die Forcierung von Biomasseheizungen gewertet werden, wenn es gelingt, diese als energiesparend und umweltfreundlich zu vermarkten. Natürlich muss berücksichtigt werden, dass es sich hier um eine Abfrage zu Einstellungen handelt und nicht zu realen Handlungen.

Interessant ist aber diesbezüglich auch noch die Reihung verschiedener Heizformen. Aus dieser Reihung kann man erkennen, dass die Ölheizung nur von 20% bei der Kategorie „billig“ an erster Stelle gereiht wird, die Gasheizung hingegen von 36%. Selbst die Holzheizung schneidet besser ab als die Ölheizung (28%). Was die Umweltfreundlichkeit betrifft, so siegt die Holzheizung sogar knapp vor der Gasheizung, die Ölheizung liegt hier abgeschlagen. Dieses Ergebnis zeigt, dass das Image der Biomasseheizung in der Bevölkerung besser sein dürfte als oft angenommen, sowohl was den Preis als auch was die Umweltfreundlichkeit betrifft, das der Ölheizung schlechter als oft angenommen.

## **5.5. Befragung der BewohnerInnen in Niedrigenergiebauten**

Der Fokus des Projektes zielt auf Heizanlagen in Niedrigenergiebauten im Mehrfamilienwohnbereich. Daher wurden für das Projekt auch 193 Telefoninterviews in Niedrigenergiebauten durchgeführt. Die Adressen für diese Interviews wurden im Zuge der Recherchen bei den österreichischen Wohnbauträgern gesammelt bzw. in Kooperation mit DI Dr. Christian Rakos von der Energieverwertungsagentur und Mag. Dr. Michael Ornetzeder vom Zentrum für soziale Innovation zusammengestellt. Hier zu berücksichtigen ist sicher, dass dies nicht wirklich eine repräsentative Auswahl von Niedrigenergiegebäuden sein kann, da ja die Grundgesamtheit nicht bekannt ist und daher keine Stichprobe gezogen werden konnte. Eine Auswertung der Ergebnisse dieser Befragung ist ebenfalls im folgenden dargestellt, eine Interpretation folgt wieder in Kapitel 5.6.

Der Begriff des Niedrigenergiehauses (NEH) wurde für die Befragung relativ weit gefasst. Es wurde kein technisches Kriterium für die Definition angelegt. So umfasst die vorliegende Stichprobe 85,5% Niedrigenergiehäuser, 4,9% Passivhäuser, aber auch 9,6% Häuser, die nach ökologischen Kriterien gebaut sind.

Die Wohnungen in diesen Gebäuden sind folgendermaßen verteilt: 47,7% Mietwohnungen, 24,4% Eigentumswohnungen, 23,8% Genossenschaftswohnungen und 4,1% Mietkaufwohnungen (Abb. 10).

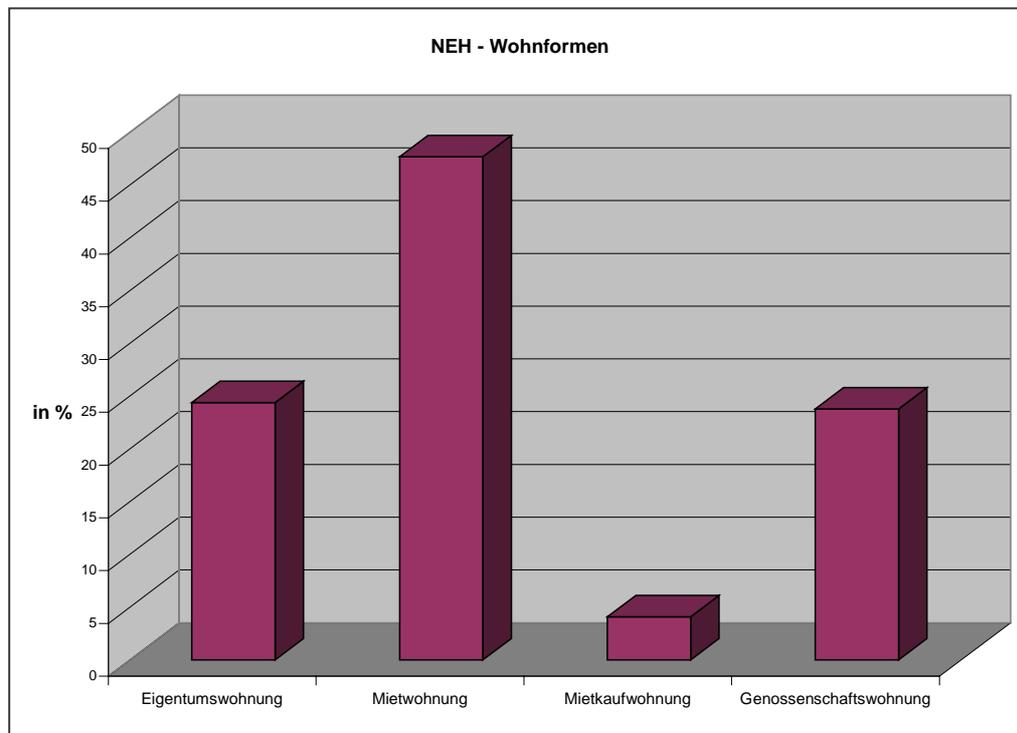


Abb. 10. Wohnformen - Niedrigenergiebauten

Der Anteil der Mietwohnungen überwiegt also bei weitem, Mietkaufwohnungen sind auch in diesem Segment nur zu einem geringen Teil vertreten.

Diese Wohnungen werden zu 82,9% seit höchstens 5 Jahren bewohnt, zu 8,8% seit mindestens 10 Jahren und zu 8,3% seit mehr als 10 Jahren. Der Wohnungsbestand ist damit – wie zu erwarten war – wesentlich jünger als bei den herkömmlichen Bauten.

Die Wohnungsgrößen liegen zu 6,3% unter 50 m<sup>2</sup>, zu 20,9% unter 70 m<sup>2</sup>, zu 35,6% unter 80 m<sup>2</sup>, zu 46,6% unter 90 m<sup>2</sup>, zu 66,5% unter 100 m<sup>2</sup>, zu 71,7% unter 110 m<sup>2</sup>, zu 88% unter 120 m<sup>2</sup>, der Rest hat über 120 m<sup>2</sup>.

In welcher Form werden die Wohnungen in den Niedrigenergiebauten beheizt? Auf diese Frage waren Mehrfachantworten möglich.

In diesem Bereich überwiegen die mit Fernwärme und zentralbeheizten Bauten bei weitem. Der Anteil der Einzelöfen ist wesentlich geringer als bei den herkömmlichen Bauten (Tab. 14).

Fernwärme	45,1%
Zentralheizung	31,6%

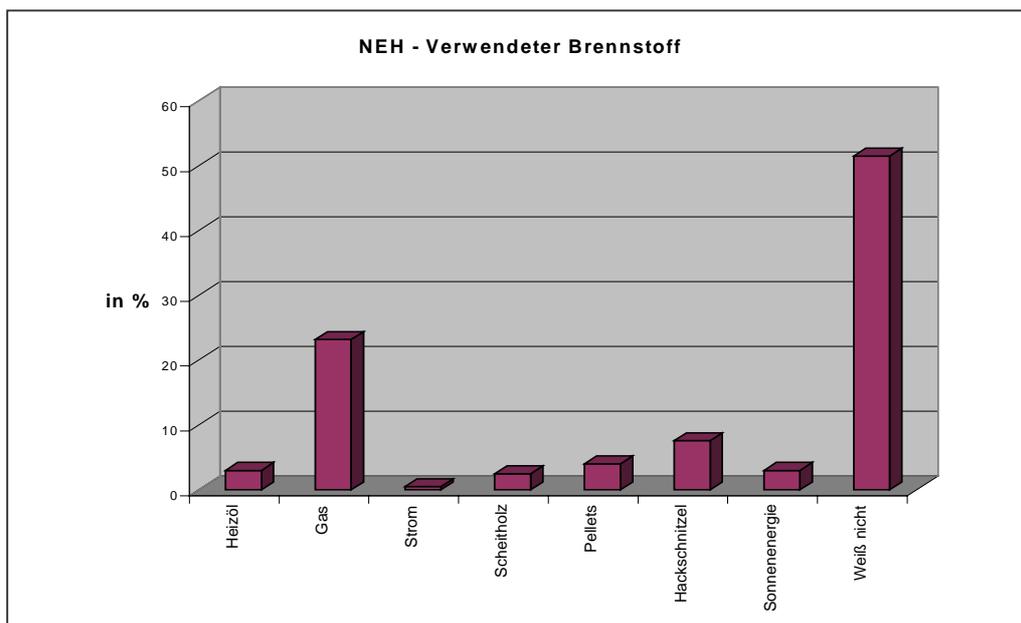
Teilweise Solarwärme	6,3%
Etagenheizung	4,9%
Lüftungssystem	2,4%
Einzelöfen	1,9%
Wärmepumpe	1,5%
Kachelöfen	1%
Weiß nicht	5,3%

Tab. 11. Heizformen – Niedrigenergiebauten

Mit welchem Brennstoff werden diese Wohnungen beheizt? Auch auf diese Frage waren Mehrfachantworten möglich (Tab. 15, Abb. 11).

Gas	23,2%
Hackschnitzel	7,6%
Sonnenenergie	4,5%
Pellets	4%
Lüftungssystem	3%
Heizöl	3%
Scheitholz	2,5%
Strom	0,5%
Weiß nicht	51,5%

Tab. 12., Abb. 11. Verwendeter Brennstoff - Niedrigenergiebauten



Fast ein Viertel der untersuchten Niedrigenergiebauten wird mit Gas beheizt. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass in der Stichprobe Wien überrepräsentiert ist und in Wien Gas als Brennstoff eine wichtige Rolle spielt. Der Anteil biogener Heizstoffe ist höher als bei den herkömmlichen Bauten, Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets machen zusammen immerhin ca. 14% aus. Interessant ist der hohe Anteil von „Weiß nicht“-Antworten.

Auf die Frage, ob sie wüssten, um welche Heizanlage es sich in Ihrem Haus handelt, antworteten bei den Befragten in den Niedrigenergiebauten 23,1% mit „ja“ und 76,9% mit „nein“.

Wie erfolgt die Wärmeabgabe in den Wohnungen? Wiederum waren Mehrfachantworten möglich (Tab. 13).

Über Heizkörper	82,6%
Über eine Fußbodenheizung	5,8%
Über das Lüftungssystem	4,8%
Über eine Wandheizung	3,9%
Über Einzelöfen	1,9%

Tab. 13. Wärmeabgabe in den Wohnungen - Niedrigenergiebauten

Die meisten Wohnungen im Niedrigenergiebereich werden über Heizkörper mit Wärme versorgt, geringe Anteile über Fußbodenheizung, Lüftungssystem oder über eine Wandheizung.

Auch hier schloss sich eine Frage nach der Regelung der Heizung an. Die Regelung über Thermostatventile überwiegt bei weitem (Tab. 14).

Thermostatventile	69,9%
Heizkörper	12,8%
Zentrales Thermostat	14,3%
Heizung ein/aus	1%
Einzelöfen	0,5%
Sonstiges	0,5%
Weiß nicht	1%

Tab. 14. Regelung der Heizung - Niedrigenergiebauten

Das Warmwasser für die Wohnungen wird hier wesentlich öfter über eine Solaranlage aufbereitet als in den Normalbauten: in 30,7% der Fälle über eine zentrale Solaranlage für das ganze Haus, in 3,1% über eine dezentrale Anlage für die Wohnung. Bei 62% der Gebäude gibt es keine Solaranlage in irgendeiner Form.

Die nächsten Fragen setzen sich wieder mit dem Thema „Heizkosten“ auseinander. Auch bei den Niedrigenergiebauten gab es bei der Beantwortung der Frage nach der Höhe der Heizkosten große Schwierigkeiten. Viele Befragte konnten die Frage nicht beantworten, viele Auskünfte erschienen nicht glaubwürdig.

Die Empfindung der Heizkosten kann besser dargestellt werden. Nur 0,5% der Befragten empfinden ihre Heizkosten (inkl. Warmwasserbereitung) als sehr hoch oder als eher hoch (6,3%), 30,7% als gerade richtig, 21,4% als eher niedrig und 6,3% als sehr niedrig. Bemerkenswert ist wieder der hohe Prozentsatz von 34,9%, der auf diese Frage keine Antwort geben konnte (Abb. 12).

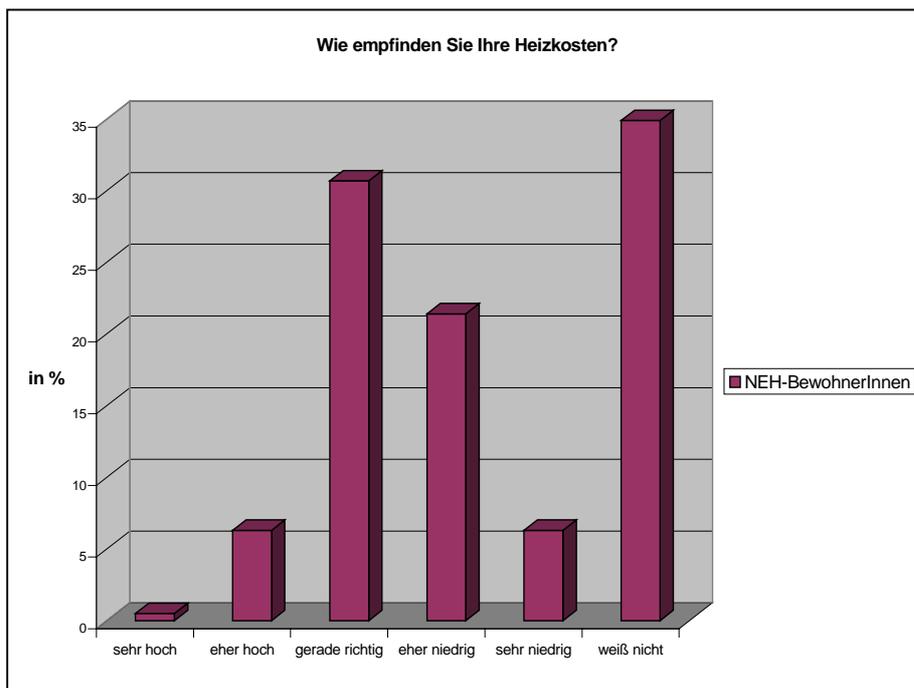


Abb. 12. Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten? - Niedrigenergiebauten

Die Erwartungen bzgl. der Höhe der Heizkosten beim Einzug in die Wohnung waren so verteilt, dass 16,2% mit höheren Kosten gerechnet haben, 38,2% mit ungefähr diesen Kosten, 6,8% mit niedrigeren Kosten. Wiederum 38,7% antworteten auf diese Frage mit „Weiß nicht“.

Eine sehr wichtige Rolle spielte die Art der Heizung bei der Entscheidung, in die Wohnung einzuziehen, nur für 19,8% der Befragten in den Niedrigenergiebauten. Für 24,5% war es wichtig, für 16,1% weniger wichtig und für 32,8% gar nicht wichtig (Abb. 13). Für ca. ein Drittel der Befragten spielte die Heizanlage beim Einzug in die Wohnung also keine entscheidende Rolle (Abb. 13).

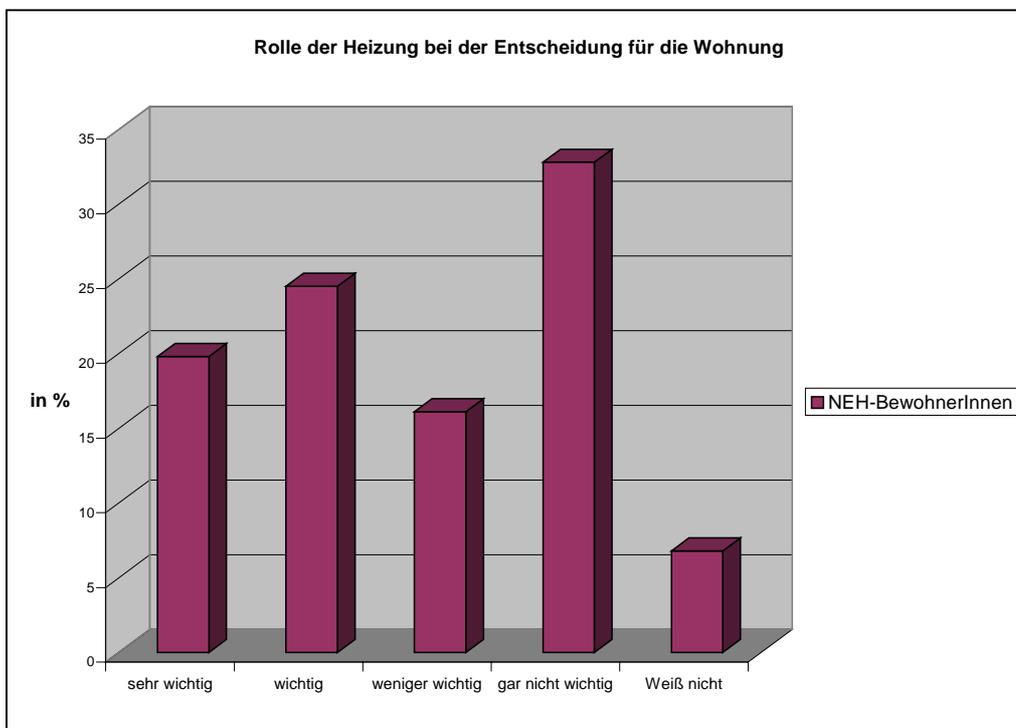


Abb. 13. Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung - Niedrigenergiebauten

Auch hier folgten Fragen zur Zufriedenheit mit der Heiztechnik in bezug auf verschiedene Dimensionen.

„Wie zufrieden sind Sie mit der Heiztechnik in bezug auf ...?“ (in %) (Tab. 15, Abb. 14)

	Sehr zufrieden	Zufrieden	Weniger zufrieden	Gar nicht zufrieden	Weiß nicht
Komfort	59,1	32,6	2,6	0,5	5,2
Wartung	46,4	34,4	4,7	1	13,5
Zuverlässigkeit	57	34,2	2,6	1	5,2
Schmutz/Staub	61,1	29	3,6	0,5	5,7
Umweltfreundlichkeit	52,8	35,2	2,1	0	9,8

Tab. 15. Zufriedenheit mit der Heiztechnik - Niedrigenergiebauten

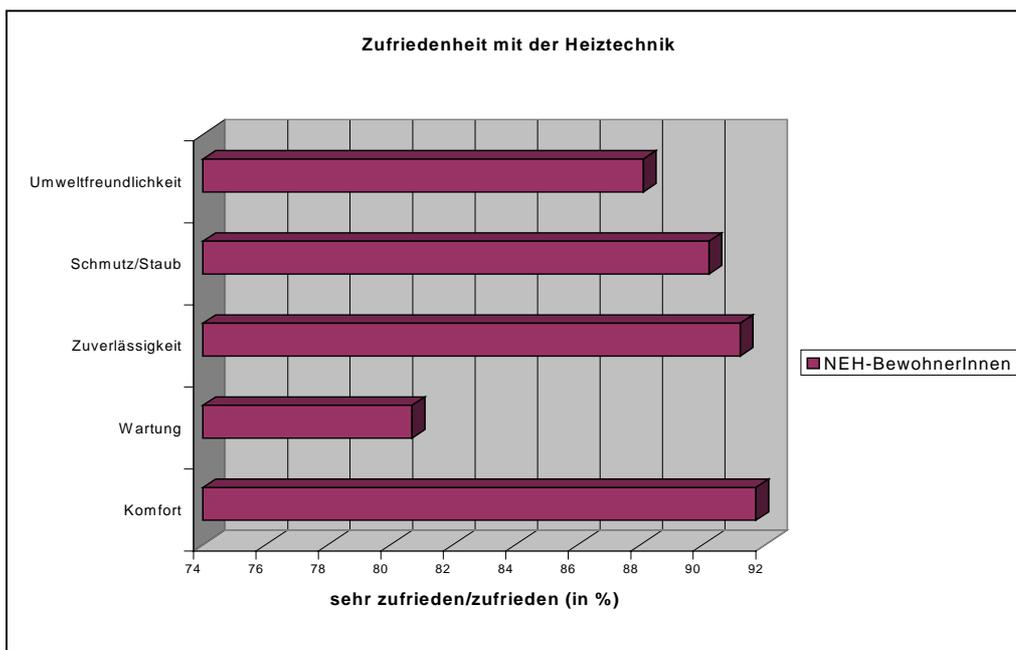


Abb. 14. Zufriedenheit mit der Heiztechnik - Niedrigenergiebauten

Sehr große Zufriedenheit herrscht bei den BewohnerInnen der Niedrigenergiebauten bzgl. des Komforts und der Zuverlässigkeit der Heiztechnik. Auch bzgl. der Schmutz- und Staubbelastung durch die Heiztechnik gibt es wenig Klagen, etwas abgeschlagen liegt die Zufriedenheit mit der Wartung.

Ähnliche Fragen bezogen sich auch hier auf den Brennstoff.

„Wie zufrieden sind Sie mit dem Brennstoff in bezug auf ...?“ (in %) (Tab. 16, Abb. 15)

	Sehr zufrieden	Zufrieden	Weniger zufrieden	Gar nicht zufrieden	Weiß nicht
Komfort	44,7	29,3	0	0	26,1
Preis	34	30,9	4,3	1,1	29,8
Verfügbarkeit	52,7	23,9	0,5	0,5	22,3
Schmutz/Staub	53,7	23,4	0,5	0	22,3
Umweltfreundlichkeit	41,5	32,4	1,1	0	25

Tab. 16. Zufriedenheit mit dem Brennstoff - Niedrigenergiebauten

Beim Brennstoff ist die Zufriedenheit in den Teilaspekten nicht so hoch wie bei der Zufriedenheit mit der Heiztechnik, das mag aber auch daran liegen, dass Fragen des Brennstoffs schwerer zu beurteilen sind.

Beim Brennstoff liegen die Zufriedenheit mit der Schmutz- und Staubbelastung und die Verfügbarkeit des Brennstoffes voran, dann folgen Komfortaspekte und Umweltfreundlichkeit fast gleichauf. Noch am wenigsten zufrieden sind die Befragten

mit dem Preis des Brennstoffes – dies mag am hohen Ölpreis zum Zeitpunkt der Befragung liegen.

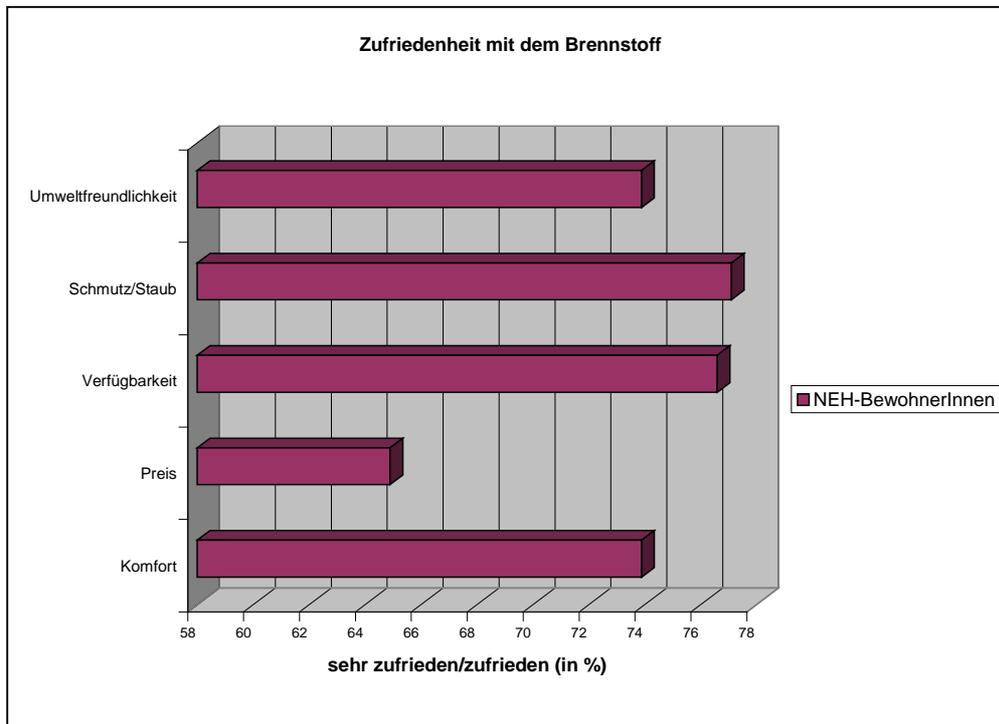


Abb. 15. Zufriedenheit mit dem Brennstoff - Niedrigenergiebauten

Auf die Frage, ob es schon Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in der Wohnung gegeben hat, meinen 2,1%, dass dies oft der Fall gewesen sei. Bei 8,9% war es manchmal so, einmal bei 5,7%, keine Schwierigkeiten gab es bei 82,5%.

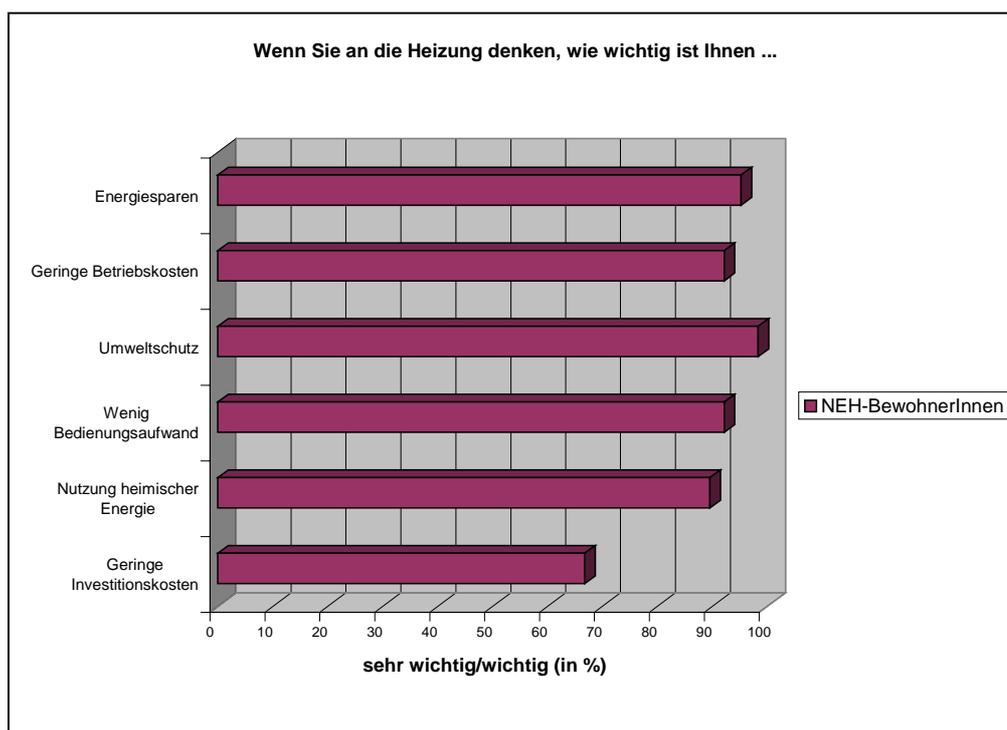
Auch dass es zu kalt oder zu warm in den Räumen der Wohnung ist, kommt selten vor: 89,1% meinen, dass es so passt, wie es ist.

Was die Einstellung allgemein zur Heizung betrifft, so wurden auch bei den Niedrigenergiebauten-BewohnerInnen mehrere Kriterien abgefragt.

Am wichtigsten sind den BewohnerInnen von Niedrigenergiebauten die Aspekte des Umweltschutzes und des Energiesparens, gefolgt von wenig Bedienungsaufwand und geringen Betriebskosten. Die Frage der Investitionskosten steht nicht an erster Stelle der Überlegungen.

„Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...?“ (in %) (Tab. 17, Abb. 16)

	Sehr wichtig	Wichtig	Weniger wichtig	Gar nicht wichtig	Weiß nicht
Energiesparen	63,2	32,1	2,1	0,5	2,1
geringe Investitionskosten	32,1	34,7	21,2	7,3	4,7
geringe Betriebskosten	56,5	35,8	4,7	0,5	2,6
Umweltschutz	70,7	27,7	1	0	0,5
Wenig Bedienungsaufwand	54,4	37,8	5,7	0,5	1,6
Nutzung heimischer Energie	51,8	37,8	5,2	3,1	2,1



Tab. 17, Abb. 16. Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...? - Niedrigenergiebauten

Abschließend wurden die Befragten in den Niedrigenergiebauten auch noch um eine Rangreihung dreier Heizformen (Öl-, Gas- und Holzheizung) nach den Kriterien „billig“ und „umweltfreundlich“ gebeten (Tab. 18).

Heizungsart		billig	umweltfreundlich
Ölheizung	1. Rang	13,2%	7,3%
	2. Rang	20,1%	19,4%
	3. Rang	58,7%	65,4%
	Weiß nicht	7,9%	7,9%
Gasheizung	1. Rang	42%	49,2%
	2. Rang	43,1%	40,8%
	3. Rang	6,9%	2,1%
	Weiß nicht	8%	7,9%
Holzheizung	1. Rang	37,6%	36,1%
	2. Rang	28,6%	31,9%
	3. Rang	25,9%	24,6%
	Weiß nicht	7,9%	7,3%

Tab. 18. Rangreihe der Heizanlagen - Niedrigenergiebauten

Beim Preis wird die Gasheizung von der Mehrheit an die erste Stelle gereiht, danach folgt die Holzheizung. Die Ölheizung wird – erstaunlicherweise – von sehr wenigen Befragten an die erste Stelle gesetzt.

Bei der Umweltfreundlichkeit siegt ebenfalls die Gasheizung vor der Holzheizung. Die Ölheizung liegt hier noch weiter angeschlagen an letzter Stelle bei der Reihung.

Zum Abschluss der Befragung in den Niedrigenergiebauten seien auch hier noch die sozialstatistischen Daten präsentiert:

41,5% der Befragten in Niedrigenergiebauten sind männlich, 58,5% weiblich.

6,7% sind jünger als 20 Jahre, 29% zwischen 21 und 30 Jahren, 39,4% zwischen 31 und 40 Jahren, 18,1% zwischen 41 und 50 Jahren, 4,1% zwischen 51 und 60 Jahren und 2,6% über 60 Jahre.

Pflichtschulabschluss haben 13,2% der Befragten, eine Lehre haben 9,5% absolviert, eine weiterführende Schule ohne Matura haben 15,8% absolviert, weiterführende Schule mit Matura 43,7%, einen Hochschulabschluss besitzen 17,9% (Abb. 17).

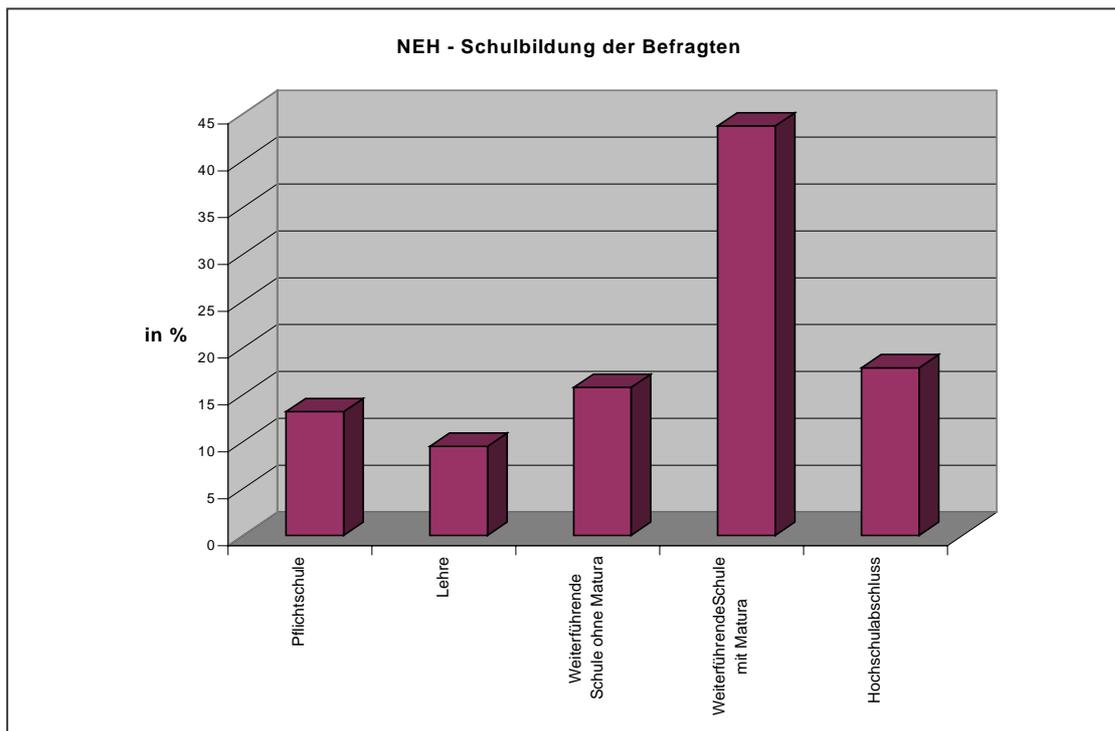


Abb. 17. Schulbildung der Befragten

Es zeigt sich bei den Niedrigenergiebauten ein grundsätzlich höheres Bildungsniveau als bei den BewohnerInnen von herkömmlichen Bauten. In den Niedrigenergiebauten wohnt sicher eine besser ausgebildete Schicht von Personen, die Innovationen gegenüber eher aufgeschlossen sind.

Von den Berufen sind hauptsächlich vertreten: Angestellte (42,7%), Beamte (14,6%), ArbeiterInnen (6,3%) und Hausfrauen bzw. Hausmänner (9,9%). Auch der Anteil der Angestellten und Beamten ist also wesentlich höher als in den herkömmlichen Bauten.

Das monatliche Haushaltsnettoeinkommen beträgt für 18% der Haushalte bis 20.000,- öS, für 32% bis 30.000,- öS, für 38% bis 40.000,- öS und für 12% bis 50.000,- öS.

Die Größe der Haushalte schwankt zwischen 1 Person (10,4%), 2 Personen (25,4%), 3 Personen (28%), 4 Personen (25,9%), 5 Personen (7,3%) und sechs Personen und mehr (3,2%).

Die Verteilung nach regionaler Herkunft sieht folgendermaßen aus (Tab. 19):

Großstadt/eher am Stadtrand	48,4%
Kleinstadt/eher am Stadtrand	19,8%
Kleinstadt/eher im Zentrum	9,9%
Großstadt/eher im Zentrum	9,9%
Großes Dorf am Land	8,9%
Kleines Dorf am Land	3,1%

Tab. 19. Verteilung nach regionaler Herkunft - Niedrigenergiebauten

In der Befragung der Niedrigenergiebauten-BewohnerInnen überwiegen diejenigen, die in einer Großstadt leben, allerdings eher am Stadtrand.

Die Verteilung nach Bundesländern stellt sich folgendermaßen dar (Tab. 20, Abb. 18):

Wien	52,3
Tirol	18,1%
Vorarlberg	11,9%
Niederösterreich	6,7%
Oberösterreich	5,2%
Salzburg	3,1%
Steiermark	2,1%
Kärnten	0,5%
Burgenland	0%

Tab. 20. Verteilung nach Bundesländern - Niedrigenergiebauten

In dieser Verteilung ist ein deutlicher Überhang von Befragten aus Wien festzustellen, der mit dem zur Verfügung gestandenen Adressenmaterial zusammenhängt. In diesem Adressenmaterial waren die Wiener Adressen überrepräsentiert. Das Burgenland ist dafür ganz hinausgefallen.

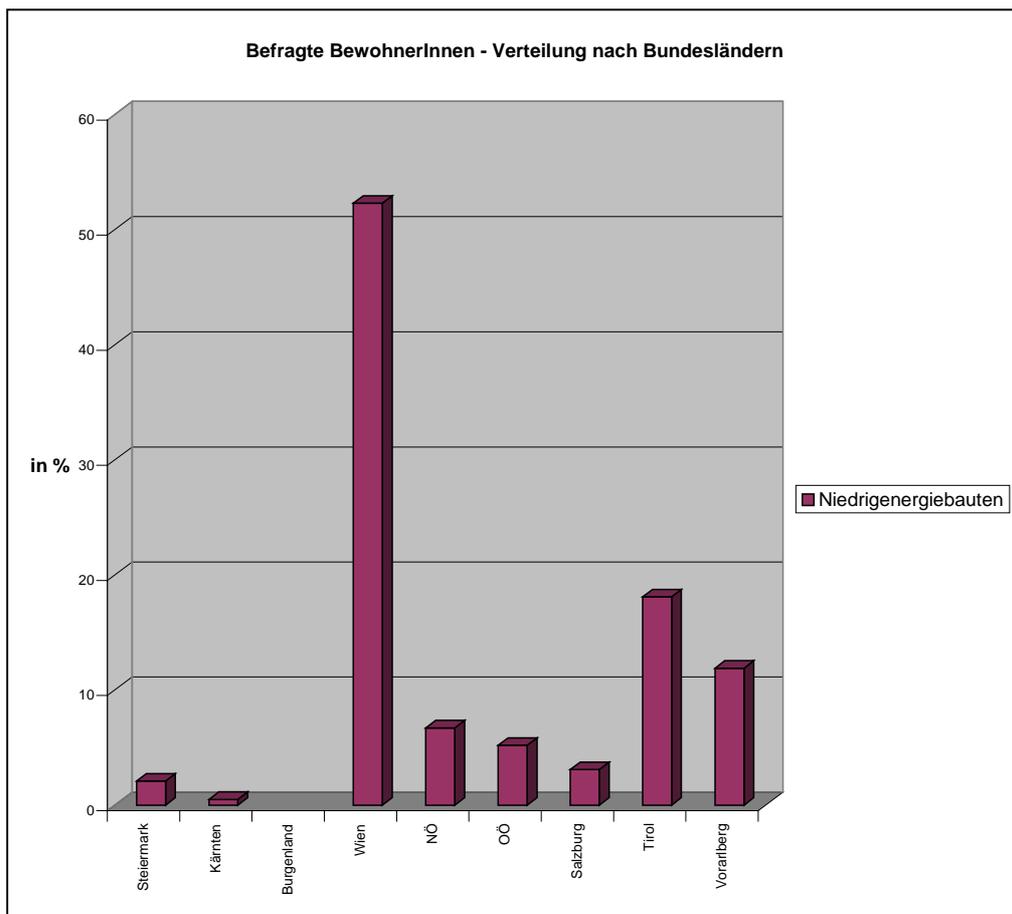


Abb. 18. Verteilung nach Bundesländern - Niedrigenergiebauten

## 5.6. Interpretation der Ergebnisse der Niedrigenergiebauten-Befragung

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die statistische Verteilung in dieser Befragung nicht so repräsentativ sein kann wie in der Österreichbefragung. Zu abhängig war man hier von der Informations- und Kooperationsbereitschaft der Wohnbaugenossenschaften, Informationen über Ihre KundInnen preiszugeben oder auf andere Wege, zu Adressen für diese Befragung zu gelangen. Außerdem sind die Niedrigenergiebauten auf Österreich in den Bundesländern unterschiedlich verteilt – so beinhaltet die Stichprobe Burgenland gar nicht, Kärnten und Steiermark nur peripher. Salzburg hätte besser vertreten sein können, scheiterte aber daran, dass schlussendlich die versprochenen Informationen einer Genossenschaft doch nicht weitergegeben werden durften. Wien ist in dieser Stichprobe sicher überrepräsentiert.

Was in der Stichprobe – im Vergleich zur Österreichbefragung – auffallend ist, sind mehrere Tatsachen. Der Anteil der Jüngeren (unter 30-jährigen) ist höher, ebenso der Anteil der Besserausgebildeten (Matura oder Hochschulabschluss) und der Besserverdienenden. Angestellte und Beamte sind überrepräsentiert. Dies alles deutet darauf hin, dass es sich bei den BewohnerInnen von Niedrigenergiebauten in

gewissem Sinn um eine „Elite“ handelt, die einer neuen Wohnform eher aufgeschlossen gegenübersteht und sich darauf einlässt.

Die Wohnungen sind – logischerweise – auch bei weitem noch nicht so lange bewohnt wie in der Österreichstichprobe (zu ca. 80% erst seit 5 Jahren). Der Anteil der Eigentumswohnungen ist wesentlich niedriger.

Von der Heizungsart her spielt hier Fernwärme die wichtigste Rolle (ca. 40%), vom Brennstoff her ist Gas (über 20%) am häufigsten vertreten (dies kann daran liegen, dass in der Stichprobe mehrere große mit Gas beheizte Gebäude aufgeschienen sind). Hackschnitzel und Pellets spielen eine größere Rolle als im Österreich-Schnitt. Interessant ist, dass über 50% der Befragten nicht wissen, mit welchem Brennstoff das von ihnen bewohnte Gebäude beheizt wird (hier muss berücksichtigt werden, dass Fernwärme einen großen Anteil bei der Heizversorgung einnimmt und fast niemand von den BewohnerInnen angeben kann, woher diese Fernwärme bezogen wird).

Eine mögliche Annahme wäre, dass BewohnerInnen von Niedrigenergiebauten sich bewusster mit dem Thema Energie und damit auch mit dem Themenbereich „Heizen“ auseinandersetzen. Dieses Ergebnis weist nicht in diese Richtung, weitere auch nicht.

So spielte nur für ca. 20% die Art der Heizung eine wichtige Rolle beim Einzug in die Wohnung. Über 70% wissen nicht, um welche Heizanlage es sich im Haus handelt, bei der Angabe der Heizkosten gab es ähnlich große Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Frage nach der Höhe dieser Kosten. Auch bei der Frage nach den Erwartungen bzgl. der Höhe der Heizkosten passten über 40%.

Es zeigt sich also auch hier, dass sich selbst BewohnerInnen von Niedrigenergiehäusern im Mehrfamilienwohnbau wenig mit dem Thema „Heizen“ auseinandersetzen.

Die Zufriedenheit in bezug auf Schmutz- oder Staubbelastigung, Komfort, aber auch die Umweltfreundlichkeit der Heizanlage ist sehr hoch. Auch für die Beurteilung des eingesetzten Brennstoffes gilt Ähnliches (Schmutz/Staub, Verfügbarkeit, Komfort, Umweltfreundlichkeit), der Preis wird noch am schlechtesten bewertet. Im Vergleich zur Bewertung der Heiztechnik ist auch hier der Prozentsatz derjenigen, die keine Beurteilung abgeben können, wesentlich höher (im Schnitt bei ca. 30%).

Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung oder der Temperatur in den Wohnungen treten sehr selten auf.

Bei der Wichtigkeit der Eigenschaften einer Heizung stehen auch hier – wie in der Österreichstichprobe – die Kriterien des Umweltschutzes und des Energiesparens an erster Stelle (jeweils ca. 70%). Das Kriterium „geringe Investitionskosten“ wird von nur 30% der Befragten als sehr wichtig angesehen. Dieses Ergebnis könnte darauf hindeuten, dass für die BewohnerInnen in Niedrigenergiebauten doch nicht-monetäre Aspekte bei der Beurteilung einer Heizung im Vordergrund stehen.

Wie die abschließende Reihung der drei Heizformen (Öl, Gas und Holz) zeigt, liegt die Ölheizung sowohl bei den Kriterien „billig“ und „umweltfreundlich“ an letzter Stelle, noch wesentlich schlechter als in der Österreichbefragung. Die Gasheizung schneidet bzgl. beider Kriterien wieder sehr gut ab, ebenso aber die Holzheizung. Das Image der Ölheizung ist also noch schlechter als im Österreich-Schnitt, jenes der Holzheizung besser.

### 5.7. Auswertung nach den Untergruppen „Nichtholz-/HolzheizerInnen“

Besonders interessant für die Auswertung war natürlich der Aspekt, wieweit sich die BewohnerInnen, die in mit Holz (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets) beheizten Wohnanlagen leben, in ihren Einstellungen, Erfahrungen und Ansichten von den Befragten unterscheiden, die in mit anderen Brennstoffen beheizten Gebäuden leben. Dies sind in den gezogenen Stichproben leider nicht sehr viele: bei den herkömmlichen Bauten handelt es sich um insgesamt 27, bei den Niedrigenergiebauten um 28.

Da sehr viele der Befragten in der Gesamtstichprobe nicht angeben konnten, mit welchem Brennstoff Ihr Haus beheizt wird, konnten diese natürlich auch nicht in eine Auswertung nach Brennstoffen aufgenommen werden – die Fallzahlen sind daher im folgenden entsprechend kleiner.

Die Zufriedenheit mit den Heizkosten ist unterschiedlich. Während die Nicht-Holz-Heizer in Normalbauten zu fast 30% meinen, ihre Heizkosten seien hoch oder sehr hoch, und zu etwas über 30% als gerade richtig einstufen, sind es bei den Holzheizern in Normalbauten fast 60%, die ihre Heizkosten als gerade richtig oder niedriger einstufen. Bei den Niedrigenergiebauten überwiegen in beiden Kategorien diejenigen, die ihre Heizkosten als gerade richtig oder noch niedriger einstufen (Tab. 21, Abb. 19).

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
Sehr hoch	12	1	0	0	13	0
Eher hoch	48	5	3	0	53	3
Gerade richtig	66	11	18	3	77	21
Eher niedrig	29	4	20	8	33	28
Sehr niedrig	0	2	12	2	2	14
Weiß nicht	56	4	15	15	60	30
<b>Gesamt</b>	<b>211</b>	<b>27</b>	<b>68</b>	<b>28</b>	<b>238</b>	<b>96</b>

Tab. 21. Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten? (absolute Zahlen)

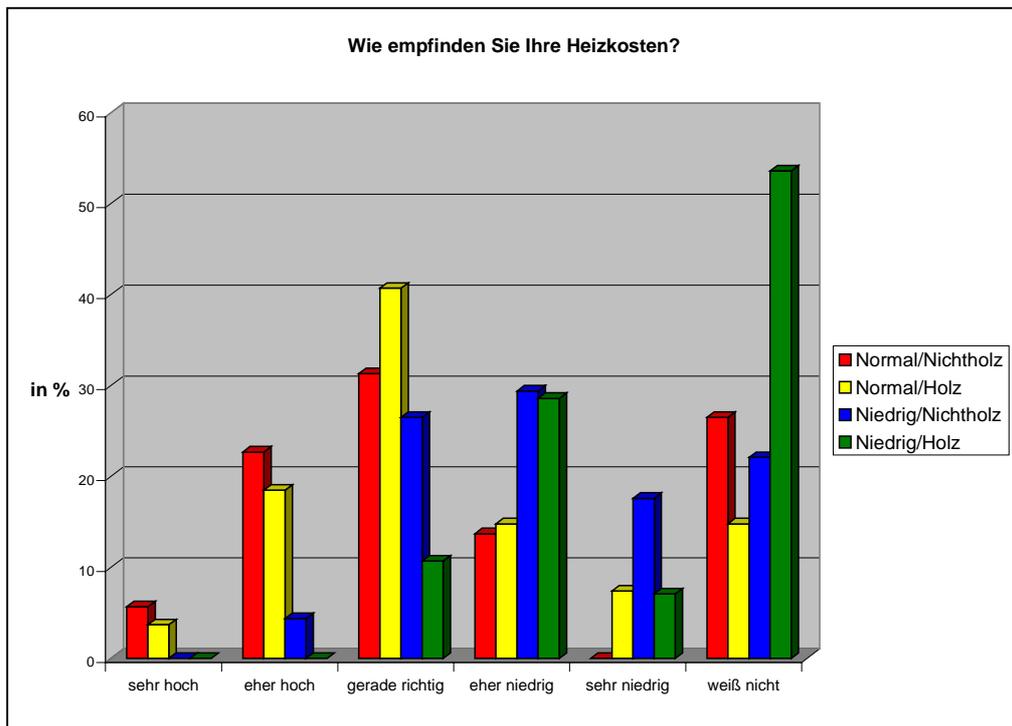


Abb. 19. Empfindung der Heizkosten – Holz/Nichtholz

Interessant ist hier, dass etliche Befragte diese Frage nicht beantworten können, was auf eine geringe Auseinandersetzung mit dem Thema „Heizkosten“ in beiden Bauformen schließen lässt.

Was die Einschätzung der Höhe der Heizkosten beim Einzug betrifft, so haben ca. ein Drittel der Befragten in allen Kategorien mit diesen Kosten gerechnet mit Ausnahme der Nichtholzheizer in NEH – hier liegt die Zahl bei fast der Hälfte (Tab. 22).

Auch hier ist es so, dass fast die Hälfte der Befragten diese Frage nicht beantworten kann, was auf eine geringe Auseinandersetzung mit diesem Thema beim Einzug in die Wohnung schließen lässt.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
Mit höheren Kosten gerechnet	20	2	13	4	22	17
Mit diesen Kosten gerechnet	66	9	28	7	75	35
Mit niedrigeren Kosten gerechnet	28	3	9	0	31	9
Weiß nicht	95	13	18	17	108	35
<b>Gesamt</b>	<b>209</b>	<b>27</b>	<b>68</b>	<b>28</b>	<b>236</b>	<b>96</b>

Tab. 22. Welche Erwartungen hatten Sie bei Ihrem Einzug in bezug auf die Heizkosten?  
(absolute Zahlen)

Die Art der Beheizung war für die Befragten in Normalbauten eher kein so wichtiger Grund, in die Wohnung einzuziehen. Unterschiedlich ist es bei den Niedrigenergiehäusern, bei denen sowohl für Nichtholzheizter und Holzheizter dies schon für die Hälfte bzw. mehr als die Hälfte ein wichtiger Grund war, in die Wohnung einzuziehen. Interessant ist weiter, dass bei dieser Frage zwar 44 BewohnerInnen von Normalbauten keine Antwort geben konnten, dass es bei den Niedrigenergiebauten aber fast keinen gab, der diese Frage nicht beantworten konnte (Tab. 23, Abb. 20).

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
Sehr wichtig	19	2	21	13	21	34
Wichtig	47	5	16	5	52	21
Weniger wichtig	38	2	4	3	40	7
Gar nicht wichtig	67	14	27	6	81	33
Weiß nicht	40	4	0	1	44	1
<b>Gesamt</b>	<b>211</b>	<b>27</b>	<b>68</b>	<b>28</b>	<b>238</b>	<b>96</b>

Tab. 23. Welche Rolle spielte die Art der Heizung bei Ihrer Entscheidung, in diese Wohnung einzuziehen? (absolute Zahlen)

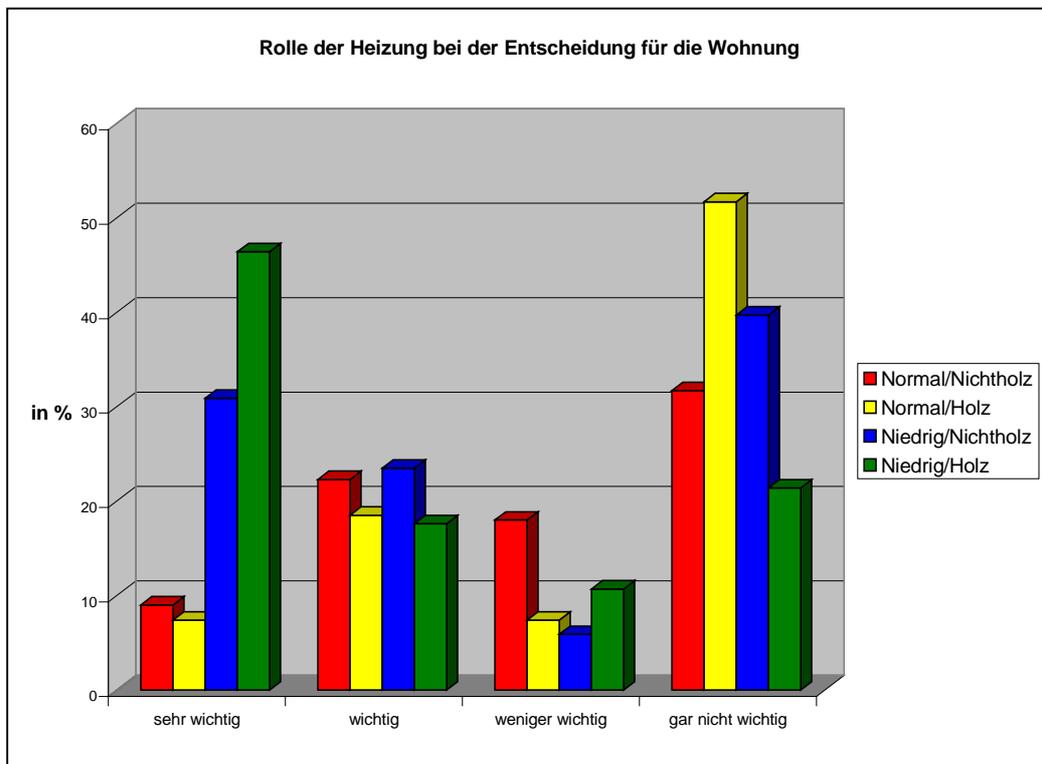


Abb. 20. Rolle der Heizung bei der Entscheidung für die Wohnung – Nichtholz/Holz

Was verschiedene Aspekte der Zufriedenheit mit der eingesetzten Heiztechnik betrifft, so herrscht bei allen Befragten eher Zufriedenheit, egal, welcher Kategorie sie angehören. Vor allem bzgl. Komfort, Wartung und Zuverlässigkeit gibt es wenig Probleme. Am ehesten stellt die Schmutz/Staubbelastung noch ein Problem dar und hier betrifft es die Nicht-Holzheizern und die Holzheizern in Normalbauten gleichermaßen. Mit der Umweltfreundlichkeit sind die BewohnerInnen in Niedrigenergiehäusern in beiden Kategorien zufriedener als die BewohnerInnen in Normalbauten (Abb. 21).

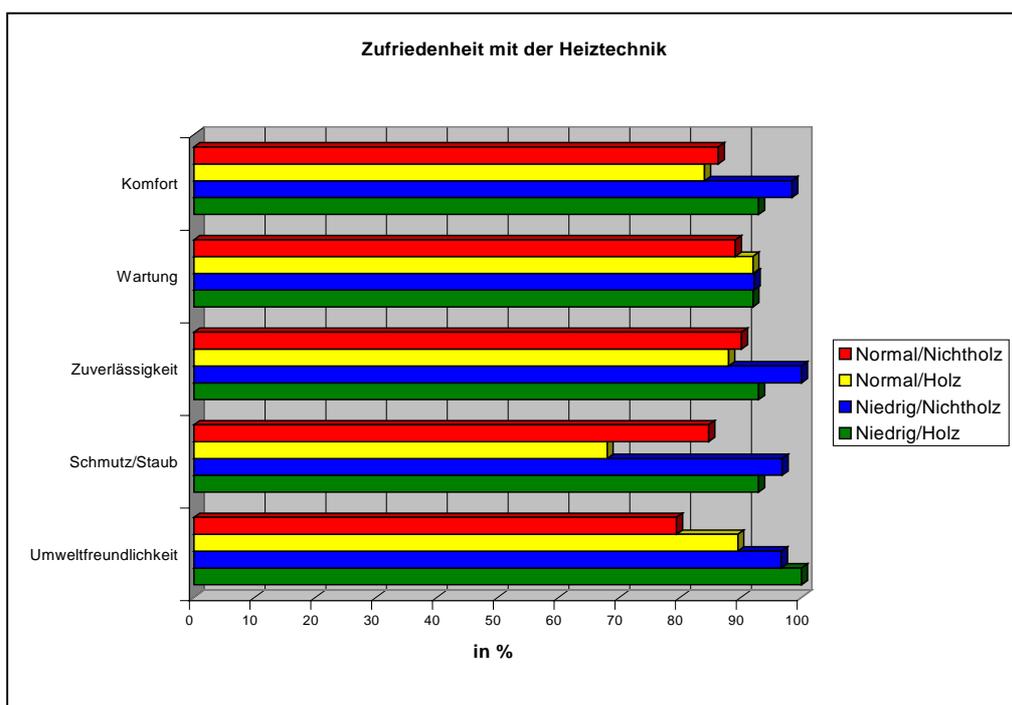


Abb. 21. Zufriedenheit mit der Heiztechnik – Nichtholz/Holz

Ähnliche Fragen wurden in bezug auf den Brennstoff gestellt. Auch hier liegen die Zufriedenheit mit dem Komfort, mit der Verfügbarkeit, mit der Belastung durch Schmutz und Staub recht hoch, bei den Niedrigenergiebauten sogar sehr hoch. Etwas schwächer ausgeprägt ist die Zufriedenheit mit dem Preis des Brennstoffes – hier ist es bei den Normalbauten jeweils ca. die Hälfte, die sehr zufrieden oder zufrieden ist, bei den Niedrigenergiehäusern ist die Zufriedenheit wieder wesentlich höher. Was die Umweltfreundlichkeit betrifft, so überwiegt auch hier die Zufriedenheit – am stärksten ausgeprägt ist diese Zufriedenheit wieder bei den Niedrigenergiehaus-BewohnerInnen (Abb. 22).

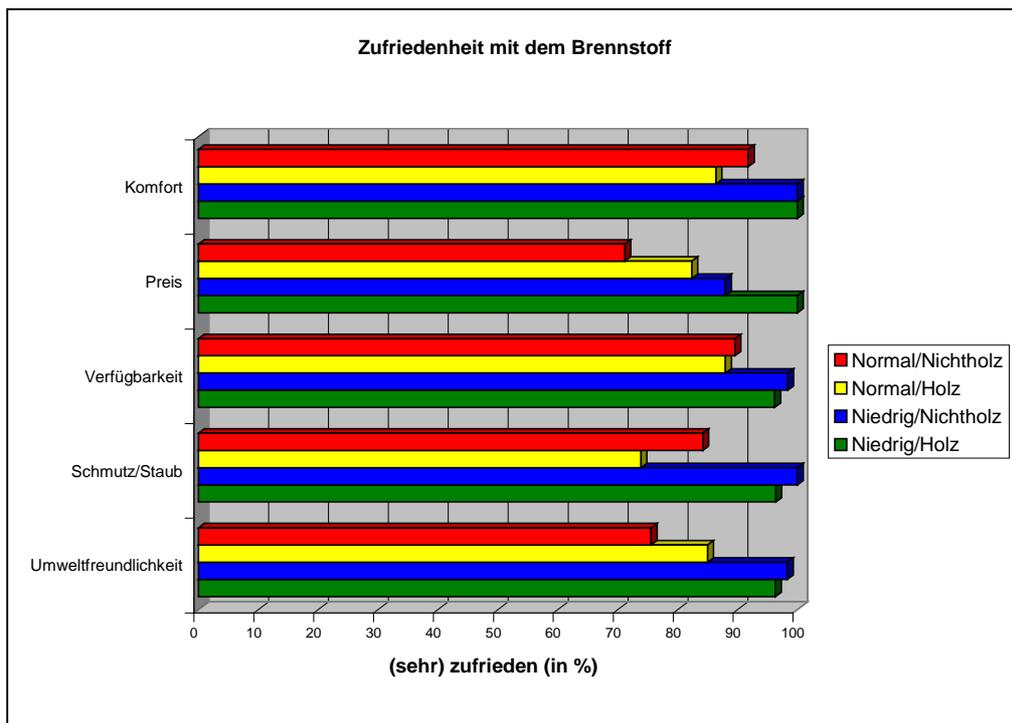


Abb. 22. Zufriedenheit mit dem Brennstoff – Nichtholz/Holz

Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung waren in allen Kategorien minimal. Am ehesten Schwierigkeiten gab es noch in der Kategorie Nicht-Holzheizung in Normalbauten, aber auch hier nur in 18 Fällen manchmal und in 20 Fällen einmal (von insgesamt 211) (Tab. 24).

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
Sehr oft	0	0	0	0	0	0
Oft	6	2	1	0	8	1
Manchmal	18	3	4	11	21	15
Einmal	20	3	6	1	23	7
Nie	148	18	57	16	166	73
Weiß nicht	19	1	0	0	20	0
<b>Gesamt</b>	<b>211</b>	<b>27</b>	<b>68</b>	<b>27</b>	<b>238</b>	<b>96</b>

Tab. 24. Hat es schon einmal Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in Ihrer Wohnung gegeben? (absolute Zahlen)

Was die Wichtigkeit verschiedener Kriterien für die Heizung betrifft, so zeigt sich, dass „Energiesparen“ und „Umweltschutz“ für alle sehr wichtig bzw. wichtig sind (ein wenig aus der Reihe fallen hier wieder die Nicht-Holzheizer in Normalbauten), ebenso wichtig sind geringe Betriebskosten.

Den Holzheizern ist sowohl in den Normalbauten als auch im Niedrigenergiebereich die Nutzung heimischer Energie sehr wichtig, den Nicht-Holzheizern auch im großen Ausmaß, aber nicht so sehr.

Die geringen Investitionskosten spielen eher für die BewohnerInnen von Normalbauten eine Rolle, nicht so sehr für die BewohnerInnen von Niedrigenergiehäusern. Wenig Bedienungsaufwand ist wiederum allen Gruppen sehr wichtig (Abb. 23).

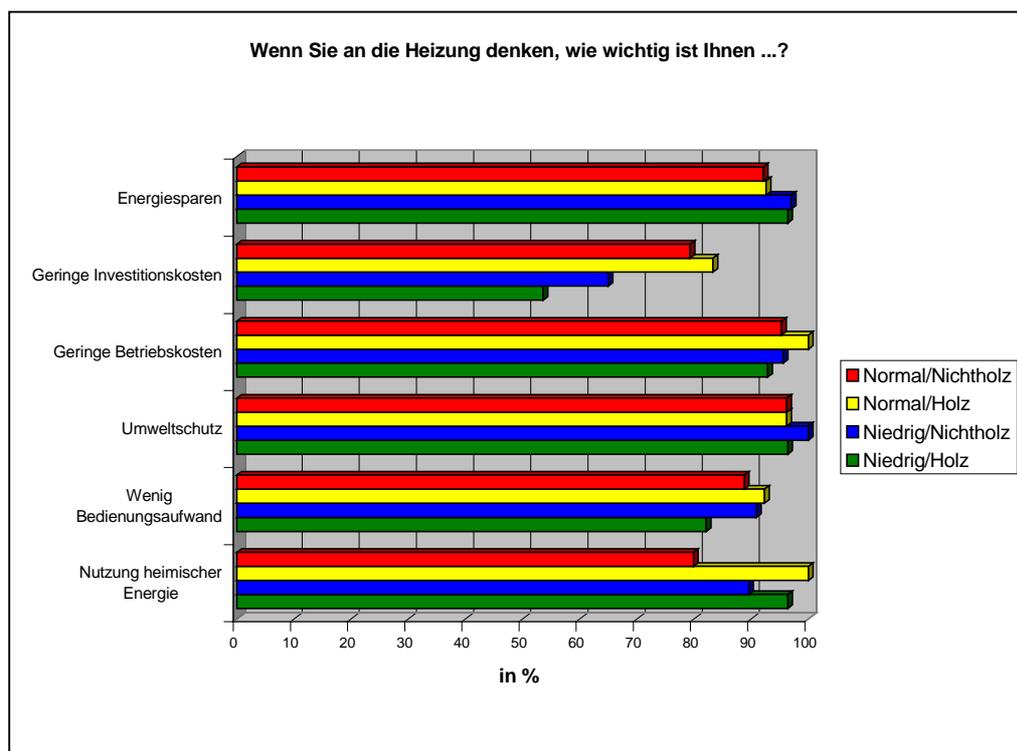


Abb. 23. „Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen ...?“ – Nichtholz/Holz

Weiters wurde noch nach der Einschätzung von Öl-, Gas- und Holzheizungen bzgl. der Kriterien „Preis“ und „Umweltfreundlichkeit“ gefragt. Hier zeigen sich in allen Kategorien erstaunliche Ergebnisse (Tab. 25 bis 30).

In einer Rangreihe wird die Ölheizung beim Faktor „billig“ von den meisten Befragten an die dritte Stelle gereiht, an die erste Stelle in keiner der vier Kategorien.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	43	3	11	1	46	12
2. Rang	59	7	14	0	66	14
3. Rang	70	11	40	23	81	63
Weiß nicht	34	5	1	4	39	5
<b>Gesamt</b>	<b>206</b>	<b>26</b>	<b>66</b>	<b>28</b>	<b>232</b>	<b>94</b>

Tab. 25. Rangreihe Ölheizung/billig (absolute Zahlen)

Beim Kriterium „Umweltfreundlichkeit“ liegt die Ölheizung allerdings bei den Normalbauten voran, bei den BewohnerInnen von Niedrigenergiehäusern ist die Ölheizung auch bei der Umweltfreundlichkeit in der Mehrzahl nur auf den dritten Rang gereiht (sowohl Holz als auch Nichtholz).

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	79	9	7	1	88	8
2. Rang	72	8	10	1	80	11
3. Rang	22	4	51	22	26	73
Weiß nicht	33	5	0	4	38	4
<i>Gesamt</i>	<i>206</i>	<i>26</i>	<i>68</i>	<i>28</i>	<i>232</i>	<i>96</i>

Tab. 26. Rangreihe Ölheizung/umweltfreundlich (absolute Zahlen)

Bei der Gasheizung gibt es ein ähnliches, wenn auch nicht so extremes Bild: Sie wird von den BewohnerInnen von Normalbauten von den Holzheizern beim Kriterium „billig“ mit Mehrheit an die erste Stelle gereiht, von den anderen zur Mehrzahl an die dritte Stelle. Bei den Niedrigenergiebauten liegt die Gasheizung in beiden Kategorien hauptsächlich am 2. Rang.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	53	10	29	7	63	36
2. Rang	41	6	32	17	47	49
3. Rang	80	6	4	0	86	4
Weiß nicht	32	4	1	4	36	5
<i>Gesamt</i>	<i>206</i>	<i>26</i>	<i>66</i>	<i>28</i>	<i>232</i>	<i>94</i>

Tab. 27. Rangreihe Gasheizung/billig (absolute Zahlen)

Bei der Umweltfreundlichkeit liegt die Gasheizung bei den Nichtholzheizern hauptsächlich – allerdings nur knapp – an erster Stelle, bei den Holzheizern hauptsächlich an zweiter Stelle.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	28	4	35	2	32	37
2. Rang	45	5	32	22	50	54
3. Rang	102	12	1	0	114	1
Weiß nicht	30	5	0	4	35	4
<i>Gesamt</i>	<i>205</i>	<i>26</i>	<i>68</i>	<i>28</i>	<i>231</i>	<i>96</i>

Tab. 28. Rangreihe Gasheizung/umweltfreundlich (absolute Zahlen)

Die Holzheizung wird beim Preis bei den Normalbauten von den Holzheizern hauptsächlich an die erste Stelle gereiht, von den Nichtholzheizern an die zweite. Bei den Niedrigenergiebauten wird sie in beiden Kategorien hauptsächlich an die erste Stelle gereiht.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	74	9	26	16	83	42
2. Rang	83	7	19	7	90	26
3. Rang	18	4	21	1	22	22
Weiß nicht	29	6	1	4	35	5
<i>Gesamt</i>	<i>204</i>	<i>26</i>	<i>67</i>	<i>28</i>	<i>230</i>	<i>95</i>

Tab. 29. Rangreihe Holzheizung/billig (absolute Zahlen)

Was die Umweltfreundlichkeit betrifft, so liegt die Holzheizung in beiden Kategorien mehrheitlich auf dem ersten Platz. Bei den Niedrigenergiebauten ist es in beiden Kategorien ebenso, wobei hier der erste Rang bei den Holzheizern mehr als eindeutig ist.

	Normalbauten		Niedrigenergie		Gesamt	
	Nicht-Holz	Holz	Nicht-Holz	Holz	Normalbauten	NEH
1. Rang	74	12	26	21	86	47
2. Rang	47	9	26	1	56	27
3. Rang	54	4	16	2	58	18
Weiß nicht	30	2	0	4	32	4
<i>Gesamt</i>	<i>205</i>	<i>27</i>	<i>68</i>	<i>28</i>	<i>232</i>	<i>96</i>

Tab. 30. Rangreihe Holzheizung/umweltfreundlich (absolute Zahlen)

### 5.8. Interpretation der Ergebnisse der Auswertung nach Untergruppen

Vorausgeschickt kann werden, dass auch nach einer Auswertung der Untergruppen der mit Holz und mit anderen Brennstoffen versorgten Gebäude keine großen Unterschiede in den Bewertungen und Einstellungen festgemacht werden können. Dies deutet darauf hin, dass die mit Biomasse beheizten Wohngebäude weder in positiver noch in negativer Hinsicht gegenüber den anderen Brennstoffen auffallen.

Was die Heizkosten betrifft und die Auseinandersetzung mit dem Thema Heizen überhaupt, so zeigt sich, dass in den Niedrigenergiebauten die Heizkosten von den BewohnerInnen als niedriger empfunden werden als in den herkömmlichen Bauten – hier haben aber wiederum die Holzheizern die niedrigeren Kosten. Auffallend ist der doch höhere Grad an Auseinandersetzung mit dem Heizsystem bei der Entscheidung für die Wohnung bei den Befragten der Niedrigenergiebauten.

Die Zufriedenheit mit der Heiztechnik ist in allen Kategorien recht bis sehr hoch. Die Zufriedenheit mit der Umweltfreundlichkeit ist vor allem bei den mit Holz beheizten Niedrigenergiebauten extrem hoch.

Gleiches gilt auch für den Brennstoff. Die Zufriedenheit ist in allen Aspekten sehr hoch, am ausgeprägtesten bei den Niedrigenergiebauten, hier vor allem in den mit Holz beheizten. Die Zufriedenheit mit dem Preis des Brennstoffes hinkt vor allem bei den BewohnerInnen von herkömmlichen Bauten hinterher.

Die Aspekte „Umweltschutz“ und „Energiesparen“ sind den BewohnerInnen von Niedrigenergiebauten – egal ob mit Holz oder mit einem anderen Brennstoff beheizt – am wichtigsten bei einer Heizanlage, die Investitionskosten am unwichtigsten. Es stehen also bei den Niedrigenergiebauten eher nicht-monetäre Aspekte im Vordergrund, während bei den Normalbauten die Kostenfragen eine größere Rolle spielen.

In der Bewertung der Heizanlagen zeigt sich in allen Kategorien ein gutes Abschneiden der Holzheizung. Vor allem bei den Holzheizern liegt die sowohl bei dem Aspekten „Preis“, aber vor allem bei der „Umweltfreundlichkeit“ voran. Die

Ölheizung schneidet bei den BewohnerInnen der herkömmlichen Bauten etwas besser ab (interessanterweise vor allem bzgl. der Umweltfreundlichkeit), liegt aber beim Preis bei weitem nicht so gut wie das zu erwarten gewesen wäre.

## **6. Empfehlungen**

### **6.1. Empfehlungen in bezug auf die BewohnerInnen**

In einem Resümee zu allen Befragungen kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das Thema „Heizen“ für die BewohnerInnen in Mehrfamiliengebäuden eine untergeordnete Rolle spielt. Die Beschäftigung mit der Heizanlage, mit den Heizkosten und verschiedenen Aspekten der Heizung steht im Hintergrund, solange es in der Wohnung bei Bedarf warm ist und die Heizanlage ihren Dienst zufriedenstellend versieht. Auch beim Interesse für eine Wohnung ist die Heizung kein wichtiges Entscheidungskriterium. Es macht interessanterweise keinen Unterschied, ob es sich um BewohnerInnen von Standardbauten oder von Niedrigenergiebauten handelt. Die Art der Heizung ist für das Wohnklima und den Wohnkomfort nicht vorrangig wichtig.

Dies alles unterscheidet die BewohnerInnen im verdichteten Wohnbau signifikant von den BewohnerInnen von Ein- oder Zweifamilienhäusern, die zu ihrer Heizanlage im Haus wesentlich mehr Bezug haben und über diese auch gut informiert sind.

Was nun die Beurteilung von verschiedenen Heizformen betrifft, schneidet die Biomasseheizung in keinem Fall schlechter ab als andere Heizformen wie die Öl- oder Gasheizung. Befragte, die in mit Biomasseheizungen versorgten Gebäuden leben, sind mit der Heiztechnik und dem Brennstoff genau so zufrieden wie BewohnerInnen anderer Gebäude, die mit anderen Heizformen versorgt werden.

Prinzipiell wichtig sind den Befragten bei der Beurteilung der Heizung Umweltschutz- und Kostenaspekte. Genau diese Attribute werden von der Holzheizung vor allem beim Aspekt des Umweltschutzes und des Energiesparens positiv erfüllt. Aufgrund des zum Zeitpunkt der Befragung sehr hohen Ölpreises wird die Holzheizung auch auf diesem Sektor als durchaus konkurrenzfähig eingestuft. Sollte sich der Ölpreis auf diesem Niveau halten, wird wahrscheinlich auch für WohnungsinteressentInnen die Frage des eingesetzten Brennstoffes im Haus interessanter und Holz als Brennstoff eine Alternative.

Vor allem in dem mit Holz geheizten Gebäuden ist die Zufriedenheit mit dem Brennstoff – ob Scheitholz, Hackschnitzel oder Pellets – sehr groß. Die Vermutung, dass der Anteil an Unzufriedenen, der in der Stichprobe ausgemacht wurde, genau diejenigen repräsentieren würde, die in diesem BewohnerInnensegment leben, konnte in keiner Weise bestätigt werden.

Aus den Befragungen kann geschlossen werden, dass Biomasseheizungen in der Gesamtbevölkerung ein durchaus positives Bild haben, und wenn kein positives, so ein neutrales, sicher kein negatives. Sicher ist es aber wichtig, hier weiterhin Informations- und Aufklärungsarbeit zu leisten.

Einige Punkte, die bei der Einführung einer Biomasseheizanlage in einem Mehrfamilienbau beachtet werden sollten, sind:

1. Die Feuerungsanlagen sollten für eine möglichst große Bandbreite an Brennstoffen geeignet, d.h. wenn möglich von Hackschnitzel auf Pellets umrüstbar sein.
2. Die Anlagen, insbesondere die Fördertechnik, sollte so weit wie möglich automatisch funktionieren, damit der Betreuungsaufwand für die Anlage möglichst klein bleibt.
3. Die Anlagen sollten „versteckt“ installiert sein, d.h. möglichst wenig von den BewohnerInnen bemerkt werden können. Dies bezieht sich einerseits auf die Zulieferung von Hackgut und andererseits auf die mögliche Lärmbelästigung durch die Anlage.
4. Maßnahmen zur Imageverbesserung der Biomasseheizungen scheinen nicht vordergründig notwendig zu sein. Da die derzeit eingesetzten Anlagen recht gut funktionieren und funktional sind, können diese für BewohnerInnen, die gegenüber Biomasseheizungen skeptisch sind, sicher als Vorzeigeobjekte präsentiert werden.
5. Die Aspekte des Umweltschutzes, des Energiesparens und der geringen Betriebskosten sollten bei der Bewerbung in den Vordergrund gestellt werden.

Vieles weist aber darauf hin, dass – unter der Prämisse, dass Biomassefeuerungen im verdichteten Wohnbau gefördert werden sollen – die BewohnerInnen die falschen AnsprechpartnerInnen sind. Eher sieht es so aus, als müsste hier intensiv mit den Wohnbaugenossenschaften gearbeitet werden. Diese brauchen Unterstützung in verschiedensten Formen, wenn sie forciert Biomasseheizungen bei ihren Planungen berücksichtigen und in ihren Wohnanlagen einbauen sollen.

## **6.2. Empfehlungen in bezug auf die Wohnbaugenossenschaften**

Einige Genossenschaften, vor allem im westlichen Teil Österreichs, sind im Biomassesektor bereits sehr aktiv. Diese sind von der Qualität der Heizanlagen auch überzeugt.

Wie können nun aber diejenigen unterstützt werden, die bisher noch nicht in diesem Bereich tätig waren und dies vielleicht gerne tun würden? Wie können Barrieren und Hemmnisse abgebaut werden?

1. Erster und wichtigster Punkt ist sicher eine Intensivierung der Förderungen für den Einsatz von Biomasseheizungen. Diese politische Unterstützungsmöglichkeit im Sinne der Förderung ökologischer Kriterien beim Bauen würde laut Auskunft der Genossenschaften großen Effekt haben.
2. Wichtig ist aber nicht nur die finanzielle Unterstützung. Eine Intensivierung des Know-How-Transfers zwischen den Genossenschaften, die bereits Erfahrungen haben und denen, die gerne mehr wissen möchten, wäre sehr wünschenswert. Diese Gelegenheiten zum Informationsaustausch haben sich bisher eher zufällig ergeben, z.B. bei den Workshops im Rahmen dieses Projektes.

3. Detaillierte, aber auch klare und prägnante Unterlagen stellen ein weiteren wichtigen Baustein in der Unterstützung der Genossenschaften dar. Es soll nachgelesen werden können, welche Aspekte bei der Planung des Gebäudes zu beachten sind (z.B. in bezug auf den Platz für die Lagerung des Brennstoffes) oder welche technische Kriterien die Anlage erfüllen muss, damit sie für gewisse Leistungsbereiche gut einsetzbar ist. Dies alles könnte z.B. in Form eines Handbuches geschehen.
4. Etwas mit eigenen Augen zu sehen und dessen Funktionstüchtigkeit überprüfen zu können, ist eines der überzeugendsten Argumente. Daher sollten Exkursionen zu bestehenden gut funktionierenden Anlagen auf jeden Fall zu einem Unterstützungsprogramm für Genossenschaften gehören. Die E.V.A. arbeitet derzeit an einer Liste mit Musterbeispielen von zentralen Biomasseanlagen.
5. Wichtig ist in Zukunft sicher auch der Bereich des Anlagencontractings. Die Genossenschaften möchten die Verantwortung für die Betreuung der Heizanlage gerne jemand anderem überlassen und übergeben. Hier ist allerdings noch ein Problem zu bewältigen (auf das Christian Rakos hinweist). Solange diese Dienstleistung von den Genossenschaften nicht nachgefragt wird, wird sie niemand erbringen wollen. Solange sie aber niemand erbringt, kann sie auch nicht nachgefragt werden.
6. Immer wieder zu nennen – wenn sich hier in den letzten Jahren auch sehr viel getan hat – ist die Frage der Brennstoffversorgung. Der Brennstoff – egal ob Hackgut oder Pellets – muss zur Verfügung stehen und in dementsprechender Qualität sein. Alle Möglichkeiten, die eine weitere Verbesserung dieser Versorgungsinfrastruktur und der Qualitätskriterien mit sich bringen, sind zu begrüßen.
7. Sicher nicht zu vernachlässigen ist auch die Frage der Kosten. Vor allem die Investitionskosten von Biomasseanlagen werden noch als Hemmschwelle gesehen, da diese doch um einiges höher liegen als bei Öl- oder Gasheizungen. Hier muss verstärkt auf den Aspekt der geringeren Betriebskosten hingewiesen werden. Beispiele aus Schweden und Vorarlberg zeigen, dass die Umstellung von Wohnbauträgern ausschließlich auf Biomasseheizanlagen alle Kosten reduzieren (Investitionskosten, Betriebs- und Wartungskosten, interner Organisationsaufwand).
8. Sicher sind auch „Leitbetriebe“, die verstärkt auf das Pferd „Biomasse“ setzen, wichtig für das Nachziehen der anderen Wohnbauträger.
9. Biomasseheizanlagen sollten Chefsache sein – die persönliche Überzeugung in den obersten Etagen ist ein entscheidender Faktor.
10. Was natürlich eine große Unterstützung bei der weiteren Forcierung von Biomasseheizanlagen wäre, ist ein weiteres Steigen des derzeit sehr hohen Ölpreises – oder zumindest ein Einpendeln auf dem derzeitigen Stand.

## Teil B

### 7. Anhang

#### 7.1. Fragenkatalog für Wohnbaugenossenschaften

1. Welche Wohnanlagen mit modernen Biomasseheizungen haben Sie in den letzten Jahren gebaut? Wer ist/war dafür zuständig und damit Ansprechpartner/in?
2. Welche Niedrigenergiewohnanlagen mit modernen Biomasseheizungen haben Sie in den letzten Jahren gebaut? Wer ist/war dafür zuständig und damit Ansprechpartner/in?
3. Welche Wohnanlagen mit anderen Heizungsanlagen haben Sie in den letzten Jahren gebaut? Wer ist/war dafür zuständig und damit Ansprechpartner/in?
4. Warum bauen Sie Wohnanlagen/keine Wohnanlagen mit Biomasseheizungen?
5. Welche Gründe sprechen Ihrer Meinung nach allgemein für/gegen Biomasseheizungen?
6. Ist eine Biomasseheizung ein zusätzlicher Anreiz für die BewohnerInnen einzuziehen? Oder eher eine Abschreckung?
7. Gibt es spezielle Schwierigkeiten mit Biomasseheizungen in Niedrigenergiewohnanlagen?
8. Welche Rückmeldungen von den BewohnerInnen gibt es? Wie sind Biomasseheizungen im Vergleich zu anderen Heizanlagen einzustufen?
9. Welche Rückmeldungen von den HausmeisterInnen / HeizungsbetreuerInnen in Wohnanlagen mit Biomasseheizungen gibt es?
10. Wird die Biomasseheizung über Contracting betrieben? Oder gibt es einen Wartungsvertrag?
11. Fragen zur Biomasseheizung:
  - Wie hoch waren die Investitionskosten der Anlage?
  - Was kostet das Betreiben der Anlage pro Jahr? (Personal, Brennstoff, Sonstiges)
  - Was kostet die Wartung der Anlage?
  - Können Sie diese Kosten mit anderen Heizformen vergleichen? (Woher stammen diese Informationen?)
12. Fragen zum Brennstoff:
  - Woher beziehen Sie den Brennstoff (Holz, Hackschnitzel, Pellets)?
  - Gibt es Schwierigkeiten (z.B. Verfügbarkeit, Lagerung)?
  - Wie hoch ist der Preis?
  - Können Sie diese Kosten mit anderen Brennstoffen vergleichen? (Woher stammen diese Informationen?)
13. Können Sie Adressen von HausmeisterInnen bzw. HeizungsbetreuerInnen zur Verfügung stellen, die bereit sind Auskünfte zu geben (Fragebogen auszufüllen)?
14. Können Sie Adressen von BewohnerInnen zur Verfügung stellen, die bereit sind Auskünfte zu geben (Fragebogen auszufüllen)?

## 7.2. Fragebogen für HausmeisterInnen / HeizungsbetreuerInnen

Adresse des Objektes: \_\_\_\_\_

### InterviewerIn:

Guten Tag. Mein Name ist ..... Ich bin vom Interuniversitären Forschungszentrum in Graz. Wir führen im Auftrag des Wissenschaftsministeriums eine Befragung zum Thema „Heizen“ durch, in der es um Vorteile und Nachteile verschiedener Heizsysteme und Brennstoffe geht. Uns interessieren vor allem zentrale Heizanlagen in Mehrparteienhäusern. Darf ich Ihnen einige Fragen zu dem von Ihnen betreuten Haus bzw. der von Ihnen betreuten Heizanlage stellen? Danke schön.

### I. Technische Daten

1. Handelt es sich bei dem von Ihnen betreuten Haus um ein spezielles Gebäude?
  - a) Niedrigenergiehaus
  - b) Passivhaus
  - c) Nach ökologischen Kriterien gebaut
  - d) Nichts davon, es ist ein normales Haus
  - e) Anderes Baukonzept, nämlich \_\_\_\_\_
  
2. Seit wann besteht das Haus?  
Seit \_\_\_\_\_
  
3. Wie groß ist das Haus?  
\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
  
4. Mit welcher Heizform wird das Haus beheizt? (Mehrfachnennungen möglich)
  - a) Fernwärme
  - b) Zentralheizung
  - c) Etagenheizung
  - d) Wärmepumpe
  - e) Einzelöfen
  - f) Kachelöfen
  - g) Teilweise Solarwärme
  - h) Andere, nämlich \_\_\_\_\_
  - i) Weiß nicht
  
5. Mit welchem Brennstoff wird das Haus beheizt?
  - a) Heizöl  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ l
  - b) Gas  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>
  - c) Strom  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ kWh
  - d) Kohle, Koks, Briketts  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ kg
  - e) Scheitholz  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ rm
  - f) Pellets  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ kg
  - g) Hackschnitzel  Jahresverbrauch: \_\_\_\_\_ srm
  - h) Sonnenenergie
  - i) Anderer, nämlich \_\_\_\_\_
  - j) Weiß nicht

6. Wissen Sie, um welche Heizanlage es sich in dem von Ihnen betreuten Haus handelt?
- a) Ja
- b) Nein  (Weiter zu Frage 7)

Falls ja:

Heizungstyp (Marke): \_\_\_\_\_

Leistung der Heizanlage (KW): \_\_\_\_\_

Alter der Heizung: \_\_\_\_\_

7. Wie erfolgt die Wärmeabgabe in den Räumen der Wohnungen des Hauses?
- a) über Heizkörper
- b) über eine Wandheizung
- c) über eine Fußbodenheizung
- d) über das Lüftungssystem
- e) Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_
- f) Weiß nicht
8. Wird das Warmwasser für das Haus über eine Solaranlage aufbereitet?
- a) Ja, über eine zentrale für das ganze Haus
- b) Ja, über dezentrale für einzelne Wohnungen
- c) Nein, es gibt keine Solaranlage
- d) Weiß nicht

## II. Einschätzung der Heizkosten

9. Wie hoch sind ca. die Heizkosten pro Jahr für das gesamte Haus?
- a) \_\_\_\_\_ öS
- b) Weiß nicht

## III. Einschätzung der Heiztechnik

10. Wie zufrieden sind Sie mit der derzeit eingesetzten Heiztechnik in bezug auf

	sehr zufrieden	zufrieden	weniger zufrieden	gar nicht zufrieden	weiß nicht
a) Komfort	<input type="checkbox"/>				
b) Bedienung	<input type="checkbox"/>				
c) Wartung	<input type="checkbox"/>				
d) Zuverlässigkeit	<input type="checkbox"/>				
e) Schmutz und Staub	<input type="checkbox"/>				
f) Umweltfreundlichkeit	<input type="checkbox"/>				

11. Wie zufrieden sind Sie mit dem derzeit eingesetzten Brennstoff in bezug auf

	sehr zufrieden	zufrieden	weniger zufrieden	gar nicht zufrieden	weiß nicht
a) Komfort	<input type="checkbox"/>				
b) Preis	<input type="checkbox"/>				
c) Verfügbarkeit	<input type="checkbox"/>				
d) Lagerungsmöglichkeit	<input type="checkbox"/>				
e) Schmutz und Staub	<input type="checkbox"/>				
f) Umweltfreundlichkeit	<input type="checkbox"/>				

#### IV. Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung/Heizanlage

12. Hat es schon einmal Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in den Wohnungen des Hauses gegeben?

- a) Sehr oft
- b) Oft
- c) Manchmal
- d) Einmal
- e) Nie
- f) Weiß nicht

Falls Antwort a) bis d): Welche Schwierigkeiten waren das?

---

---

13. Hat es schon einmal Schwierigkeiten mit der Heizanlage im Haus gegeben?

- |   | trifft<br>zu             | trifft<br>nicht zu       | weiß<br>nicht            |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Die Anlage ist schon ausgefallen   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Es gab Probleme mit Schmutz und Staub  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Es gab Probleme mit der Lagerung des Brennstoffs   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Es gab Probleme mit der Fördereinrichtung<br>des Brennstoffs (z.B. Pelletsaustragung, Ölbrenner) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Es gab Probleme mit den Emissionen der Anlage  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f) Die Wartung der Anlage ist sehr aufwendig  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g) Ersatzteile für Reparaturen sind schwer zu beschaffen  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h) Das Service für die Anlage funktioniert schlecht   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i) Die Brennstoffversorgung funktioniert nicht gut  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| j) Zu wenig Platz für Wartung und Bedienung   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| k) Es gab Probleme mit technischen Teilen der Anlage  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| l) Es gab eine Lärmbelästigung durch die Anlage   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| m) Es gab eine Geruchsbelästigung durch die Anlage  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| n) Andere Probleme, nämlich _____   |                          |                          |                          |

14. Führen Sie kleinere Reparaturen oder Einstellungen bei der Heizanlage selbst durch oder wird die Anlage fremdgewartet?

- a) Ich führe Reparaturen selbst durch
- b) Anlage wird bei Bedarf fremdgewartet
- c) Anlage wird regelmäßig fremdgewartet
- d) Es gibt einen Servicevertrag mit einer Firma
- e) Weiß nicht

14.1. Falls regelmäßig fremdgewartet/Servicevertrag: In welchen Intervallen wird die Anlage gewartet?

- a) Monatlich
- b) Vierteljährlich
- c) Halbjährlich
- d) Einmal im Jahr
- e) Seltener
- f) Weiß nicht

## V. Zufriedenheit der BewohnerInnen

15. Wie zufrieden sind die BewohnerInnen mit dem eingesetzten Heizsystem?

- a) Sehr zufrieden
- b) Zufrieden
- c) Weniger zufrieden
- d) Gar nicht zufrieden
- e) Weiß nicht

Falls weniger oder gar nicht zufrieden: Woran liegt das Ihrer Meinung nach?

---

---

## VI. Einstellung zur Heizung

16. Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen?

	Sehr Wichtig	Wichtig	Weniger wichtig	Gar nicht wichtig	Weiß nicht
a) Energiesparen	<input type="checkbox"/>				
b) Umweltschutz	<input type="checkbox"/>				
c) Geringe Investitionskosten	<input type="checkbox"/>				
d) Geringe Betriebskosten	<input type="checkbox"/>				
e) Wenig Bedienungsaufwand	<input type="checkbox"/>				
f) Nutzung heimischer Energie	<input type="checkbox"/>				
g) Sonstiges	<hr/>				

17. Reihen Sie bitte die folgenden Heizformen nach den beiden Kriterien:

	billig	umwelt- freundlich	weiß nicht
a) Ölheizung	Rang __	Rang __	<input type="checkbox"/>
b) Gasheizung	Rang __	Rang __	<input type="checkbox"/>
c) Holzheizung	Rang __	Rang __	<input type="checkbox"/>

## VII. Sozialstatistik

18. Geschlecht

- a) Männlich
- b) Weiblich

19. Wie alt sind Sie?

- a) bis 20 Jahre
- b) 21 bis 30 Jahre
- c) 31 bis 40 Jahre
- d) 41 bis 50 Jahre
- e) 51 bis 60 Jahre
- f) über 60 Jahre

20. Welche höchste abgeschlossene Schulbildung haben Sie?

- a) Pflichtschule
- b) Lehre
- c) Weiterführende Schule ohne Matura
- d) Weiterführende Schule mit Matura
- e) Hochschulabschluss

21. Wie hoch ist Ihr monatliches Netto-Haushaltseinkommen?

- a) bis 20.000,- öS
- b) 20.001 bis 30.000,- öS
- c) 30.001 bis 40.000,- öS
- d) 40.001 bis 50.000,- öS
- e) über 50.000,- öS

22. In welchem Umfeld wohnen Sie?

- a) Kleines Dorf am Land
- b) Grosses Dorf am Land
- c) Kleinstadt/eher im Zentrum
- d) Kleinstadt/eher am Stadtrand
- e) Grosstadt/eher im Zentrum
- f) Grosstadt/eher am Stadtrand
- g) Abseits einer Siedlung (Einschicht)

23. In welchem Bundesland leben Sie?

- a) Steiermark
- b) Kärnten
- c) Burgenland
- d) Wien
- e) Niederösterreich
- f) Oberösterreich
- g) Salzburg
- h) Tirol
- i) Vorarlberg

**Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!**

Name des Interviewers/der Interviewerin: \_\_\_\_\_

Datum und Zeitpunkt des Interviews: \_\_\_\_\_

### 7.3. Fragebogen für BewohnerInnen

Adresse des Objektes: \_\_\_\_\_

#### InterviewerIn:

Guten Tag. Mein Name ist ..... Ich bin vom Interuniversitären Forschungszentrum in Graz. Wir führen im Auftrag des Wissenschaftsministeriums eine Befragung zum Thema „Heizen“ durch, in der es um Vorteile und Nachteile verschiedener Heizsysteme und Brennstoffe geht. Darf ich Sie fragen: Wohnen Sie in einem Haus oder in einer Wohnung?

#### Falls Haus:

Da Sie in einem Haus wohnen, passen Sie leider nicht in unsere Befragung. Ich entschuldige mich für die Störung und danke Ihnen herzlich. Auf Wiederhören.

#### Falls Wohnung:

Darf ich Ihnen einige Fragen zu Ihrer Wohnung und Ihrer Erfahrung mit der Heizung stellen? Sie würden uns damit sehr helfen. Danke schön.

#### I. Technische Daten

1. Befindet sich Ihre Wohnung in einem speziellen Gebäude?
  - a) Niedrigenergiehaus
  - b) Passivhaus
  - c) Nach ökologischen Kriterien gebaut
  - d) Nichts davon, es ist ein normales Haus
  - e) Anderes Baukonzept, nämlich \_\_\_\_\_
  
2. Um welche Wohnung handelt es sich bei Ihrer Wohnung?
  - a) Eigentumswohnung
  - b) Mietwohnung
  - c) Mietkaufwohnung
  - d) Genossenschaftswohnung
  - e) Sonstiges \_\_\_\_\_
  
3. Seit wann wohnen Sie in dieser Wohnung?  
Seit \_\_\_\_\_
  
4. Wie groß ist die Wohnung?  
\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
  
5. Mit welcher Heizform wird Ihr Haus / Ihre Wohnung beheizt?  
(Mehrfachnennungen möglich)
  - a) Fernwärme
  - b) Zentralheizung
  - c) Etagenheizung
  - d) Wärmepumpe
  - e) Einzelöfen
  - f) Kachelöfen
  - g) Teilweise Solarwärme
  - h) Andere, nämlich \_\_\_\_\_
  - i) Weiß nicht

6. Mit welchem Brennstoff wird Ihr Haus / Ihre Wohnung beheizt?
- |                           |                          |                                       |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| a) Heizöl                 | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ l              |
| b) Gas                    | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ m <sup>3</sup> |
| c) Strom                  | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ kWh            |
| d) Kohle, Koks, Briketts  | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ kg             |
| e) Scheitholz             | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ rm             |
| f) Pellets                | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ kg             |
| g) Hackschnitzel          | <input type="checkbox"/> | Jahresverbrauch: _____ srm            |
| h) Sonnenenergie          | <input type="checkbox"/> |                                       |
| i) Anderer, nämlich _____ |                          |                                       |
| j) Weiß nicht             | <input type="checkbox"/> |                                       |

7. Wissen Sie, um welche Heizanlage /Typ) es sich in Ihrem Haus handelt?
- a) Ja
- b) Nein

8. Wie erfolgt die Wärmeabgabe in den Räumen Ihrer Wohnung?
- a) Über Einzelöfen
- b) Über Heizkörper
- c) Über eine Wandheizung
- d) Über eine Fußbodenheizung
- e) Über das Lüftungssystem
- f) Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_
- g) Weiß nicht

9. Wird das Warmwasser für Ihre Wohnung über eine Solaranlage aufbereitet?
- a) Ja, über eine zentrale für das ganze Haus
- b) Ja, über dezentrale für einzelne Wohnungen
- c) Nein, es gibt keine Solaranlage
- d) Weiß nicht

## II. Einschätzung der Heizkosten

10. Wie hoch sind ca. Ihre Heizkosten (inkl. Warmwasseraufbereitung) pro Jahr?
- a) \_\_\_\_\_ öS
- b) Weiß nicht

11. Wie empfinden Sie Ihre Heizkosten (inkl. Warmwasseraufbereitung)?
- a) Sehr hoch
- b) Eher hoch
- c) Gerade richtig
- d) Eher niedrig
- e) Sehr niedrig
- f) Weiß nicht

12. Welche Erwartungen hatten Sie bei Ihrem Einzug in bezug auf die Heizkosten?
- a) Ich habe mit höheren Kosten gerechnet
- b) Ich habe mit ungefähr diesen Kosten gerechnet
- c) Ich habe mit niedrigeren Kosten gerechnet
- d) Weiß nicht

### III. Einschätzung der Heiztechnik

13. Welche Rolle spielte die Art der Heizung bei Ihrer Entscheidung, in diese Wohnung einzuziehen?

- a) Sehr wichtig
- b) Wichtig
- c) Weniger wichtig
- d) Gar nicht wichtig
- e) Weiß nicht

14. Wie zufrieden sind Sie mit der derzeit eingesetzten Heiztechnik in Bezug auf

- |                         | sehr<br>zufrieden        | zufrieden                | weniger<br>zufrieden     | gar nicht<br>zufrieden   | weiß<br>nicht            |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Komfort              | <input type="checkbox"/> |
| b) Wartung              | <input type="checkbox"/> |
| c) Zuverlässigkeit      | <input type="checkbox"/> |
| d) Schmutz und Staub    | <input type="checkbox"/> |
| e) Umweltfreundlichkeit | <input type="checkbox"/> |

15. Wie zufrieden sind Sie mit dem derzeit eingesetzten Brennstoff in Bezug auf

- |                         | sehr<br>zufrieden        | zufrieden                | weniger<br>zufrieden     | gar nicht<br>zufrieden   | weiß<br>nicht            |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Komfort              | <input type="checkbox"/> |
| b) Preis                | <input type="checkbox"/> |
| c) Verfügbarkeit        | <input type="checkbox"/> |
| d) Schmutz und Staub    | <input type="checkbox"/> |
| e) Umweltfreundlichkeit | <input type="checkbox"/> |

### IV. Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung

16. Hat es schon einmal Schwierigkeiten mit der Wärmeversorgung in Ihrer Wohnung gegeben?

- a) Sehr oft
- b) Oft
- c) Manchmal
- d) Einmal
- e) Nie
- f) Weiß nicht

Falls Antwort a) bis d): Welche Schwierigkeiten waren das?

---

---

### V. Temperatur in der Wohnung

17. Ist es oft zu warm oder zu kalt in den Räumen Ihrer Wohnung?

- a) Zu warm
- b) Zu kalt
- c) Es passt, so wie es ist
- d) Weiß nicht

Falls zu warm oder zu kalt: Woran liegt das Ihrer Meinung nach?

---

---

18. Wie regeln Sie die Heizung in Ihrer Wohnung?

- a) Ich habe Einzelöfen
- b) Ich stelle die Heizung auf ein/aus
- c) Mit dem zentralen Thermostat
- d) Mit Thermostatventilen
- e) Über die Heizkörper
- f) Anders, nämlich \_\_\_\_\_
- g) Weiß nicht

### VI. Lüftung

19. Zu welchen Tageszeiten während der Heizperiode lüften Sie meistens und wie?

- |   | Kippen                   | Stoßlüften               | Dauer der Lüftung        |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Morgens                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ min                |
| b) Vormittags                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ min                |
| c) Mittags                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ min                |
| d) Nachmittags                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ min                |
| e) Abends                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | _____ min                |
| f) Nur über das automatische Lüftungssystem | <input type="checkbox"/> |                          |                          |
| g) Weiß nicht                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### VII. Warmwasserverbrauch

20. Wie viele Personen duschen bzw. baden in Ihrer Wohnung wochentags?

- |               | Dusche                   | Vollbad                  |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Morgens    | _____ Personen           | _____ Personen           |
| b) Mittags    | _____ Personen           | _____ Personen           |
| c) Abends     | _____ Personen           | _____ Personen           |
| d) Weiß nicht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

21. Und wie ist das an einem Tag des Wochenendes?

- |               | Dusche                   | Vollbad                  |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Morgens    | _____ Personen           | _____ Personen           |
| b) Mittags    | _____ Personen           | _____ Personen           |
| c) Abends     | _____ Personen           | _____ Personen           |
| d) Weiß nicht | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### VI. Einstellung zur Heizung

22. Wenn Sie an die Heizung denken, wie wichtig ist Ihnen?

- |                               | Sehr<br>Wichtig          | Wichtig                  | Weniger<br>wichtig       | Gar nicht<br>wichtig     | Weiß<br>nicht            |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Energiesparen              | <input type="checkbox"/> |
| b) Umweltschutz               | <input type="checkbox"/> |
| c) Geringe Investitionskosten | <input type="checkbox"/> |
| d) Geringe Betriebskosten     | <input type="checkbox"/> |
| e) Wenig Bedienungsaufwand    | <input type="checkbox"/> |
| f) Nutzung heimischer Energie | <input type="checkbox"/> |
| g) Sonstiges _____            |                          |                          |                          |                          |                          |

23. Reihen Sie bitte die folgenden Heizformen nach den beiden Kriterien:

	billig	umwelt- freundlich	weiß nicht
a) Ölheizung	Rang ___	Rang ___	<input type="checkbox"/>
b) Gasheizung	Rang ___	Rang ___	<input type="checkbox"/>
c) Holzheizung	Rang ___	Rang ___	<input type="checkbox"/>

## VII. Sozialstatistik

24. Geschlecht

- a) Männlich
- b) Weiblich

25. Wie alt sind Sie?

- a) bis 20 Jahre
- b) 21 bis 30 Jahre
- c) 31 bis 40 Jahre
- d) 41 bis 50 Jahre
- e) 51 bis 60 Jahre
- f) über 60 Jahre

26. Wie viele Personen wohnen insgesamt im Haushalt?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5
- f) 6
- g) mehr als 6

27. Welche höchste abgeschlossene Schulbildung haben Sie?

- a) Pflichtschule
- b) Lehre
- c) Weiterführende Schule ohne Matura
- d) Weiterführende Schule mit Matura
- e) Hochschulabschluss

28. Was sind Sie von Beruf?

- a) Arbeiter/in
- b) Angestellte/r
- c) Beamte/r
- d) Vertragsbedienstete/r
- e) Lehrer/in
- f) Landwirt/in
- g) Selbstständig
- h) Freiberuflich tätig
- i) Hausmann/Hausfrau
- j) Pensionist/in
- k) Arbeitssuchend/Arbeitslos
- l) Student/in
- m) Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

29. Wie hoch ist Ihr monatliches Netto-Haushaltseinkommen?

- a) bis 20.000,- öS
- b) 20.001 bis 30.000,- öS
- c) 30.001 bis 40.000,- öS
- d) 40.001 bis 50.000,- öS
- e) über 50.000,- öS

30. In welchem Umfeld wohnen Sie?

- a) Kleines Dorf am Land
- b) Grosses Dorf am Land
- c) Kleinstadt/eher im Zentrum
- d) Kleinstadt/eher am Stadtrand
- e) Grosstadt/eher im Zentrum
- f) Grosstadt/eher am Stadtrand
- g) Abseits einer Siedlung (Einschicht)

31. In welchem Bundesland leben Sie?

- a) Steiermark
- b) Kärnten
- c) Burgenland
- d) Wien
- e) Niederösterreich
- f) Oberösterreich
- g) Salzburg
- h) Tirol
- i) Vorarlberg

**Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe!**

Name des Interviewers/der Interviewerin: \_\_\_\_\_

Datum und Zeitpunkt des Interviews: \_\_\_\_\_

#### 7.4. Literatur

- Ceipek, K.: Heizen mit Holz: Komfort muss stimmen. In: Ökoenergie 33/98.
- Energie Tirol: Energieholzkonzept Zillertal. Endbericht. Innsbruck 1998.
- Fessel-GfK: Einstellungen zum Heizen mit Holz. Unveröffentlichter Bericht. Wien 1998.
- Haas, J.: Bewertungskatalog für kleine zentrale Holzheizungen. Kurzfassung. Hg. vom Energieinstitut Vorarlberg. Dornbirn 1998.
- Haas, J./Hackstock, R.: Brennstoffversorgung mit Biomassepellets. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 6/98. Hg. vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien 1998.
- Österreichisches Ökologie-Institut: Kachelöfen im Rahmen eines nachhaltigen Energiekonzeptes Endbericht, Wien 2000.
- Rakos, Ch./Hackstock, R.: Untersuchungen zum Einsatz von Holz als Energieträger am Wärmemarkt. Endbericht. Hg. von der Energieverwertungsagentur. Wien 2000.
- Rakos, Ch. u.a.: The Diffusion of Biomass District Heating in Austria. Endbericht. Hg. vom Institut für Technikfolgenabschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Wien 1995.
- Rohracher, H./Suschek-Berger, J. (unter Mitarbeit von Schwärzler, G.): Verbreitung von Biomasse-Kleinanlagen. Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 9/97. Hg. vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr, Wien 1997.
- Spitzer, J. u.a.: Energie aus Biomasse. Ergebnisse aus der Vorbereitungsphase für das Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“. Ergebnisbericht. Hg. vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr. Graz 1999.
- Zilian, H.G. (unter Mitarbeit von Hödl, J.): Ein Markt in Entstehung – Die Angebotsseite von Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen. Endbericht. Graz 2000.

Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von  
Objekten mit niedrigem Energiebedarf

# Simulationsbericht

Teil I / Teil II

T. Mach,	Institut für Wärmetechnik,	TU Graz
R. Heimrath,	Institut für Wärmetechnik,	TU Graz
W. Streicher,	Institut für Wärmetechnik,	TU Graz

Teil I

# Simulationsannahmen

# Teil I – Simulationsannahmen

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Definition der Referenzsysteme .....</b>	<b>4</b>
1.1	Klimadaten .....	4
1.2	Untersuchter Zeitraum .....	4
1.3	Recherchen über bereits ausgeführte Niedrigenergiebauten .....	5
1.4	Allgemeines.....	10
1.5	Konstruktionsaufbauten .....	12
1.6	Die Geometrie der Referenzgebäude .....	14
1.7	Innenwände.....	16
1.8	Personenbelegung .....	16
1.9	Personenabwärme.....	20
1.10	Lüftungsannahmen im Referenz- Wohngebäude.....	21
1.11	Lüftungsannahmen im Referenz- Bürogebäude .....	23
1.12	Geräteabwärme.....	26
1.13	Fenster.....	27
<b>2</b>	<b>Einfluss der Zonierung auf die Modellbildung (Referenzvariante A) .....</b>	<b>28</b>
2.1	Darstellung der Simulationsschemata .....	31
2.2	Heizen für den Zonierungsvergleich .....	32
2.3	Ergebnisse des Zonierungsvergleiches (Referenzvariante A) .....	33
<b>3</b>	<b>Weiterentwicklung des Simulationsmodelles .....</b>	<b>37</b>
3.1	Einbau einer Zusatzlüftung gegen Raumlüftüberhitzung (Referenzvariante B) .....	37
3.2	Definition einer Jalousieverschattung (Referenzvariante C) .....	39
3.3	Einbau eines Heizsystems (Referenzvariante D) .....	40
<b>4</b>	<b>Variationsrechnungen.....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>Beschreibung der untersuchten Parameter .....</b>	<b>43</b>
5.1	Klimadaten .....	43
5.2	Glasflächenanteile der Fassaden .....	46
5.3	Transmissionswärmeschutz .....	48
5.4	Verglasung .....	49
5.5	Belegung .....	49
5.6	Lüftungsverhalten .....	51
5.7	Raumlüftungstemperatur .....	51
<b>6</b>	<b>Warmwasserbereitung .....</b>	<b>51</b>
6.1	Wohngebäude.....	51
6.2	Bürogebäude.....	51

## 1 Definition der Referenzsysteme

Jede thermische Gebäudesimulation beruht auf einer Reihe von Berechnungsannahmen. Die Berechnungsergebnisse können nur im Zusammenhang mit diesen Annahmen beurteilt werden.

### 1.1 Klimadaten

Als Referenzstandort wird Graz gewählt. Als Referenzklimadatensatz dienen im Jahr 1968 in Graz gemessene Stundenwerte folgender Parameter:

Aussenlufttemperatur	[°C]	
Globalstrahlung auf die Horizontale	[W/m <sup>2</sup> K]	
Diffusstrahlung	[W/m <sup>2</sup> K]	
Relative Luftfeuchtigkeit	[%]	[Halozan, 1968]

### 1.2 Untersucher Zeitraum

Sämtliche Varianten beziehen sich auf den Zeitraum zwischen dem 1. Jänner und dem 31. Dezember. Die Einteilung des Simulationsjahres ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Zeittabelle des Simulationszeitraumes

Monat	Anzahl der Stunden im Monat	von - bis	
		Stunde	Tag
Jänner	744	1 - 744	1 - 31
Februar	672	755 - 1416	32 - 59
März	744	1417 - 2160	60 - 90
April	720	2161 - 2880	91 - 120
Mai	744	2881 - 3624	121 - 151
Juni	720	3625 - 4344	152 - 181
Juli	744	4345 - 5088	182 - 212
August	744	5089 - 5832	213 - 243
September	720	5833 - 6552	244 - 273
Oktober	744	6553 - 7296	274 - 304
November	720	7297 - 8016	305 - 334
Dezember	744	8017 - 8760	335 - 365

SUMME 8760

### 1.3 Recherchen über bereits ausgeführte Niedrigenergiebauten

Als Grundlage für die Definition der Referenzbauten waren Recherchen bezüglich bereits ausgeführter und publizierter Niedrigenergiebauten zu erstellen. Dabei musste die Recherche auf Bauten beschränkt bleiben, die mit ausreichend Datenmaterial veröffentlicht wurden um daraus Leitlinien für die Erstellung der Referenzbauten ziehen zu können. Eine auf Gebäudestandorte in Deutschland und Österreich beschränkte Auswahl an Niederenergiebauten ist in Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt.

#### Schlussfolgerungen aufgrund der Recherche:

1. Die Bezeichnung „Niedrigenergiehaus“ wird in der Beschreibung von Gebäuden immer häufiger verwendet; in den seltensten Fällen aber auch mit dem entsprechenden Datenmaterial unterlegt.
2. Die Angabe wärmetechnischer Kennwerte ist bei publizierten Bauwerken als Ausnahme und nicht als Standard zu sehen. Daher ergibt sich auch bei gezielter Suche eine Fokussierung auf wenige Datenquellen.
3. Die dargestellten Kennwerte sind oftmals ohne Bezugsgrößen und ohne Angabe des verwendeten Berechnungssystems dargestellt und deshalb unbrauchbar oder bestenfalls als Näherung anzusehen.
4. In Österreich ist eine Konzentration publizierter Niederenergiebauten in einigen Bundesländern (Vorarlberg, Salzburg, Wien) auffallend.
5. Der überwiegende Anteil publizierter Niederenergiebauten ist auf dem reinen Wohnbausektor anzutreffen. Wenige Ausnahmen beziehen auf eine gemischte Nutzung. Publizierter Niedrigenergie- Bürobau ist als Ausnahme anzusehen.
6. Die Anzahl der Wohneinheiten hängt von der gestellten Bauaufgabe ab. Ein Zusammenhang der Bauwerksgröße mit dem „Baustandard Niederenergie“ ist nicht zu erkennen. Großvolumige Bauvorhaben in ausgewiesener und nachgewiesener Niedrigenergiebauweise sind jedoch selten anzutreffen.
7. Die U-Werte der Konstruktionen fallen mit dem Fertigstellungsdatum. Dies ist durch die Verschärfung der Bauvorschriften nur teilweise zu erklären, da die erzielten Wärmeschutzwerte die geforderte Qualität weit überschreiten.
8. Bei der Brauchwassererwärmung scheint sich die Miteinbeziehung einer Solaranlage durchgesetzt zu haben. Sie ist in fast jedem Projekt, in dem Daten zur Verfügung standen, vertreten.

Tabelle 2 Wohn- und Bürobauten in Österreich (Bauten 1-12)

Nr. Bezeichnung	Standort		Gebäude										Haustechnik / Energiekonzept				Lüftung	HWB	Fertigstellung	Detailinformationen
			Nutzung		Konstruktion				Planer	Raumwärme		Brauch-	(F)enster (A)bluft (M)ärme- rück- gewinnung							
			Art (W)ohnen	Anzahl der Wohn- einheiten	Nutz- fläche [m <sup>2</sup> ]	(s)chwer (l)leicht (m)isch	System	U - Werte [W/m <sup>2</sup> K]		Erzeugung	Abgabe			wasser- erwärmung						
Bundes- land	Adresse	(B)üro	einheiten	fläch	(s)chwer (l)leicht (m)isch	System	U - Werte [W/m <sup>2</sup> K]	Planer	Erzeugung	Abgabe	wasser- erwärmung	(F)enster (A)bluft (M)ärme- rück- gewinnung	Heizwärme- bedarf bezogen auf die Nutzfläche							
1	Paracelsusheim Moosburg	Kärnten	Moosburg	-	W	1150	S	Mantelbeton mit 12 cm Dämmung	0,22	0,20	0,38	1,10	Wolfgang Wernig	Ollessel	Wandflächen	Solar / Öl	W	35	1996	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/moos.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/moos.htm</a>
2	Seniorenwohnhelm Energiesparhaus	Kärnten	A - 8500	-	W	1385	S	Dämmung Mantelbeton mit 12 cm	0,29	0,25	0,30	1,10	ARGE	Gas_Brennwert	NT Radiator	Solar / Gas	W	51	1997	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/lands.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/lands.htm</a>
3	Landskron Energiesparhäuser	Nieder- österreich	Villach A - 2380	5	W	-	M	Dämmung Ziegel mit Dämmung / Riegelwand	0,31	0,18	-	1,10	Architekten Treberspurg Wolfert Architekt	Gas_Brennwert	-	Solar	F	-	1996	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/bercht.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/bercht.htm</a>
4	Pecholdsdorf Wohnanlage	Salzburg	Pecholdsdorf A - 5020	6	W	4694	S	Ziegel mit Dämmung Holzriegel mit	-	-	-	0,80	-	Solar/ Brennwert_Gas	NT Radiator	Solar/ Brennwert_	F	-	1999	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gleiss.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gleiss.htm</a>
5	Gneis Moos Reihenhäuser	Salzburg	Salzburg A - 5431	10	W	-	I	Dämmung Holzriegel mit Zellulose- dämmung	0,18	0,18	0,24	1,10	Franz Kramer, Wagrain Salzburg Stampfer	Brennwert_Gas	-	Solar/ Biomasse	F	-	1997	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gous.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gous.htm</a>
6	"Gousgout" Wohnanlage	Salzburg	Kuchl A - 5020	6	W	-	I	Holzriegel mit Zellulose- dämmung	0,15	0,13	0,20	0,40	Schwarzenbacher Architekt	Biomasse	-	Biomasse	W	-	1998	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/spaur.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/spaur.htm</a>
7	Spaurweg Altenwohnheim	Salzburg	Salzburg A - 5204	-	W	-	S	Massivbau mit Außen- dämmung	0,34	0,22	0,34	1,30	Schwarzenbacher Architekten Perrnhäler Schwarzenbacher	Fernwärme	-	Solar/ Fermwärme	F	-	1996	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/strass.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/strass.htm</a>
8	Strasswäldchen Solare	Steiermark	wäldchen A-8200	6	W und B	929	I	Holztafelbau dämmung	0,17	0,11	-	0,80	Tmchon Architekt	(Biomasse) Solar/Biomasse	-	Fernwärme Solar/ Biomasse	A	8 - 16	1999	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gleiss.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/gleiss.htm</a>
9	Niedrigenergiehaus- stiftung SUNDAYS Wohnhausanlage	Steiermark	Gleisdorf A - 8020	-	W	527	S	Stahlbeton mit dämmung	0,50	0,17	0,70	1,10	Energie	Gas_Brennwert	NT Radiator	Brennwert_	F	32	1997	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/neueh.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/neueh.htm</a>
10	"Neue Heimat" Mehrfamilienhaus	Tirol	Graz A - 8020	-	W	-	S	Stahlbeton mit dämmung	0,16	0,13	0,16	0,50	Gasser und Messner Ingenieure	Gas_Brennwert	Luftung	Brennwert Gas	W	20 - 22	1997	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/mittel.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/mittel.htm</a>
11	Reihenhaus-Anlage Innsbruck- Krazeibitten	Tirol	Innsbruck A - 6020	-	W	-	S	gemauert mit Holzdecken Ziegelwände	0,19	0,14	0,19	1,30	-	Kachelgrundofen	-	Speicher- kollektor / Elektrisch	-	32	1992	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/reih.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/reih.htm</a>
12	Reihenhausanlage, Kastentagen	Vorarlberg	Innsbruck A - 6560	-	W	527,6	S	mit Vorsatzschale	0,32	0,22	0,20	1,30	-	Radiator	Solar / Gas	Solar / Gas	F	40,4 - 44,9	1991	<a href="http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/kasten.htm">http://www.ehn.vsr.ac.at/objekt/kasten.htm</a>

Tabelle 3 Wohn- und Bürobauten in Österreich (Bauten 13-21)

Nr. Bezeichnung	Standort		Gebäude										Haustechnik / Energiekonzept				Lüftung	HWB	Fertigstellung	Detailinformationen	
			Nutzung		Konstruktion				Planer		Raumwärme		Erzeugung	Abgabe	Brauch-	wässer-					erwärmung
			Art (W)ohnen (B)üro	Anzahl der Wohneinheiten	Nutzfläche [m <sup>2</sup> ]	(s)chwer (l)icht (m)isch	System	Außenwand	Dach	Keller	Fenster	glas									
13	Mehrfamilienhaus Vorarlberg	A - 6800	Architekten	W	33	2700	s	Stahlbeton-Skelettbau mit Mauersteinen zur Ausfachung Dämmverbundsystem	0,28	-	0,29	1,07	Gasser und Messner	Solar / Decken	Solar	Brennwert	W	17 - 75	1996	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektape.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektape.htm</a>	
14	Kapellenweg Reihenhäuser Vorarlberg	A - Batschuns	Baumschläger Architekt	W	6	780	s	Ziegelschichten mit Betondecken Außenwände Poroton mit vor- gefertigten Holzelementen Holzskelettbau	0,15	0,14	0,11	0,50	Ingenieure IBN - Ingenieurbüro Peter Naßwetter Gasser und Messner	Brennwert Gas strahlung Solar / Klein-	Gas	Solar /	W	9 - 16	1997	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektbaatsch.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektbaatsch.htm</a>	
15	Batschuns Wohnanlage Vorarlberg	A - 6850	Unterzainer Architekt	W	13	940	l	mit vor- gefertigten Elementen Misch- bauweise mit genaueren Wohnungs- trennwänden	0,11	0,10	0,12	0,70	Messner Ingenieure	Wärmepumpe Lüftung	Solar / -	Solar	W	18,2	1997	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoeiz.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoeiz.htm</a>	
16	Öz Búndt Mehrwohnungs- anlage Vorarlberg	Dornbirn A-6850	Kaufmann Architekt	W	12	-	m	Stahlsäulen und Stahlbeton Decken mit Holz-Großtafel einsetzen Außenwände massiv aus Betonziegel Decken und Dach in Holz Ziegelmauer	0,20	0,22	0,35	1,30	-	Gas-Brennwert Wandflächen	Solar	Brennwert	F	36	1993	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoehrm.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoehrm.htm</a>	
17	Rehmoos Geschloßwohnbau Vorarlberg	Schwarzach	Juen Architekten	W	12	847	m	Stahlsäulen und Stahlbeton Decken mit Holz-Großtafel einsetzen Außenwände massiv aus Betonziegel Decken und Dach in Holz Ziegelmauer	0,12	0,13	0,20	0,70	Messner	Lüftung	E - Boiler	in Planung	W	20	-	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoeiz.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoeiz.htm</a>	
18	Klosterwiesweg Reihenhäuser Vorarlberg	A-6860	Baumschläger Architekt	W	4 - 8	520	m	massiv aus Betonziegel Decken und Dach in Holz Ziegelmauer	0,25	0,22	0,37	1,30	Ingenieure	wärmepumpen Gas_Brennwert /	Solar /	Solar	F	51	1993	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoefuss.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoefuss.htm</a>	
19	Fussenggerstraße Aspern an der Somme Wohnbau Wien	A - 1220 Wien	Mittersteiner Architekt	W	89	8191	s	Dach in Holz Ziegelmauer teildecken aus Beton	-	-	-	-	-	-	Kachelöfen	Elektrisch	-	-	1999	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoesras.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoesras.htm</a>	
20	Empergergasse-Brünnerstraße Siedlung Wien	A - 1210 Wien	Reinberg ARGE Reinberg - Trebersburg - Raith Partner	W	215	21704	s	Ziegelmauer Beton Ziegelmauer Beton-Elemente decken	0,32	0,20	0,35	1,30	-	Ferwärme	-	-	W	25 - 35	1996	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoetemp.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoetemp.htm</a>	
21	Naturnahes Wohnen in Wien	1220 Wien	Trebersburg & Partner Zwißtechniker Ges.m.b.H.	W	41	je 70 - 141	s	Holz- und Vollziegel mit Korkdämmung	0,24	0,22	-	-	-	Ferwärme	-	-	-	< 40	1996	<a href="http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoewuiz.htm">http://www.etn.wsr.ac.at/objektfoewuiz.htm</a>	



Tabelle 5 Wohn- und Bürobauten in Deutschland (Bauten 13-21)

Nr. Bezeichnung	Standort		Gebäude										Haustechnik / Energiekonzept				Lüftung	HWB	Fertigstellung	Detailinformationen
			Nutzung		Konstruktion			System	U - Werte [ W/m²K ]			Planner	Raumwärme							
			Art (Wohnen/Büro)	Anzahl der Wohneinheiten	Nutzfläche [m²]	(s)chwer (l)leicht (m)isch	Außenwand		Dach	Keller	Fenster		Erzeugung	Abgabe	Brauchwassererwärmung					
1	Passivhaus Darmstadt-Kraichstein-Ziegel	D - Darmstadt	W	4	624	m	Kalksandstein + Dämmung Dach mit Holz-Trägern mehrere	0,14	0,10	0,13	0,70	Prof. Dr. Bobt/Röder/Westermeyer	Gasbrennwertkessel	-	Solar /	W	12	1991	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/pilot/darm.htm">http://www.eth.wst.ac.at/pilot/darm.htm</a>	
2	Niedrigenergie-Wohnhäuser Passivhausausiedlung	D - Bochum	W	9	-	s	Ziegel aufbauten Holzverbundfassade Holzbinderkonstruktion Beton	0,40	-	-	-	Fraunhofer IPA Institut für Bauphysik, Stuttgart	-	-	Wärmepumpe	W	50,5	1996	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/pilot/bochum.htm">http://www.eth.wst.ac.at/pilot/bochum.htm</a>	
3	Lümmelhund Bürogebäude	Werne D - Wiesbaden	W	46	-	l	fassade Holzbinderkonstruktion Beton	0,14	0,10	-	0,90	Partner Bauen und Wohnen GmbH Architekt	Fernwärme	-	Fernwärme	W	15 - 38	1997	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/pilot/luemmelhund.htm">http://www.eth.wst.ac.at/pilot/luemmelhund.htm</a>	
4	Firma WAT	Karlsruhe	B	0	1500	s	bauweise Beton	0,20	0,20	0,20	1,30	Transsolar	Solar/Brennwert_	-	Solar/Brennwert_	W	37	1994	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/lea/wat.htm">http://www.eth.wst.ac.at/lea/wat.htm</a>	
5	Mehrfamilienhaus	München	W	-	77,3	s	bauweise Betonstein und EPS	0,30	0,30	0,35	1,00	Fraunhofer Gesellschaft, Institut für Bauphysik	Gas	-	Solar / -	W	25	1996	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/lea/mehrfamilienhaus.htm">http://www.eth.wst.ac.at/lea/mehrfamilienhaus.htm</a>	
6	Reihenhäuser Weimsterhornweg	D - Berlin	W	60	71,3	s	Kalksandstein und EPS Tragende Konstruktion Außenhülle: Leichtbau Holz	0,32	0,30	0,37	1,50	Fraunhofer Gesellschaft, Institut für Bauphysik Planungsbüro	Brennwert	-	Solar /	F	46,2	1995	<a href="http://www.eth.wst.ac.at/lea/weimsterhornweg.htm">http://www.eth.wst.ac.at/lea/weimsterhornweg.htm</a>	
7	Bürogebäude Verwaltungsgebäude	Bayern	B	0	1074	m	Beton, Außenhülle: Leichtbau Holz	0,16	0,12	0,15	-	Energie + Bauen Passivhaus	Brennwertkessel Solar/	-	Brennwertkessel Solar/	W	9,2	1999	<a href="http://www.eapheus.de/">http://www.eapheus.de/</a>	
8	gebäude	35091 Colbe	B	1	2180	l	Leichtbau	0,15	0,15	0,20	0,70	Institut Darmstadt	Kleinleistung	Lüftung	Kleinleistung	W	14	1998	<a href="http://www.eapheus.de/">http://www.eapheus.de/</a>	

### 1.4 Allgemeines

Es wurden jeweils ein Wohnbau und ein Bürobau als Referenzbauten definiert. Das Referenz-Wohnhaus in der Basisvariante (Abbildung 5) ist ein dreigeschossiger langgestreckter Baukörper in Ost – West Ausrichtung mit einhüftiger und offener Erschließung an der nördlichen Längsseite. Jedes der drei Geschosse besteht aus vier durchgebundenen Wohneinheiten mit 50, 70, 90 und 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Der Baukörper wird als vollständig unterkellert angenommen. Der Fensterflächenanteil der Südfassade liegt in der Basisvariante bei 33,25%, der Fensterflächenanteil Nordfassade bei 12,66% (Tabelle 42). Die Ost- und Westfassade wird fensterlos ausgebildet. Aufgrund der gewählten Baukörperabmessungen ergibt sich ein A/V – Verhältnis von 0,51m<sup>-1</sup>. Die statistischen Aufstellungen (Abbildung 1, Abbildung 2) zeigen, dass sich der gewählte Referenzwohnbau sowohl in seiner Baukörpergröße (12 Wohneinheiten) als auch in der Wahl der Wohnungsgrößen einem gegenwärtigen Standardwohnbau entspricht.

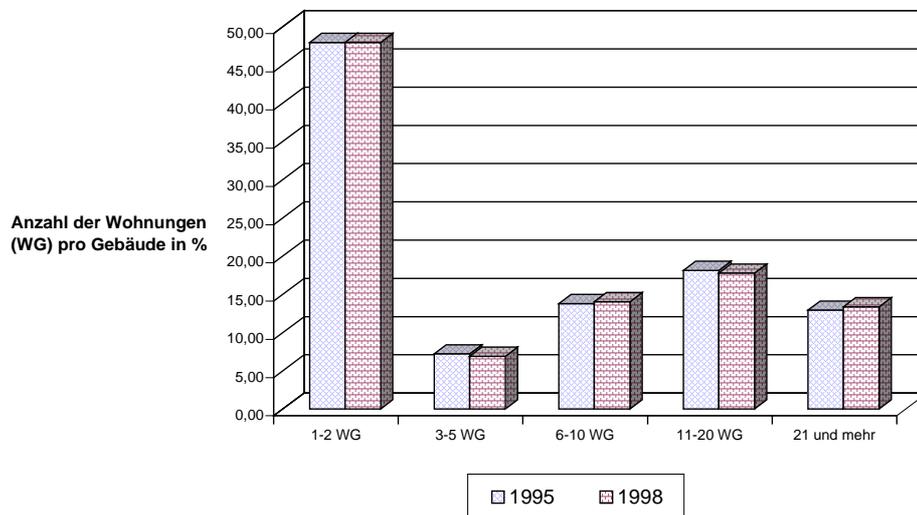


Abbildung 1 Anzahl der von Wohnungen pro Gebäude im österreichischen Gebäudebestand [Statistisches Jahrbuch Österreich 1996 und 1999]

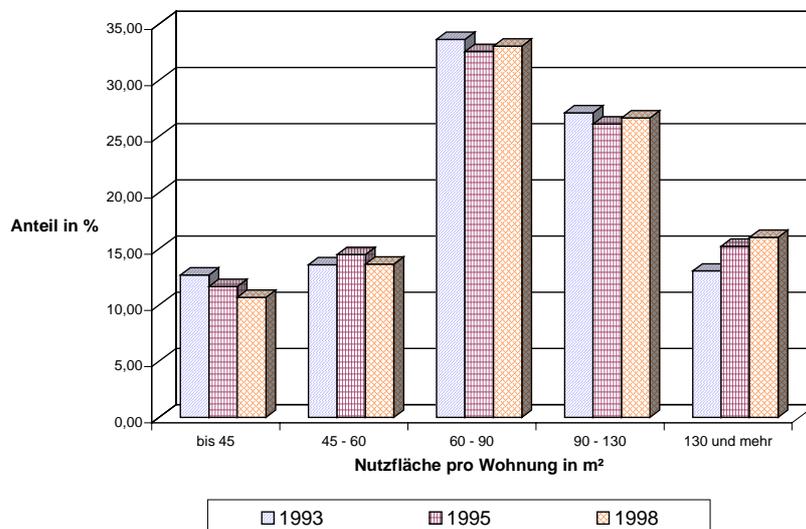


Abbildung 2 Nutzfläche pro Wohnung im österreichischen Gebäudebestand [Statistisches Jahrbuch Österreich 1999, 1996 und 1994]

Die Basisvariante des Referenz- Bürogebäudes (Abbildung 6) wird als dreigeschossig, intern erschlossen und Ost–West gerichtet angenommen. Die Nutzfläche einschließlich der Stellflächen für Innenwände und der inneren Erschließung beträgt 309,9 m<sup>2</sup> je Geschöß. Die Ostfassade wird mit einem Glasflächenanteil von 10% angenommen; die Westfassade wird fensterlos ausgebildet. Der Glasflächenanteil der Süd- bzw. Nordfassade (Tabelle 43) beträgt in der Basisvariante 37,39%. Der Baukörper wird als vollständig unterkellert angenommen. Aufgrund der gewählten Baukörperabmessungen ergibt sich ein A/V–Verhältnis von 0,38 m<sup>-1</sup>. Die Staffelung der Baumassen ist in Abbildung 3 zu sehen.

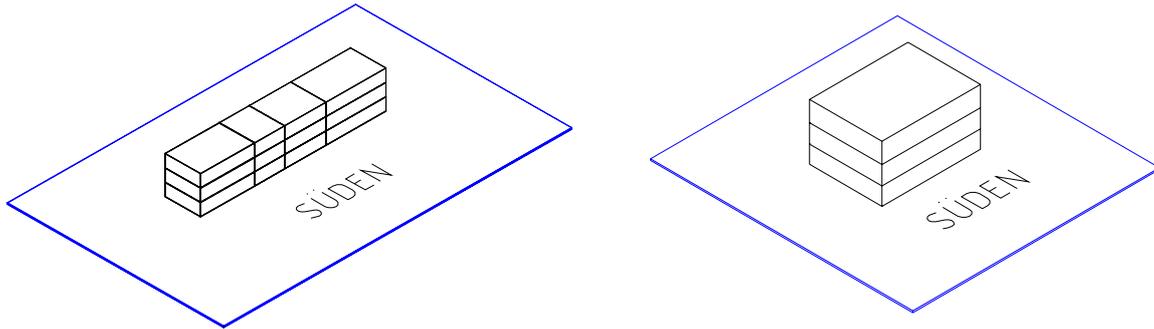


Abbildung 3 Axionometrie des Referenz- Wohnhauses (links) und des Referenz-Bürogebäudes (rechts)

## 1.5 Konstruktionsaufbauten

Die Bezeichnung Niedrigenergiehaus ist an die Forderung gekoppelt eine definierte Obergrenze im Jahresheizenergiebedarf nicht zu überschreiten. Bei einem Einfamilienhaus liegt dieser Wert bei 70 kWh/m<sup>2</sup>a und im Mehrfamilienwohnbau bei 55 kWh/m<sup>2</sup>a (jeweils bezogen auf die beheizte Nutzfläche) [Feist, Das Niedrigenergiehaus]. Daraus ist zu ersehen, dass für den einzelnen Bauteil (mit Ausnahme der jeweiligen gültigen baugesetzlichen Bestimmungen) keine zwingend vorgeschriebenen Mindestgrößen im Wärmeschutz eingehalten werden müssen, sofern das Gebäude in seiner Gesamtheit die oben erwähnten 70 bzw. 55 kWh/m<sup>2</sup>a an Heizwärmebedarf nicht überschreitet. Die Vielzahl der möglichen Aufbauten (Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5) die von den Objektplanern bei der Konstruktion von Niedrigenergiebauten eingesetzt werden macht es unmöglich einen „typischen Aufbau“ herauszufiltern. Einzig besteht die Möglichkeit folgende Grundprinzipien zu erkennen.

1. Obwohl der Holzbau gute Voraussetzungen für thermisch hochwertige Konstruktionen bietet, kann er aufgrund der relativ geringen Anzahl realisierter Projekte nicht als Referenz herangezogen werden. Weil der überwiegende Anteil neuerrichteter Gebäude derzeit in Massivbauweise ausgeführt wird, ist diese als Referenzbauweise anzusehen.
2. Die derzeit gültigen Obergrenzen der U-Werte und deren Tendenz zu fallen, lassen darauf schließen, dass in Zukunft kein Aussenbauteil in monolithischer Bauweise die Obergrenzen der zu erwartenden U-Werte erbringen kann. Daraus folgend kommen Schichtkonstruktionen zum Einsatz.
3. Als wärmetechnisch relevant wird die Tragschicht (wärmetechnische Relevanz: Wärmespeicherung) und eine Dämmschicht (wärmetechnische Relevanz: Wärmedämmung) angesehen.

Aus diesen Gründen wurden die raumbegrenzenden Bauteile der Referenzbauten auf ihre wärmetechnisch relevanten Schichten (Abbildung 4) reduziert (Speicherschicht und Dämmschicht). Die Dicken der Speicherschichten orientieren sich an statischen und schalltechnischen Erfordernissen. Der Wahl der Dämmstärke liegt die Annahme zugrunde, dass bereits die Einhaltung der baugesetzlich vorgeschriebenen Mindestwerte im Wärmeschutz zum Erreichen des Niedrigenergiehausstandards führt. Daher wurde die Dicke der Dämmschicht so gewählt, dass die derzeit gültigen U-Werte der baugesetzlichen Bestimmungen aller österreichischen Bundesländer eingehalten werden (Tabelle 6 und Tabelle 7). Die Innendecken weisen zusätzlich eine Nutzschicht am jeweils oberen Rand des Aufbaues auf. Die Wahl der Stoffwerte orientiert sich an derzeit gängigen Materialien.

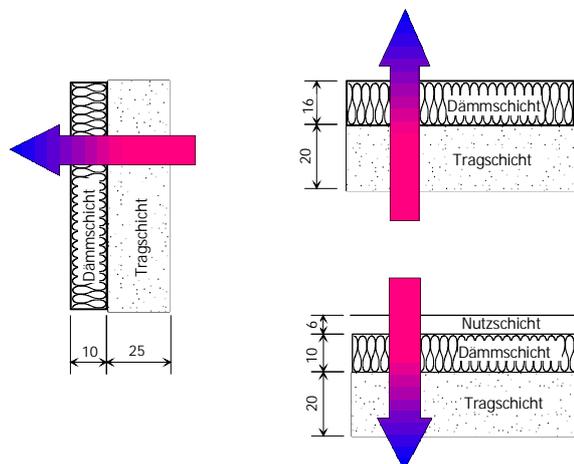


Abbildung 4 Prinzipdarstellung der Konstruktionsaufbauten der Außenbauteile des Referenzwohngebäudes

Tabelle 6 Konstruktionsaufbauten des Referenz-Wohngebäudes

Aufbau	Bauteilschicht	Dicke [ m ]	Dichte [ kg/m³ ]	Wärmeleitfähigkeit [ W/mK ]	spez. Wärmekapazität [ kJ/kgK ]	U - Wert des Bauteils [ W/m²K ]
Außenwand	Dämmschicht	0,080	17	0,038	0,830	<b>0,35</b> (0,35)
	Tragschicht	0,250	1100	0,390	0,920	
		Σ	0,330			
oberste Geschoßdecke	Dämmschicht	0,160	30	0,032	0,840	<b>0,19</b> (0,20)
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
		Σ	0,360			
Kellerdecke	Nutzschicht	0,060	2000	1,400	1,080	<b>0,36</b> (0,40)
	Dämmschicht	0,080	30	0,032	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
		Σ	0,340			
Wohnungstrennwand	Tragschicht	0,300	980	0,210	0,920	<b>0,63</b> (0,90)
Geschoßdecke	Nutzschicht	0,060	2000	1,400	1,080	<b>0,62</b> (0,70)
	Dämmschicht	0,050	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
		Σ	0,310			
Wohnungsinnenwand	Tragschicht	0,120	800	0,420	0,920	-

Tabelle 7 Konstruktionsaufbauten des Referenz-Bürogebäudes

Aufbau	Bauteilschicht	Dicke [ m ]	Dichte [ kg/m³ ]	Wärmeleitfähigkeit [ W/mK ]	spez. Wärmekapazität [ kJ/kgK ]	U - Wert des Bauteils [ W/m²K ]
Außenwand	Dämmschicht	0,100	17	0,038	0,830	<b>0,35</b> (0,35)
	Tragschicht	0,220	2400	2,300	1,080	
		Σ	0,320			
oberste Geschoßdecke	Dämmschicht	0,160	30	0,032	0,840	<b>0,17</b> (0,20)
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
	Luftschicht	0,380	-	-	0,047	
	Unterdecke	0,020	100	0,035	0,840	
		Σ	0,760			
Kellerdecke	Nutzschicht	0,080	2400	2,300	1,080	<b>0,35</b> (0,40)
	Dämmschicht	0,100	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
		Σ	0,380			
Geschoßdecke	Nutzschicht	0,040	700	0,130	1,000	<b>0,36</b> (0,70)
	Luftschicht	0,090	-	-	0,047	
	Dämmschicht	0,050	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
	Luftschicht	0,400	-	-	0,047	
	Unterdecke	0,020	100	0,035	0,840	
		Σ	0,800			
Trennwände	Tragschicht	0,015	900	2,100	1,050	-
	Dämmschicht	0,100	10	0,039	0,840	
	Tragschicht	0,015	900	2,100	1,050	
		Σ	0,130			

### 1.6 Die Geometrie der Referenzgebäude

#### Referenz- Wohngebäude

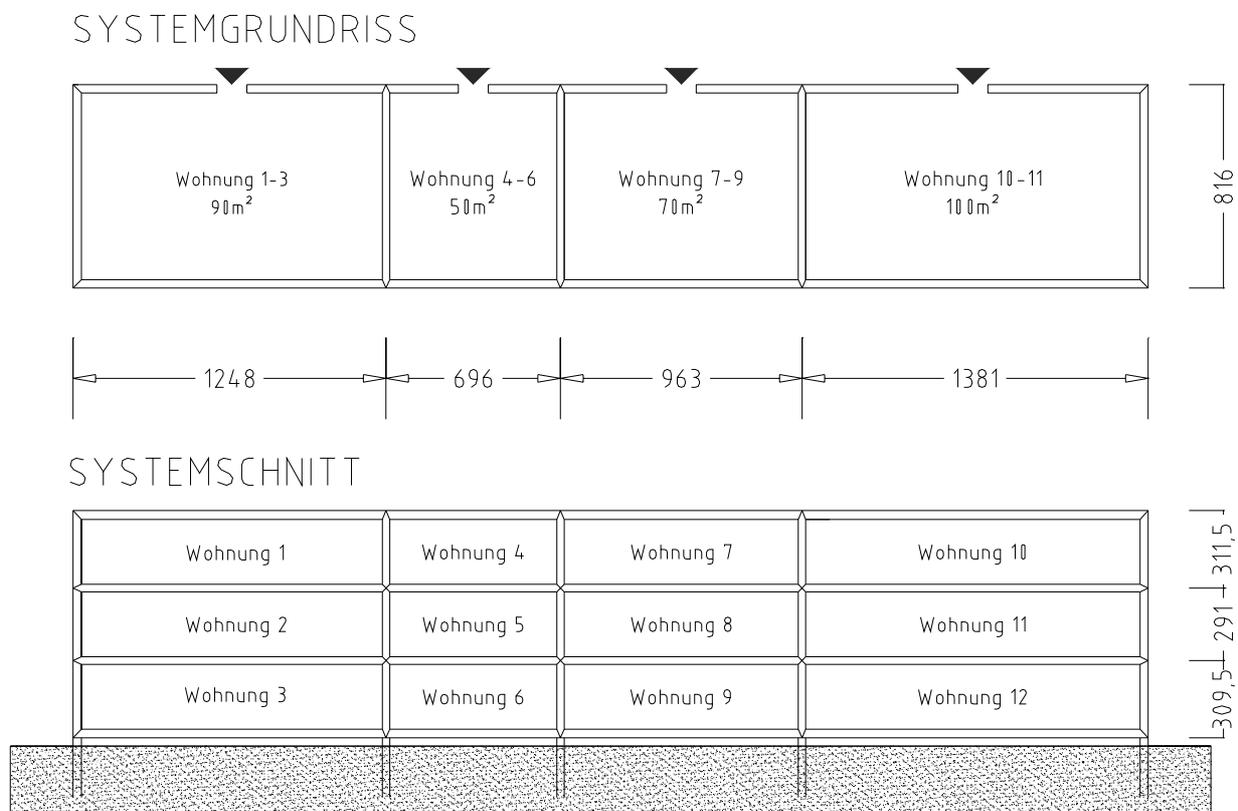


Abbildung 5 Die Abmessungen des Referenz-Wohngebäudes

Tabelle 8 Flächen und Kubaturen des Referenz-Wohngebäudes

	Nettowerte						Bruttowerte						
	Abmessungen			Wohn-nutzfläche exklusive Innenwände	Fassaden-fläche Nord bzw. Süd	Volumen	Abmessungen			Grund-fläche	Fassaden-fläche Nord bzw. Süd	Seiten-fläche	Volumen
	L [m]	B [m]	H [m]	L x B [m²]	L x H [m²]	L x B x H [m³]	L [m]	B [m]	H [m]	L x B [m²]	L x H [m²]	B x H [m²]	L x B x H [m³]
Wohnung 1	12,00	7,50	2,60	90,00	31,20	234,00	12,48	8,16	3,12	101,84	38,88	25,42	317,22
Wohnung 2	12,00	7,50	2,60	90,00	31,20	234,00	12,48	8,16	2,91	101,84	36,32	23,75	296,35
Wohnung 3	12,00	7,50	2,60	90,00	31,20	234,00	12,48	8,16	3,10	101,84	38,63	25,26	315,18
Wohnung 4	6,66	7,50	2,60	49,95	17,32	129,87	6,96	8,16	3,12	56,79	21,68	25,42	176,91
Wohnung 5	6,66	7,50	2,60	49,95	17,32	129,87	6,96	8,16	2,91	56,79	20,25	23,75	165,27
Wohnung 6	6,66	7,50	2,60	49,95	17,32	129,87	6,96	8,16	3,10	56,79	21,54	25,26	175,78
Wohnung 7	9,33	7,50	2,60	69,98	24,26	181,94	9,63	8,16	3,12	78,58	30,00	25,42	244,78
Wohnung 8	9,33	7,50	2,60	69,98	24,26	181,94	9,63	8,16	2,91	78,58	28,02	23,75	228,67
Wohnung 9	9,33	7,50	2,60	69,98	24,26	181,94	9,63	8,16	3,10	78,58	29,80	25,26	243,21
Wohnung 10	13,33	7,50	2,60	99,98	34,66	259,94	13,81	8,16	3,12	112,69	43,02	25,42	351,03
Wohnung 11	13,33	7,50	2,60	99,98	34,66	259,94	13,81	8,16	2,91	112,69	40,19	23,75	327,93
Wohnung 12	13,33	7,50	2,60	99,98	34,66	259,94	13,81	8,16	3,10	112,69	42,74	25,26	348,77
<b>Summe</b>				<b>929,70</b>	<b>322,296</b>	<b>2417,22</b>				<b>1049,70</b>	<b>391,07</b>		<b>3191,10</b>

Referenz- Bürogebäude

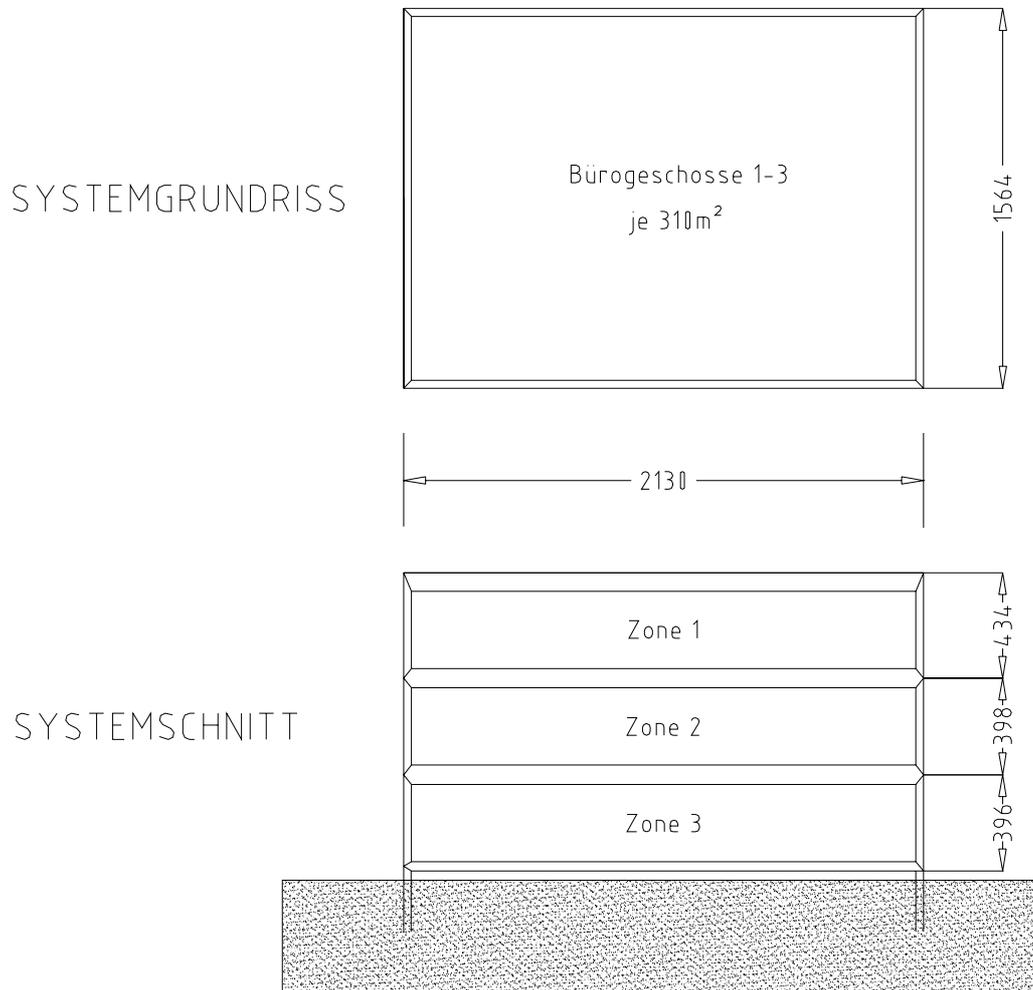


Abbildung 6 Die Geometrie des Referenz- Bürogebäudes

Tabelle 9 Flächen und Kubaturen des Referenz-Bürogebäudes

	Nettowerte						Bruttowerte						
	Abmessungen			Wohn- nutzfläche exklusive Innenwände	Fassaden- fläche Nord bzw. Süd	Volumen	Abmessungen			Grund- fläche	Fassaden- fläche Nord bzw. Süd	Seiten- fläche	Volumen
	L	B	H	L x B	L x H	L x B x H	L	B	H	L x B	L x H	B x H	L x B x H
	[m]	[m]	[m]	[m²]	[m²]	[m³]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[m²]	[m²]	[m³]
Zone 1	20,66	15,00	3,18	309,90	65,70	985,48	21,30	15,64	4,34	333,13	92,44	67,88	1445,79
Zone 2	20,66	15,00	3,18	309,90	65,70	985,48	21,30	15,64	3,98	333,13	84,77	62,25	1325,87
Zone 3	20,66	15,00	3,18	309,90	65,70	985,48	21,30	15,64	3,96	333,13	84,35	61,93	1319,20
<b>Summe</b>				<b>929,70</b>	<b>197,10</b>	<b>2956,45</b>				<b>999,40</b>	<b>261,56</b>	<b>192,06</b>	<b>4090,86</b>

### 1.7 Innenwände

Die Längen der angenommenen Innenwände der Referenzgebäude sind gemäß üblichen Grundrissen gewählt und in (Tabelle 10) aufgelistet.

Tabelle 10 Fläche der Innenwände in den Referenzbauten

Referenz-Wohnbau:			
Wohnung mit Nutzfläche	Innenwandlänge [ lfm ]	Innenwandfläche [ m² ]	Innenwandoberfläche [ m² ]
50m²	16	41,6	83,2
70m²	25	65	130
90m²	30	78	156
100m²	38	98,8	197,6

Referenz-Bürobau:			
je Geschoß	Innenwandlänge [ lfm ]	Innenwandfläche [ m² ]	Innenwandoberfläche [ m² ]
	80	254,4	508,8

### 1.8 Personenbelegung

#### Referenz- Wohngebäude

Als Grundlage der getroffenen Annahmen der Personenbelegung dient das Statistische Jahrbuch für die Republik Österreich (Ausgabe 1999 und 2000) [Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich]. Die darin im Kapitel „Wohnungswesen“ und „Bevölkerung“ enthaltenen Daten stützen sich zu einem großen Teil auf die Volkszählung, Häuser- und Wohnungszählung vom 15.5.1991. Die durchschnittliche Wohnnutzfläche pro Person lag in Österreich 1991 bei 33 m². Das Referenz-Wohngebäude weist eine Nutzfläche von 929,7 m² auf; daraus wird eine durchschnittliche Belegung von ca. 29 Personen abgeleitet. Als Überprüfung der angenommenen Belegung kann die durchschnittliche Anzahl der Personen pro Wohnung in Österreich im Jahr 1991 herangezogen werden - 2,5 Personen pro Wohnung. Für die durchschnittliche Anzahl der Personen pro Wohnung im Referenz-Wohngebäude ergibt sich daraus eine Anzahl von 2,42 Personen pro Wohnung (Tabelle 11).

Tabelle 11 Annahmen der Personenbelegung im Referenz- Wohngebäude

Personenbelegung					
	Kurzbezeichnung	Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich (1999:2000)		Annahmen Referenz-Wohngebäude	
		[ Anzahl ]	[ % ]	[ Anzahl ]	[ % ]
		<b>Berufstätige</b>		<b>3684828</b>	<b>47,26</b>
davon:					
Vollbeschäftigte	V	3187123	40,88	12	41,4
Teilbeschäftigte	T	281927	3,62	1	3,4
Arbeitslose	A	215778	2,77	1	3,4
<b>Berufslose Einkommensempfänger</b>	BE	<b>1690083</b>	<b>21,68</b>	<b>6</b>	<b>20,7</b>
<b>Erhaltene Personen</b>		<b>2421421</b>	<b>31,06</b>	<b>9</b>	<b>31,0</b>
davon:					
Kinder, Schüler und Studenten	K,S,S	1684770	21,61	6	20,7
Haushaltsführende	H	718893	9,22	3	10,3
Sonstige erhaltene Personen		17758	0,23	0	0,0
		<b>7796332</b>	<b>100,0</b>	<b>29</b>	<b>100,0</b>

Die ermittelte Anzahl der einzelnen Personengruppen muß nun auf die 12 Wohnungen des Wohngebäudes aufgeteilt werden. Für jede der 29 Personen der Belegung wird eine Tagesprofil der Anwesenheit, nach Wochentag (Tabelle 12) und Samstag/Sonntag (Tabelle 13) aufgeteilt, angenommen. Die Überlagerung der 29 Belegungsprofile ergibt ein Belegungsprofil für das gesamte Gebäude an einem Wochentag (Abbildung 7) bzw. an einem Tag des Wochenendes (Abbildung 8).

Tabelle 12 Angenommene Anwesenheit der Bewohner des Referenzwohnhauses an einem Wochentag

Anwesenheit im Referenzwohnhaus - Wochentag																											
	Bewohner		Anwesenheit zur Stunde																								
	Anzahl	Kurzbez.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Wohnung 1	3	V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
		H	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
	Summe	3	3	3	3	3	3	2	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
Wohnung 2	2	BE	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
		BE	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Wohnung 3	3	V	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	
		H	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
	Summe	3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	3	3	
Wohnung 4	1	V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Wohnung 5	2	V	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
		A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2
Wohnung 6	2	BE	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
		BE	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Summe	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2
Wohnung 7	3	V	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
		V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
		V	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	Summe	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3
Wohnung 8	1	BE	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
Wohnung 9	2	V	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Summe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Wohnung 10	2	V	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	Summe	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2	2	2
Wohnung 11	5	V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
		BE	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
	Summe	5	5	5	5	5	4	4	3	1	2	2	2	2	2	1	2	1	3	4	4	5	4	4	5	5	5
Wohnung 12	3	V	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
		H	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	Summe	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Summe	29		28	28	28	28	25	18	14	5	6	5	10	14	10	11	10	12	14	20	25	25	25	28	28		

\* Die Bedeutungen der Kurzbezeichnungen sind aus Tabelle 11 zu entnehmen

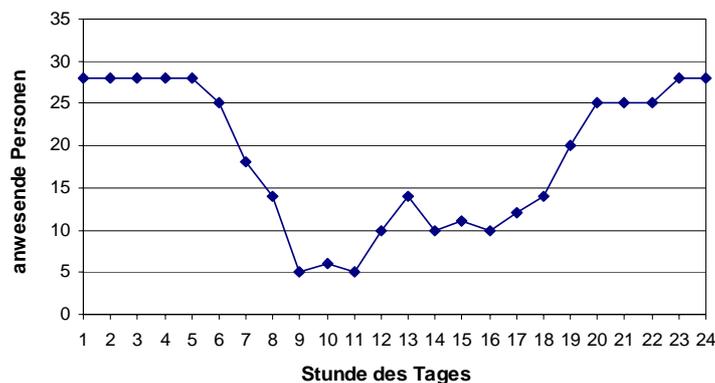


Abbildung 7 Angenommene Anwesenheit der Bewohner des Referenzwohnhauses an einem Wochentag

Tabelle 13 Angenommene Anwesenheit der Bewohner des Referenzwohnhauses am Samstag und Sonntag

Anwesenheit im Referenzwohnhaus - Samstag / Sonntag																												
	Bewohner		Anwesenheit zur Stunde																									
	Anzahl	Kurzbez.*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Wohnung 1	3	V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
		Summe	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	3	3	3	2	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Wohnung 2	2	BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
		BE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Wohnung 3	3	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	
		H	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
	Summe	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	1	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	3	
Wohnung 4	1	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1		
Wohnung 5	2	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	
		A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	1	2	2	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	
Wohnung 6	2	BE	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	
		BE	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	2	1	0	0	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	
Wohnung 7	3	V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
		V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
		V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
	Summe	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	3	3	
Wohnung 8	1	BE	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
Wohnung 9	2	V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Summe	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Wohnung 10	2	V	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
		K,S,S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Summe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	Wohnung 11	5	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
BE			1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
K,S,S			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Summe		5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	3	3	3	3	2	3	3	4	3	4	5	5	5	5	5	5	
Wohnung 12	3	V	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
		H	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		K,S,S	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Summe	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
Summe	29	28	28	29	29	28	26	21	19	16	13	9	17	19	16	14	13	14	14	15	20	22	23	28	28			

\* Die Bedeutungen der Kurzbezeichnungen sind aus Tabelle 11 zu entnehmen

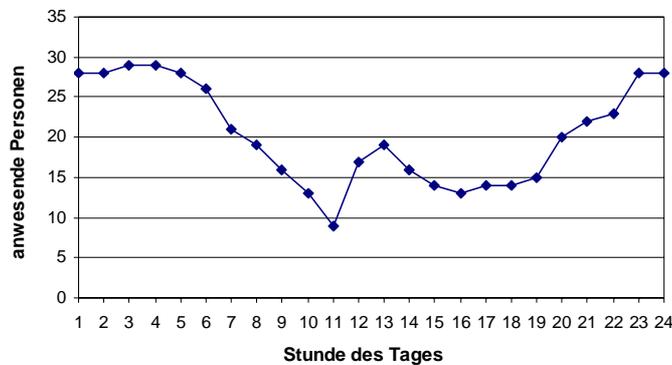


Abbildung 8 Angenommene Anwesenheit der Bewohner des Referenzwohnhauses am Samstag und Sonntag

Referenz- Bürogebäude

Die Bruttogeschossfläche des dreigeschossigen Referenz-Bürogebäudes wurde in unterschiedliche Nutzungen unterteilt (Tabelle 47). Den verbleibenden Flächen für „Büroräume“ und dem „Raum mit Parteienverkehr“ ist in der Referenzvariante je 15 m<sup>2</sup> Bruttogeschossfläche eine anwesende Person zugeordnet. Das ergibt eine Vollbelegung von 32 Personen im gesamten Gebäude. Am Samstag ist nur das 1. Geschoss (Zone 3) mit einer Belegung in Rechnung gestellt. Sonntags wird keine Belegung angenommen. Die Belegungsprofile des Referenz-Bürogebäudes zeigt Tabelle 14 bzw. Abbildung 9.

Tabelle 14 Angenommene Anwesenheit im Referenz- Bürogebäude

Anwesenheit im Referenz- Bürobau																								
	Montag bis Freitag																							
	Anwesenheit zur Stunde																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone 1	0	0	0	0	0	0	3	8	10	10	10	10	10	10	10	10	8	3	0	0	0	0	0	0
Zone 2	0	0	0	0	0	0	3	8	10	10	10	10	10	10	10	10	8	3	0	0	0	0	0	0
Zone 3	0	0	0	0	0	0	2	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	8	22	32	32	32	32	32	32	32	32	28	18	6	0	0	0	0	0

Samstag																								
	Anwesenheit zur Stunde																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone 3	0	0	0	0	0	0	2	6	12	12	12	12	12	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	2	6	12	12	12	12	12	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

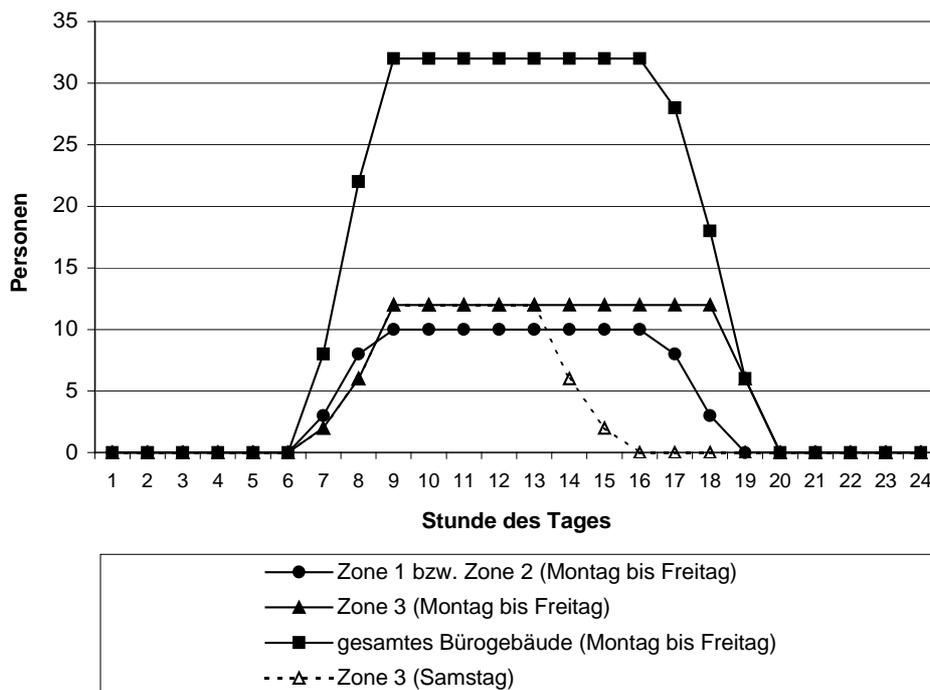


Abbildung 9 Angenommene Belegungsprofile in den einzelnen Zonen im Referenz- Bürogebäude

### 1.9 Personenabwärme

Die Wärmeabgabe durch Personen ist im Simulationsmodell an die Anwesenheit der Personen geknüpft. Sobald eine Person in der Belegung geführt wird, werden laut [ISO - NORM 7730] folgende Innenwärmen in Rechnung gestellt:

#### 100 W/Person

Degree of activity – seated at rest                      sensible heat      60 W/Person  
 latent heat    40 W/Person

Im Falle des Referenz-Wohngebäudes führt das zu folgendem Verlauf der Personenabwärme an einem Wochentag (Tabelle 15) und am Wochenende (Tabelle 16).

Tabelle 15            Wärmeabgabe durch Personen im Referenz- Wohngebäude an einem Wochentag

Personenabwärme im Referenz- Wohngebäude (Wochentag) in [kW]																								
	Stunde des Tages																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Wohnung 1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Wohnung 2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wohnung 3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
Wohnung 4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wohnung 5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Wohnung 6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Wohnung 7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Wohnung 8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wohnung 9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wohnung 10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Wohnung 11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Wohnung 12	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Summe	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,5	1,8	1,4	0,5	0,6	0,5	1,0	1,4	1,0	1,1	1,0	1,2	1,4	2,0	2,5	2,5	2,5	2,8	2,8

Tabelle 16            Wärmeabgabe durch Personen im Referenz- Wohngebäude an einem Samstag oder Sonntag

Personenabwärme im Referenz- Wohngebäude (Samstag / Sonntag) in [kW]																								
	Stunde des Tages																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Wohnung 1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Wohnung 2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wohnung 3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3
Wohnung 4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wohnung 5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
Wohnung 6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Wohnung 7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3
Wohnung 8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Wohnung 9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wohnung 10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Wohnung 11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Wohnung 12	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
Summe	2,8	2,8	2,9	2,9	2,8	2,6	2,1	1,9	1,6	1,3	0,9	1,7	1,9	1,6	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	2,0	2,2	2,3	2,8	2,8

### 1.10 Lüftungsannahmen im Referenz- Wohngebäude

#### Hygienische Lüftung

Der hygienisch erforderliche Luftwechsel wird mit 30 m³ pro Person und Stunde angesetzt [ÖNORM B – 8110-1]. Die daraus resultierenden Luftwechselvolumina und Luftwechselraten sind in Tabelle 17 und Tabelle 18 dargestellt. In der Referenzvariante wird eine Regelung der Lüftung per Hand über Fensterlüftung angenommen. Geht man davon aus, dass der hygienisch erforderliche Luftwechsel zu jeder Zeit eingehalten werden muss, so wird, aufgrund der schlechten Regelbarkeit der Fensterlüftung, der tatsächliche Luftwechsel höher sein als der rein hygienisch erforderliche. Der Faktor dieser Erhöhung wird durch das Lüftungsverhalten der Bewohner bestimmt. Für die Referenzvariante wird dieser Faktor mit **2,0** angesetzt.

Tabelle 17 hygienischer Luftwechsel im Referenz- Wohngebäude bei 30m³/h Person an einem Wochentag

		Stunde des Tages																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>Wohnung 1</b>		Volumen [m³/h]	90	90	90	90	90	90	60	30	0	0	0	30	30	30	30	30	60	60	60	90	90	90	90	90
	Wechselrate netto	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,26	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	
	Wechselrate brutto	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,19	0,19	0,19	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
<b>Wohnung 2</b>		Volumen [m³/h]	60	60	60	60	60	60	30	0	0	0	60	60	60	60	30	30	30	60	60	60	60	60	60	
	Wechselrate netto	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,13	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26	0,26	0,26	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
	Wechselrate brutto	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
<b>Wohnung 3</b>		Volumen [m³/h]	90	90	90	90	90	90	30	30	0	0	0	30	30	30	30	30	30	60	90	90	60	90	90	
	Wechselrate netto	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,26	0,38	0,38	0,26	0,38	0,38		
	Wechselrate brutto	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,19	0,29	0,29	0,19	0,29	0,29		
<b>Wohnung 4</b>		Volumen [m³/h]	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30
	Wechselrate netto	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,23	0,23	
	Wechselrate brutto	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,17	
<b>Wohnung 5</b>		Volumen [m³/h]	60	60	60	60	60	60	60	60	30	0	0	30	30	30	30	30	0	30	30	30	30	60	60	60
	Wechselrate netto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,23	0,00	0,00	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,00	0,23	0,23	0,23	0,23	0,46	0,46	0,46
	Wechselrate brutto	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,00	0,18	0,18	0,18	0,18	0,36	0,36	0,36
<b>Wohnung 6</b>		Volumen [m³/h]	60	60	60	60	60	60	30	30	0	0	30	60	60	30	30	30	30	30	60	60	30	30	60	60
	Wechselrate netto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,23	0,23	0,00	0,00	0,23	0,46	0,46	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,46	0,46	0,23	0,23	0,46	0,46	
	Wechselrate brutto	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,34	0,34	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,34	0,34	0,17	0,17	0,34	0,34	
<b>Wohnung 7</b>		Volumen [m³/h]	90	90	90	90	90	60	30	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30	60	90	90	90	90	
	Wechselrate netto	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,33	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,16	0,33	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49		
	Wechselrate brutto	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,25	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12	0,25	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37		
<b>Wohnung 8</b>		Volumen [m³/h]	30	30	30	30	30	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	0	0	30	30	30	30	30	30	30
	Wechselrate netto	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	Wechselrate brutto	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	
<b>Wohnung 9</b>		Volumen [m³/h]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	60	60	30	30	30	30	30	30	30	30
	Wechselrate netto	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,33	0,33	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
	Wechselrate brutto	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,25	0,25	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
<b>Wohnung 10</b>		Volumen [m³/h]	60	60	60	60	60	60	30	0	0	0	0	30	30	30	30	30	0	0	30	60	60	60	60	
	Wechselrate netto	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,00	0,00	0,12	0,23	0,23	0,23	0,23	
	Wechselrate brutto	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00	0,00	0,09	0,17	0,17	0,17	0,17	
<b>Wohnung 11</b>		Volumen [m³/h]	150	150	150	150	150	120	120	90	30	60	60	60	60	30	60	30	90	120	120	150	120	120	150	150
	Wechselrate netto	0,58	0,60	0,60	0,60	0,60	0,48	0,48	0,36	0,12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,12	0,24	0,12	0,36	0,48	0,48	0,60	0,48	0,48	0,60	0,60	
	Wechselrate brutto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,37	0,37	0,27	0,09	0,18	0,18	0,18	0,18	0,09	0,18	0,09	0,27	0,37	0,37	0,46	0,37	0,37	0,46	0,46	
<b>Wohnung 12</b>		Volumen [m³/h]	90	90	90	90	90	90	30	30	30	30	0	0	30	0	0	30	30	30	90	90	90	90	90	
	Wechselrate netto	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,12	0,12	0,12	0,12	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,12	0,12	0,12	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	
	Wechselrate brutto	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
<b>gesamtes Gebäude</b>		Volumen [m³/h]	840	840	840	840	840	750	540	420	150	180	150	300	420	300	330	300	360	420	600	750	750	750	840	840
	Wechselrate netto	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,31	0,22	0,17	0,06	0,07	0,06	0,12	0,17	0,12	0,14	0,12	0,15	0,17	0,25	0,31	0,31	0,31	0,35	0,35	
	Wechselrate brutto	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,17	0,13	0,05	0,06	0,05	0,09	0,13	0,09	0,10	0,09	0,11	0,13	0,19	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26	

Tabelle 18 hygienischer Luftwechsel im Referenz- Wohngebäude bei 30m³/h Person am Samstag / Sonntag

hygienischer Luftwechsel im Referenz- Wohngebäude bei 30 m³/h Person (Samstag / Sonntag)																									
		Stunde des Tages																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Wohnung 1</b>																									
Volumen	[m³/h]	90	90	90	90	90	90	90	60	30	30	90	90	90	60	30	60	60	60	90	90	90	90	90	
Wechselrate	netto	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,26	0,13	0,13	0,38	0,38	0,38	0,26	0,13	0,26	0,26	0,26	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	
Wechselrate	brutto	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,19	0,09	0,09	0,28	0,28	0,28	0,19	0,09	0,19	0,19	0,19	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
<b>Wohnung 2</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	30	0	60	60	60	60	30	30	30	60	60	60	60	60	
Wechselrate	netto	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,13	0,00	0,26	0,26	0,26	0,26	0,13	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	
Wechselrate	brutto	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
<b>Wohnung 3</b>																									
Volumen	[m³/h]	90	90	90	90	90	90	90	60	90	30	30	60	60	90	60	60	60	30	30	30	30	90	90	
Wechselrate	netto	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,26	0,38	0,13	0,13	0,26	0,26	0,38	0,26	0,26	0,26	0,13	0,13	0,13	0,13	0,38	0,38	
Wechselrate	brutto	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,19	0,29	0,10	0,10	0,19	0,19	0,29	0,19	0,19	0,19	0,10	0,10	0,10	0,10	0,29	0,29	
<b>Wohnung 4</b>																									
Volumen	[m³/h]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	30	30	30	
Wechselrate	netto	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Wechselrate	brutto	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
<b>Wohnung 5</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	60	60	60	60	60	60	60	30	0	0	30	30	60	60	0	0	0	0	30	60	60	
Wechselrate	netto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,23	0,00	0,00	0,23	0,23	0,46	0,46	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,46	0,46	
Wechselrate	brutto	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,18	0,00	0,00	0,18	0,18	0,36	0,36	0,00	0,00	0,00	0,18	0,18	0,36	0,36	
<b>Wohnung 6</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	60	60	60	60	30	30	0	0	30	60	60	30	30	30	60	60	60	60	30	30	60	60
Wechselrate	netto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,23	0,23	0,00	0,00	0,23	0,46	0,46	0,23	0,23	0,23	0,46	0,46	0,46	0,46	0,23	0,23	0,46	0,46
Wechselrate	brutto	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,34	0,34	0,17	0,17	0,17	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,17	0,34	0,34
<b>Wohnung 7</b>																									
Volumen	[m³/h]	90	90	90	90	90	60	30	30	0	0	30	60	60	0	0	0	0	0	0	0	30	90	90	90
Wechselrate	netto	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,33	0,16	0,16	0,00	0,00	0,16	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,49	0,49	0,49	0,49
Wechselrate	brutto	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,25	0,12	0,12	0,00	0,00	0,12	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,37	0,37	0,37	0,37
<b>Wohnung 8</b>																									
Volumen	[m³/h]	30	30	30	30	30	30	0	0	0	30	30	30	30	30	30	0	0	30	30	30	30	30	30	30
Wechselrate	netto	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	0,00	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Wechselrate	brutto	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
<b>Wohnung 9</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	60	60	60	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	
Wechselrate	netto	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	
Wechselrate	brutto	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
<b>Wohnung 10</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	60	60	60	60	60	60	30	30	30	60	60	60	30	30	30	30	30	30	60	60	60	60
Wechselrate	netto	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,12	0,12	0,12	0,23	0,23	0,23	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,23	0,23	0,23	0,23
Wechselrate	brutto	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,09	0,09	0,09	0,17	0,17	0,17	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,17	0,17	0,17	0,17
<b>Wohnung 11</b>																									
Volumen	[m³/h]	150	150	150	150	120	120	150	150	150	150	90	90	90	60	90	90	120	90	120	150	150	150	150	
Wechselrate	netto	0,58	0,60	0,60	0,60	0,48	0,48	0,60	0,60	0,60	0,60	0,36	0,36	0,36	0,24	0,36	0,36	0,48	0,36	0,48	0,60	0,60	0,60	0,60	
Wechselrate	brutto	0,46	0,46	0,46	0,46	0,37	0,37	0,46	0,46	0,46	0,46	0,27	0,27	0,27	0,18	0,27	0,27	0,37	0,27	0,37	0,46	0,46	0,46	0,46	
<b>Wohnung 12</b>																									
Volumen	[m³/h]	60	60	90	90	90	90	30	30	30	30	0	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60
Wechselrate	netto	0,23	0,23	0,35	0,35	0,35	0,35	0,12	0,12	0,12	0,12	0,00	0,00	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	
Wechselrate	brutto	0,17	0,17	0,26	0,26	0,26	0,26	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00	0,00	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	
<b>gesamtes Gebäude</b>																									
Volumen	[m³/h]	840	840	840	840	840	750	540	420	150	180	150	300	420	300	330	300	360	420	600	750	750	750	840	840
Wechselrate	netto	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,31	0,22	0,17	0,06	0,07	0,06	0,12	0,17	0,12	0,14	0,12	0,15	0,17	0,25	0,31	0,31	0,31	0,35	0,35
Wechselrate	brutto	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,17	0,13	0,05	0,06	0,05	0,09	0,13	0,09	0,10	0,09	0,11	0,13	0,19	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26

Fugenlüftung

Der durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle auftretende Luftwechsel wird mit 0,1 h<sup>-1</sup> (Montag – Sonntag, 0 - 24 Uhr) angesetzt.

### 1.11 Lüftungsannahmen im Referenz- Bürogebäude

Für die Belüftung des Referenz-Bürogebäudes wird eine Raumluftechnische Anlage angenommen deren Tagesgang an Luftdurchsatz vorgegeben werden kann. Der angesetzte Tagesgang des Luftwechsels setzt sich aus drei Luftwechselraten zusammen. Der personenbezogene hygienische Luftwechsel (hLR) wird laut [ÖNORM H 6000-3] mit 30m<sup>3</sup>/ h Person angesetzt (unter der Annahme eines Rauchverbotes). Da der hygienische Luftwechsel von der Anzahl der im Gebäude vorhandenen Personen abhängt und anzunehmen ist, dass das Profil der Personenbelegung Schwankungen unterworfen ist, wird eine zusätzliche hygienische Lüftung eingeführt (zLR). Die Luftwechselrate der Zusatzlüftung errechnet sich wie folgt:

$$zLR = ((hLR \times 1,5) + 0,1) - hLR$$

Daraus folgt eine Frischluftmenge die bei Schwankungen der Personenanzahl nach oben in der Lage ist die benötigte Zusatzmenge an Frischluft bereitzustellen. Als dritte Lüftungsrate wird eine personenunabhängige Grundlüftung (0,15 h<sup>-1</sup>) angenommen (0–24 Uhr). Die Summe dieser drei Luftwechselraten ergibt die im Referenz- Bürogebäude angesetzte Luftwechselrate (Tabelle 19 bzw. Abbildung 10 und Tabelle 20 bzw. Abbildung 11).

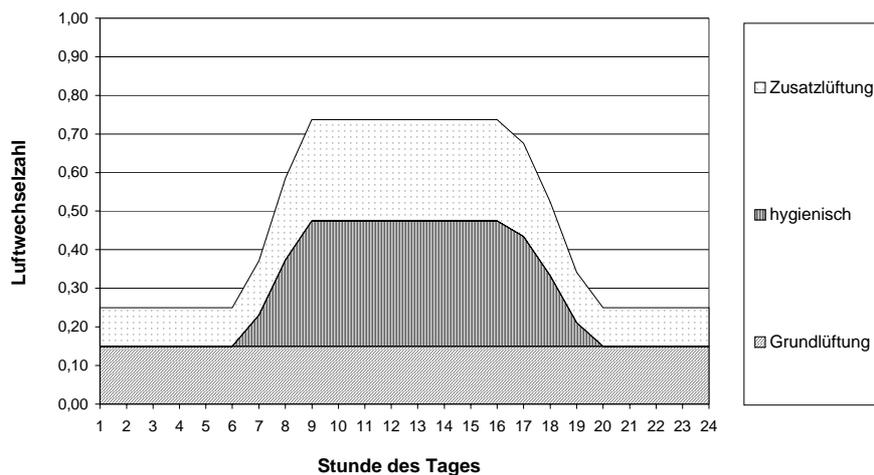


Abbildung 10 Angenommene Luftwechselzahlen im Referenz- Bürogebäude an einem Wochentag

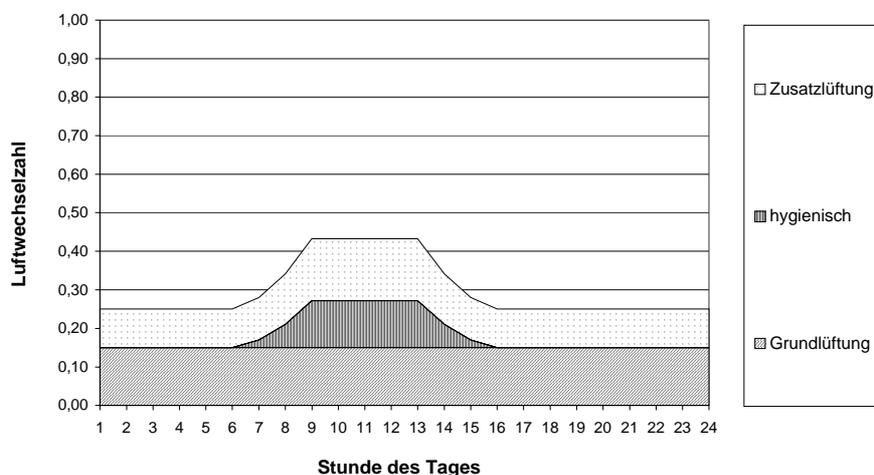


Abbildung 11 Angenommene Luftwechselzahlen im Referenz- Bürogebäude an einem Samstag

Tabelle 19 Angenommener Luftwechsel im Referenzbürogebäude (Montag-Freitag)

Luftwechsel im Referenz- Bürogebäude bei 30 m³/h Person (Montag-Freitag)																											
	Stunde des Tages																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
<b>Zone 1</b>																											
hygienisch:																											
Volumen [m³/h]	0	0	0	0	0	0	90	240	300	300	300	300	300	300	300	300	240	90	0	0	0	0	0	0	0		
Wechselraten (netto)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,24	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,24	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Zusatzlüftung:																											
Volumen [m³/h]	99	99	99	99	99	99	144	219	249	249	249	249	249	249	249	249	219	144	99	99	99	99	99	99			
Wechselraten (netto)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,22	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
Grundlüftung:																											
Volumen [m³/h]	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148			
Wechselraten (netto)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
Summe:																											
Volumen [m³/h]	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>381</b>	<b>606</b>	<b>696</b>	<b>606</b>	<b>381</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>										
Wechselraten (netto)	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	<b>0,62</b>	<b>0,71</b>	<b>0,62</b>	<b>0,39</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>										
<b>Zone 2</b>																											
hygienisch:																											
Volumen [m³/h]	0	0	0	0	0	0	90	240	300	300	300	300	300	300	300	300	240	90	0	0	0	0	0	0			
Wechselraten (netto)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,24	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,24	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Zusatzlüftung:																											
Volumen [m³/h]	99	99	99	99	99	99	144	219	249	249	249	249	249	249	249	249	219	144	99	99	99	99	99	99			
Wechselraten (netto)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,22	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,22	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
Grundlüftung:																											
Volumen [m³/h]	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148			
Wechselraten (netto)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
Summe:																											
Volumen [m³/h]	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>381</b>	<b>606</b>	<b>696</b>	<b>606</b>	<b>381</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>										
Wechselraten (netto)	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,39</b>	<b>0,62</b>	<b>0,71</b>	<b>0,62</b>	<b>0,39</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>										
<b>Zone 3</b>																											
hygienisch:																											
Volumen [m³/h]	0	0	0	0	0	0	60	180	360	360	360	360	360	360	360	360	360	180	0	0	0	0	0	0			
Wechselraten (netto)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Zusatzlüftung:																											
Volumen [m³/h]	99	99	99	99	99	99	129	189	279	279	279	279	279	279	279	279	279	189	99	99	99	99	99	99			
Wechselraten (netto)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,19	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,19	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
Grundlüftung:																											
Volumen [m³/h]	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148			
Wechselraten (netto)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
Summe:																											
Volumen [m³/h]	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>336</b>	<b>516</b>	<b>786</b>	<b>516</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>246</b>											
Wechselraten (netto)	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,34</b>	<b>0,52</b>	<b>0,80</b>	<b>0,52</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>											
<b>gesamtes Gebäude</b>																											
hygienisch:																											
Volumen [m³/h]	0	0	0	0	0	0	240	660	960	960	960	960	960	960	960	960	840	540	180	0	0	0	0	0			
Wechselraten (netto)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,28	0,18	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Zusatzlüftung:																											
Volumen [m³/h]	296	296	296	296	296	296	416	626	776	776	776	776	776	776	776	776	716	566	386	296	296	296	296	296			
Wechselraten (netto)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14	0,21	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,19	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10			
Grundlüftung:																											
Volumen [m³/h]	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443	443			
Wechselraten (netto)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15			
Summe:																											
Volumen [m³/h]	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>1099</b>	<b>1729</b>	<b>2179</b>	<b>1999</b>	<b>1549</b>	<b>1009</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>	<b>739</b>										
Wechselraten (netto)	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,37</b>	<b>0,58</b>	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>	<b>0,52</b>	<b>0,34</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>										



### 1.12 Geräteabwärme

#### Referenz- Wohngebäude

Die Wärmeabgabe durch Beleuchtung und Haushaltsgeräte ist in Anlehnung an die in [Feist, Das Niedrigenergiehaus] veröffentlichten Werte angenommen. Die darin enthaltene Aufstellung über innere Wärmequellen wurde für das Referenz-Wohngebäude modifiziert. Feist bezieht sich auf einen Durchschnittshaushalt mit 2,42 Personen und 87,1 m² Wohnfläche. Die für das Referenz-Wohngebäude relevanten inneren Wärmen wurden übernommen und auf die 87,1 m² Wohnfläche bezogen (Tabelle 21). Die derart erhaltene Leistung von 1,3 W/m² wird im Referenz-Wohngebäude auf die jeweilige Nutzfläche einer Wohnung bezogen.

Tabelle 21 Innenwärmen nach [Feist, Das Niedrigenergiehaus]

<b>Annahmen der Innenwärmen für einen Durchschnittshaushalt (Wohnfläche 87,1m²)</b>		
	Verfügbarkeit im Raum [%]	Leistung [W]
Kühlschrank	100%	44
Gefriergeräte	100%	37
Spülmaschinen	25%	3
Waschmaschine	10%	2
Wäschetrockner	10%	1
Elektroherd	30%	12
Beleuchtung	100%	41
Fernseher	100%	28
Kleingeräte	100%	32
WW-Zapfung	5%	9
Kaltwasser	100%	-64
Verdunstung	100%	-47

98

pro m² Wohnfläche:

**1,13 W**

#### Referenz- Bürogebäude

Bei der Berücksichtigung der Innenwärmen im Referenz-Bürogebäude wird zwischen der Wärmeabgabe durch Bürogeräte und der Wärmeabgabe durch künstliche Beleuchtung unterschieden.

#### Bürogeräte

Die Berücksichtigung der Wärmeabgabe durch Bürogeräte ist an die Anwesenheit der Personen gekoppelt. Es wird davon ausgegangen das 70 Prozent der Arbeitsplätze mit einem PC inclusive Monitor (Wärmeabgabe 230 W) ausgestattet sind.

## Kunstlicht

Die Nutzfläche der Bürogeschosse wird in jeweils einen Kunstlicht- und einen Tageslichtbereich unterteilt (Abbildung 12). Die Beleuchtung im Kunstlichtbereich eines Bürogeschosses ist an die jeweiligen Betriebszeiten gekoppelt. Zur Betriebszeit eines Geschosses (d.h. Anwesenheit von zumindest einer Person) wird die Beleuchtung des Kunstlichtbereiches dieses Geschosses als eingeschaltet angenommen. Da von der Verwendung von Energiesparlampen ausgegangen wird werden **2 W/m<sup>2</sup>** als Wärmeabgabe angesetzt. Der Tageslichtbereich ist in der Referenzvariante A auch an die Betriebszeiten gekoppelt. Es werden **4 W/m<sup>2</sup>** als Wärmeabgabe angenommen.

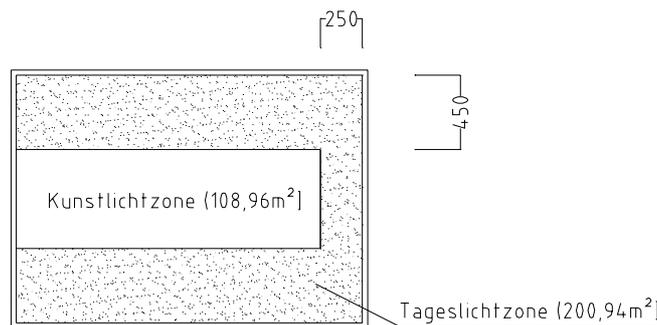


Abbildung 12 Unterteilung der Bürogeschosse in eine Tageslicht - und eine Kunstlichtzone

## 1.13 Fenster

### Referenz- Wohngebäude

In der Referenzvariante wird der Glasflächenanteil der Südfassade mit 33,25 % und der Glasflächenanteil der Nordfassade mit 12,66 % angesetzt (Bezugsfläche 391,07 m<sup>2</sup>); siehe Tabelle 42. Die angenommene Qualität der Verglasung und des Rahmens wird wie folgt angenommen:

Fensterverglasung für Wohnungen:  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$   $g = 0,598$   
 Fensterrahmen für Wohnungen:  $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die in eine Wohnung einfallende Direktstrahlung wird auf die Innenoberflächen einer Zone wie folgt aufgeteilt:

Fussboden	75,0%
Aussenwand Nord	10,0%
2 Seitenwände je	7,5%

-daraus ergibt sich für das 1 Zonen Modell folgende Aufteilung der Direktstrahlung:

Geschossdecken	50,0%
Kellerdecke	25,0%
Aussenwand Nord	10,0%
Trennwände	11,2%
Aussenwand West	1,9%
Aussenwand Ost	1,9%

-daraus ergibt sich für das 3 Zonen Modell je Zone folgende Aufteilung der Direktstrahlung:

Geschossdecke bzw. Kellerdecke	75,0%
Aussenwand Nord	10,0%
Trennwände	11,2%
Aussenwand West	1,9%
Aussenwand Ost	1,9%

### Referenz- Bürogebäude

In der Referenzvariante wird der Glasflächenanteil der Südfassade bzw. Nordfassade mit 37,39 % angesetzt (Bezugsfläche 261,56 m<sup>2</sup>); siehe Tabelle 43. Die angenommene Qualität der Verglasung und des Rahmens wird wie folgt angenommen:

Fensterverglasung:	$U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	$g = 0,598$
Fensterrahmen:	$U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Die in die Bürozone einfallende Direktstrahlung wird wie folgt aufgeteilt:

25%	Kellerdecke
50%	Geschossdecken
25%	Innenwände

## **2 Einfluss der Zonierung auf die Modellbildung (Referenzvariante A)**

Bei jeder thermischen Gebäudesimulation ist das zu untersuchende Gebäude in thermische Zonen zu unterteilen. Je höher die Anzahl der thermischen Zonen gewählt wird, umso detaillierter kann die Ausgabe der Ergebnisse erfolgen. Mit der Anzahl der Zonen steigt der Eingabeaufwand und somit auch die Fehleranfälligkeit des Simulationssystems. Da sich die vorliegende Studie auf das Heizsystem gesamter Gebäude bezieht und nicht auf einzelne Gebäudeteile, ist die Verwendung eines Einzonenmodelles zu bevorzugen. Ob ein Einzonenmodell eine ausreichende Genauigkeit liefert soll im vorliegenden Kapitel geprüft werden. Aus diesem Grund wurden die definierten Referenzgebäude in unterschiedlichen Genauigkeiten der Zonierung modelliert und ihre Ergebnisse einem Vergleich unterzogen. Dabei kamen für das Referenz-Wohngebäude ein 12 Zonen Modell (jede Wohnung als eigene thermische Zone), ein 3 Zonen Modell (je Geschoss eine thermische Zone) und ein 1 Zonen Modell (das gesamte Gebäude als eine thermische Zone) zur Anwendung (Abbildung 13). Das Referenz- Bürogebäude wurde in einem 1 bzw. 3 Zonenmodell modelliert (Abbildung 14).

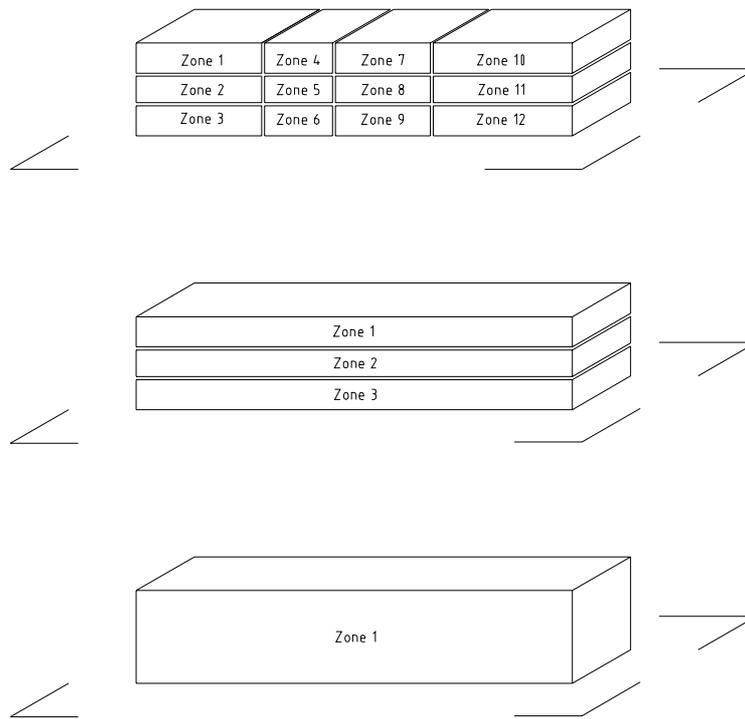


Abbildung 13 Prinzipdarstellung des 12, 3 und 1 Zonenmodells im Referenz-Wohngebäude

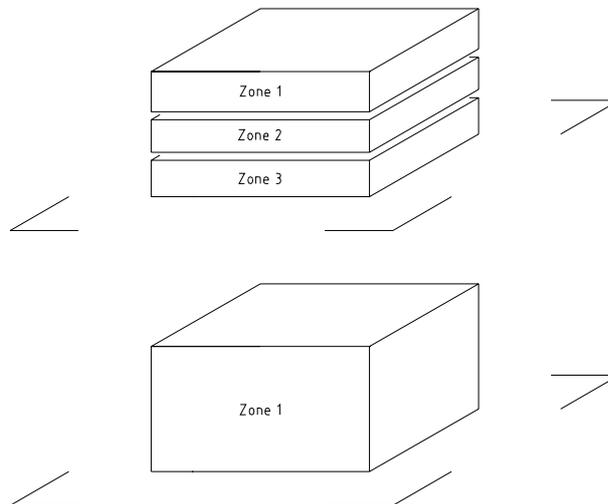


Abbildung 14 Prinzipdarstellung des 1 und 3 Zonenmodelles im Referenz-Bürobau

Die unterschiedlichen Zonierungsmodelle der Referenzgebäude werden in den in Tabelle 22 aufgelisteten Werten auf Übereinstimmung überprüft.

Tabelle 22 Vergleichswerte der unterschiedlichen Zonierungsmodelle

		1 Zonen Modell	3 bzw. 12 Zonen Modell
		TRNSYS - spezifische Bezeichnung	TRNSYS - spezifische Bezeichnung
Energie [ kW ]	Lüftungswärmeverluste durch Überhitzung	QINF (NTYPE 4)	SQINF (NTYPE 35)
	Lüftungswärmeverluste durch Hygienische Lüftung	QVENT (NTYPE 5)	SQVENT (NTYPE 36)
	Innere Konvektive Lasten	QGCONV (NTYPE 7)	SQGCONV (NTYPE 38)
	Innere Radiative Lasten	QGRAD (NTYPE 13)	SGGRAD (NTYPE 43)
	Solare Direktstrahlung durch Fenster	QSOLTR (NTYPE 12)	SQSOLT (NTYPE 42)
	Wärmebedarf	QHEAT (NTYPE 30)	SQHEAT (NTYPE 32)
	Statische Transmissionswärmeverluste	QUA (NTYPE 27)	SQUA (NTYPE 46)
	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft	QCSURF (NTYPE 3)	SQCSURF (NTYPE34)
Temperatur	Lufttemperatur [ °C ]	TAIR (NTYPE 1)	TAIR (NTYPE 1) pro Zone

Die für das 3 Zonenmodell des Wohngebäudes verwendeten Baukörperabmessungen sind in Tabelle 23 und die Belegung ist in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 23 Flächen und Kubaturen des Referenz-Wohngebäudes im 3 Zonen Modell

	Nettowerte						Bruttowerte						
	Abmessungen			Wohn-nutzfläche incl. Trennwände exl. Innenwände	Fassaden-fläche Nord bzw. Süd	Volumen	Abmessungen			Grund-fläche	Fassaden-fläche Nord bzw. Süd	Seiten-fläche	Volumen
	L	B	H	L x B	L x H	L x B x H	L	B	H	L x B	L x H	B x H	L x B x H
	[m]	[m]	[m]	[m²]	[m²]	[m³]	[m]	[m]	[m]	[m²]	[m²]	[m²]	[m³]
Zone 1	41,32	7,50	2,60	309,90	107,43	805,74	42,88	8,16	3,12	349,90	133,57	25,42	1089,94
Zone 2	41,32	7,50	2,60	309,90	107,43	805,74	42,88	8,16	2,91	349,90	124,78	23,75	1018,21
Zone 3	41,32	7,50	2,60	309,90	107,43	805,74	42,88	8,16	3,10	349,90	132,71	25,26	1082,94
				<b>929,70</b>	<b>322,296</b>	<b>2417,22</b>				<b>1049,70</b>	<b>391,07</b>		<b>3191,10</b>

Tabelle 24 Anwesenheit im Referenzwohnhaus im 3 Zonen Modell

Anwesenheit im Referenzwohnhaus - 3 Zonenmodell																									
	Anzahl der Bewohner	Wochentag																							
		Anwesenheit zur Stunde																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone 1	9	9	9	9	9	8	6	4	0	0	0	1	3	2	2	3	3	4	7	9	9	9	9		
Zone 2	10	10	10	10	10	8	8	6	3	4	3	5	6	5	6	3	4	7	8	9	8	9	10	10	
Zone 3	10	9	9	9	9	9	4	4	2	2	2	4	5	3	3	5	5	4	8	9	8	7	9	9	
	29	28	28	28	28	25	18	14	5	6	5	10	14	10	11	10	12	14	20	25	25	25	28	28	
	Anzahl der Bewohner	Samstag / Sonntag																							
		Anwesenheit zur Stunde																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Zone 1	9	9	9	9	9	8	7	6	3	3	3	7	7	5	3	2	3	3	3	6	9	9	9	9	
Zone 2	10	10	10	10	9	9	9	9	8	4	6	7	6	8	6	5	5	7	9	9	10	10	10	10	
Zone 3	10	9	9	10	10	9	5	4	4	2	2	4	5	5	3	5	6	6	5	5	4	4	9	9	
	29	28	28	29	29	28	26	21	19	16	13	9	17	19	16	14	13	14	14	15	20	22	23	28	28

### 2.1 Darstellung der Simulationsschemata

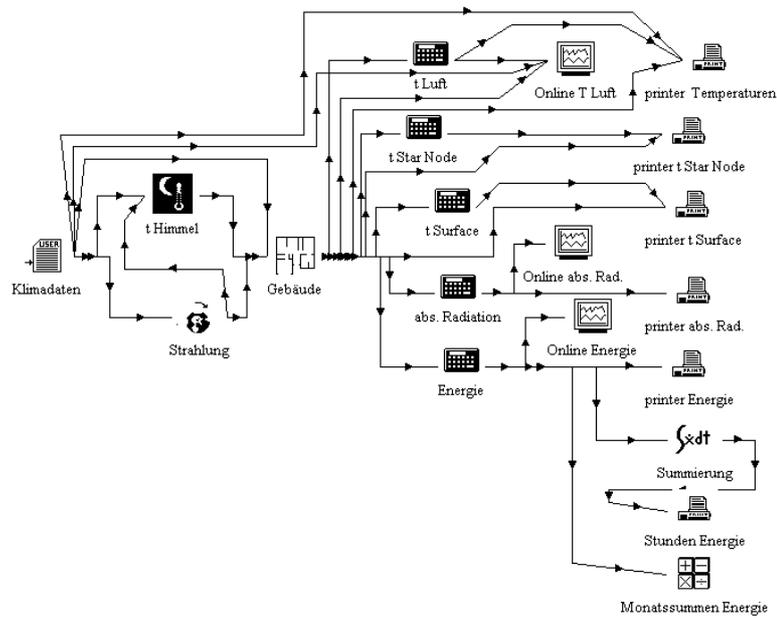


Abbildung 15 Simulationsaufbau für das 12 Zonen Modell

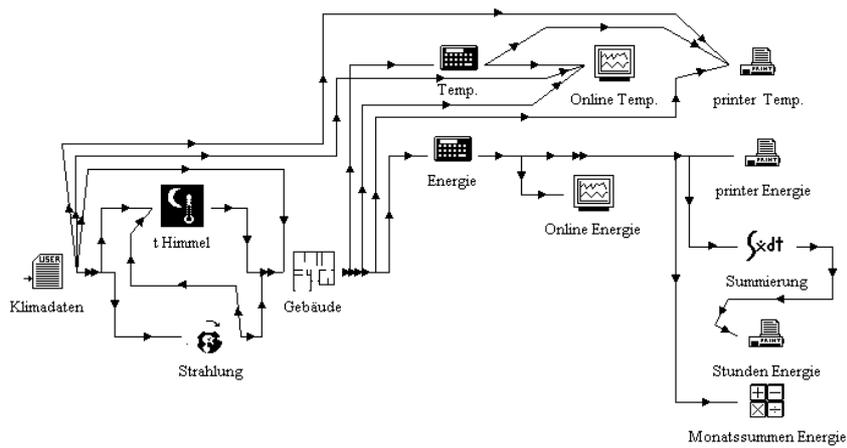


Abbildung 16 Simulationsaufbau für das 3 Zonen Modell

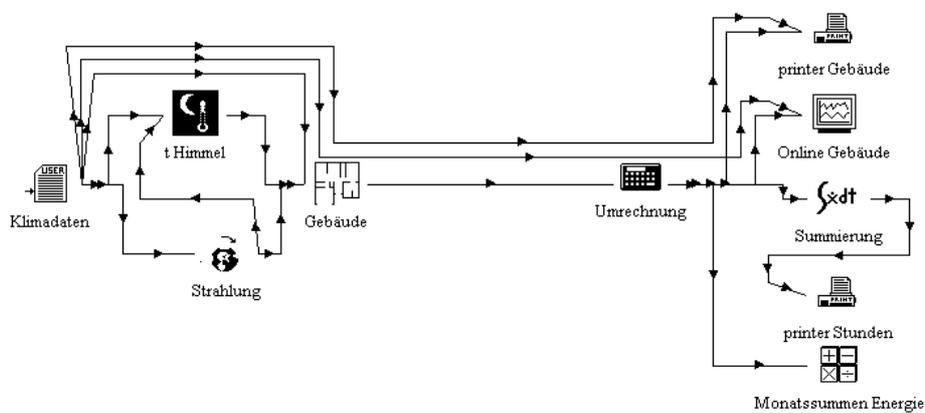


Abbildung 17 Simulationsaufbau für das 1 Zonen Modell

Um die Jahreganglinien der Raumluft- und Oberflächentemperaturen der einzelnen Zonierungsmodelle miteinander vergleichen zu können, müssen im 3 - und im 12 Zonen Modell auf das gesamte Gebäude gemittelte Werte gebildet werden. Zu diesem Zweck wurden für die einzelnen Zonen Gewichtungsfaktoren errechnet (Tabelle 25 bzw. Tabelle 26).

Tabelle 25 Gewichtungstabelle für das 12 Zonen Modell des Referenz- Wohngebäudes

	Nettovolumen		Innenoberflächen									
	L x B x H [m³]	Gewichtung [%]	Aussenwand				Decke [m²]	Boden [m²]	Trenn- wände [m²]	Innen- wände [m²]	gesamt [m²]	Gewichtung [%]
			Nord [m²]	Süd [m²]	Ost [m²]	West [m²]						
Wohnung 1	234,00	<b>9,68</b>	38,88	38,88	0,00	25,42	101,84	90,00	19,50	156,00	470,51	<b>9,56</b>
Wohnung 2	234,00	<b>9,68</b>	36,32	36,32	0,00	23,75	90,00	90,00	19,50	156,00	451,88	<b>9,18</b>
Wohnung 3	234,00	<b>9,68</b>	38,63	38,63	0,00	25,26	90,00	101,84	19,50	156,00	469,85	<b>9,55</b>
Wohnung 4	129,87	<b>5,37</b>	21,68	21,68	0,00	0,00	56,79	49,95	39,00	83,20	272,30	<b>5,53</b>
Wohnung 5	129,87	<b>5,37</b>	20,25	20,25	0,00	0,00	49,95	49,95	39,00	83,20	262,61	<b>5,34</b>
Wohnung 6	129,87	<b>5,37</b>	21,54	21,54	0,00	0,00	49,95	56,79	39,00	83,20	272,02	<b>5,53</b>
Wohnung 7	181,94	<b>7,53</b>	30,00	30,00	0,00	0,00	78,58	69,98	39,00	130,00	377,55	<b>7,67</b>
Wohnung 8	181,94	<b>7,53</b>	28,02	28,02	0,00	0,00	69,98	69,98	39,00	130,00	365,01	<b>7,42</b>
Wohnung 9	181,94	<b>7,53</b>	29,80	29,80	0,00	0,00	69,98	78,58	39,00	130,00	377,17	<b>7,66</b>
Wohnung 10	259,94	<b>10,75</b>	43,02	43,02	25,42	0,00	112,69	99,98	19,50	197,60	541,23	<b>11,00</b>
Wohnung 11	259,94	<b>10,75</b>	40,19	40,19	23,75	0,00	99,98	99,98	19,50	197,60	521,18	<b>10,59</b>
Wohnung 12	259,94	<b>10,75</b>	42,74	42,74	25,26	0,00	99,98	112,69	19,50	197,60	540,51	<b>10,98</b>
Summe	2417,22	<b>100,00</b>	391,07	391,07	74,43	74,43			351,00	1700,40	4921,83	<b>100,00</b>

Tabelle 26 Gewichtungstabelle für das 3 Zonen Modell des Referenz- Bürogebäudes

	Nettovolumen		Innenoberflächen									
	L x B x H [m³]	Gewichtung [%]	Aussenwand				Decke [m²]	Boden [m²]	Trenn- wände [m²]	Innen- wände [m²]	gesamt [m²]	Gewichtung [%]
			Nord [m²]	Süd [m²]	Ost [m²]	West [m²]						
Zone 1	985,48	<b>33,33</b>	92,44	92,44	67,88	67,88	333,13	309,90	0,00	508,80	1472,47	<b>33,93</b>
Zone 2	985,48	<b>33,33</b>	84,77	84,77	62,25	62,25	309,90	309,90	0,00	508,80	1422,64	<b>32,78</b>
Zone 3	985,48	<b>33,33</b>	84,35	84,35	61,93	61,93	309,90	333,13	0,00	508,80	1444,39	<b>33,28</b>
Summe	2956,44	<b>100,00</b>	261,56	261,56	192,06	192,06			0,00	1526,40	4339,50	<b>100,00</b>

## 2.2 Heizen für den Zonierungsvergleich

### Referenz- Wohngebäude

Während des gesamten Simulationszeitraumes wird eine untere Raumluftgrenztemperatur von 21°C vorgegeben. Unterschreitet die Raumlufttemperatur einer beheizten Zone diesen Wert, so wird die benötigte Wärme zur Aufrechterhaltung der 21°C durch eine ideal geregelte Luftheizung der jeweiligen Zone zugeführt.

### Referenz- Bürogebäude

Die untere Raumluftgrenztemperatur wird mit 20°C angenommen.

### 2.3 Ergebnisse des Zonierungsvergleiches (Referenzvariante A)

Im Weiteren werden die errechneten Raumlufftemperaturkurven der einzelnen Zonierungsmodelle (bei Mehrzonenmodellen mit gemittelten Werten, Tabelle 25 bzw. Tabelle 26) miteinander verglichen. Zur Auswertung kamen die monatlichen Mittelwerte und die in einem Monat auftretenden niedrigsten und höchsten Raumlufftemperaturen (Tabelle 27).

Tabelle 27 Auswertung der errechneten Raumlufftemperaturen der drei Zonierungsmodelle

Monat	Raumlufftemperaturen der Zonierungsmodelle [°C]								
	Mittelwerte			Minima			Maxima		
	1 Zone	3 Zonen	12 Zonen	1 Zone	3 Zonen	12 Zonen	1 Zone	3 Zonen	12 Zonen
Jänner	21,046	21,046	21,050	21	21	21	22,180	22,170	22,170
Februar	21,101	21,101	21,105	21	21	21	22,600	22,580	22,570
März	21,415	21,419	21,444	21	21	21	24,050	24,060	24,150
April	22,300	22,319	22,373	21	21	21	25,760	25,770	25,800
Mai	23,362	23,445	23,521	21	21,040	21,240	26,360	26,390	26,440
Juni	24,428	24,500	24,554	22,090	22,200	22,260	27,550	27,590	27,640
Juli	27,331	27,399	27,450	22,800	22,880	22,950	31,830	31,880	31,910
August	25,029	25,091	25,151	22,740	22,810	22,880	27,220	27,280	27,330
September	23,673	23,744	23,817	21	21,060	21,240	26,740	26,780	26,820
Oktober	22,106	22,132	22,222	21	21	21	25,680	25,700	25,740
November	21,155	21,157	21,170	21	21	21	24,010	24,000	24,000
Dezember	21,011	21,011	21,014	21	21	21	21,980	21,960	21,940
Jahr	<b>22,843</b>	<b>22,877</b>	<b>22,920</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>31,830</b>	<b>31,880</b>	<b>31,910</b>

Weiters sind die maximalen Abweichungen der Temperaturen zueinander von Interesse. Zu diesem Zweck wurden die größten Abweichungen der Raumlufftemperaturen der mehrzonigen Modelle zum 1 Zonen Modell ermittelt (Tabelle 28).

Tabelle 28 Maximale Abweichungen der errechneten Raumlufftemperaturen des 3 bzw. 12 Zonen Modelles zum 1 Zonen Modell

Abweichungen der Raumlufftemperaturen zum 1 Zonen Modell					
		[ °C ]	Stunde des Jahres	Datum	Uhrzeit
<b>3 Zonen Modell</b>	nach oben	+ 0,34	6438	26. Sept.	6 Uhr
	nach unten	- 0,05	662	28. Jan.	14 Uhr
<b>12 Zonen Modell</b>	nach oben	+ 0,50	7062	22. Okt.	6 Uhr
	nach unten	- 0,07	662	28. Jan.	14 Uhr

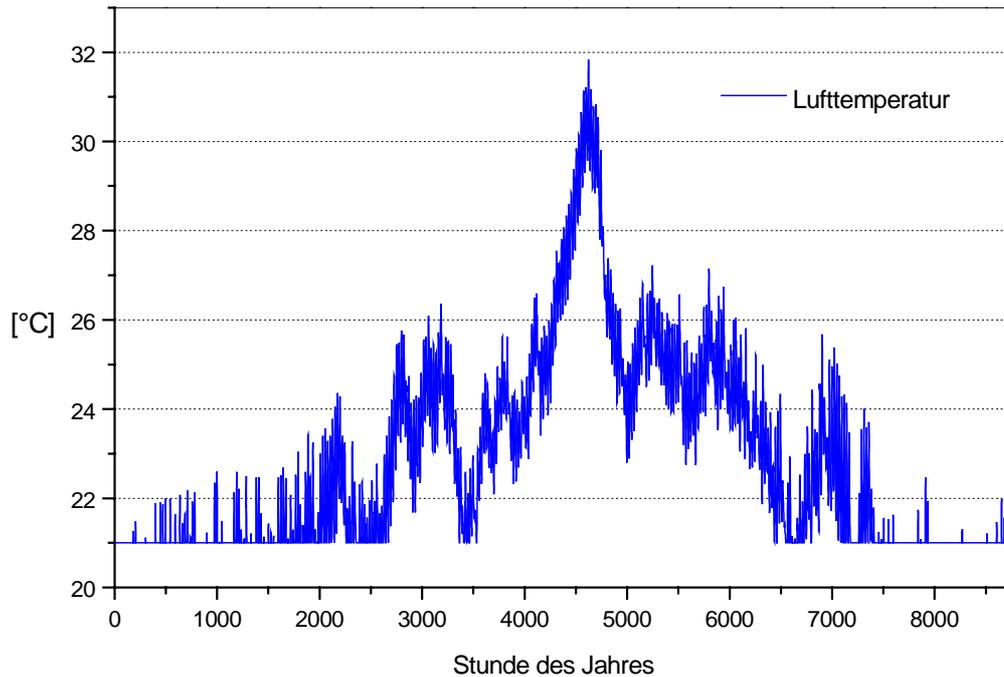


Abbildung 18 Jahresverlauf der Raumlufttemperatur im 1 Zonen Modell (Referenz-Wohngebäude)

Die Ergebnisse der verschiedenen Zonierungsmodelle des Referenz-Wohngebäudes (Tabelle 29 bzw. Tabelle 30) und des Referenz-Bürogebäudes (Tabelle 31 bzw. Tabelle 32) zeigen, dass der Einfluss der Zonierung in Bezug auf die gegebene Aufgabenstellung klein genug ist, und somit eine Vereinfachung der Simulationsmodelle auf je ein 1 Zonenmodell gerechtfertigt erscheint.

Tabelle 29 Abweichungen in der Bilanzierung der Luftknoten bei den drei unterschiedlichen Zonierungsmodellen im Referenz- Wohngebäude

Abweichungen in der Bilanzierung der Luftknoten						
	12 Zonen		3 Zonen		1 Zone	
	absolut	Prozent	absolut	Prozent	absolut	Prozent
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
JAN	1,31	0,01	1,34	0,01	1,35	0,01
FEB	-0,05	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
MAR	1,45	0,02	1,28	0,02	1,43	0,02
APR	0,94	0,02	0,94	0,02	1,25	0,03
MAY	0,68	0,02	0,78	0,02	0,67	0,02
JUN	3,87	0,14	3,93	0,14	4,02	0,15
JUL	-2,59	0,08	-2,61	0,08	-2,63	0,08
AUG	0,80	0,03	0,82	0,03	0,82	0,03
SEP	-5,49	0,16	-5,57	0,16	-5,55	0,16
OCT	-0,55	0,01	-0,55	0,01	0,00	0,00
NOV	-0,22	0,00	-0,37	0,00	0,01	0,00
DEC	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,00
<b>Summe</b>	<b>0,14</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,00</b>	<b>1,38</b>	<b>0,00</b>

Tabelle 30 Monats- und Jahreswerte der Zonierungsmodelle im Referenz-Wohngebäude [kWh]

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

12 Zonen Modell

	SQINF	SQVENT	SGCONV	SGQRAD	SQSOLT	SQHEAT	SQUA	SQCSURF
JAN	0	-9530	955	673	4493	15600	14160	-7019
FEB	0	-6627	866	609	3767	9519	9863	-3757
MAR	0	-6159	959	675	5608	5560	9069	-357
APR	0	-3944	928	653	4541	1462	5935	1555
MAY	0	-3320	957	674	4308	143	5204	2221
JUNE	0	-2732	928	653	3938	0	4422	1808
JULY	0	-3426	959	675	4360	0	5641	2465
AUG	0	-3114	957	674	4292	0	5087	2158
SEPT	0	-3408	930	654	3967	85	5385	2388
OCT	0	-4491	957	674	5577	1577	6863	1957
NOV	0	-5791	926	652	2490	8680	8681	-3815
DEC	0	-9023	960	676	2670	16800	13420	-8738
Summe	<b>0</b>	<b>-61570</b>	<b>11280</b>	<b>7941</b>	<b>50010</b>	<b>59420</b>	<b>93730</b>	<b>-9136</b>

3 Zonen Modell

	SQINF	SQVENT	SGCONV	SGQRAD	SQSOLT	SQHEAT	SQUA	SQCSURF
JAN	0	-9531	955	673	4493	15560	14160	-6982
FEB	0	-6629	866	609	3767	9521	9861	-3757
MAR	0	-6161	959	675	5608	5510	9058	-307
APR	0	-3949	928	653	4542	1439	5911	1583
MAY	0	-3336	957	674	4309	115	5170	2265
JUNE	0	-2749	928	653	3938	0	4398	1825
JULY	0	-3456	959	675	4361	0	5620	2494
AUG	0	-3136	957	674	4292	0	5061	2180
SEPT	0	-3430	930	654	3968	62	5354	2433
OCT	0	-4493	957	674	5577	1550	6821	1985
NOV	0	-5791	926	652	2490	8684	8676	-3820
DEC	0	-9023	960	676	2670	16760	13420	-8702
Summe	<b>0</b>	<b>-61690</b>	<b>11280</b>	<b>7941</b>	<b>50010</b>	<b>59210</b>	<b>93500</b>	<b>-8800</b>

1 Zonen Modell

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9531	955	673	4493	15530	14150	-6949
FEB	0	-6629	866	609	3767	9594	9861	-3830
MAR	0	-6159	958	675	5608	5562	9061	-359,7
APR	0	-3941	928	653	4541	1481	5922	1533
MAY	0	-3306	957	674	4308	61	5175	2289
JUNE	0	-2723	928	653	3938	0	4422	1799
JULY	0	-3431	958	675	4361	0	5666	2470
AUG	0	-3113	957	674	4292	0	5096	2157
SEPT	0	-3403	930	654	3968	26	5372	2442
OCT	0	-4482	957	674	5577	1648	6826	1877
NOV	0	-5790	926	652	2490	8801	8676	-3937
DEC	0	-9022	960	676	2670	16670	13420	-8605
Summe	<b>0</b>	<b>-61530</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>50010</b>	<b>59370</b>	<b>93650</b>	<b>-9115</b>

Tabelle 31 Abweichungen in der Bilanzierung der Luftknoten bei den Zonierungen im Referenz- Bürogebäude

Abweichungen in der Bilanzierung der Luftknoten				
	3 Zonen		1 Zone	
	absolut	Prozent	absolut	Prozent
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
JAN	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	-0,12	0,00	0,00	0,00
MAR	4,26	0,08	4,24	0,08
APR	4,17	0,13	4,30	0,13
MAY	4,34	0,13	4,34	0,13
JUN	6,20	0,21	6,07	0,21
JUL	-3,43	0,10	-3,38	0,10
AUG	-0,79	0,02	-0,81	0,02
SEP	-11,26	0,35	-11,26	0,35
OCT	-3,36	0,09	-3,27	0,09
NOV	-0,62	0,01	-0,20	0,00
DEC	-0,06	0,00	0,01	0,00
<b>Summe</b>	<b>-0,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,04</b>	<b>0,00</b>

Tabelle 32 Monats- und Jahreswerte der Zonierungsmodelle im Referenz-Bürogebäude [kWh]

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>3 Zonen Modell</b>								
	SQINF	SQVENT	SQGCONV	SGQRAD	SQSOLT	SQHEAT	SQUA	SQCSURF
JAN	0	-7883	1823	794	3704	12980	13290	-6921
FEB	0	-5340	1594	695	3324	7449	9140	-3703
MAR	0	-4802	1764	769	5248	3729	8525	-687
APR	0	-3246	1670	728	4806	294	6065	1286
MAY	0	-3405	1823	794	5000	0	6479	1586
JUNE	0	-2958	1688	735	4751	0	5977	1277
JULY	0	-3541	1747	761	5098	0	7215	1791
AUG	0	-3372	1823	794	4703	0	6536	1549
SEPT	0	-3268	1611	702	4014	0	6311	1645
OCT	0	-3833	1823	794	4911	419	6858	1588
NOV	0	-4685	1747	761	2227	6284	7971	-3346
DEC	0	-7295	1688	735	2242	14000	12530	-8393
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>-53630</b>	<b>20800</b>	<b>9062</b>	<b>50030</b>	<b>45160</b>	<b>96900</b>	<b>-12330</b>
<b>1 Zonen Modell</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7879	1823	794	3704	12940	13290	-6879
FEB	0	-5334	1594	695	3323	7559	9135	-3819
MAR	0	-4789	1764	769	5247	3799	8519	-769,8
APR	0	-3232	1670	728	4806	301	6069	1265
MAY	0	-3392	1823	794	5000	0	6500	1573
JUNE	0	-2946	1688	735	4750	0	6001	1265
JULY	0	-3526	1747	761	5097	0	7242	1776
AUG	0	-3353	1823	794	4703	0	6552	1529
SEPT	0	-3252	1611	702	4014	0	6323	1629
OCT	0	-3815	1823	794	4911	443	6860	1546
NOV	0	-4678	1747	761	2227	6362	7966	-3431
DEC	0	-7292	1688	735	2241	13930	12530	-8330
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>-53490</b>	<b>20800</b>	<b>9062</b>	<b>50020</b>	<b>45330</b>	<b>96980</b>	<b>-12640</b>

### 3 Weiterentwicklung des Simulationsmodelles

Die gute Übereinstimmung der Simulationsergebnisse der einzelnen Zonierungsmodelle zeigt, dass die Vereinfachung auf ein Einzonenmodell zulässig ist. Daher wird die Weiterentwicklung der Simulationsmodelle ausschließlich mit den zwei Einzonenmodellen der Referenzgebäude durchgeführt. Dabei werden in der Folge die beiden 1 Zonen Modelle des Referenz-Wohngebäudes und des Referenz-Bürogebäudes (Referenzvariante A) schrittweise mit weiteren Simulationskomponenten ergänzt und deren Ergebnisse zum Vergleich dargestellt.

#### 3.1 Einbau einer Zusatzlüftung gegen Raumlufüberhitzung (Referenzvariante B)

Aufgrund der angenommenen Glasflächenanteile der Fassaden sind in den Innenräumen solare Gewinne zu erwarten. Um zu vermeiden, dass hohe Strahlungsgewinne und die damit verbundenen unbehaglich hohen Raumluftemperaturen zur Deckung des Wärmebedarfes strahlungsarmer Tageszeiten verwendet werden, muss ein Überhitzungsschutz eingeführt werden. Sobald die Raumlufteperatur über 24°C steigt erhöht sich der Luftwechsel um 1<sup>-h</sup> um die Überwärmung wegzulüften. Fällt die Raumlufteperatur dann wieder unter 23°C, reduziert sich der Luftwechsel auf den in den Punkten 1.10 bzw. 1.11 beschriebenen Luftwechsel. Dieser Mechanismus tritt aber nur in Kraft wenn die Außenlufteperatur unter der Raumlufteperatur liegt. Der daraus folgende Wärmeverlust ist in den Ergebnislisten unter der Bezeichnung „Überhitzung“ angeführt. Die Regelung der Überhitzungslüftung wird in einem „On/Off Differential Controller“ durch folgende Zusammenhänge gesteuert:

$$\begin{array}{l}
 \text{Einschalter:} \\
 \quad i = 0 \text{ und } T_H m(T_H - T_L) \quad (T_H > T_a), \quad o = 1 \\
 \quad i = 0 \text{ und } T_H m(T_H - T_L) \quad (T_H \leq T_a), \quad o = 0 \\
 \quad i = 0 \text{ und } T_H > (T_H - T_L), \quad o = 0 \\
 \\
 \text{Ausschalter:} \\
 \quad i = 1 \text{ und } T_L m(T_H - T_L) \quad (T_H > T_a), \quad o = 1 \\
 \quad i = 1 \text{ und } T_L m(T_H - T_L) \quad (T_H \leq T_a), \quad o = 0 \\
 \quad i = 1 \text{ und } T_L > (T_H - T_L), \quad o = 0
 \end{array}$$

$i$	=	Istzustand des Schaltsignals
$o$	=	nächster Zustand des Schaltsignals
$T_H$	=	Raumlufteperatur einer Zone
$T_L$	=	20°C
$T_H$	=	4,0 K (obere Differenzgröße)
$T_L$	=	3,0 K (untere Differenzgröße)
$T_a$	=	Außenlufteperatur

Die Monatsauswertungen der Simulationsergebnisse der Referenzvariante B sind für das Wohngebäude in der Tabelle 33 und für das Bürogebäude in der Tabelle 34 angeführt.

Tabelle 33 Monats- und Jahreswerte im Referenz-Wohngebäude [kWh] – Referenzvariante B

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>1 Zonen Modell</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9531	955	673	4493	15530	14150	-6949
FEB	0	-6629	866	609	3767	9594	9861	-3830
MAR	-8	-6158	958	675	5608	5562	9060	-352,2
APR	-308	-3891	928	653	4541	1506	5840	1765
MAY	-527	-3106	957	674	4308	189	4842	2489
JUNE	-1037	-2437	928	653	3938	0	3961	2549
JULY	-2183	-2550	958	675	4361	0	4221	3774
AUG	-1399	-2607	957	674	4292	0	4261	3049
SEPT	-495	-3100	930	654	3968	75	4867	2588
OCT	-323	-4425	957	674	5577	1854	6725	1937
NOV	-10	-5789	926	652	2490	8809	8674	-3936
DEC	0	-9022	960	676	2670	16670	13420	-8605
<b>Summe</b>	<b>-6292</b>	<b>-59250</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>50010</b>	<b>59780</b>	<b>89880</b>	<b>-5522</b>

Tabelle 34 Monats- und Jahreswerte im Referenz-Bürogebäude [kWh] – Referenzvariante B

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>1 Zonen Modell</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7879	1823	794	3704	12940	13290	-6879
FEB	-17	-5332	1594	695	3323	7570	9133	-3815
MAR	-510	-4713	1764	769	5247	3908	8407	-447,2
APR	-1292	-2959	1670	728	4806	449	5571	2133
MAY	-2676	-2473	1823	794	5000	0	4846	3327
JUNE	-3327	-1857	1688	735	4750	0	3973	3502
JULY	-4269	-2029	1747	761	5097	0	4425	4547
AUG	-3477	-2059	1823	794	4703	0	4187	3713
SEPT	-2091	-2349	1611	702	4014	0	4644	2823
OCT	-1238	-3427	1823	794	4911	1018	6195	1825
NOV	-112	-4657	1747	761	2227	6429	7929	-3406
DEC	0	-7292	1688	735	2241	14020	12530	-8420
<b>Summe</b>	<b>-19010</b>	<b>-47030</b>	<b>20800</b>	<b>9062</b>	<b>50020</b>	<b>46330</b>	<b>85130</b>	<b>-1098</b>

### 3.2 Definition einer Jalousieverschattung (Referenzvariante C)

Im folgenden Schritt wird eine Jalousieverschattung eingesetzt. Der Wirkungsgrad der Verschattung wird mit 50% angenommen. Die Einschaltzeiten der Verschattungselemente sind raumlufttemperaturgeregelt. Übersteigt die mittlere Raumlufttemperatur einer Zone 23°C so wird die Verschattung als „aktiv“ angenommen. Fällt die Raumlufttemperatur dann wieder unter 21°C so werden die Verschattungselemente deaktiviert. Die Monatsauswertungen der Simulationsergebnisse der Referenzvariante C sind für das Wohngebäude in der Tabelle 35 und für das Bürogebäude in der Tabelle 36 angeführt.

Tabelle 35 Monats- und Jahreswerte im Referenz-Wohngebäude [kWh] – Referenzvariante C

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
1 Zonen Modell								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9531	955	673	4493	15530	14150	-6949
FEB	0	-6629	866	609	3767	9594	9861	-3830
MAR	0	-6149	958	675	4245	5813	9055	-621,7
APR	-177	-3836	928	653	2410	1954	5757	1131
MAY	-261	-2986	957	674	2288	436	4651	1856
JUNE	-526	-2304	928	653	2082	0	3750	1904
JULY	-1803	-2383	958	675	2325	3	3960	3223
AUG	-839	-2495	957	674	2276	0	4086	2379
SEPT	-309	-2996	930	654	2097	243	4709	2129
OCT	-298	-4376	957	674	2940	2350	6665	1368
NOV	-16	-5788	926	652	1309	9161	8683	-4284
DEC	0	-9025	960	676	1404	16930	13430	-8868
Summe	<b>-4228</b>	<b>-58500</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>31640</b>	<b>62010</b>	<b>88760</b>	<b>-10560</b>

Tabelle 36 Monats- und Jahreswerte im Referenz-Bürogebäude [kWh] – Referenzvariante C

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
1 Zonen Modell								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7871	1719	690	3704	13110	13280	-6957
FEB	0	-5319	1490	591	3288	7718	9117	-3890
MAR	0	-4654	1602	607	4623	4349	8314	-1296
APR	-102	-2789	1545	603	3655	730	5279	617,8
MAY	-285	-2225	1787	758	2913	17	4421	709
JUNE	-625	-1615	1685	733	2394	0	3603	557,7
JULY	-1723	-1588	1745	760	2572	0	3681	1563
AUG	-727	-1804	1818	790	2395	0	3807	713,1
SEPT	-179	-2147	1583	674	2372	45	4286	692,1
OCT	-26	-3308	1742	713	3642	1532	5977	60,42
NOV	0	-4635	1695	710	2067	6690	7894	-3751
DEC	0	-7289	1645	692	2241	14140	12520	-8497
Summe	<b>-3667</b>	<b>-45240</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>35870</b>	<b>48330</b>	<b>82180</b>	<b>-19480</b>

### 3.3 Einbau eines Heizsystems (Referenzvariante D)

Im folgenden wird in die beiden Referenzsysteme je ein Heizungssystem modelliert. Als Grundlage der Auslegung wird die Normaussentemperatur des Gebäudestandortes laut ÖNORM B 8135 (Graz:  $-12^{\circ}\text{C}$ ) herangezogen. Im Auslegungsfall des Wohngebäudes werden die Inneren Gewinne sowie die solare Strahlung auf null gestellt und der Luftwechsel konstant auf  $0,8\text{ h}^{-1}$  gehalten. Die geforderte Raumlufthtemperatur wird im Referenz-Wohngebäude mit  $21^{\circ}\text{C}$  festgelegt (Referenz-Bürogebäude:  $20^{\circ}\text{C}$ ). Zusatzlüftung und Jalousieverschattung sind deaktiviert. In den Darstellungen des Simulationsverlaufes Abbildung 19 und Abbildung 20 ist zu erkennen, dass sich die erforderliche Heizleistung für das Referenz-Wohngebäude nach einer kurzen Einschwingzeit auf  $42,14\text{ kW}$  einstellt (Referenz-Bürogebäude:  $43,13\text{ kW}$ ).

Abbildung 19 Simulationsverlauf im Auslegungsfall (Referenz-Wohngebäude)

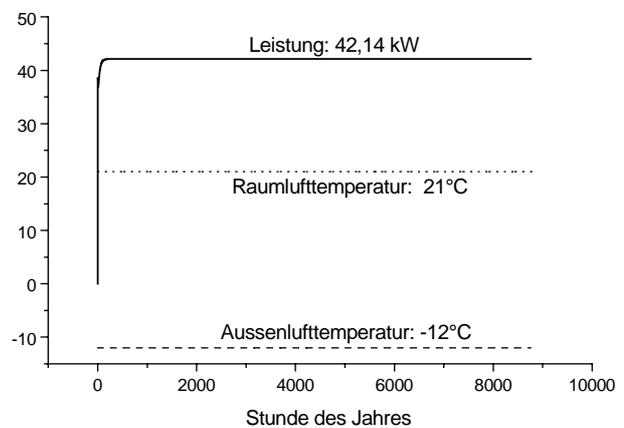
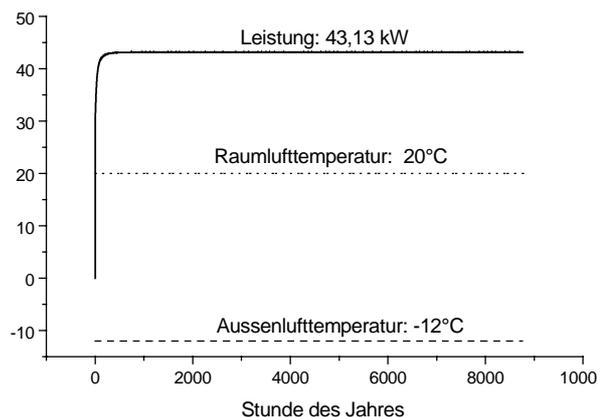


Abbildung 20 Simulationsverlauf im Auslegungsfall (Referenz-Bürogebäude)



Als Wärmeabgabesystem werden Plattenheizkörper mit einer Bauhöhe von  $0,6\text{ m}$  und einer Norm-Wärmeleistung von  $1263\text{ W/m}$  gewählt. Die Vorlauftemperatur ist aussentemperatur-geregelt und wird in den Referenzgebäuden, bei Normaussentemperatur ( $-12^{\circ}\text{C}$ ), mit  $50^{\circ}\text{C}$  angesetzt; die Rücklauftemperatur mit  $40^{\circ}\text{C}$ . Die aufgrund Innerer Lasten, wechselnden Luftwechselraten und solaren Gewinnen schwankenden Anforderungen an die Wärmeleistung regelt ein PID-Massenflußregler.

Für das Referenz-Wohngebäude ergibt sich unter diesen Annahmen eine erforderliche Heizkörperfläche von 65,88 m<sup>2</sup> (Referenz-Bürogebäude: 63,94 m<sup>2</sup>). Bei einer angenommenen Heizkörperhöhe von 0,6 m wird somit das Referenz-Wohnhaus mit einem Heizkörper in einer Länge von 109,8 m (Referenz-Bürogebäude: 106,6 m) ausgestattet. Die für diese Auslegung erforderlichen Zwischenschritte sind in der Tabelle 37 angeführt.

Tabelle 37 Auslegung der Heizkörper

Auslegung der Heizkörper							
	Auslegungs- heizlast des Gebäudes	Norm- Wärme- leistung des Heizkörpers 1)	Heizkörper- bauhöhe 1)	Heizkörper- fläche unter Norm- Wärme- leistung	mittlere Temperatur- differenz zwischen mittlerer Heizkörper- temperatur und der Raumluft	Vorlauf- temperatur	Temperatur- differenz von Vorlauf zu Rücklauf
	[ W ]	[ W/m ]	[ m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]
Referenz_Wohngebäude	42140	1263	0,6	20,02	60	<b>50</b>	<b>10</b>
Referenz_Bürogebäude	43130	1263	0,6	20,49	60	<b>50</b>	<b>10</b>

	Temperatur- differenz von mittlerer Heizkörper- temperatur zu Raumluft	Heizkörper- Exponent	Wärme- abgabe des Heizkörpers	Heizkörper- fläche	Massenstrom		Heizkörper- länge
	[ °C ]	[ - ]	[ W/m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ kg/s ]	[ kg/h ]	[ m ]
Referenz_Wohngebäude	24	1,3	383,78	65,88	1,008	3629,3	<b>109,80</b>
Referenz_Bürogebäude	25	1,3	404,70	63,94	1,032	3714,5	<b>106,60</b>

- 1) Plattenheizkörper laut: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Recknagel, Sprenger, Hönnann; R. Oldenbourg Verlag München Wien

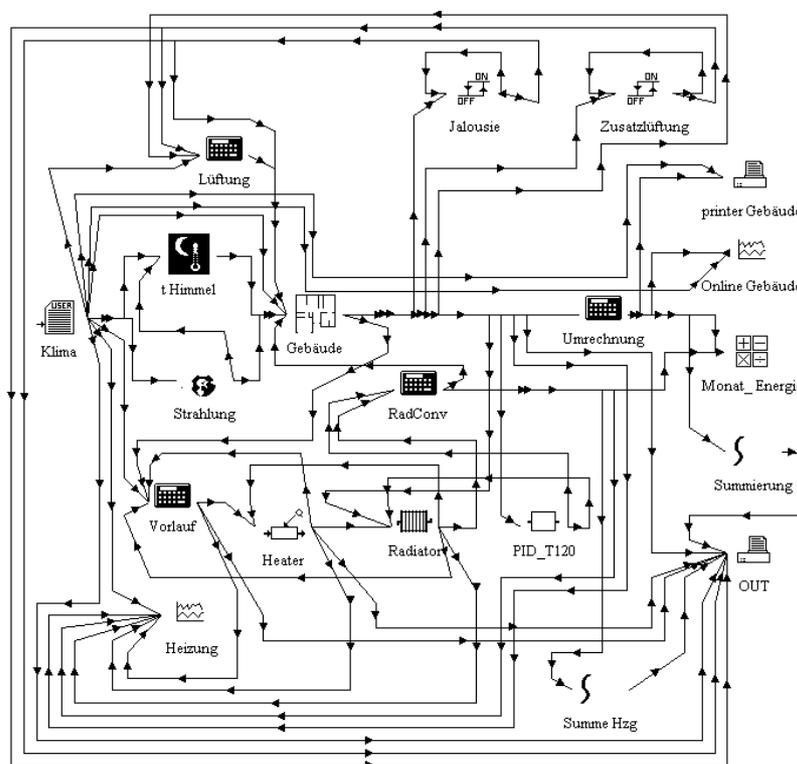


Abbildung 21 Simulationsschema des Wohngebäudes mit Heizungssystem (Referenzvariante D).



## 5 Beschreibung der untersuchten Parameter

### 5.1 Klimadaten

Als Referenzstandort wird Graz gewählt. Es stehen zwei unterschiedliche Klimadatensätze zur Verfügung. Einerseits im Jahr 1968 gemessene Stundenwerte [Halozan, 1968] (Referenzvarianten). Andererseits aus langjährigen Monatsmittelwerten, unter Zuhilfenahme eines Klimadatengenerators [Meteonorm 2, 1995], berechnete Stundenwerte (Variante\_Wohn 1 und Variante\_Büro 1).

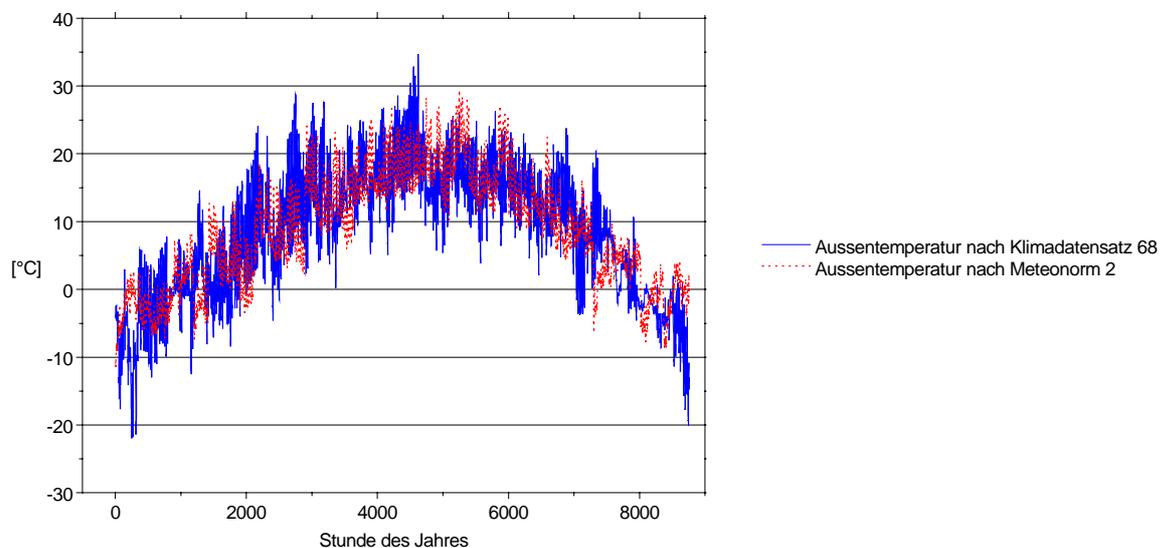


Abbildung 22 Stundenwerte der Aussenlufttemperatur des gemessenen (Klimadatensatz 68, Halozan) und des generierten Klimadatensatzes (Meteonorm 2)

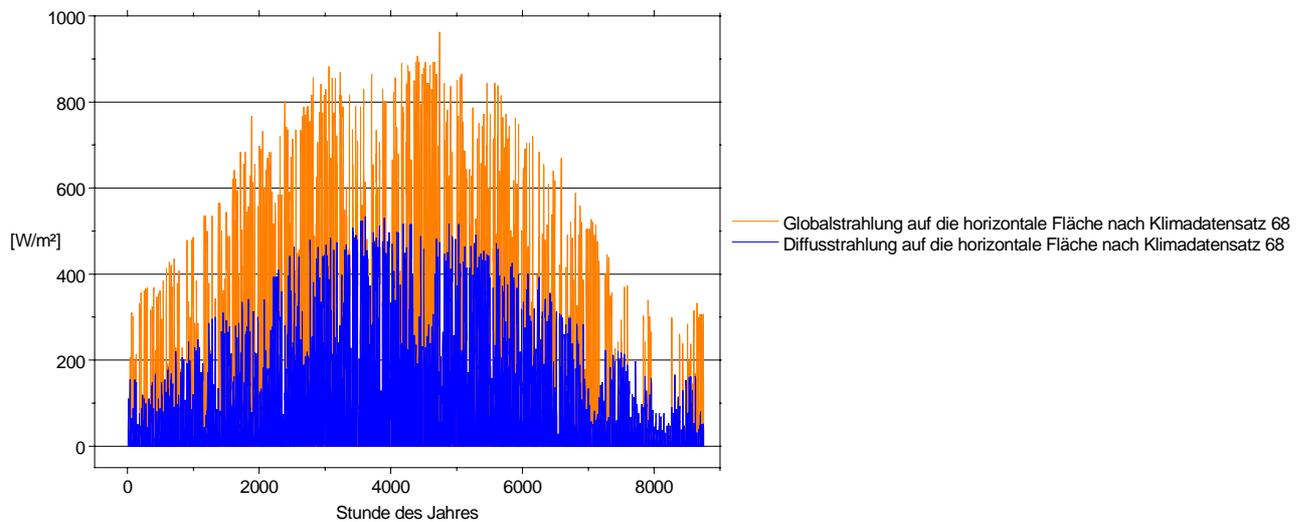


Abbildung 23 Global- und Diffusstrahlung auf die horizontale Fläche nach Klimadatensatz 68

Um die beiden Klimadatensätze zu vergleichen wurden Aussenlufttemperatur, Globalstrahlung und Diffusstrahlung einem monatlichen Auswertungsschema unterzogen und in Tabelle 41 dargestellt.

Tabelle 40 Auswertung Klimadatensatz 68

Klimadatensatz 68 (Halozan)									
	AUSSENLUFTTEMPERATUR			GLOBALSTRAHLUNG			DIFFUSSTRAHLUNG		
	Mittelwerte	Minima	Maxima	Mittelwerte	Maxima	Strahlungs- summe	Mittelwerte	Maxima	Strahlungs- summe
	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]
Jänner	-5,98	-22,00	6,20	54,74	436,00	40729	19,58	220,00	14570
Februar	0,43	-12,50	14,60	74,35	565,00	49960	32,95	300,00	22143
März	4,52	-8,40	23,10	146,17	768,00	108753	54,34	342,00	40427
April	11,42	-4,60	28,80	180,55	857,00	129995	91,77	479,00	66076
Mai	14,59	0,20	27,60	200,23	883,00	148970	112,92	534,00	84010
Juni	17,07	5,10	28,60	193,82	890,00	139549	126,00	530,00	90723
Juli	18,27	5,40	34,70	241,13	963,00	179398	106,18	516,00	78997
August	16,68	3,80	26,30	174,29	844,00	129669	103,09	491,00	76702
September	14,14	2,10	23,30	128,68	763,00	92650	70,10	426,00	50473
Oktober	9,77	-3,80	23,80	101,59	670,00	75585	35,82	308,00	26653
November	4,30	-4,60	20,40	41,79	439,00	30087	24,36	221,00	17542
Dezember	-4,60	-20,10	2,00	30,57	332,00	22745	14,47	165,00	10763
<b>Jahr</b>	<b>8,41</b>	<b>-22,00</b>	<b>34,70</b>	<b>131,06</b>	<b>963,00</b>	<b>1148090</b>	<b>66,10</b>	<b>534,00</b>	<b>579079</b>

Tabelle 41 Auswertung Klimadatensatz Meteororm

Meteororm 2									
	AUSSENLUFTTEMPERATUR			GLOBALSTRAHLUNG			DIFFUSSTRAHLUNG		
	Mittelwerte	Minima	Maxima	Mittelwerte	Maxima	Strahlungs- summe	Mittelwerte	Maxima	Strahlungs- summe
	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]	[ W/m² ]
Jänner	-3,10	-11,50	2,80	45,00	424,00	33478	28,01	187,00	20841
Februar	-0,10	-7,70	8,20	73,00	641,00	49059	43,15	277,00	28999
März	4,30	-3,40	13,70	126,00	701,00	93744	70,14	352,00	52181
April	9,10	2,30	18,40	163,00	787,00	117363	90,53	398,00	65180
Mai	13,80	2,40	24,10	208,01	910,00	154757	118,97	427,00	88516
Juni	17,10	8,80	26,70	218,01	885,00	156965	118,10	435,00	85030
Juli	18,70	11,20	28,30	219,00	852,00	162934	128,84	443,00	95859
August	18,10	10,30	29,40	188,99	841,00	140607	109,73	421,00	81642
September	14,90	7,40	27,10	140,01	811,00	100804	76,87	377,00	55348
Oktober	9,60	3,80	22,50	97,00	627,00	72167	53,25	291,00	39617
November	3,40	-6,30	9,80	52,00	448,00	37441	32,80	238,00	23619
Dezember	-1,50	-8,70	4,30	38,00	325,00	28273	23,72	164,00	17649
<b>Jahr</b>	<b>8,74</b>	<b>-11,50</b>	<b>29,40</b>	<b>131,00</b>	<b>910,00</b>	<b>1147592</b>	<b>74,71</b>	<b>443,00</b>	<b>654481</b>

Abweichung zu Klimadatensatz 68									
	<b>-0,32</b>	<b>-10,50</b>	<b>5,30</b>	<b>0,06</b>	<b>53,00</b>	<b>498,00</b>	<b>-8,61</b>	<b>91,00</b>	<b>-75402,00</b>

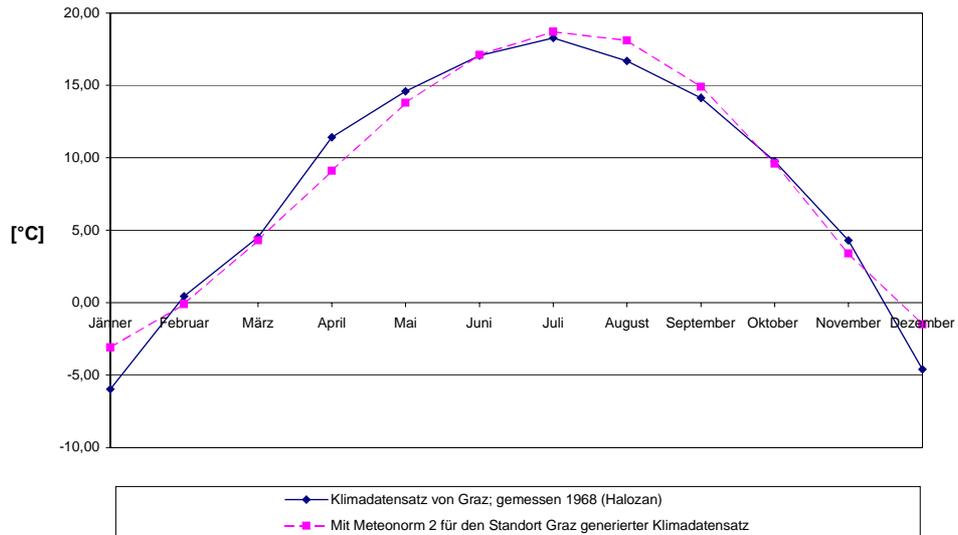


Abbildung 24 Vergleich der Monatsmittelwerte der Aussenlufttemperatur

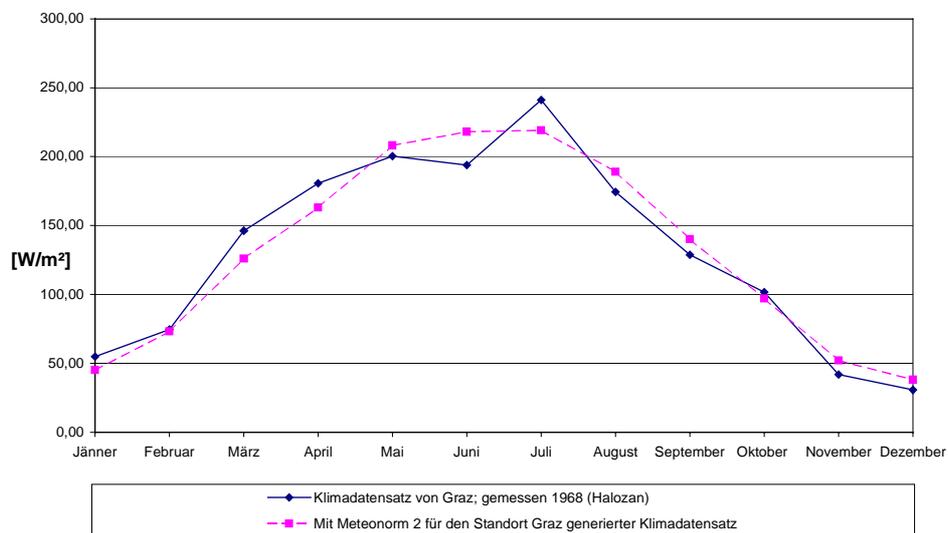


Abbildung 25 Vergleich der Monatsmittelwerte der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche

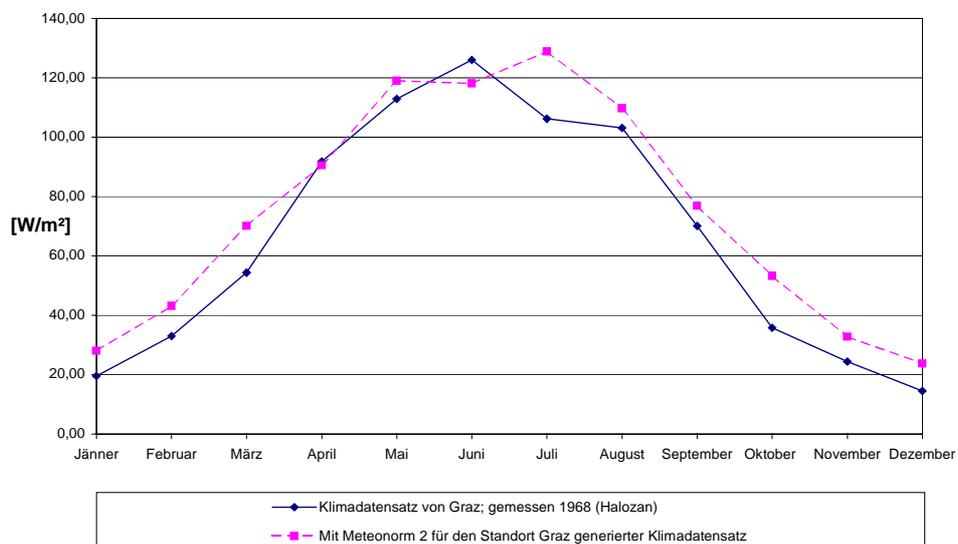


Abbildung 26 Vergleich der Monatsmittelwerte der Diffusstrahlung auf die horizontale Fläche

## 5.2 Glasflächenanteile der Fassaden

Im Wohngebäude wird der Glasflächenanteil der Südfassade (in der Referenzvariante: 33,25%) auf 23,77% reduziert (Variante\_Wohn 2); die Glasfläche entspricht 10% der Nutzfläche. In der Variante\_Wohn 3 ist der Glasflächenanteil der Südfassade auf 42,73% erhöht; hier wird die gesamte Südfassade abzüglich der tragenden Struktur als Fensterfläche ausgebildet. In sämtlichen Varianten wird der Glasflächenanteil der Nordfassade auf 12,66% belassen (Tabelle 42).

Tabelle 42 Glasflächenanteile der Südfassade des Referenz- Wohngebäudes

		Glasflächenanteile der Südfassade							Glasflächenanteile der Nordfassade		
		Minimalvariante (Variante_Wohn 2)		Maximalvariante (Variante_Wohn 3)		Referenzvariante			alle Varianten		
		10 % der Nutzfläche einer Wohneinheit als Glasfläche der Südfassade		Ausnutzung der gesamten Südfassade unter Abzug der tragenden Struktur		Mittelwert aus Maximal- und Minimalvariante					
	Wohnnutzfläche exl. Innenwände	Fassadenfläche Nord bzw. Süd	Glasfläche	Glasfläche incl. 30% Rahmenfläche	Glasfläche	Glasfläche incl. 25% Rahmenfläche	Glasfläche	Glasfläche incl. 27,5% Rahmenfläche	Glasfläche	Glasfläche incl. 35% Rahmenfläche	
	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	
Wohnung 1	90,00	38,88	9,00	11,70	18,11	24,15	12,93	16,48	4,22	5,70	
Wohnung 2	90,00	36,32	9,00	11,70	18,11	24,15	12,08	15,40	4,22	5,70	
Wohnung 3	90,00	38,63	9,00	11,70	18,11	24,15	12,84	16,38	4,22	5,70	
Wohnung 4	49,95	21,68	5,00	6,49	10,63	14,17	7,21	9,19	2,44	3,29	
Wohnung 5	49,95	20,25	5,00	6,49	10,63	14,17	6,73	8,58	2,44	3,29	
Wohnung 6	49,95	21,54	5,00	6,49	10,63	14,17	7,16	9,13	2,44	3,29	
Wohnung 7	69,98	30,00	7,00	9,10	7,42	9,89	9,98	12,72	3,52	4,75	
Wohnung 8	69,98	28,02	7,00	9,10	7,42	9,89	9,32	11,88	3,52	4,75	
Wohnung 9	69,98	29,80	7,00	9,10	7,42	9,89	9,91	12,63	3,52	4,75	
Wohnung 10	99,98	43,02	10,00	13,00	19,55	26,06	14,30	18,24	6,32	8,53	
Wohnung 11	99,98	40,19	10,00	13,00	19,55	26,06	13,36	17,04	6,32	8,53	
Wohnung 12	99,98	42,74	10,00	13,00	19,55	26,06	14,21	18,12	6,32	8,53	
		929,70	391,07	92,97	120,86	167,11	222,81	130,03	165,79	49,5	66,83
				<b>23,77 %</b>		<b>42,73 %</b>		<b>33,25 %</b>		<b>12,66 %</b>	

Im Bürogebäude hat der Glasflächenanteil der Nordfassade immer die gleiche Größe wie der Glasflächenanteil der Südfassade (in der Referenzvariante: 37,39%). In der Variante\_Büro 2

wird dieser auf 21,63% reduziert und in der Variante\_Büro 3 auf 53,15% erhöht. Der Glasflächenanteil der Ostfassade ist in allen Varianten mit 10% angenommen (Tabelle 43).

Tabelle 43 Glasflächenanteile des Referenz- Bürogebäudes

		Glasflächenanteile der Süd bzw. Nordfassade							Glasflächenanteile der Ostfassade	
		Minimalvariante (Variante_Büro 2)		Maximalvariante (Variante_Büro 3)		Referenzvariante		alle Varianten		
		6% der Nutzfläche eines Geschosses als Glasfläche einer Fassade		Ausnutzung der gesamten Fassaden unter Abzug der tragenden Struktur		Mittelwert aus Maximal- und Minimalvariante		Fassadenfläche: 189,09 m <sup>2</sup>		
	Nutzfläche incl. Innenwände	Fassadenfläche Nord bzw. Süd	Glasfläche je Fassade	Glasfläche incl. 30% Rahmenfläche	Glasfläche je Fassade	Glasfläche incl. 25% Rahmenfläche	Glasfläche je Fassade	Glasfläche incl. 27,5% Rahmenfläche	Glasfläche	Glasfläche incl. 27,5% Rahmenfläche
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Geschoss 1	309,90	84,77	18,59	24,17	45,70	60,93	32,15	40,99	6,30	8,04
Geschoss 2	309,90	84,77	18,59	24,17	45,70	60,93	32,15	40,99	6,30	8,04
Geschoss 3	309,90	88,40	18,59	24,17	45,70	60,93	32,15	40,99	6,30	8,04
	929,70	257,94	55,78	72,52	137,09	182,79	96,44	122,96	18,91	24,11
			<b>21,63 %</b>		<b>53,15 %</b>		<b>37,39 %</b>		<b>10,00 %</b>	

### 5.3 Transmissionswärmeschutz

In der Variante\_Wohn 4 und der Variante\_Büro 4 wird der in den Referenzvarianten gewählte Transmissionswärmeschutz erhöht. Die gewählten Werte sind in Tabelle 44 bzw. Tabelle 45 dargestellt.

Tabelle 44 Konstruktionsaufbauten des Wohngebäudes mit erhöhtem Wärmeschutz

Aufbau	Bauteilschicht	Dicke [ m ]	Dichte [ kg/m³ ]	Wärmeleitfähigkeit [ W/mK ]	spez. Wärmekapazität [ kJ/kgK ]	U - Wert des Bauteils [ W/m²K ]
Außenwand	Dämmschicht	0,180	17	0,038	0,830	<b>0,18</b>
	Tragschicht	0,250	1100	0,390	0,920	
	Σ		0,430			
oberste Geschoßdecke	Dämmschicht	0,200	30	0,032	0,840	<b>0,16</b>
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
	Σ		0,400			
Kellerdecke	Nutzschicht	0,060	2000	1,400	1,080	<b>0,22</b>
	Dämmschicht	0,140	30	0,032	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
Σ		0,400				
Wohnungstrennwand	Tragschicht	0,300	980	0,210	0,920	<b>0,63</b>
Geschoßdecke	Nutzschicht	0,060	2000	1,400	1,080	<b>0,62</b>
	Dämmschicht	0,050	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
Σ		0,310				
Wohnungsinnenwand	Tragschicht	0,120	800	0,420	0,920	-

Tabelle 45 Konstruktionsaufbauten des Bürogebäudes mit erhöhtem Wärmeschutz

Aufbau	Bauteilschicht	Dicke [ m ]	Dichte [ kg/m³ ]	Wärmeleitfähigkeit [ W/mK ]	spez. Wärmekapazität [ kJ/kgK ]	U - Wert des Bauteils [ W/m²K ]
Außenwand	Dämmschicht	0,200	17	0,038	0,830	<b>0,19</b>
	Tragschicht	0,220	2400	2,300	1,080	
	Σ		0,420			
oberste Geschoßdecke	Dämmschicht	0,200	30	0,032	0,840	<b>0,14</b>
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
	Luftschicht	0,380	-	-	0,047	
	Unterdecke	0,020	100	0,035	0,840	
Σ		0,800				
Kellerdecke	Nutzschicht	0,080	2400	2,300	1,080	<b>0,26</b>
	Dämmschicht	0,140	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
Σ		0,420				
Geschoßdecke	Nutzschicht	0,040	700	0,130	1,000	<b>0,36</b>
	Luftschicht	0,090	-	-	0,047	
	Dämmschicht	0,050	30	0,038	0,830	
	Tragschicht	0,200	2400	2,300	1,080	
	Luftschicht	0,400	-	-	0,047	
	Unterdecke	0,020	100	0,035	0,840	
Σ		0,800				
Trennwände	Tragschicht	0,015	900	2,100	1,050	-
	Dämmschicht	0,100	10	0,039	0,840	
	Tragschicht	0,015	900	2,100	1,050	
Σ		0,130				

### 5.4 Verglasung

In der Variante\_Wohn 5 und der Variante\_Büro 5 werden sämtliche Verglasungen folgendermaßen angenommen:

Fensterverglasung Wohngebäude: U = 0,7 W/m²K  
g = 0,407  
Fensterrahmen Wohngebäude: U = 1,0 W/m²K

Fensterverglasung Bürogebäude: U = 0,7 W/m²K  
g = 0,407  
Fensterrahmen Bürogebäude: U = 1,4 W/m²K

### 5.5 Belegung

In der Variante\_Wohn 6 werden die in der Referenzvariante angenommenen 29 Bewohner auf eine Anzahl von 39 Bewohnern erhöht. Für den Auslegungsfall ist die maximale hygienische Luftwechselrate im selben Verhältnis wie die Anzahl der Bewohner von 0,7 h<sup>-1</sup> auf 0,945 h<sup>-1</sup> zu erhöhen. Inklusive einer Infiltration von 0,1 h<sup>-1</sup> ist somit im Auslegungsfall ein Luftwechsel von 1,045 h<sup>-1</sup> anzusetzen. Das Belegungsprofil des Wohnhauses bei einer Belegung mit 39 Personen ist in Tabelle 46 angeführt.

Tabelle 46 Belegungstabelle bei einer Belegungsdichte von 39 Personen im Wohnhaus

Anwesenheit im Wohnhaus - Variante 6																								
	Anwesenheit zur Stunde																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Wochentag	38	38	38	38	38	35	25	17	6	7	5	13	19	14	15	13	17	18	27	34	34	34	38	38
Samstag/Sonntag	37	37	39	39	38	36	28	25	21	18	11	24	26	22	19	15	19	18	20	26	29	30	37	37

In der Variante\_Büro 6 wird die Belegung im Bürogebäude auf 24 Personen (12 m² pro Person) reduziert. Daraus ergibt sich ein verkleinerter Luftwechsel mit einer maximalen Luftwechselrate von 0,59 h<sup>-1</sup> (Abbildung 27). In der Variante\_Büro 7 wird die Belegung im Bürogebäude auf 40 Personen erhöht (20 m² pro Person). Daraus ergibt sich ein vergrößerter Luftwechsel mit einer maximalen Luftwechselrate von 0,87 h<sup>-1</sup> (Abbildung 28). In der Referenzvariante des Bürogebäudes kam ein Mittelwert von 15 m² pro Person zur Anwendung (maximale Luftwechselrate 0,73 h<sup>-1</sup>). Die Variationen der Belegung sind in der Tabelle 47 dargestellt.

Tabelle 47 Variation der Belegung im Bürogebäude

	Geschoss 1				Geschoss 2				Geschoss 3			
	Nutz- fläche (brutto)	Anzahl der Personen			Nutz- fläche (brutto)	Anzahl der Personen			Nutz- fläche (brutto)	Anzahl der Personen		
		Nutzfläche pro Person				Nutzfläche pro Person				Nutzfläche pro Person		
	[m²]	12	15	20	[m²]	12	15	20	[m²]	12	15	20
		[m²]	[m²]	[m²]		[m²]	[m²]	[m²]		[m²]	[m²]	[m²]
Büroräume	30	2,50	2,00	1,50	150	12,50	10,00	7,50	150	12,50	10,00	7,50
Sitzungsräume	-	-	-	-	30	-	-	-	30	-	-	-
Erschliessung (Gang, Treppe, Aufzug)	50	-	-	-	65	-	-	-	65	-	-	-
Sozialräume (Kaffeezimmer, Teeküche)	-	-	-	-	20	-	-	-	20	-	-	-
WC	15	-	-	-	15	-	-	-	15	-	-	-
Raum mit Parteienverkehr	150	12,50	10,00	7,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Nebenträume (Lager, Archiv, etc.)	65	-	-	-	30	-	-	-	30	-	-	-
	310	15,00	12,00	9,00	310	12,50	10,00	7,50	310	12,50	10,00	7,50

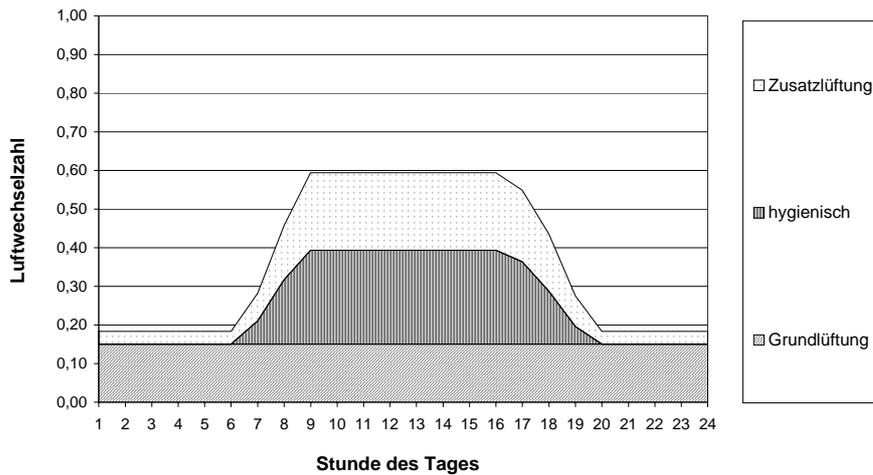


Abbildung 27 Lüftungsfahrplan im Bürogebäude bei einer Belegung von 24 Personen

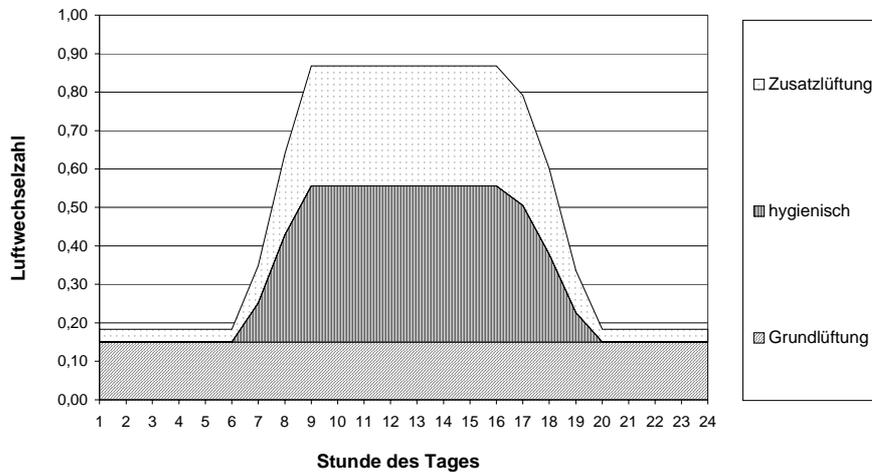


Abbildung 28 Lüftungsfahrplan im Bürogebäude bei einer Belegung von 40 Personen

## 5.6 Lüftungsverhalten

Der im Referenz Wohngebäude mit „2“ angenommene und im Kapitel „1.10 Lüftungsverhalten im Referenz-Wohngebäude“ beschriebene Faktor zur Berücksichtigung der schlechten Regelbarkeit einer Fensterlüftung wird in der Variante\_Wohn 7 auf „3“ erhöht. Für den Auslegungsfall bedeutet dies eine Erhöhung des anzusetzenden Luftwechsels auf  $1,15 \text{ h}^{-1}$ .

In der Variante\_Büro 8 werden die für die im Referenz-Bürogebäude für die hygienische Lüftung angenommenen  $30 \text{ m}^3$  pro Person und Stunde auf  $45 \text{ m}^3$  pro Person und Stunde erhöht. Daraus ergibt sich für den Auslegungsfall ein maximaler Luftwechsel von  $1,01 \text{ h}^{-1}$ .

## 5.7 Raumlufthilfstemperatur

In der Variante\_Wohn 8 wird die untere Grenze der Raumlufthilfstemperatur im Wohngebäude auf  $23^\circ\text{C}$  angehoben. In der Variante\_Büro 9 wird die untere Grenze der Raumlufthilfstemperatur im Bürogebäude auf  $22^\circ\text{C}$  gesetzt. Um die Regelstrategie der Überhitzungslüftung (siehe Kapitel 3.1) und der Verschattung (siehe Kapitel 3.2) auch in diesen Varianten aufrecht zu erhalten, werden die Ein- und Ausschaltgrenzen wie in Tabelle 48 festgelegt.

Tabelle 48 Differenzgrößen für die Regelung der Verschattung und der Überhitzungslüftung

	Überhitzungslüftung (TL = $20^\circ\text{C}$ )		Verschattung (TL = $20^\circ\text{C}$ )	
	obere Differenzgrösse	untere Differenzgrösse	obere Differenzgrösse	untere Differenzgrösse
Variante_Wohn 8	TH = 5,0 K	TL = 4,0 K	TH = 4,0 K	TL = 3,0 K
Variante_Büro 9	TH = 4,0 K	TL = 3,0 K	TH = 3,0 K	TL = 2,0 K

## 6 Warmwasserbereitung

### 6.1 Wohngebäude

Die Bereitung des Warmwassers für das Wohngebäude wurde nicht in das Simulationsschema von TRNSYS eingebunden. Ein an der Universität Marburg entwickeltes Programm [Jordan, Ulrike] zur Generierung realistischer Brauchwasserzapfprofile kam zum Einsatz. Aufgrund statistischer Verteilungen der zu erwartenden Warmwasserzapfungen (Duschen, Baden, Handwäsche etc.) in einem Wohngebäude generiert das Programm Zapfprofile für Wohngebäude von bis zu 60 Wohneinheiten und gibt es in Minutenschritten aus. Als weiteres Ergebnis liefert das Programm den zur Erwärmung der errechneten Warmwassermenge benötigten Energiebedarf in Stundenwerten für den gesamten Simulationszeitraum (Simulationsbericht, Teil II, Daten der Simulationsergebnisse auf CD) eines Jahres. Leitungsverluste sind nicht berücksichtigt.

Im Wohngebäude wird von zwei unterschiedlichen Varianten ausgegangen. Einerseits als Beispiel für einen kleinen Warmwasserverbrauch wird von 15 Litern Warmwasser ( $60^\circ\text{C}$ ) pro Person und Tag; andererseits als Beispiel für einen größeren Warmwasserverbrauch von 30 Litern Warmwasser ( $60^\circ\text{C}$ ) pro Person und Tag. Die Arbeitsweise der Berechnung des Energiebedarfes für das Warmwasser ist auf den folgenden Seiten dargestellt.

## **6.2 Bürogebäude**

Für das Bürogebäude wurden keine Warmwasserberechnungen durchgeführt. Es wird davon ausgegangen das eine zentrale, in das Heizsystem eingebundene, Warmwasserbereitung für ein Bürogebäude der gewählten Art nicht in Frage kommt und somit für die Heizanlage ohne Bedeutung bleibt. Die zu erwartenden benötigten Warmwassermengen sind zu gering um die zu erwartenden Leitungsverluste einer zentralen Bereitung zu rechtfertigen. Die Arbeitsweise der Berechnung des Energiebedarfes für das Warmwasser ist auf den folgenden Seiten dargestellt.

Ulrike Jordan, Klaus Vajen  
FB. Physik, FG. Solar  
Universität Marburg  
D-35032 Marburg  
jordan@physik.uni-marburg.de

IEA-Task 26, Jan. 2000

## Load-Profile on a One-Minute Time Scale

A load profile for the domestic hot water demand for a period of one year was generated. In order to take into account fairly realistic conditions, a time step of one minute was chosen. The values of the flow rate and the time of occurrence of every incidence were selected by statistical means.

The basic load is 100 liters/day. The profiles are generated for higher demands in dual order (100, 200, 400, 800 liters ..), with different initial random values. In this way, it is possible to get a load profile for any multi-family house very easily by superposition.

For the IEA-Task 26 simulation studies, a mean load volume of 200 liters per day was chosen for a single family house. Figure A1 shows a three day example for this load-profile.

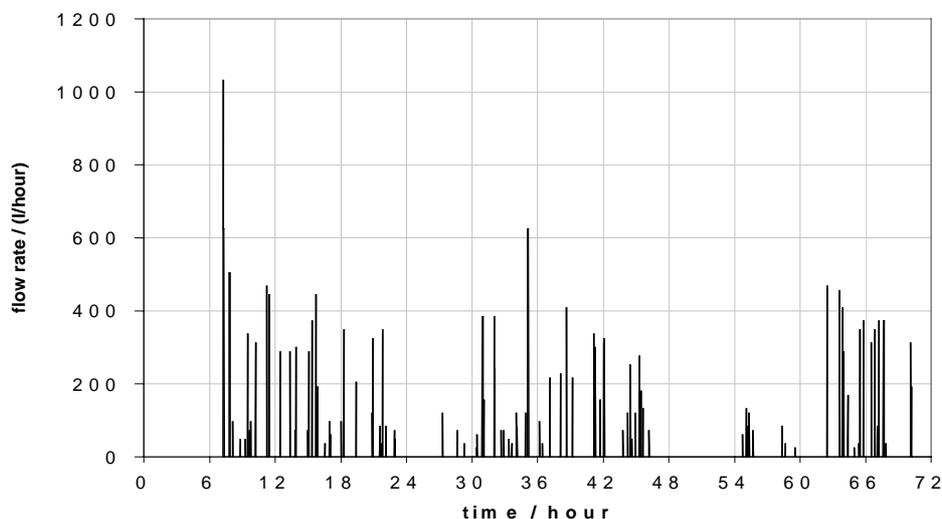


Figure A1: Load profile of 72 hours, Jan. 1st – 3rd (200 l/day).

### Basic Assumptions

Four categories of loads are defined. Every category-profile is generated separately and superponed afterwards.

For every category a mean flow rate is defined. The actual values of the flow rates are spread around the mean value with Gauss-Distribution (Figure A2):

$$prob(\dot{V}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \frac{-(\dot{V} - \dot{V}_{mean})^2}{2\sigma^2}$$

The values chosen for  $\sigma$ , for the duration of every load, and for the medium number of incidences during the day are shown in Table A1.

Flow rates in steps of 0.2 l/min = 12 l/h are taken.

A probability function, describing variations of the load profile during the year (also taking into account the (European) daylight saving time), the weekday, and the day is defined for every category.

Accumulated Frequency Method is used to distribute the incidences described by the probability function among the year.

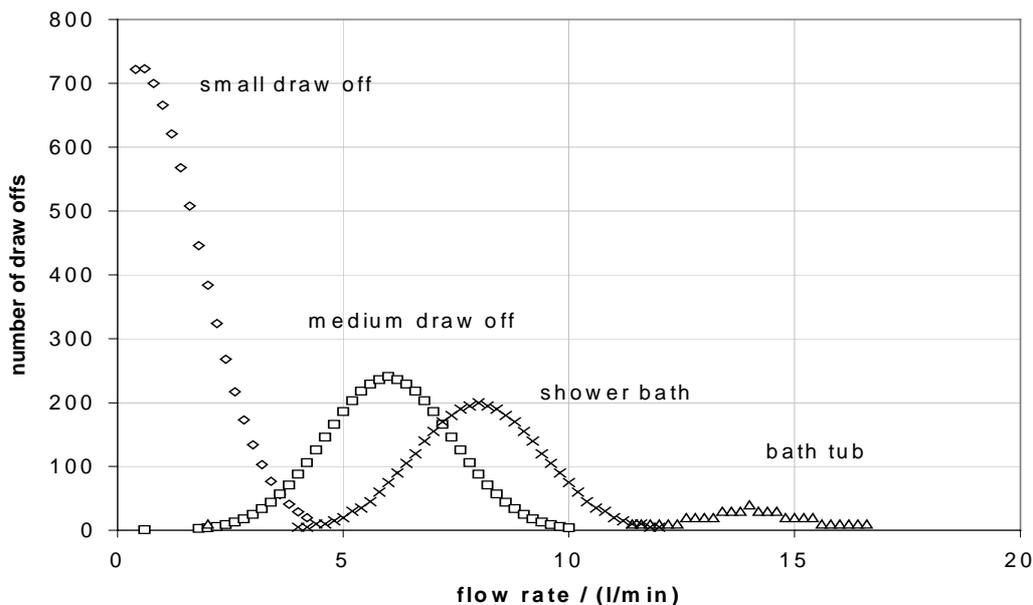


Figure A2: Distribution of the values of the flow rates, discretisation: 0.2 l/min, total number of incidences (e.g. 702 showers during the year)  $\Leftrightarrow$  sum of incidences with discrete flow rates.

The following assumptions are made:

the mean load is 200 l/day

four categories to describe the different types of loads are defined:

- cat A: short load (washing hands, etc.)
- cat B: medium load (dish-washer, etc.)
- cat C: bath
- cat D: shower

assumptions made for every specific category for

- the mean flow rate  $\dot{V}$
- the duration of one load duration
- the nr. of incidences (loads) per day inc/day
- the statistical distribution of different flow rates  $\sigma$

=>

- the mean volume of each load vol/load
- the total volume (for every category) per day vol/day
- portion of volume from the total volume (200 l/day) portion (=^ percentage)

Table A1: load profile

	cat A: short load	cat B: medium load	cat C: bath	cat D: shower	Sum
$\dot{V}$ in l/min	1	6	14	8	
duration in min	1	1	10	5	
inc/day	28	12	0.143 (once a week)	2	
$\sigma$	2	2	2	2	
vol/load in l	1	6	140	40	
vol/day in l	28	72	20	80	200
portion	0.14	0.36	0.10	0.40	1

The maximum energy of one draw off is:

$$14 \text{ l/min} * 10 \text{ min} * 1.16 \text{ Wh/(kgK)} * 35 \text{ K} = 5680 \text{ Wh}$$

(suggested max. heat demand according to DIN 4708: P = 5820 Wh)

Table A1 is based on a few research studies about DHW-consumption patterns in Switzerland and Germany, investigated by measurements of the electrical power of el. DHW-burners, measurements of temperatures or flow rates or by a representative telephone research study (e. g. /Loose91/,/Nipkow99/,/Real99/,/Dichter99/).

One-family house: Daily load in the course of the year:

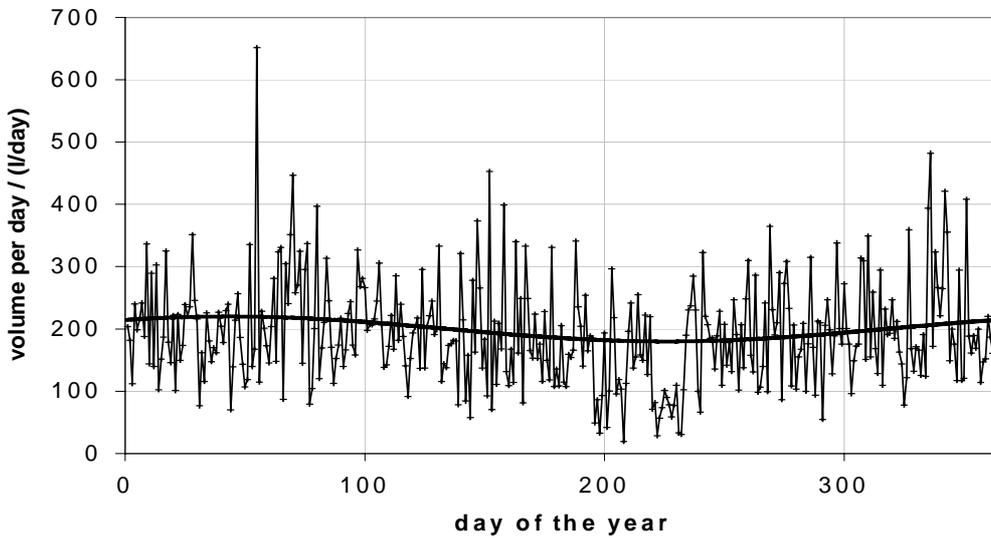


Figure A3: Distribution of draw-off volume per day during the year (mean value: holidays: 100 l/day, other days: 200 l/day,). The sinus function, used to calculate the probability during the course of the year with an amplitude of 20 l/day is shown with a bold line. Two periods of reduced discharge are taken into account, between Jul. 14th (196. day) and Jul.28th and between Aug. 8th (221. day) and Aug. 22nd .

Ten-family house: Daily load in the course of the year:

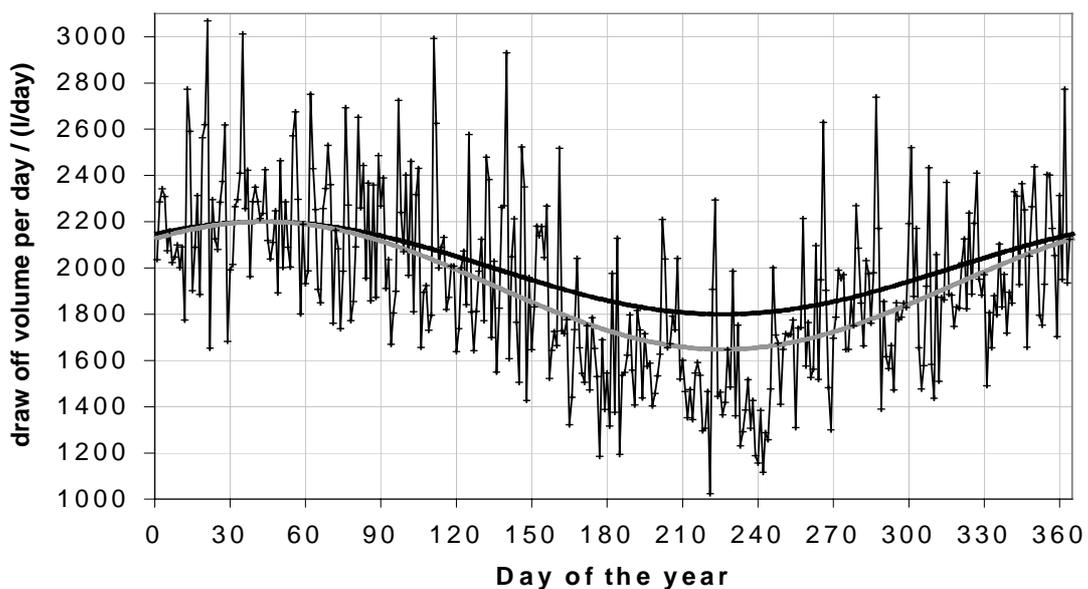


Figure A4: Distribution of the total draw-off volume per day during the year for a ten-family house (mean value: 2000 l/day). Black line (sinus function): amplitude = 200 l/day (10 %), gray

line (sinus function): amplitude = 13.8 %, with 3.8% due to two weeks holidays between June 1st and Sept.30th for every household.

Probability function

$$prob = prob(year) * prob(weekday) * prob(day) * prob(holiday)$$

- The course of probabilities during the year is described by a sinus-function with an amplitude of 10 % of the daily discharge volume (see /Mack98/). => prob(year)
- The non-equal distribution of DHW-consumption during the weekdays is only applied on the category bath (cat. 3). This was done due to the results of research studies. The probability-function prob(week) for taking a bath (gray columns) and the mean distribution for the total volume per day (black columns) are shown in Figure A5.

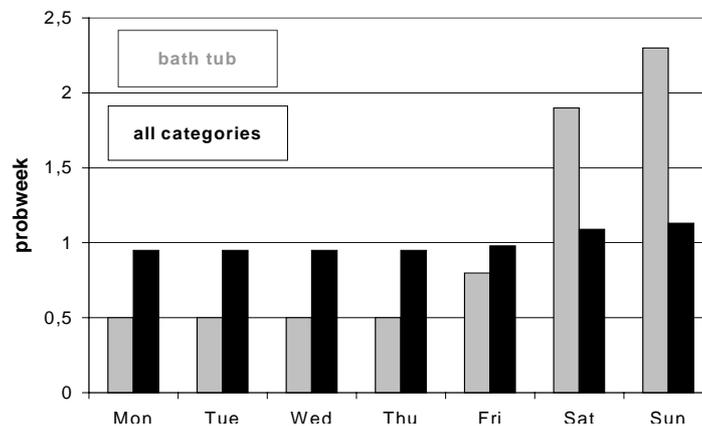


Figure A5: probability-function only for category 3 (bath), and mean value of the weekly distribution of all categories (medium load: 100 %, load Mon-Thu: 95 %, Fri: 98 %, Sat. 109 %, Sun.: 113 %). => prob(weekday)

- The assumptions for the daily distribution used, are shown in Figure A6

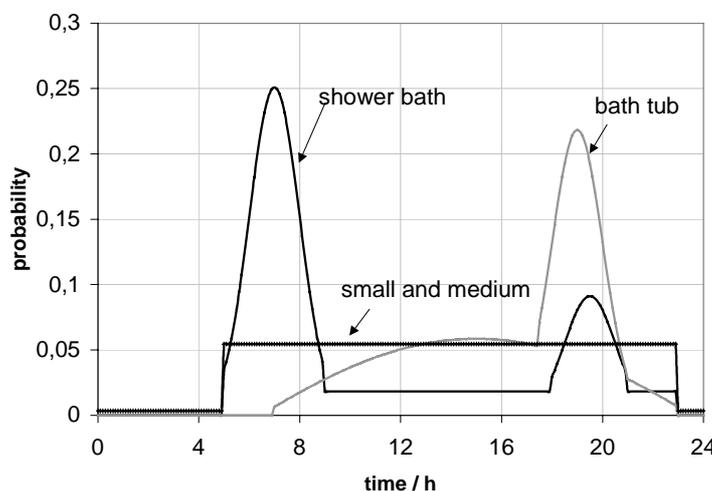


Figure A6: Probability distribution of the DHW-load in the course of the day. For a short and medium load is distributed equally between 5:00 and 23:00 h. => prob(day)

- Holidays are taken into account in two ways:
  - A period of two weeks of no DHW-consumption between June 1st and Sept. 30th is taken into account for a household with a total load of 100 l/day. The starting-day of the holidays is given by a random number. The initialization of the random number generator is set in the way, that the holidays for a one family house with a load of 100 l/day starts at Aug. 1st. For a one family house with a load of 200 l/day (Task26) the DHW-load is reduced by 100 l/day in two periods. The duration of both periods is 2 weeks, starting on Jul. 14th and Aug. 8th, respectively. In multifamily houses the number of reduced DHW-load periods is given by the daily load volume divided by 100 l/day. Therefore, for the multifamily house modeled in Task26, 20 periods are taken into account.
  - 
  - The distribution of the DHW-consumption during the year is described by a sinus-function with an amplitude of  $\pm 10\%$  of the average daily discharge volume. This variation takes into account less consumption during the summer than during the winter in general (/Mack98/ found a variation of  $\pm 25\%$ , due to variations of the cold water temperature of  $\pm 5\text{ K}$  ( $\pm 14\%$ ) and variations of the consumption patterns). Due to the two weeks of holidays described in (1.), variations of  $\pm 3.8\%$  are induced.

The probability term in order to describe a load reduction of 100 l for periods of 14 days is given by:

$$\text{prob}(\text{holiday}) = \frac{\text{mean volume of daily load} - \text{reduced volume}}{\text{mean volume of daily load}}$$

In case of a mean volume of 200 l/day, the possible values for prob(holiday) are

- prob(holiday) =  $\frac{1}{2}$       between Jul. 14th .. Jul.28th and Aug. 8th .. Aug. 22nd,
- prob(holiday) = 1      else

If the two periods were overlapping, prob(holiday) would be equal to zero during that period.

The total number of periods with a reduced load is given by the mean volume of daily load/100.

=> yearly volume taken into account:

one-family house      73 000 liter (= 365 days \* 200 l/day)  
 multi-family house    730 000 liter (= 365 days \* 200 l/day \* 10)

### Final Remarks:

The unit of the flow rates is liters/hour.

Format: The new Pascal-format is LongInt, the Trnsys (Fortran)-Format for the DataReader TYPE 9 is (F6.0).

## Literature

- /Dichter99/ Ernst Dichter: *Dusch- und Badeverhalten. Bericht zu einer Repräsentativumfrage*, Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1999.
- /Dittrich72/ A. Dittrich, B. Linneberger, W. Wegener: *Theorien zur Bedarfsermittlung und Verfahren zur Leistungskennzeichnung von Brauchwasser-Erwärmern*, HLH 23, Nr. 2, 1972.
- /Loose91/ Peter Loose: *Der Tagesgang des Trink-Warmwasser-Bedarfes*, HLH 42, Nr. 2, 1991.
- /Mack98/ Michael Mack, Christiane Schwenk, Silke Köhler: *Kollektoranlagen im Geschoßwohnungsbau – eine Zwischenbilanz*, 11. Internationales Sonnenforum, Tagungsband, pp. 45-52, Köln 1998.
- /Real99/ Markus Real, Jürg Nipkow, Lukas Tanner, Bruno Stadelmann, Fredy Dinkel: *Simulation Warmwassersysteme. Schlussbericht Forschungsprogramm Wasser*, Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, 1999.
- /Nipkow99/ Jürg Nipkow: *Warmwasser-Zapfungsverhalten. Schlussbericht*. Industrielle Betriebe der Stadt Zürich, Zürich, 1999. [http://www.stadt-zuerich.ch/kap08/energieberatung/s\\_50.html#Warmwasser-Zapfungsverhalten](http://www.stadt-zuerich.ch/kap08/energieberatung/s_50.html#Warmwasser-Zapfungsverhalten)
- /DIN 4702/ Heizkessel: Ermittlung des Norm-Nutzungsgrades und des Norm-Emissionsfaktors, Deutsches Institut für Normung
- /DIN 4708/ Zentrale Wassererwärmungsanlagen. (1) Begriffe und Berechnungsmethoden. (2) Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs von Trinkwasser in Wohngebäuden. (3) Regeln zur Leistungsprüfung von Wassererwärmern in Wohngebäuden. Deutsches Institut für Normung,



Teil II

# Simulationsergebnisse

## Teil II – Simulationsergebnisse

### Inhalt

<b>1</b>	<b>Varianten Wohngebäude .....</b>	<b>3</b>
1.1	Auslegung.....	3
1.2	Monatswerte der Varianten .....	4
1.3	Monatswerte der Parameter im Vergleich .....	7
1.4	Jahresdauerlinien.....	9
1.5	Energieverbräuche pro Jahr .....	10
<b>2</b>	<b>Varianten Bürogebäude .....</b>	<b>12</b>
2.1	Auslegung.....	12
2.2	Monatswerte der Varianten .....	13
2.3	Monatswerte der Parameter im Vergleich .....	16
2.4	Jahresdauerlinien.....	18
2.5	Energieverbräuche pro Jahr .....	19
<b>3</b>	<b>Daten der Simulationsergebnisse auf CD .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>Thermische Gebäude und Anlagensimulation .....</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Literaturhinweise.....</b>	<b>26</b>

# 1 Varianten Wohngebäude

## 1.1 Auslegung

Als Wärmeabgabesystem werden Plattenheizkörper mit einer Bauhöhe von 0,6 m und einer Norm-Wärmeleistung von 1263 W/m gewählt. Die Vorlauftemperatur ist aussentemperatur-geregelt (siehe Simulationsbericht, Teil I , Kapitel 3.3) und wird bei den Referenzgebäuden mit 50°C (bei Normaussentemperatur : -12°C) angesetzt; die Rücklauftemperatur mit 40°C. Für die Variationen der Referenzgebäude wird die Vorlauftemperatur einer Variante derart verändert, dass die Heizkörperlänge in der Auslegung einer Variante der Heizkörperlänge der jeweiligen Referenzvariante entspricht. Auf diese Weise werden alle Varianten eines Gebäudetyps mit einem gleichartigen Heizkörper versehen, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist. Die Auslegungsparameter der unterschiedlichen Varianten zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1 Auslegungsparameter der unterschiedlichen Varianten des Wohngebäudes

Auslegung der Heizkörper							
	Auslegungs- heizlast des Gebäudes	Norm- Wärme- leistung des Heizkörpers 1)	Heizkörper- bauhöhe 1)	Heizkörper- fläche unter Norm- Wärme- leistung	mittlere Temperatur- differenz zwischen mittlerer Heizkörper- temperatur und der Raumluf	Vorlauf- temperatur	Temperatur- differenz von Vorlauf zu Rücklauf
	[ W ]	[ W/m ]	[ m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]
Referenz_Wohngebäude	42140	1263	0,6	20,02	60	<b>50</b>	<b>10</b>
Variante_Wohn 1	42140	1263	0,6	20,02	60	50	10
Variante_Wohn 2	40840	1263	0,6	19,40	60	49,43	10
Variante_Wohn 3	43800	1263	0,6	20,81	60	50,72	10
Variante_Wohn 4	38230	1263	0,6	18,16	60	48,26	10
Variante_Wohn 5	37820	1263	0,6	17,97	60	48,08	10
Variante_Wohn 6	48760	1263	0,6	23,16	60	52,85	10
Variante_Wohn 7	51590	1263	0,6	24,51	60	54,04	10
Variante_Wohn 8	44940	1263	0,6	21,35	60	51,22	10

	Temperatur- differenz von mittlerer Heizkörper- temperatur zu Raumluf	Heizkörper- Exponent	Wärme- abgabe des Heizkörpers	Heizkörper- fläche	Massenstrom		Heizkörper- länge
	[ °C ]	[ - ]	[ W/m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ kg/s ]	[ kg/h ]	[ m ]
Referenz_Wohngebäude	24	1,3	383,78	65,88	1,008	3629,3	109,8
Variante_Wohn 1	24	1,3	383,78	65,88	1,008	3629,3	109,8
Variante_Wohn 2	23,43	1,3	371,97	65,88	0,977	3517,3	109,8
Variante_Wohn 3	24,72	1,3	398,81	65,90	1,048	3772,2	109,8
Variante_Wohn 4	22,26	1,3	348,01	65,91	0,915	3292,5	109,8
Variante_Wohn 5	22,08	1,3	344,35	65,90	0,905	3257,2	109,8
Variante_Wohn 6	26,85	1,3	444,05	65,88	1,167	4199,4	109,8
Variante_Wohn 7	28,04	1,3	469,81	65,89	1,234	4443,2	109,8
Variante_Wohn 8	25,22	1,3	409,33	65,87	1,075	3870,4	109,8

1) Plattenheizkörper laut: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Recknagel, Sprenger, Hönnmann; R. Oldenbourg Verlag München Wien

### 1.2 Monatswerte der Varianten

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Referenz\_Wohnbau**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9538	955	673	4489	15360	14010	-576
FEB	0	-6645	866	609	3562	9316	9687	410
MAR	-109	-6187	958	675	4826	5388	8895	2240
APR	-274	-3898	928	653	3414	1422	5687	2403
MAY	-405	-3078	957	674	2749	207	4645	2232
JUNE	-739	-2368	928	653	2097	-5	3728	2045
JULY	-1986	-2446	958	675	2335	5	3923	3295
AUG	-1110	-2553	957	674	2305	-1	4045	2553
SEPT	-482	-3062	930	654	2265	110	4648	2415
OCT	-507	-4442	957	674	3834	1945	6555	2848
NOV	-36	-5790	926	652	2249	8523	8472	40,51
DEC	0	-9016	960	676	2696	16780	13220	-1857
<b>Summe</b>	<b>-5648</b>	<b>-59020</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>36820</b>	<b>59050</b>	<b>87510</b>	<b>18050</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Wohn 1**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-8379	955	673	2937	14620	12380	-1079
FEB	0	-6698	866	609	3457	9880	9844	162,1
MAR	0	-6032	958	675	4886	5903	8829	1705
APR	0	-4335	928	653	3619	2103	6418	2187
MAY	-459	-3196	957	674	3273	252	4903	2370
JUNE	-1602	-2333	928	653	2656	-11	3834	2775
JULY	-3159	-2140	958	675	2639	7	3686	4108
AUG	-2560	-2481	957	674	2762	5	4244	3849
SEPT	-1569	-2870	930	654	2949	409	4569	3101
OCT	-44	-4261	957	674	3715	2457	6379	1911
NOV	0	-5982	926	652	3262	8289	8830	388,5
DEC	0	-7885	960	676	2729	13750	11570	-988,8
<b>Summe</b>	<b>-9392</b>	<b>-56590</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>38880</b>	<b>57660</b>	<b>85490</b>	<b>20490</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Wohn 2**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9513	955	673	3354	16010	13070	-942,8
FEB	0	-6618	866	609	2848	9967	9061	18,21
MAR	0	-6134	958	675	4096	6453	8289	1463
APR	-67	-3794	928	653	2890	1986	5230	1727
MAY	-38	-2934	957	674	2430	432	4206	1560
JUNE	-202	-2225	928	653	1661	-4	3353	1320
JULY	-1394	-2246	958	675	1965	7	3463	2476
AUG	-261	-2414	957	674	1786	-2	3660	1566
SEPT	-33	-2909	930	654	1984	357	4199	1659
OCT	-8	-4329	957	674	3444	2608	6028	1855
NOV	0	-5769	926	652	1782	8894	7959	-207,2
DEC	0	-9005	960	676	1996	16870	12380	-1879
<b>Summe</b>	<b>-2003</b>	<b>-57890</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>30240</b>	<b>63570</b>	<b>80890</b>	<b>10620</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

Variante\_Wohn 3

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	-138	-9547	955	673	5371	14710	15170	-72,21
FEB	-322	-6646	866	609	4097	8774	10430	1044
MAR	-641	-6247	958	675	5628	4526	9664	3334
APR	-839	-4030	928	653	4060	910	6290	3406
MAY	-1045	-3217	957	674	3048	79	5163	3167
JUNE	-1520	-2488	928	653	2650	-7	4132	2998
JULY	-2761	-2730	958	675	2989	6	4606	4355
AUG	-2170	-2712	957	674	2963	-1	4542	3769
SEPT	-1249	-3235	930	654	2798	23	5222	3488
OCT	-1390	-4593	957	674	4516	1265	7267	4237
NOV	-159	-5827	926	652	2622	8187	9152	354,2
DEC	-27	-9028	960	676	3355	16760	14300	-1843
<b>Summe</b>	<b>-12260</b>	<b>-60300</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>44100</b>	<b>55230</b>	<b>95930</b>	<b>28240</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

Variante\_Wohn 4

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9553	955	673	4432	12700	11250	1111
FEB	-21	-6653	866	609	3350	7385	7708	1608
MAR	-217	-6230	958	675	4529	3827	7074	3288
APR	-531	-3983	928	653	3125	743	4502	3060
MAY	-795	-3210	957	674	2502	18	3694	2889
JUNE	-1271	-2468	928	653	2097	-5	2906	2729
JULY	-2512	-2608	958	675	2335	5	3111	3953
AUG	-1828	-2661	957	674	2305	-1	3164	3372
SEPT	-964	-3218	930	654	2127	10	3726	3116
OCT	-860	-4535	957	674	3674	1006	5210	3784
NOV	-64	-5807	926	652	2181	6809	6700	1111
DEC	0	-9023	960	676	2659	14190	10590	-201,2
<b>Summe</b>	<b>-9062</b>	<b>-59950</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>35320</b>	<b>46690</b>	<b>69640</b>	<b>29820</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

Variante\_Wohn 5

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-9513	955	673	2777	14530	11520	6,576
FEB	0	-6616	866	609	2279	9299	8147	444,2
MAR	0	-6119	958	675	3289	6279	7512	1571
APR	0	-3752	928	653	2208	2169	4815	1540
MAY	0	-2836	957	674	1888	619	3843	1358
JUNE	-69	-2105	928	653	1206	3	3043	1033
JULY	-1174	-2128	958	675	1463	42	3154	2155
AUG	-59	-2336	957	674	1431	-1	3392	1218
SEPT	-6	-2841	930	654	1767	455	3891	1516
OCT	-4	-4298	957	674	2926	2645	5550	1810
NOV	0	-5765	926	652	1430	8352	7251	138
DEC	0	-9006	960	676	1647	15370	10960	-916,1
<b>Summe</b>	<b>-1312</b>	<b>-57310</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>24310</b>	<b>59760</b>	<b>73090</b>	<b>11870</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>Variante_Wohn 6</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-12230	1148	769	4538	17720	14000	314,5
FEB	0	-8517	1041	697	3640	10860	9681	1062
MAR	-111	-7939	1152	772	4882	6754	8883	2879
APR	-216	-4988	1116	747	3513	1978	5650	2825
MAY	-305	-3886	1150	771	2903	412	4547	2563
JUNE	-593	-2977	1116	747	2097	-5	3637	2225
JULY	-1858	-3105	1152	772	2403	16	3862	3484
AUG	-935	-3230	1150	771	2328	0	3975	2714
SEPT	-377	-3858	1118	748	2411	263	4554	2717
OCT	-429	-5658	1150	771	3933	2625	6499	3298
NOV	-33	-7422	1114	746	2308	9810	8466	603,1
DEC	0	-11550	1154	773	2696	18990	13220	-1027
<b>Summe</b>	<b>-4855</b>	<b>-75360</b>	<b>13560</b>	<b>9081</b>	<b>37650</b>	<b>69420</b>	<b>86970</b>	<b>23660</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>Variante_Wohn 7</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-13470	955	673	4538	19550	13990	800,9
FEB	0	-9384	866	609	3641	12230	9679	1440
MAR	-101	-8732	958	675	4896	8035	8870	3277
APR	-152	-5440	928	653	3621	2693	5596	3167
MAY	-112	-4149	957	674	3031	853	4413	2818
JUNE	-255	-3138	928	653	2343	25	3490	2398
JULY	-1497	-3249	958	675	2495	103	3687	3665
AUG	-481	-3395	957	674	2484	32	3806	2838
SEPT	-203	-4082	930	654	2703	624	4374	2999
OCT	-333	-6171	957	674	4091	3512	6435	3637
NOV	-31	-8167	926	652	2318	11110	8460	964,9
DEC	0	-12730	960	676	2696	20720	13220	-561,7
<b>Summe</b>	<b>-3165</b>	<b>-82110</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>38860</b>	<b>79480</b>	<b>86020</b>	<b>27440</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				
<b>Variante_Wohn 8</b>								
	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	-60	-10230	955	673	3739	17350	15170	-1078
FEB	-232	-7259	866	609	2896	11270	10700	70,26
MAR	-623	-6833	958	675	4044	7694	9948	2067
APR	-413	-4418	928	653	3077	2841	6518	2300
MAY	-354	-3472	957	674	2727	1251	5268	2115
JUNE	-485	-2644	928	653	2224	222	4158	1929
JULY	-1692	-2652	958	675	2500	255	4247	3095
AUG	-743	-2810	957	674	2424	195	4447	2399
SEPT	-439	-3409	930	654	2528	1044	5193	2228
OCT	-880	-4990	957	674	3524	3792	7437	2761
NOV	-168	-6445	926	652	1936	10470	9553	-349
DEC	-9	-9710	960	676	2421	18660	14390	-2362
<b>Summe</b>	<b>-6097</b>	<b>-64870</b>	<b>11280</b>	<b>7940</b>	<b>34040</b>	<b>75040</b>	<b>97030</b>	<b>15180</b>

### 1.3 Monatswerte der Parameter im Vergleich

Einige der im Kapitel „1.2 Monatswerte der Varianten“ angeführten Ergebnisse der Variationsrechnungen des Wohngebäudes werden einer vergleichenden Auswertung unterzogen. Die Ergebnisse sind von Abbildung 1 bis Abbildung 4 dargestellt.

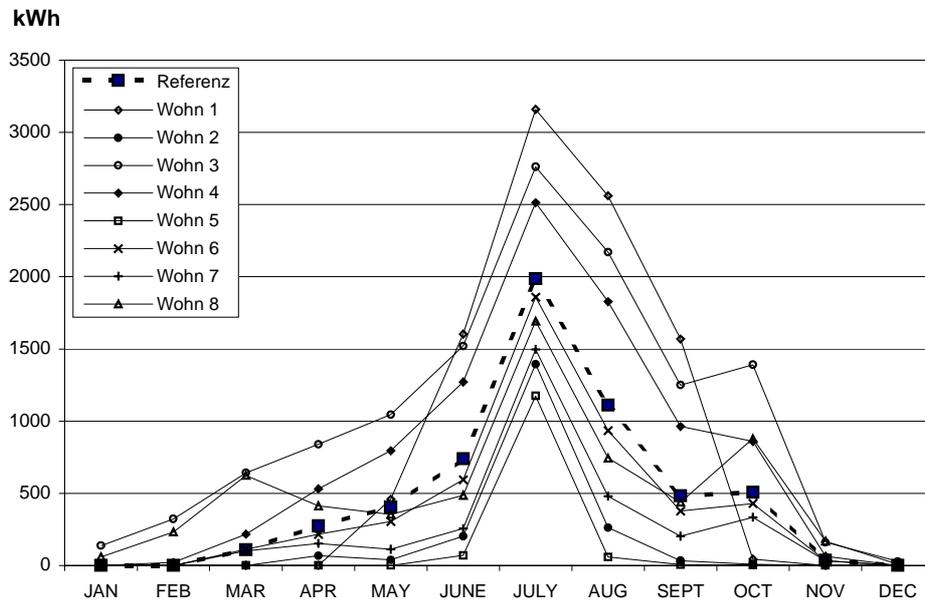


Abbildung 1 Lüftungswärmeverluste durch Überhitzungslüftung im Wohngebäude

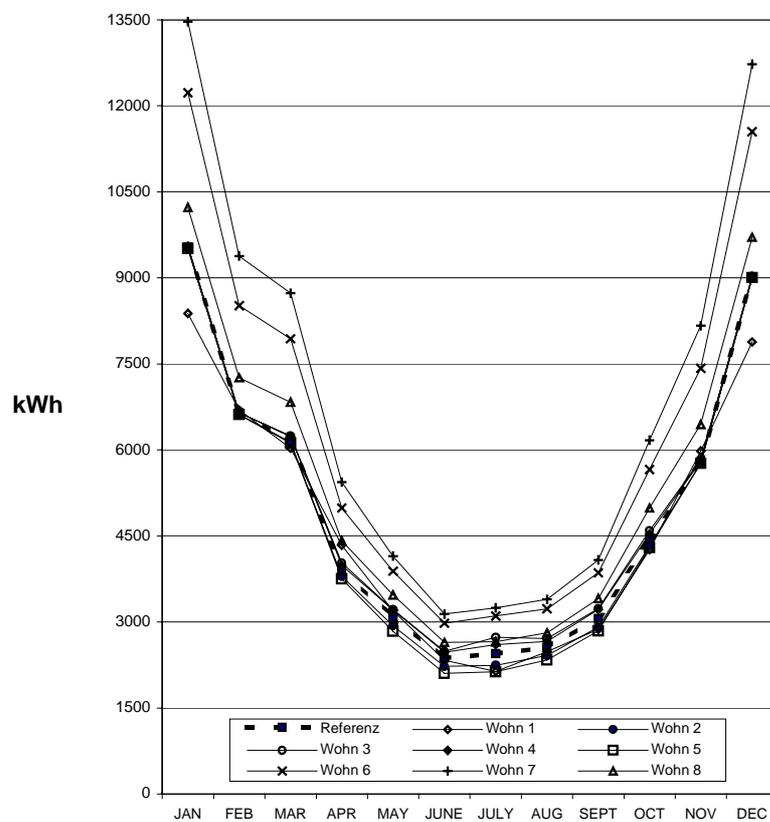


Abbildung 2 hygienische Lüftungswärmeverluste im Wohngebäude

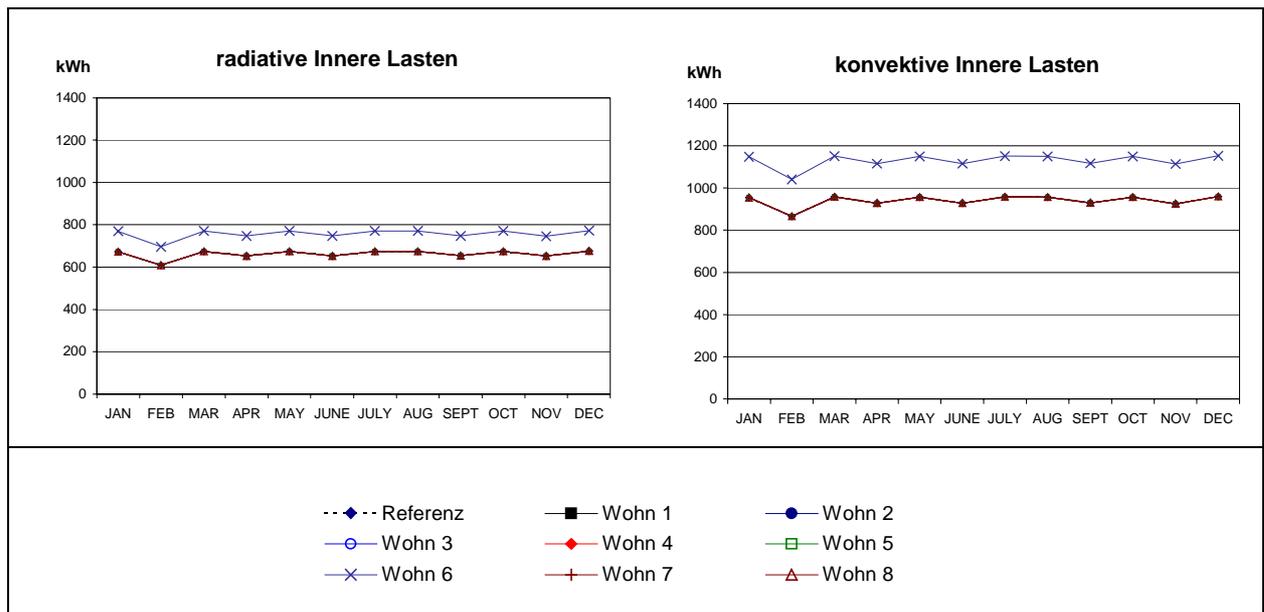


Abbildung 3 Monatswerte der Inneren Lasten im Wohngebäude

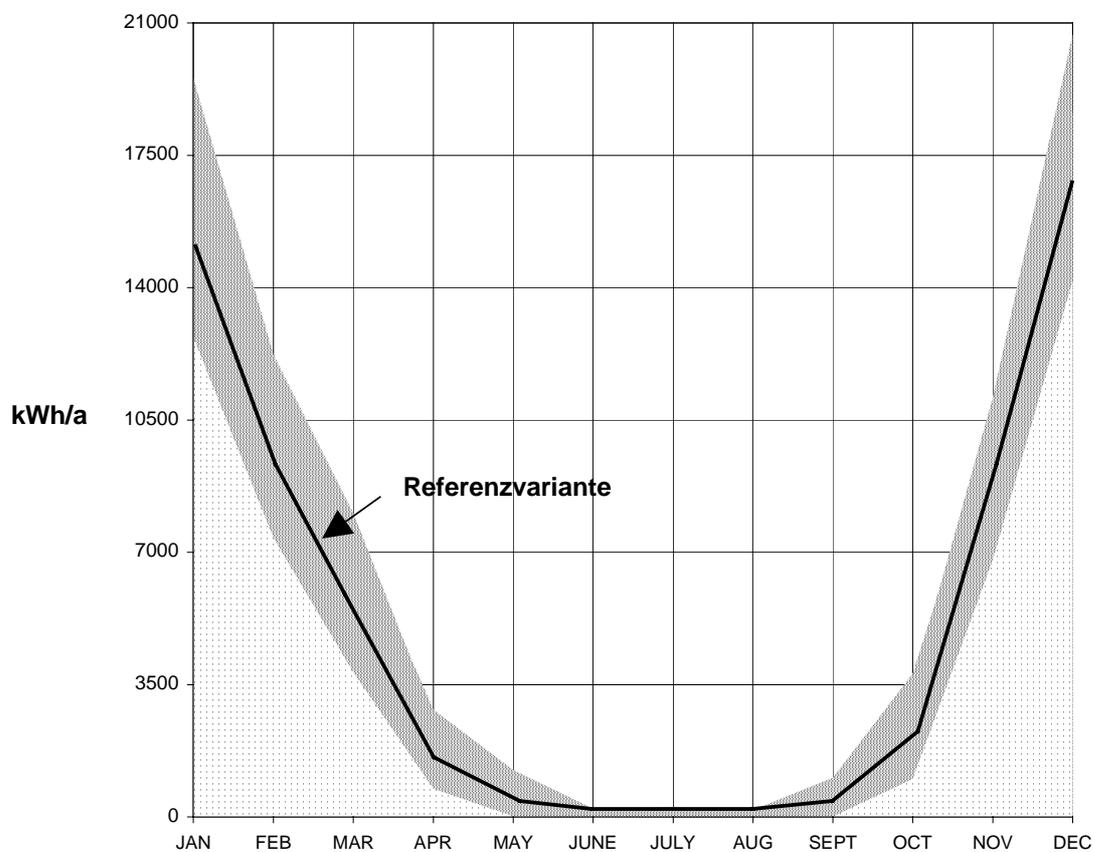


Abbildung 4 Bandbreiten der monatlichen Wärmeabgabe des Heizkörpers in den Varianten des Wohngebäudes

### 1.4 Jahresdauerlinien

Wenn die Stundenwerte der Wärmeabgabe des Heizkörpers nach ihrer Größe geordnet werden, erhält man die Jahresdauerlinien der Varianten. Sie geben ein Bild über die Häufigkeit der im Simulationsjahr auftretenden Leistungsanforderungen (Abbildung 5, Abbildung 6).

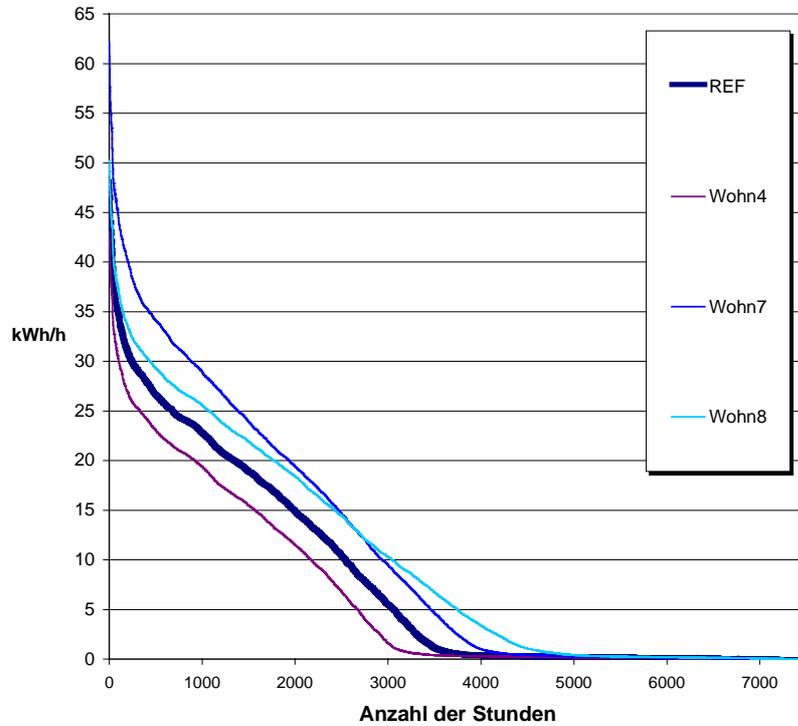


Abbildung 5 Jahresdauerlinien einiger Varianten des Wohngebäudes

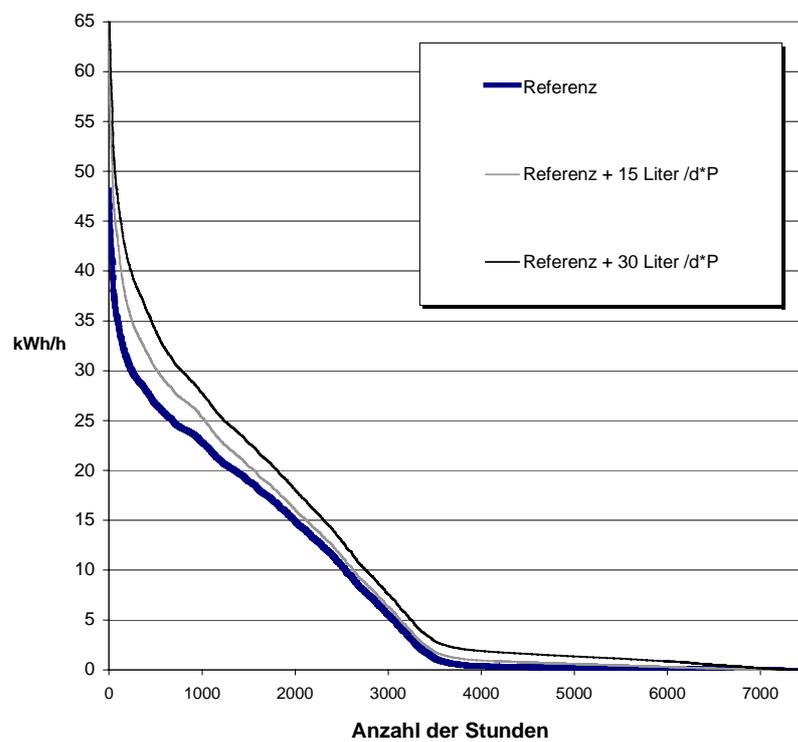


Abbildung 6 Jahresdauerlinien der Referenzvariante ohne und mit Warmwasserbereitung (Wohngebäude)

### 1.5 Energieverbräuche pro Jahr

Tabelle 2 Bandbreiten der monatlichen Wärmeabgabe des Heizkörpers in den Varianten des Wohngebäudes

Energiebedarf der Varianten des Wohngebäudes [ kWh/a ]									
	Referenz	Wohn 1	Wohn 2	Wohn 3	Wohn 4	Wohn 5	Wohn 6	Wohn 7	Wohn 8
Wärmeabgabe des Heizkörpers	59050	57660	63570	55230	46690	59760	69420	79480	75040
Energiebedarf Warmwasser; 15 l/Pd (60°C)	8510	8510	8510	8510	8510	8510	12758	8510	8510
Energiebedarf Warmwasser; 30 l/Pd (60°C)	19145	19145	19145	19145	19145	19145	25526	19145	19145
Wärmeabgabe Heizkörper + Energiebedarf Warmwasser; 15 l/Pd (60°C)	<b>67560</b>	<b>66170</b>	<b>72080</b>	<b>63740</b>	<b>55200</b>	<b>68270</b>	<b>82178</b>	<b>87990</b>	<b>83550</b>
Wärmeabgabe Heizkörper + Energiebedarf Warmwasser; 30 l/Pd (60°C)	<b>78195</b>	<b>76805</b>	<b>82715</b>	<b>74375</b>	<b>65835</b>	<b>78905</b>	<b>94946</b>	<b>98625</b>	<b>94185</b>

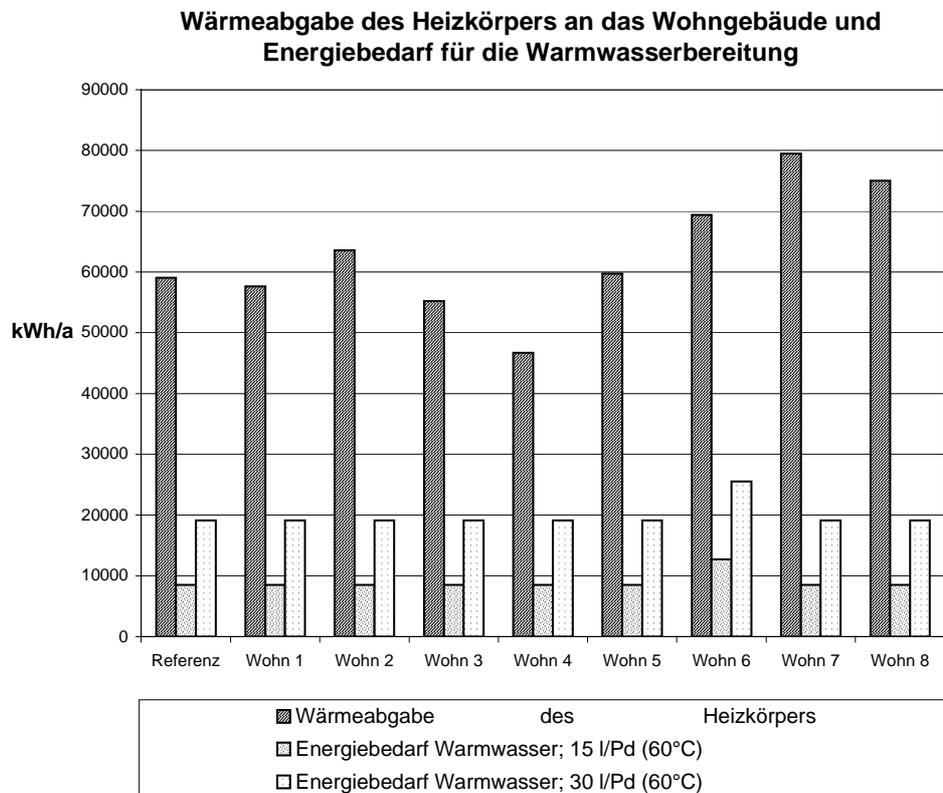


Abbildung 7 Energiebedarf des Wohngebäudes für den Simulationszeitraum eines Jahres

Tabelle 3 Energiebedarf des Wohngebäudes für den Simulationszeitraum eines Jahres bezogen auf die Nutzfläche

<b>Energiebedarf der Varianten des Wohngebäudes pro m<sup>2</sup> Nutzfläche [ kWh/m<sup>2</sup>a ]</b>									
	Referenz	Wohn 1	Wohn 2	Wohn 3	Wohn 4	Wohn 5	Wohn 6	Wohn 7	Wohn 8
Wärmeabgabe des Heizkörpers	64	62	68	59	50	64	75	85	81
Energiebedarf Warmwasser; 15 l/Pd (60°C)	9	9	9	9	9	9	14	9	9
Energiebedarf Warmwasser; 30 l/Pd (60°C)	21	21	21	21	21	21	27	21	21
<b>Wärmeabgabe Heizkörper + Energiebedarf Warmwasser; 15 l/Pd (60°C)</b>	<b>73</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	<b>69</b>	<b>59</b>	<b>73</b>	<b>88</b>	<b>95</b>	<b>90</b>
<b>Wärmeabgabe Heizkörper + Energiebedarf Warmwasser; 30 l/Pd (60°C)</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>89</b>	<b>80</b>	<b>71</b>	<b>85</b>	<b>102</b>	<b>106</b>	<b>101</b>

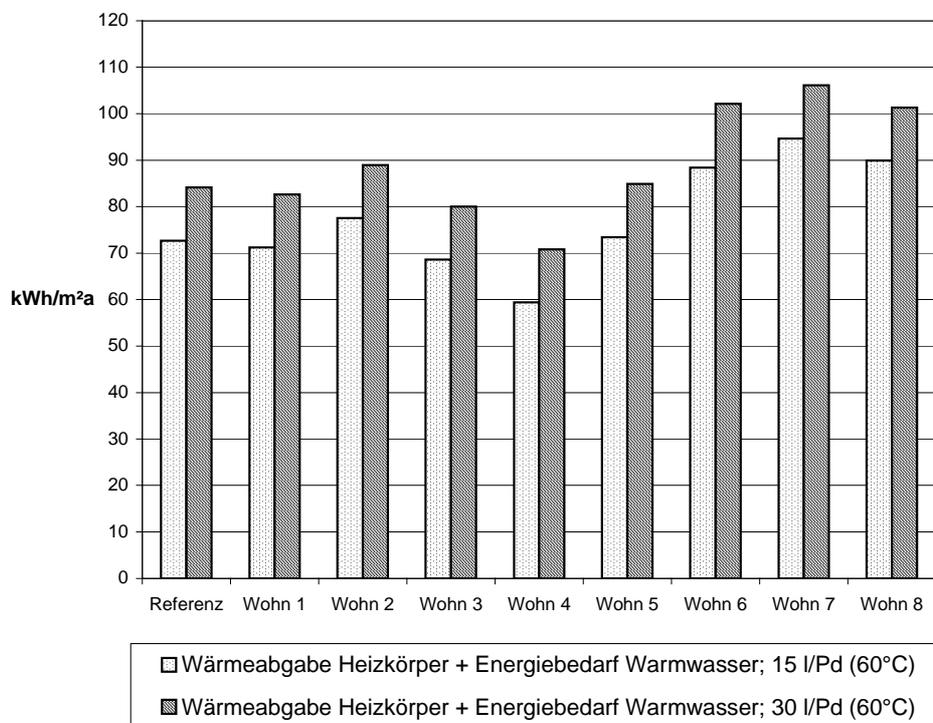


Abbildung 8 Energiebedarf des Wohngebäudes für den Simulationszeitraum eines Jahres bezogen auf die Nutzfläche

## 2 Varianten Bürogebäude

### 2.1 Auslegung

Als Wärmeabgabesystem werden Plattenheizkörper mit einer Bauhöhe von 0,6 m und einer Norm-Wärmeleistung von 1263 W/m gewählt (siehe Simulationsbericht, Teil I , Kapitel 3.3). Die Vorlauftemperatur wird in den Referenzgebäuden mit 50°C angesetzt (bei Normaussen-temperatur: -12°C); die Rücklauftemperatur mit 40°C.

Tabelle 4 Auslegungsparameter der unterschiedlichen Varianten des Bürogebäudes

Auslegung der Heizkörper							
	Auslegungs- heizlast des Gebäudes	Norm- Wärme- leistung des Heizkörpers 1)	Heizkörper- bauhöhe 1)	Heizkörper- fläche unter Norm- Wärme- leistung	mittlere Temperatur- differenz zwischen mittlerer Heizkörper- temperatur und der Raumluft	Vorlauf- temperatur	Temperatur- differenz von Vorlauf zu Rücklauf
	[ W ]	[ W/m ]	[ m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ °C ]	[ °C ]	[ °C ]
Referenz_Bürogebäude	43130	1263	0,6	20,49	60	<b>50</b>	<b>10</b>
Variante_Büro 1	43130	1263	0,6	20,49	60	50	10
Variante_Büro 2	40240	1263	0,6	19,12	60	48,7	10
Variante_Büro 3	46500	1263	0,6	22,09	60	51,5	10
Variante_Büro 4	39740	1263	0,6	18,88	60	48,48	10
Variante_Büro 5	38680	1263	0,6	18,38	60	48	10
Variante_Büro 6	38340	1263	0,6	18,21	60	47,84	10
Variante_Büro 7	47300	1263	0,6	22,47	60	51,84	10
Variante_Büro 8	51780	1263	0,6	24,60	60	53,78	10
Variante_Büro 9	46070	1263	0,6	21,89	60	51,3	10

	Temperatur- differenz von mittlerer Heizkörper- temperatur zu Raumluft	Heizkörper- Exponent	Wärme- abgabe des Heizkörpers	Heizkörper- fläche	Massenstrom		Heizkörper- länge
	[ °C ]	[ - ]	[ W/m ]	[ m <sup>2</sup> ]	[ kg/s ]	[ kg/h ]	[ m ]
Referenz_Bürogebäude	25	1,3	404,70	63,94	1,032	3714,5	106,6
Variante_Büro 1	25	1,3	404,70	63,94	1,032	3714,5	106,6
Variante_Büro 2	23,7	1,3	377,55	63,95	0,963	3465,6	106,6
Variante_Büro 3	26,5	1,3	436,54	63,91	1,112	4004,8	106,6
Variante_Büro 4	23,48	1,3	373,00	63,92	0,951	3422,6	106,6
Variante_Büro 5	23	1,3	363,12	63,91	0,925	3331,3	106,6
Variante_Büro 6	22,84	1,3	359,84	63,93	0,917	3302,0	106,6
Variante_Büro 7	26,84	1,3	443,84	63,94	1,132	4073,7	106,6
Variante_Büro 8	28,78	1,3	485,99	63,93	1,239	4459,5	106,6
Variante_Büro 9	26,3	1,3	432,26	63,95	1,102	3967,8	106,6

1) Plattenheizkörper laut: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Recknagel, Sprenger, Hönnann; R. Oldenbourg Verlag München Wien

## 2.2 Monatswerte der Varianten

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

### Referenz\_Bürobau

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7910	1719	690	3738	13750	13110	-1400
FEB	0	-5349	1490	591	3212	8053	8879	-184
MAR	0	-4684	1602	607	4513	4416	8075	960
APR	-105	-2798	1545	603	3607	794	5095	1172
MAY	-284	-2207	1787	758	2929	25	4212	1010
JUNE	-611	-1598	1685	733	2414	-5	3443	728
JULY	-1658	-1566	1745	760	2578	4	3505	1743
AUG	-696	-1791	1818	790	2419	1	3645	919
SEPT	-153	-2134	1583	674	2446	47	4083	993
OCT	-13	-3310	1742	713	3627	1656	5742	1147
NOV	0	-4657	1695	710	2055	7180	7658	-408
DEC	0	-7310	1645	692	2263	14880	12310	-2221
<b>Summe</b>	<b>-3521</b>	<b>-45310</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>35800</b>	<b>50800</b>	<b>79760</b>	<b>4459</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

### Variante\_Büro 1

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7129	1719	690	2880	12630	11500	-1059
FEB	0	-5571	1490	591	3489	8230	9085	108
MAR	0	-4910	1602	607	4729	4502	8056	1391
APR	0	-3379	1545	603	3857	1473	5749	1423
MAY	-267	-2421	1787	758	3602	128	4349	1327
JUNE	-1102	-1688	1685	733	3137	-7	3323	1598
JULY	-2056	-1508	1745	760	2901	2	3274	2093
AUG	-1703	-1811	1818	790	2895	6	3526	2097
SEPT	-782	-2161	1583	674	2974	185	3969	1638
OCT	-53	-3440	1742	713	3737	1659	5739	1445
NOV	0	-4969	1695	710	3185	6629	8047	361,9
DEC	0	-6419	1645	692	2699	11720	10690	-1058
<b>Summe</b>	<b>-5962</b>	<b>-45410</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>40080</b>	<b>47160</b>	<b>77300</b>	<b>11360</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direkt- strahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissions- wärme- verluste	Konvektion aller Innen- oberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

### Variante\_Büro 2

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7855	1719	690	2266	13790	11070	-1207
FEB	0	-5293	1490	591	2078	8352	7566	-267,8
MAR	0	-4585	1602	607	3310	5099	6867	700
APR	-24	-2645	1545	603	2677	1238	4278	937,2
MAY	-31	-2019	1787	758	2342	101	3478	893,3
JUNE	-131	-1393	1685	733	1739	-5	2801	393,4
JULY	-1099	-1409	1745	760	1719	5	2953	1101
AUG	-144	-1602	1818	790	1666	0	3005	489,5
SEPT	0	-1962	1583	674	2000	125	3385	1032
OCT	0	-3194	1742	713	2937	1996	4895	1119
NOV	0	-4613	1695	710	1387	7208	6575	-257,9
DEC	0	-7288	1645	692	1380	14340	10460	-1692
<b>Summe</b>	<b>-1429</b>	<b>-43860</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>25500</b>	<b>52250</b>	<b>67340</b>	<b>3241</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 3**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7938	1719	690	4682	14770	15460	-2197
FEB	0	-5376	1490	591	3919	8525	10400	-570,7
MAR	-111	-4773	1602	607	5573	4554	9509	905,1
APR	-302	-2912	1545	603	4338	848	6013	1316
MAY	-790	-2369	1787	758	3907	15	5053	1483
JUNE	-1286	-1743	1685	733	3420	-5	4095	1524
JULY	-2269	-1732	1745	760	3645	5	4184	2522
AUG	-1348	-1935	1818	790	3452	1	4312	1662
SEPT	-621	-2247	1583	674	3249	92	4811	1444
OCT	-263	-3415	1742	713	4526	1590	6758	1322
NOV	-30	-4689	1695	710	2606	7582	8927	-756,4
DEC	0	-7334	1645	692	3138	15880	14510	-2970
<b>Summe</b>	<b>-7021</b>	<b>-46460</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>46450</b>	<b>53860</b>	<b>94040</b>	<b>5684</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 4**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7928	1719	690	3723	11490	10740	43,36
FEB	0	-5361	1490	591	3110	6513	7215	761,1
MAR	0	-4725	1602	607	4335	3254	6573	1646
APR	-169	-2882	1545	603	3372	420	4183	1479
MAY	-543	-2331	1787	758	2704	-3	3513	1304
JUNE	-1034	-1689	1685	733	2392	-5	2837	1242
JULY	-2034	-1641	1745	760	2558	3	2852	2194
AUG	-1136	-1883	1818	790	2378	1	2995	1445
SEPT	-377	-2227	1583	674	2214	12	3370	1298
OCT	-51	-3375	1742	713	3419	920	4686	1608
NOV	0	-4678	1695	710	2036	5780	6205	430,1
DEC	0	-7318	1645	692	2263	12670	10050	-785,6
<b>Summe</b>	<b>-5344</b>	<b>-46040</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>34500</b>	<b>41050</b>	<b>65220</b>	<b>12670</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 5**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7872	1719	690	2276	12820	10560	-402,2
FEB	0	-5311	1490	591	2005	8012	7371	201,3
MAR	0	-4607	1602	607	2969	5190	6762	1088
APR	-22	-2636	1545	603	2415	1483	4269	1191
MAY	-35	-1996	1787	758	2156	171	3491	1014
JUNE	-134	-1383	1685	733	1630	-5	2846	481,5
JULY	-1021	-1395	1745	760	1611	5	2990	1160
AUG	-160	-1588	1818	790	1577	1	3049	572,1
SEPT	-8	-1952	1583	674	1800	297	3434	1083
OCT	0	-3209	1742	713	2645	2152	4912	1263
NOV	0	-4626	1695	710	1319	6989	6491	-8,935
DEC	0	-7293	1645	692	1375	13380	10010	-1082
<b>Summe</b>	<b>-1380</b>	<b>-43870</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>23780</b>	<b>50500</b>	<b>66190</b>	<b>6560</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 6**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-7170	1371	597	3738	13110	13130	-1732
FEB	0	-4856	1181	504	3170	7603	8881	-465,4
MAR	0	-4273	1208	459	4512	4289	8077	803
APR	-80	-2556	1205	495	3566	743	5087	1021
MAY	-239	-2018	1442	668	2895	12	4213	872,9
JUNE	-534	-1462	1361	644	2432	-6	3411	687,8
JULY	-1673	-1454	1412	670	2580	5	3511	1652
AUG	-609	-1629	1469	694	2399	1	3624	832
SEPT	-145	-1967	1282	598	2380	37	4102	790
OCT	-11	-3020	1379	605	3542	1545	5754	898,5
NOV	0	-4228	1352	610	2060	6720	7669	-674,6
DEC	0	-6648	1323	606	2263	14120	12320	-2580
<b>Summe</b>	<b>-3289</b>	<b>-41280</b>	<b>15990</b>	<b>7150</b>	<b>35540</b>	<b>48180</b>	<b>79770</b>	<b>2105</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 7**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-8675	2074	786	3738	14200	13110	-1154
FEB	0	-5857	1797	670	3212	8279	8878	-22,72
MAR	0	-5113	1891	644	4500	4552	8080	1061
APR	-128	-3062	1858	677	3569	840	5116	1190
MAY	-356	-2430	2142	854	2914	28	4249	1047
JUNE	-720	-1755	2014	821	2413	-5	3480	779,4
JULY	-1768	-1727	2086	852	2580	4	3552	1779
AUG	-846	-1967	2174	885	2419	1	3668	1004
SEPT	-217	-2334	1893	755	2435	50	4106	1047
OCT	-28	-3627	2078	789	3600	1712	5749	1211
NOV	0	-5112	2026	792	2052	7354	7664	-271,4
DEC	0	-7993	1974	781	2263	15310	12310	-1984
<b>Summe</b>	<b>-4062</b>	<b>-49650</b>	<b>24010</b>	<b>9304</b>	<b>35690</b>	<b>52330</b>	<b>79960</b>	<b>5686</b>

Monat	Lüftungswärmeverluste		Innere Lasten		Solare Direktstrahlung durch Fenster	Wärmebedarf	Statische Transmissionswärmeverluste	Konvektion aller Innenoberflächen an Luft
	Überhitzung	hygienisch	radiativ	konvektiv				

**Variante\_Büro 9**

	QINF	QVENT	QGCONV	QGRAD	QSOLTR	QHEAT	QUA	QCSURF
JAN	0	-8479	1719	690	3027	16270	14180	-2383
FEB	0	-5846	1490	591	2560	10350	9824	-1071
MAR	-157	-5150	1602	607	3600	7143	8987	-2,077
APR	-290	-3111	1545	603	2933	2555	5698	684,8
MAY	-578	-2386	1787	758	2798	906	4555	940,9
JUNE	-834	-1666	1685	733	2502	122	3568	974
JULY	-1701	-1597	1745	760	2647	112	3562	1784
AUG	-885	-1841	1818	790	2482	221	3732	1080
SEPT	-456	-2297	1583	674	2343	1203	4415	902,2
OCT	-259	-3704	1742	713	2962	3965	6512	501
NOV	-44	-5196	1695	710	1641	9452	8655	-1119
DEC	0	-7894	1645	692	2070	16900	13430	-2840
<b>Summe</b>	<b>-5203</b>	<b>-49170</b>	<b>20060</b>	<b>8320</b>	<b>31560</b>	<b>69200</b>	<b>87110</b>	<b>-548,5</b>

### 2.3 Monatswerte der Parameter im Vergleich

Einige der im Kapitel „1.2 Monatswerte der Varianten“ angeführten Ergebnisse der Variationsrechnungen des Wohngebäudes werden einer vergleichenden Auswertung unterzogen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 9 bis Abbildung 12 dargestellt.

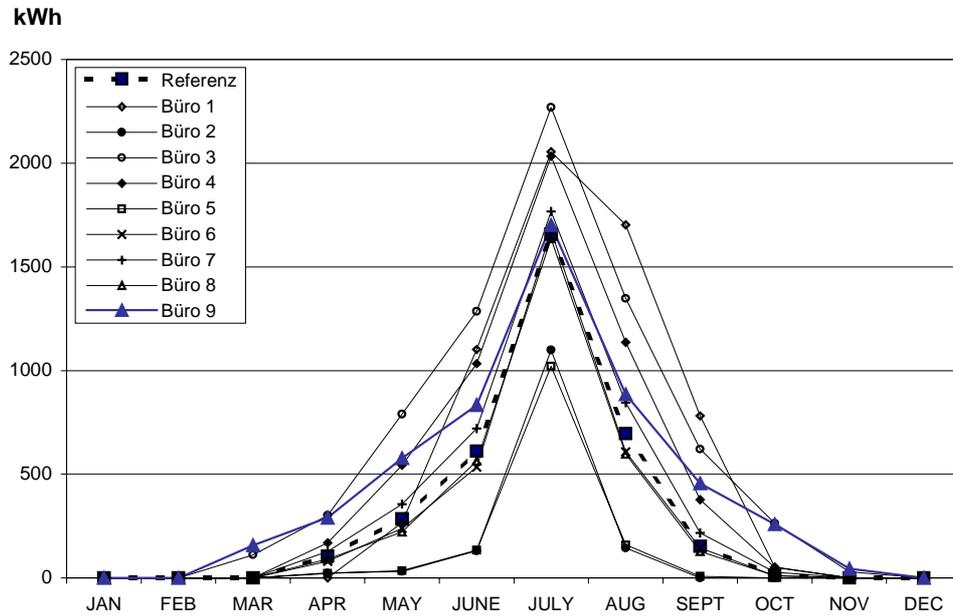


Abbildung 9 Lüftungswärmeverluste durch Überhitzungslüftung im Bürogebäude

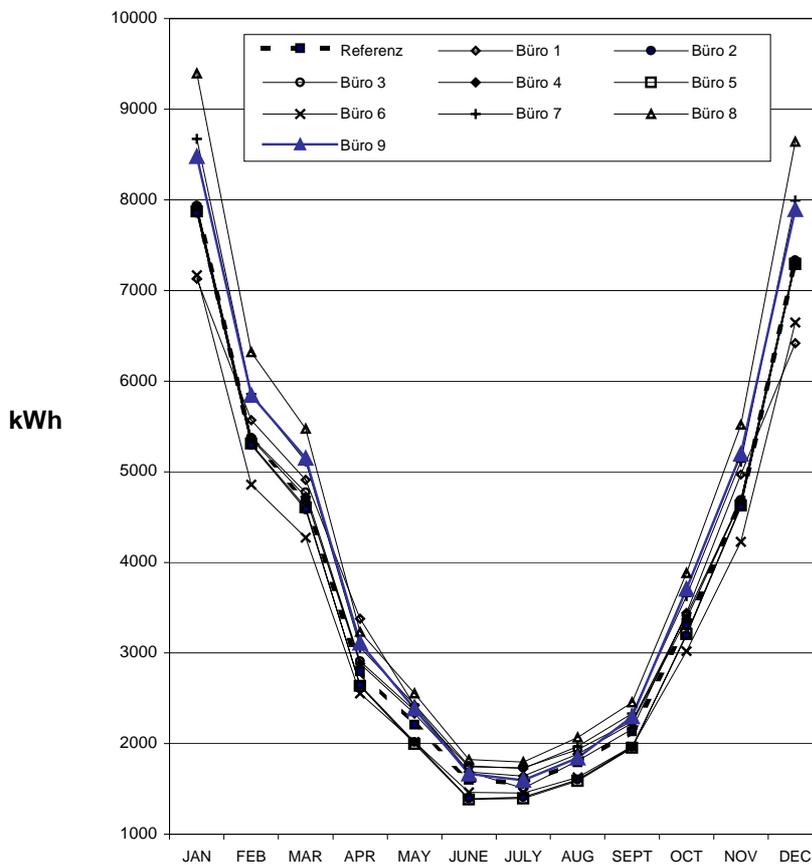


Abbildung 10 hygienische Lüftungswärmeverluste im Bürogebäude

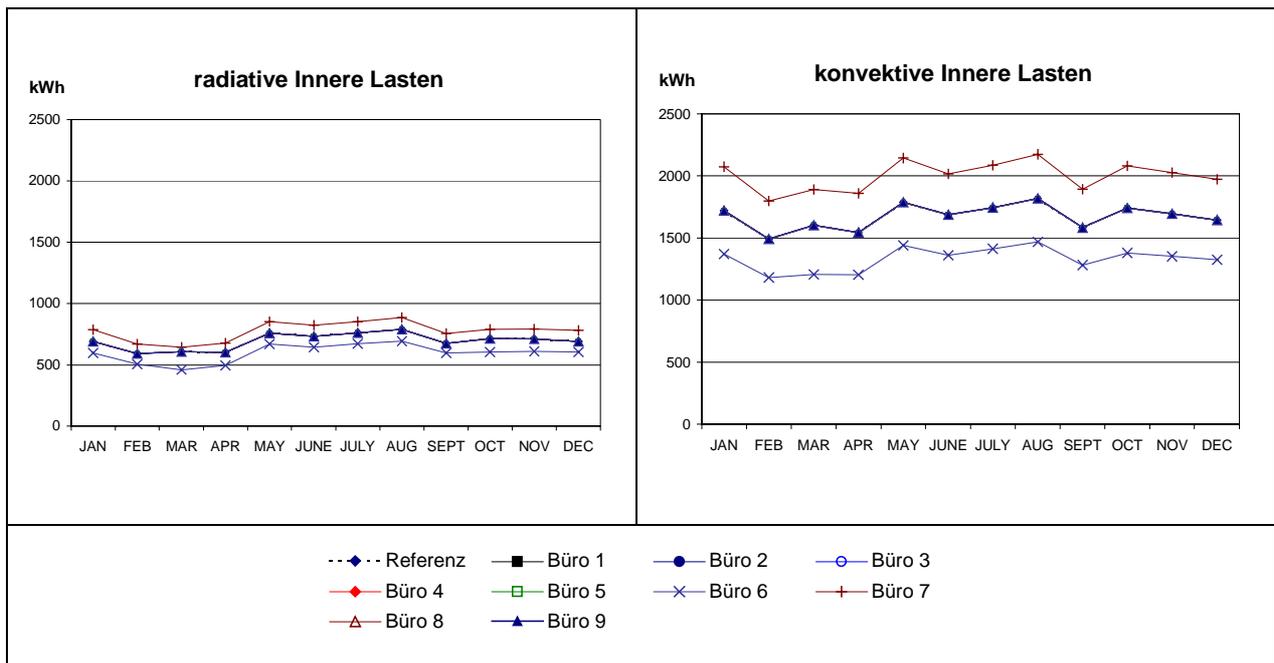


Abbildung 11 Monatswerte der Inneren Lasten im Bürogebäude

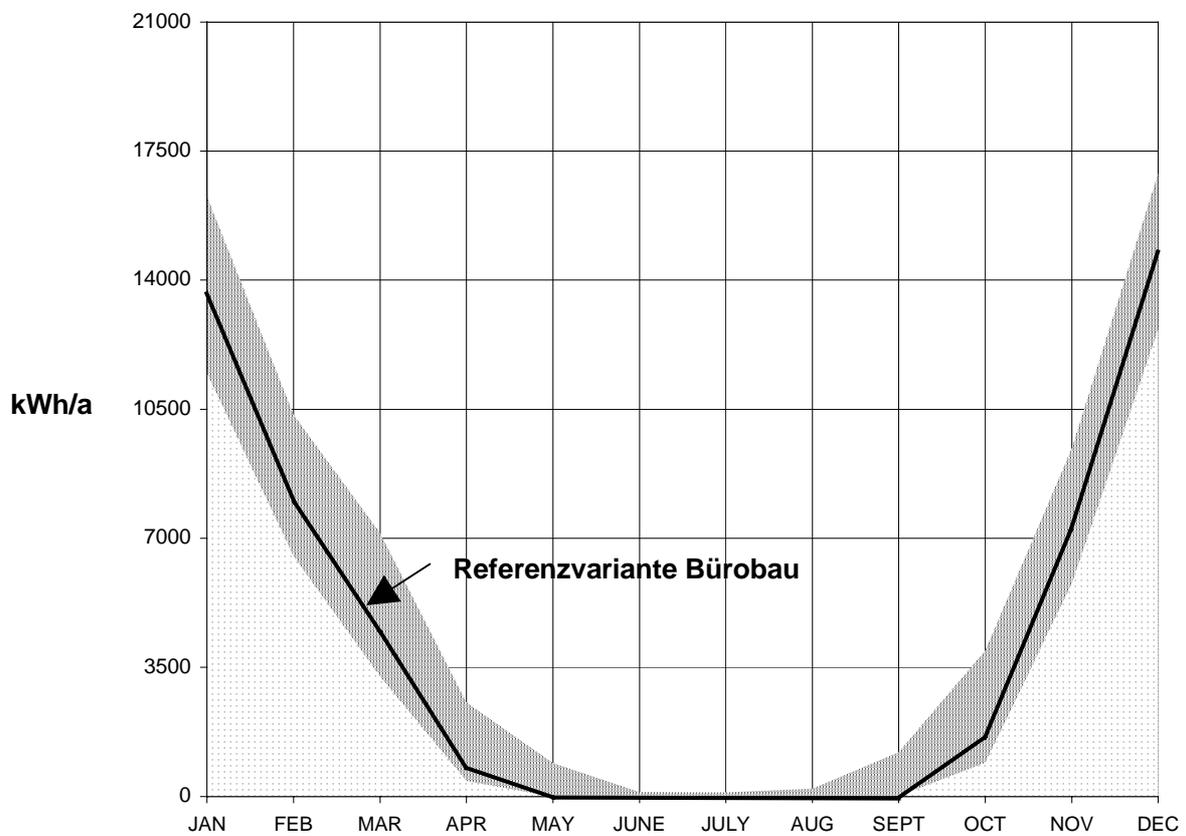


Abbildung 12 Bandbreiten der monatlichen Wärmeabgabe des Heizkörpers in den Varianten des Bürogebäudes

## 2.4 Jahresdauerlinien

Wenn die Stundenwerte der Wärmeabgabe des Heizkörpers nach ihrer Größe geordnet werden, erhält man die Jahresdauerlinien der Varianten. Sie geben ein Bild über die Häufigkeit der im Simulationsjahr auftretenden Leistungsanforderungen (Abbildung 13).

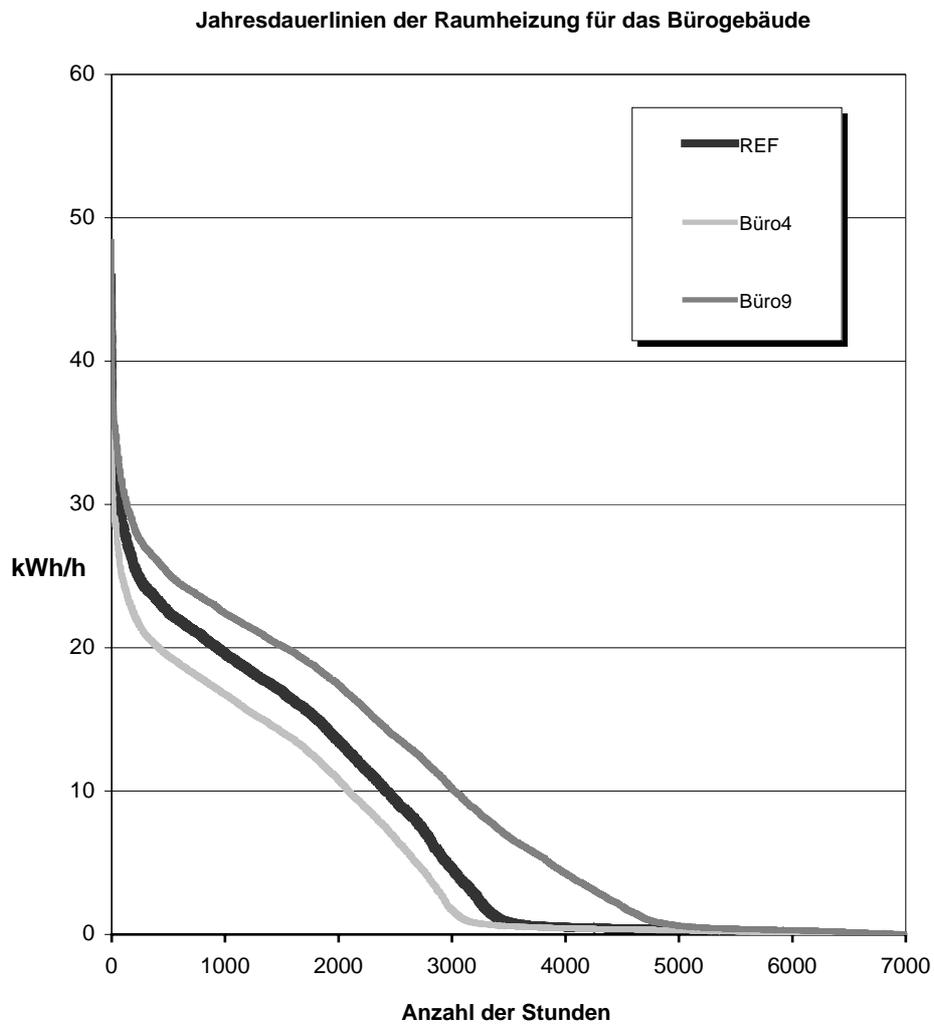


Abbildung 13 Jahresdauerlinien einiger Varianten des Bürogebäudes

## 2.5 Energieverbräuche pro Jahr

Tabelle 5 Bandbreiten der monatlichen Wärmeabgabe des Heizkörpers in den Varianten des Bürogebäudes

Wärmeabgabe des Heizkörpers an das Bürogebäude [kWh/a]									
Referenz	Büro 1	Büro 2	Büro 3	Büro 4	Büro 5	Büro 6	Büro 7	Büro 8	Büro 9
<b>50800</b>	<b>47160</b>	<b>52250</b>	<b>53860</b>	<b>41050</b>	<b>50500</b>	<b>48180</b>	<b>52330</b>	<b>54510</b>	<b>69200</b>

Wärmeabgabe des Heizkörpers an das Bürogebäude pro m <sup>2</sup> Nutzfläche [kWh/m <sup>2</sup> a]									
Referenz	Büro 1	Büro 2	Büro 3	Büro 4	Büro 5	Büro 6	Büro 7	Büro 8	Büro 9
<b>55</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>44</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	<b>74</b>

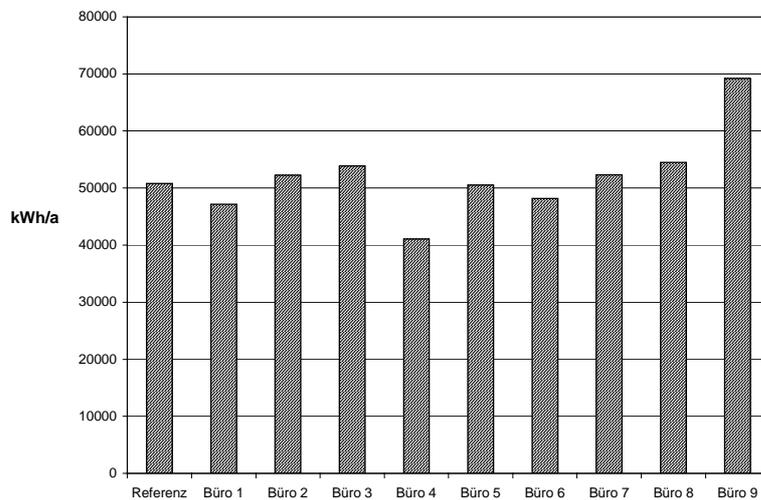


Abbildung 14 Energiebedarf des Bürogebäudes für den Simulationszeitraum eines Jahres

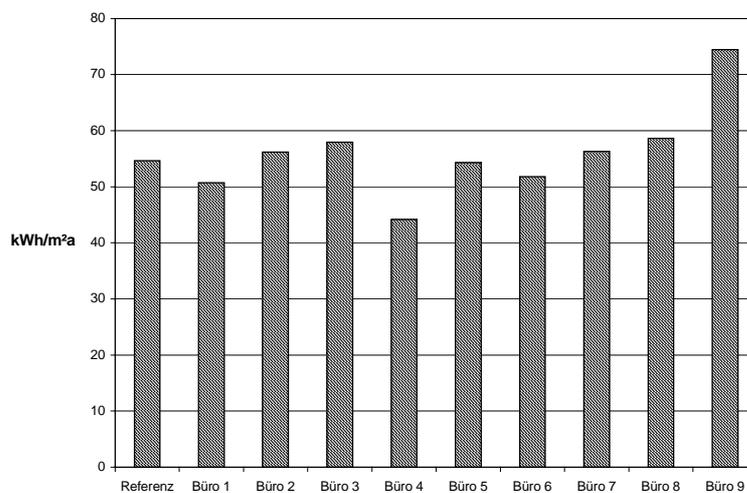


Abbildung 15 Energiebedarf des Bürogebäudes eines Jahres bezogen auf die Nutzfläche

### 3 Daten der Simulationsergebnisse auf CD

Wesentliche das Heizungssystem betreffende Simulationsergebnisse der einzelnen Varianten des Wohn- bzw. Bürogebäudes sind in Form von EXCEL- Dateien zusammengefasst worden (Abbildung 16).

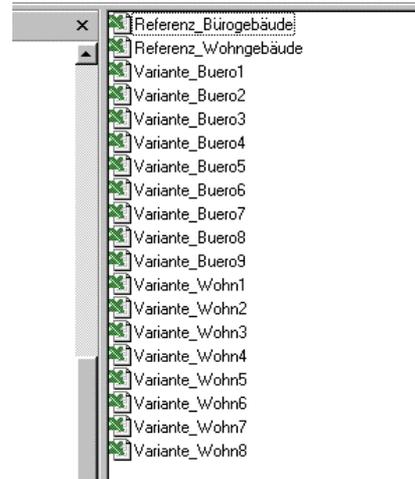


Abbildung 16 Übersicht über die in EXCEL-Dateien vorliegenden Simulationsergebnisse

In jeder dieser EXEL-Dateien ist eine Auswertungsmaske (Abbildung 17) enthalten. Am Kopf der Maske ist der Name der Variation verzeichnet. Darunter sind alle wesentlichen Parameter der jeweiligen Variante aufgelistet. Parameter, die von der Referenzvariante abweichen sind mit einem weißen Feld gekennzeichnet. Die Tabelle enthält Stundenwerte des gesamten Simulationsjahres (8760 Stunden).

IWT Anforderungsprofile für Biomassefeuerungen zur Wärmeversorgung von Objekten mit niedrigem Energiebedarf at sd

**Referenz\_Wohngebäude**

Wohnungen: ..... 12  
 Belegung: ..... 29 Personen  
 Lüftungsverhalten: ..... 30m²/Pers., Regelfaktor2  
 Wärmeschutz: ..... lt.Norm  
 Verglasung: ..... U = 1,1 W/m²K, g = 0,599

Wohnnutzfläche: ..... 929,7m²  
 Raumluftsoltemperatur: ..... 21°C  
 Heizkörperlänge: ..... 109,8 m  
 Heizkörperhöhe: ..... 0,6 m  
 Auslegungsleistung: ..... 42,14 kW

Wärmebedarf [ kWh/m²a ]: ..... 84  
 Klimadensatz: ..... Graz 68  
 Glas in der Südfassade: ..... 33,25%  
 Glas in der Nordfassade: ..... 12,66%  
 Glas in der Ostfassade: ..... 0%

Zeit					Klimadaten			Heizsystem					Warmwasser		Energiebedarf	
Stunde des Jahres	Stunde des Tages	Monat	Tag des Monats	Tag der Woche	t_Luft [°C]	Global [W/m²]	Diffuss [W/m²]	t_Raumluft [°C]	t_Vorlauf [°C]	t_Rücklauf [°C]	Massenstrom [kg/h]	Wärmeabgabe [kWh/h]	15 Liter pro Tag/Pers. [kWh/h]	30 Liter pro Tag/Pers. [kWh/h]	Heizung und Warmwasser I(P*d) [kWh/h]	Heizung und Warmwasser II(P*d) [kWh/h]
1	1	Jänner	1	Montag	-2,5	0	0	21,00	43,04	21,30	5,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2	Jänner	1	Montag	-2,7	0	0	20,99	43,19	27,38	27,8	29,14	0,00	0,00	29,14	29,14
3	3	Jänner	1	Montag	-3	0	0	20,87	43,42	29,60	391,6	23,57	0,29	0,00	23,86	23,57
4	4	Jänner	1	Montag	-3,6	0	0	20,70	43,87	27,60	926,5	21,19	0,00	0,00	21,19	21,19
5	5	Jänner	1	Montag	-3,8	0	0	20,66	44,02	27,49	1095,0	20,38	0,00	0,43	20,38	20,81
6	6	Jänner	1	Montag	-4,1	0	0	20,66	44,24	27,77	1152,0	20,81	0,00	0,00	20,81	20,81
8754	18	Dezember	31	Montag	-14,8	U	U	21,14	51,97	25,12	713,3	19,33	0,88	2,11	20,21	21,44
8755	19	Dezember	31	Montag	-13,8	0	0	20,98	51,28	28,79	1172,0	25,53	0,11	2,59	25,64	28,12
8756	20	Dezember	31	Montag	-13	0	0	20,88	50,72	31,21	1493,0	30,13	1,20	2,09	31,33	32,22
8757	21	Dezember	31	Montag	-13	0	0	20,87	50,71	31,91	1544,0	32,01	0,50	1,61	32,51	33,62
8758	22	Dezember	31	Montag	-13,1	0	0	20,86	50,78	32,41	1616,0	33,01	4,05	2,24	37,06	35,25
8759	23	Dezember	31	Montag	-13,6	0	0	20,81	51,13	33,23	1759,0	34,39	1,49	2,68	35,88	37,07
8760	24	Dezember	31	Montag	-13,6	0	0	20,81	51,13	33,71	1804,0	35,58	0,59	4,37	36,17	39,95
<b>Summen:</b>												<b>59048</b>	<b>8510</b>	<b>19145</b>	<b>67558</b>	<b>78193</b>
												[ kWh/a ]	[ kWh/a ]	[ kWh/a ]	[ kWh/a ]	[ kWh/a ]

Abbildung 17 Darstellung der Ausgabemaske in EXCEL

Die Maske enthält im Wohngebäude 5 Kategorien und im Bürogebäude 3 Kategorien, die in der Folge kurz erklärt werden.

<b>Zeit</b>	zeitliche Zuordnung des Simulationsschrittes
<b>Klima</b>	klimatechnische Verhältnisse für jede Stunde der Simulation (Strahlung, Lufttemperatur und Feuchte) als Randbedingung
<b>Heizsystem</b>	Werte des Heizungssystems als Ergebnis der Simulation, Vorlauf-temperatur, Rücklauf-temperatur, Raumlufttemperatur und die daraus resultierende Wärmeabgabe des Heizkörpers an das Gebäude
<b>Warmwasser</b>	(nur Wohngebäude) - Energiebedarf zur Erwärmung des Warmwassers in einer Variante 15 Liter Warmwasser (60°C) pro Person und Tag und einer Variante 30 Liter Warmwasser (60°C) pro Person und Tag. Errechnet mit der in Kapitel „6 Warmwasserbereitung, Simulationsbericht Teil A“ dargestellten Methode.
<b>Energiebedarf</b>	(nur Wohngebäude) - Summenwerte des Energiebedarfes von Wärmeabgabe des Heizkörpers an das Gebäude und Energiebedarf zur Warmwasserbereitung

Weiters sind die einzelnen Spalten der Kategorien durch Kommentarflächen näher beschrieben. In jeder EXCEL-Datei befinden sich auf zwei weiteren Tabellenblättern Auswertungsgraphiken der Zahlenwerte. Einerseits der Energiebedarf, dargestellt in Abbildung 18, andererseits die Vor- Rück- und Raumlufttemperatur, dargestellt in Abbildung 19.

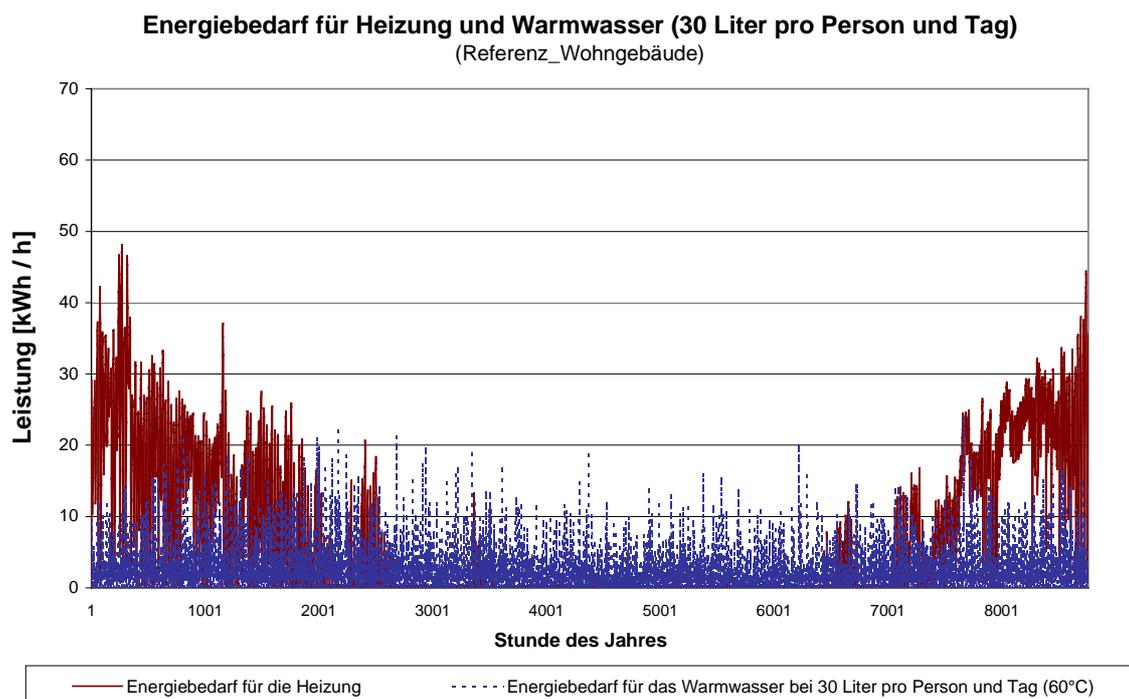


Abbildung 18 Darstellung des Ausgabediagrammes für Energiebedarf

### Vor-, Rück- und Raumlufthtemperaturen im Jahresverlauf (Referenz\_Wohngebäude)

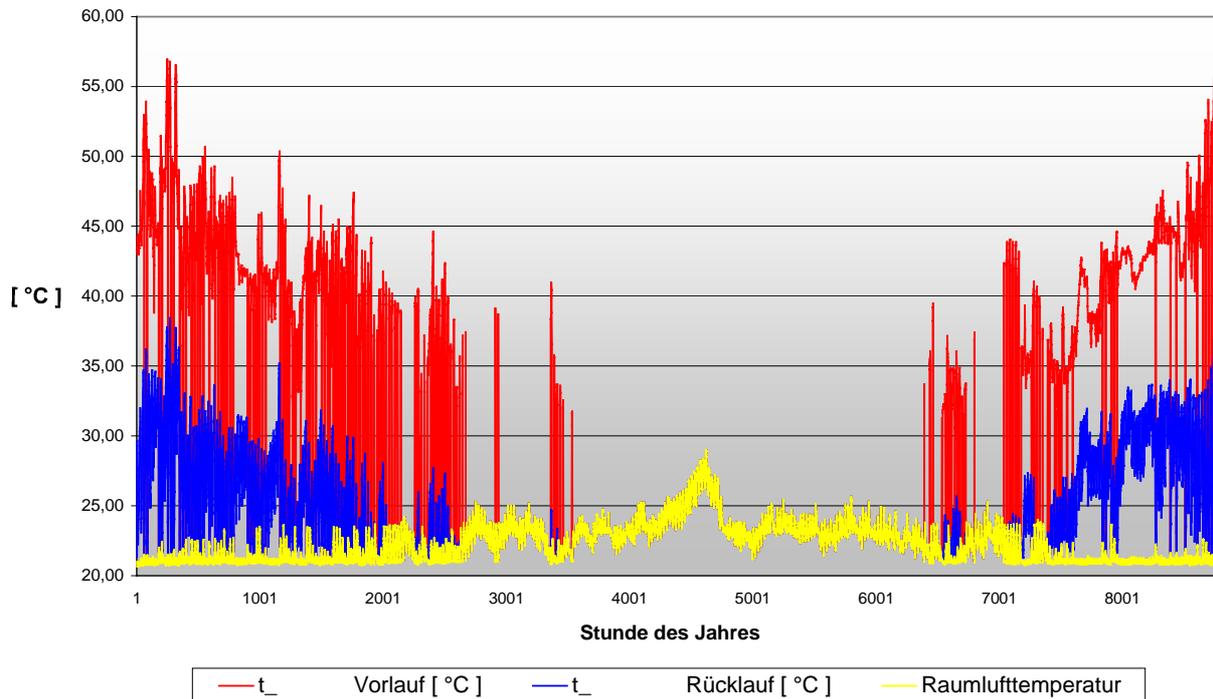


Abbildung 19 Darstellung des Ausgabediagrammes „Vor-, Rück- und Raumlufthtemperaturen im Jahresverlauf“ für das Referenz\_Wohngebäude

#### Anmerkung:

In der Spalte „Wärmeabgabe“ der Kategorie „Heizsystem“ treten in den warmen Monaten des Jahres auch kleine negative Werte auf. Diese sind auf die im Tagesrythmus schwingende Masse des Heizkörpers zurückzuführen.

## 4 Thermische Gebäude und Anlagensimulation

Für die Simulation der Referenzgebäude und der integrierten Hydraulikkonzepte wird das Simulationspaket TRNSYS 15.0 [SEL, 2000] verwendet.

TRNSYS (Transient System Simulation Program) ist ein Programmpaket zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes einschließlich der aktiven und passiven Komponenten zur Energieversorgung (z.B. Heizkessel, Wärmeverteilsystem, TWD, Kollektorsysteme) und zur Bilanzierung der auftretenden zeitabhängigen Energieströme. TRNSYS wurde ursprünglich für die detaillierte Analyse von Gebäuden mit aktiver Solartechnik entwickelt. Heute sind sowohl passive Solarkomponenten als auch herkömmliche Heiz- und Kühleinrichtungen als Modelle erhältlich. Der Vorteil von TRNSYS besteht in seiner Flexibilität und der Möglichkeit, ein System sehr detailliert nachzubilden. TRNSYS ist modular aufgebaut. Es enthält eine große Anzahl von Standardkomponenten, den TYPES, die je nach Anforderung zur Nachbildung des realen Systems zusammengebunden werden können. Die offene Struktur des Programms erlaubt es dem Anwender, selbst erstellte TYPES einzubinden und vorhandene Standardkomponenten zu verändern. Jeder TYPE beschreibt die Funktionsweise einer bestimmten Systemkomponente. Das reale Betriebsverhalten der Komponenten wird in den TYPES mit mathematischen Algorithmen nachgebildet. Zur Lösung des Gleichungssystems, das sich aus den Einzelkomponenten und deren logischen Verknüpfungen im Gesamtsystem ergibt, stehen in TRNSYS verschiedene Lösungsalgorithmen zur Verfügung. Die Zeitschrittweite und die Genauigkeit, mit der simuliert wird, sind durch den Anwender wählbar. Prinzipiell können alle Eingangs- und Ausgangsgrößen jeder Komponente ausgegeben werden. Die Ausgabegrößen können zudem über definierte Zeitintervalle (Tage, Monate, Jahre) integriert werden.

### Gebäudesimulation

Für die dynamische Gebäudesimulation wird das Gebäude in thermische Zonen aufgeteilt. In der Regel werden einzelne Räume oder auch Raumgruppen, die gleiche Randbedingungen wie Nutzung, Belegung oder Verglasung aufweisen zu einer Zone zusammengefasst. Jede Zone wird durch einen Luftknoten repräsentiert, der die Kapazität des Inhalts des Zonenvolumens hat. Die Energiebilanz der Zone wird an diesem Luftknoten durchgeführt. Grundlage der Bilanz ist der Energieerhaltungssatz. Der Strahlungsaustausch zwischen den Oberflächen wird separat gerechnet. Die solaren Gewinne an die Zone finden nur indirekt Eingang in die Bilanzierung. Die Strahlung wirkt über den Umweg der Absorption an den Hüllflächen der Zone und die nachfolgende konvektive Wärmeabgabe an den Raum auf den Luftknoten. Dies gilt auch für den Strahlungsanteil interner Wärmequellen. Das thermische Modell der Wände basiert auf der Respons-Faktoren-Methode von Mitlas und Arsenault. Vor dem eigentlichen Simulationslauf wird das thermische Verhalten der Wand als Transferfunktion berechnet, auf die in der Simulation zugegriffen wird. Die Stoffwerte werden vor der Simulation als Konstanten festgelegt, die Abhängigkeit von physikalischen Zustandsgrößen findet keine Berücksichtigung.

### Simulationsmethodik

Die dynamische Gebäudesimulation wird in TRNSYS mit einem Unterprogramm - dem TYPE 56 - durchgeführt. Die Vielzahl der benötigten Gebäude- und Wetterdaten, die Einfluss auf das

Gebäudeverhalten haben, wird zunächst extern zusammengestellt und dem eigentlichen TRNSYS - Simulationslauf durch entsprechende Eingabedateien übergeben.

Aus der Nutzung des Gebäudes und der Gebäudegeometrie ergibt sich die Einteilung in thermische Zonen. Mit den aus den Gebäudeplänen ermittelten Abmessungen, den Materialdaten und weiteren Gebäudedaten (Luftwechselraten, Solltemperaturen etc.) wird über einen Editor (benutzerfreundliche Oberfläche „PREBID“) das „Building Input Description-File“ (.bid) erstellt. Aus der Building Description erzeugt das BID-Programm die Übergabedateien (.bld und .trn) für die TRNSYS-Simulation. Das .bld-File enthält die Geometriedaten des Gebäudes, die Transferfunktionen der Wände sind im .trn- File niedergelegt. Im Userfile .usr werden die für den in der Simulation aufgerufenen TYPE 56 nötigen INPUTS und die verfügbaren OUTPUTS aufgelistet.

Die Eingabedatei für die TRNSYS-Simulation des Gebäudes ist das sogenannte Deck-File. Hier werden die Übergabedateien für das Gebäude und die Wetterdaten aufgerufen, eingelesen und mit den in der Simulation benötigten TYPES verknüpft. So werden zum Beispiel die Strahlungsdaten aus dem Wetterdatensatz zuerst in einem Radiation Processor (TYPE 16) nach einem vorgewählten Himmelsmodell auf die Neigung und Orientierung der im .bid vereinbarten Gebäudeaußenflächen umgerechnet, bevor diese an den TYPE 56 übergeben werden können. Die Liste der INPUTS aus dem Userfile wird hier zur Vereinbarung des TYPE 56 im Deck benötigt. Zudem kann die Gebäudesimulation durch andere Komponenten, wie z.B. einem Wärmetauscher für die mechanische Lüftung, ergänzt werden. Die Ergebnisse der Simulation werden gezielt durch das Aufrufen der gewünschten OUTPUTS in einem Ausgabe-TYPE erzeugt.

#### Grenzen der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS:

TRNSYS verwendet zur Nachbildung des thermischen Gebäudeverhaltens ein Bilanzmodell mit einem Raumluftknoten pro Zone. Die Raumgeometrie ist nur durch die Größe der Flächen für den Wärmedurchgang und die Strahlungsverteilung zwischen den Flächen berücksichtigt. Die Aussagen über Raum- und Oberflächentemperaturen sind damit auf räumliche bzw. örtliche Mittelwerte beschränkt.

Bei Betrachtung von Komfort und Raumklima in größeren Räumen spielen Luftströmungen eine bedeutende Rolle, z.B. bei Zugerscheinungen oder als Frischluftzug bei Luftheizungen. Die Behandlung solcher Phänomene erfordert eine dreidimensionale Auflösung der Strömungsvorgänge, die nur von CFD Programmen (Computed Fluid Dynamics) geleistet werden. Selbst diese speziellen Programme befinden sich zur Zeit für statische dreidimensionale Methoden noch im Validierungsstadium. Das Einknotenmodell von TRNSYS kann nur den Raumluftwechsel pro Zone berücksichtigen.

Das Nutzerverhalten in Gebäuden kann einen Mehrverbrauch an Heizenergie von bis zu 100 % bedingen. Einer Gebäudelastsimulation ist immer ein festes Nutzerschema zugrundegelegt. Insbesondere die Beschreibung des Lüftungsverhaltens ist kritisch zu betrachten, da nur eine kontrollierte Lüftung beschrieben und berechnet werden kann. Freie Lüftung wird auch über eine feste Luftwechselrate in das Modell eingeführt. Dasselbe gilt für die Bedienung elektrischer Verbraucher und das Auftreten interner Wärmequellen. Aussagen können also nur bezüglich eines Standardnutzers gemacht werden. Eine Überprüfung bei angenommenem falschem Nutzerverhalten kann zum Vergleich herangezogen werden.

Untersuchungen von Systemen mit sehr kleinen Zeitschritten sind unter TRNSYS nur eingeschränkt durchführbar. Das Gebäudemodell und die Numerik sind auf die schnelle Berechnung ganzer Jahresdurchläufe, in der Regel im Stundenzeitschritt, angepasst. Der

Zeitschritt kann nur als konstant vorgegeben werden und führt bei Größenordnungen kleinerer Sekunden zu numerischen Instabilitäten.

Die klimatischen Randbedingungen werden in der Regel aus Referenzwetterdaten gebildet, wie sie vom Deutschen Wetterdienst als "Testreferenzjahre" für bestimmte Regionen Deutschlands angeboten werden. Aber auch Klimadatengeneratoren (z.B. Meteororm) erzeugen künstlich erzeugte Jahresprofile der Klimadaten eines Standortes. Solche Datensätze sind künstlich erzeugte Jahresprofile für ein typisches Jahr am Standort. Lange Hitze- und Kälteperioden bleiben meist, da sie nicht typisch für den Standort sind, unberücksichtigt.

### Möglichkeiten der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS

Neben den üblichen Simulationsaufgaben, wie:

- Dynamische Heiz- und Kühllastmittlung für die thermischen Zonen.
- Winterliches und sommerliches Temperaturverhalten in den thermischen Zonen.
- Parameterstudien zu Wandaufbauten, Dämmstärken, Fensteranteilen, -qualitäten und -orientierungen.
- Auslegung solarer Brauchwasserbereitungssysteme.

bietet die Simulation mit TRNSYS den Einsatz folgender - heute oftmals unerlässlicher - Komponenten zur Erstellung eines Gebäude- und Anlagenkonzeptes an:

- Dynamische Betrachtung und Auslegung von Fußboden-, Wand- und Deckenregistern und -hypokausten zur Beheizung und/oder (Nacht-) Kühlung.
- Berücksichtigung des interzonalen Luftwechsels bei Galerien, Atrien und Wintergärten (passive Klimatisierung).
- Zonale Nachbildung (Zu- und Abluft) und Integration kontrollierter Wohnraumlüftungen zu deren Feinabstimmung.
- Dimensionierung von kontrollierten Wohnraumlüftungen mit WRG zur Luftheizung mit nachgeschalteter Luft/Luft-Wärmepumpe und vorgeschaltetem Erdwärmetauscher für Minimalenergiehäuser.
- Nachbildung und wirtschaftliche Dimensionierung von Erdwärmetauschern (zur Luft- und Wasservorwärmung und/oder -kühlung) z.B. im Hinblick auf ganzjährige Vermeidung von Vereisung an Luft/Luft-Wärmetauschern in Wechselwirkung mit dem Erdreich und dem Gebäude.
- Auslegung teilsolarer Raumheizungen mit Niedertemperaturflächenheizung - Wirtschaftliche Anlagengesamtdimensionierung bei angestrebtem solarem Deckungsgrad.
- Luft- und Fensterkollektoren als Ein- oder Zweikreissysteme mit Steinspeichern und/oder Hypokausten.
- TWD - Anwendungen verschiedener Hersteller und Optimierung in Bezug auf die Fläche, Massivwand, die Verschattungsstrategie usw.
- Erstellen von Heizgeraden für luft- und wassergeführte Systeme als Funktion der Umgebungstemperatur, der Einstrahlung und der internen Gewinne.
- Feinabstimmung verschiedenster Regelungsmechanismen.
- Nachbildung jeder Art und Regelung von Verschattungseinrichtung zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung.

## 5 Literatur

- [ÖNORM B 8110-1] Wärmeschutz im Hochbau; Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren. VORNORM 1.Juni 1998
- [ÖNORM B 8135] Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden. VORNORM 1.Februar 1983
- [ISO - NORM 7730] Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort
- [ÖNORM H 6000-3] Lüftungstechnische Anlagen; Grundregeln, Hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen. 1.Jänner 1989
- [Feist, Das Niedrigenergiehaus] Feist, Wolfgang (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus. Neuer Standard für energiebewusstes Bauen. Heidelberg: C.F.Müller Verlag, 4. Auflage 1997
- [Halozan, 1968] Im Jahr 1968 in Graz gemessener Klimadatensatz; ausgewertet von H. Halozan.
- [Meteonorm 2, 1995] Meteonorm, 1995: Meteorologische Grundlagen für die Sonnenenergienutzung; Fabrikstrasse 14, CH - 3012 Bern, Switzerland
- [SEL, 20] TRNSYS 15, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison
- [Statistisches Jahrbuch für die Republik Österreich] Österreichisches Statistisches Zentralamt, ab 1.Jänner 2000: Statistik Österreich (als Rechtsnachfolger) , A-1033 Wien
- [Jordan, Ulrike] Programm zur Generierung realistischer Trinkwasser-Zapfprofile für bis zu 60 Wohneinheiten, Dipl.-Phys. Ulrike Jordan, Universität Marburg