

FORSCHUNGSPROJEKT PASSIVHAUSWOHNANLAGE LODENAREAL

ENDBERICHT



AutorInnen

Waldemar Wagner
Monika Spörk-Dür
Roland Kapferer
Michael Braito
Rainer Pfluger
Fabian Ochs
Jürgen Suschek-Berger

Gleisdorf, im November 2012

Gefördert von:

Land Tirol

A-6020 Innsbruck

<http://www.tirol.gv.at>



Innsbrucker Kommunalbetriebe

Salurner Straße 11
6020 Innsbruck

<http://www2.ikb.at>



Projektleitung

Energie Tirol

Südtiroler Platz 4
6020 Innsbruck

<http://www.energie-tirol.at>



Kooperationspartner

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Feldgasse 19
A-8200 Gleisdorf

Ing. Waldemar Wagner
Tel.: +43 / 3112 / 5886 60
Fax: +43 / 3112 / 5886 18
e-mail: w.wagner@aee.at
<http://www.aee-intec.at>



**Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen
Leopold- Franzens-Universität Innsbruck**

Technikerstraße 13
A-6020 Innsbruck

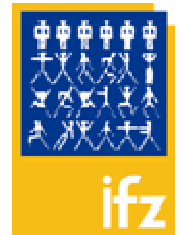
Tel: +43 / 512 / 507 6564
e-mail: rainer.pfluger@uibk.ac.at
<http://www.uibk.ac.at/bauphysik>



**Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik,
Arbeit und Kultur – IFZ**

Schlögelgasse 2
A – 8010 Graz

Mag. Jürgen Suschek-Berger
Tel: +43 / 316 / 813 909 31
e-mail: suschek@ifz.tugraz.at
<http://www.ifz.tugraz.at>



Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH

Gumpstraße 47,
A-6023 Innsbruck
Tel.: +43 / 512 / 3330, Fax DW 369
e-mail: nhtirol@nht.co.at
<http://www.neueheimattirol.at>



INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	6
1 ZIEL DES PROJEKTES.....	8
2 PROJEKT BETEILIGTE	8
3 STANDORTINFORMATIONEN	9
3.1 Geografische Daten [geografische Lage]	9
3.1.1 Klimadaten	9
4 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDEKONZEPTS	10
4.1 Architektur [Baubeschreibung]	10
4.2 Angabe der Energiebezugsflächen	12
4.2.1 Berechnung der Energiebezugsfläche treated floor area (TFA)	12
4.3 Beschreibung des Haustechnikkonzeptes [HLS]	12
4.3.1 Heizungsanlage und Warmwasserbereitung	12
4.3.2 Lüftungsanlage	14
4.4 Messtechnikkonzept	15
5 ANALYSE DER MESSDATEN	22
5.1 Einleitung	22
5.2 Wetterdaten	22
5.3 Komfortparameter Lodenareal	23
5.3.1 Raumtemperaturen	23
5.3.2 Relative Feuchte	32
5.3.3 Messung der CO ₂ -Konzentration	35
5.4 Energiebilanz	39
5.4.1 Bewertung des Heizwärmebedarfs	43
5.5 Wärmeverluste des Zwei-Leiter-Netzes	44
5.5.1 Verluste Substation (Messung, 2010):	44
5.5.2 Verluste Steigstrang (Messung, 2. Halbjahr 2010):	44
5.5.3 Verluste im Strang F-J (Messung 2. Halbjahr 2010 und Hochrechnung)	45
5.5.4 Verluste Heizzentrale - Substation	45
5.5.5 Fazit	45
5.6 Stromverbrauch	47
5.7 Lüftungsanlage	50
5.8 Stichprobenmessung zu Raumluftschadstoffen (VOC) vor Bezug der Wohneinheiten	53
Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung	53
5.9 Überprüfung zu Einregulierung und Balanceabgleich der Lüftungsanlage	54
5.9.1 Systembeschreibung zur Konstantvolumenstromregelung	54
5.9.2 Dokumentation der Inbetriebnahmefeldmessung	55
5.9.3 Dokumentation der Nachmessung durch die Universität Innsbruck (UIBK)	56
5.9.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung zur Volumenstrommessung	58
6 ZUSAMMENFASSUNG DER MESSERGEBNISSE UND FAZIT.....	59
7 SOZIALWISSENSCHAFTLICHE BEFRAGUNG	64
7.1 Die quantitativen Befragungen	64
7.2 Die qualitativen Interviews	74
7.3 Die Fokusgruppe	78
7.4 Zusammenfassung und Resümee	81
8 ANHANG	82
ANHANG 1: Untersuchung von Raumluft auf Formaldehyd und flüchtige organische Verbindungen	82
Aufgabenstellung und Vorgangsweise	82
Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung	82

	Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung	83
	Ergebnisse der Untersuchung auf VOC	86
	ANHANG 2: Messergebnisse zu den Volumenströmen in den einzelnen Räumen	94
	ANHANG 3: Veranstaltungsspiegel und Links Messprojekt Lodenareal	98
9	QUELLENVERZEICHNIS.....	99

Kurzfassung

Auf dem Areal des ehemaligen Lodenareals in Innsbruck wurde die Passivhauswohnanlage Lodenareal errichtet. Baubeginn war im Dezember 2007, die Wohnungen wurden Ende 2009, Anfang 2010 bezogen. Bei der Anlage handelt es sich um die zum Errichtungszeitpunkt größte Passivhausanlage Österreichs, welche von der Neuen Heimat Tirol errichtet wurde und 354 Mietwohnungen umfasst. Die Wohnanlage besteht aus vier Gebäuden mit L-förmigem Grundriss, wobei jeweils zwei Gebäude durch Verschränkung miteinander einen ruhigen, begrünten Innenhof bilden. Die Wohnungen sind nach Süden und/oder Westen orientiert.

Auf dem Dach der Wohnhausanlage ist eine ca. 1.000 m² große thermische Solaranlage installiert, die der Warmwassererzeugung bzw. zur Heizungsunterstützung dient. Für jedes Treppenhaus wurde eine Komfortlüftungsanlage errichtet, die für die den notwendigen hygienischen Luftwechsel sorgt. Die Vorwärmung bzw. Vorkühlung der Zuluft erfolgt über Grundwasser. Die benötigte Energie für die Fußbodenheizung wird hauptsächlich von der Pelletsanlage erzeugt. Diese deckt auch den Rest des Warmwasserbedarfes, welcher nicht von der Solaranlage erwärmt wurde, ab. Ein Gaskessel sorgt für die Spitzenlastabdeckung. Die Heizungs- bzw. Warmwasserverteilung erfolgt über ein Zweileiternetz.

Im Rahmen der Evaluierung wurden die Komfortparameter Raumtemperatur, Raumluftfeuchte und CO₂ - Konzentration in den Wohn- und Schlafzimmern einer Stiege (18 Wohnungen) gemessen und mit den Komfortparametern einer Niedrigenergiehauswohnanlage (mit reiner Abluftanlage in Bad und WC) verglichen. Weiters wurde eine Energiebilanz zur Erfassung der Verteilverluste erstellt und die Stromverbräuche, insbesondere der Stromverbrauch der Lüftungsanlage und der Haushaltsstromverbrauch analysiert.

Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmebedarf lag im ersten Messjahr bei 13,59 kWh/m²_{TFA} (TFA...treated floor area nach dem Passivhausprojektierungspaket PHPP), im zweiten Messjahr betrug er 14,55 kWh/m²_{TFA}. Der Passivhausgrenzwert für Heizwärme beträgt 15 kWh/(m²_{TFA}*a). Der Haushaltsstromverbrauch betrug im ersten Messjahr 32,55 kWh/(m²_{TFA}*a), im zweiten 34,10 kWh/(m²_{TFA}*a). Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage war für beide Messjahre mit 4,08 kWh/(m²_{TFA}*a) (1. MJ) bzw. 4,18 (2. MJ) kWh/(m²_{TFA}*a) relativ konstant. Der Anteil des Lüftungsstromverbrauchs am Gesamtstromverbrauch betrug 10%. Maßnahmen wie die Verringerung des Volumenstroms oder die Verringerung der Laufzeiten der Lüftungsanlage zur Reduktion des Lüftungsstromverbrauchs wurden diskutiert.

Im Vergleich zum ersten Messjahr ergab sich aufgrund des gegenüber des ersten Messjahres leicht gestiegenen Haushaltsstromverbrauches eine Steigerung des Primärenergieverbrauchs von 119,1 kWh/(m²_{TFA}*a) auf 123,3 kWh/(m²_{TFA}*a) im zweiten Messjahr. Nur 10% des Primärenergieverbrauchs entfallen auf Heizwärme und Warmwasserverbrauch, 90% entfallen auf den Stromverbrauch.

Die Analyse der Verteilverluste ergab eine relativ hohe Effizienz des Zwei-Leiter Systems, für einen quantitativen Vergleich mit einem Vier-Leiter System wäre jedoch ein höherer Messaufwand sowie eine Anlagensimulation notwendig.

Der solare Anteil der Wärmeerzeugung konnte von 26% im ersten Messjahr auf 35% im zweiten Messjahr gesteigert werden, der Anteil des Gas-Brennwertkessels blieb nahezu konstant. Er betrug für das erste Messjahr 13,6% und für das zweite Messjahr 14,2%. Der Pelletskessel trug im ersten Messjahr mit 60,4% zur Wärmeerzeugung bei, im zweiten Messjahr betrug der Anteil des Pelletskessels 50,7%.

Die Luftqualität in der Passivhauswohnanlage Lodenareal kann sowohl im Hinblick auf Raumtemperatur, Raumfeuchte und CO₂-Konzentration als sehr gut bezeichnet werden. Der Raumtemperaturkomfort konnte, was die Überhitzungshäufigkeit betrifft vom ersten auf das zweite Messjahr verbessert werden obwohl das zweite Messjahr höhere Außen-

temperaturen und Globalstrahlungswerte aufwies. Raumtemperaturen unter 20°C traten praktisch nicht auf.

Aufgrund der relativ hohen Raumtemperaturen während der Heizperiode (im Durchschnitt 23,65 °C im zweiten Messjahr) traten Werte der relativen Raumluftfeuchte unter 20% auf, wobei jedoch nur zwei von achtzehn Messwohnungen betroffen waren. Werte unter 30% relative Feuchte traten in den achtzehn Messwohnungen in einem Ausmaß von 2,5% bis 55% auf, das heißt das individuelle NutzerInnenverhalten spielt bei der relativen Raumluftfeuchte eine große Rolle.

In den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal liegen im zweiten Messjahr nur 4,7% der Messwerte der CO₂-Konzentration in IDA 4 (niedrige Raumluftqualität nach EN 13779). Im Vergleich dazu liegen in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein 15,3% der Messwerte in IDA 4.

Im Rahmen des Messprojektes erfolgte eine VOC-Messung vor Bezug durch die Mieter in Form von Stichprobenmessungen durch das Österreichische Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO). Die Messungen zeigten keine Auffälligkeiten.

Die Evaluation der NutzerInnenzufriedenheit wurde für die Passivhauswohnanlage Lodenareal durchgeführt, da der Rücklauf aus den Fragebögen der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein zu gering für ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis war. In der Passivhauswohnanlage Lodenareal zeigt das Ergebnis der Befragungen ein sehr positives Bild der Anlage insgesamt sowie der Zufriedenheit der NutzerInnen mit Heizung und Lüftungsanlage. Ca. 80% der Befragten würden wieder in eine Passivhauswohnanlage mit Komfortlüftung einziehen.

1 Ziel des Projektes

In diesem Projekt sollte einerseits die Raumluftqualität untersucht und mit einem Niedrigenergiegebäude ohne Lüftungsanlage hinsichtlich CO₂-Konzentration, Temperatur oder Feuchtigkeit verglichen werden, andererseits sollte eine Optimierung der Haustechnik bezüglich der Wärmeverluste erfolgen. Aufgrund großer Leitungslängen und hoher Vorlauftemperaturen der Warmwasserbereitung gemäß der Hygienerichtlinie mit der Notwendigkeit einer Erwärmung des Warmwassers über 60°C wurden bei bisherigen Messungen in Vier-Leitersystemen Verteilverluste in der gleichen Größenordnung wie der Nutzwärmeverbrauch ermittelt.

Die Anteile der einzelnen Energiequellen Solar-Pellets-Gas sollten für beide Messjahre ermittelt werden und die Untersuchungsergebnisse in der Passivhauswohnanlage Lodenareal der Optimierung von haustechnischen Anlagen in Passivhauswohnanlagen dienen.

Da das subjektive Wohlbefinden der BewohnerInnen entscheidend für den Erfolg einer Wohnanlage, besonders beim Einsatz neuer Technologien (Passivhaus) ist, sollten durch NutzerInnenbefragungen neben den messbaren technischen Größen Soft-Facts wie NutzerInnenzufriedenheit und Betriebserfahrungen erfasst werden. Dabei sollte eine standardisierte Befragungsmethodik entwickelt werden, um in Zukunft die Vergleichbarkeit der Befragungsergebnisse zu gewährleisten.

Im Rahmen des Monitoringprojektes wurde der Stromverbrauch sehr detailliert erfasst, um den Einfluss auf den Verbrauch und bestehenden Annahmen für innere Wärmequellen zu überprüfen. Der Einsatz von „smart metering“ sollte erste Erfahrungen im Umgang mit dieser neuen Technologie der „intelligenten Stromverbrauchsmessung“ ermöglichen.

2 Projektbeteiligte

Bauträger	NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft GmbH
Architekten	Architekturwerkstatt din a4 ZT GmbH, Innsbruck teamk2 [architects] ZT GmbH, Innsbruck
Statik	IFS Ziviltechniker GmbH Fritzer – Saurwein, Innsbruck Dipl-Ing Neuner Gerhard ZT GmbH, Rum
HSL - Planung	Klimatherm GmbH, Zirl
Elektroplanung	Büro Ing. Robert Lasta, Innsbruck
Bauphysik	Spektrum - Zentrum für Umwelttechnik & -management Gesellschaft mbH – Bauphysik, Dornbirn DI Peter Fiby, Innsbruck
PHPP - Berechnung	Herz-Lang GmbH, Weitnau
Thermisch dynamische Gebäudesimulation	Alpsolar Klimadesign OG, Innsbruck
Planungs- und Baustellenkoordination	MEISSL Architects ZT GmbH, Seefeld

3 Standortinformationen

3.1 Geografische Daten [geografische Lage]

Die Passivhauswohnanlage Lodenareal liegt auf dem Gelände des ehemaligen Lodenareals in Innsbruck in der General-Eccher Straße, an der Einmündung der Sill in den Inn.

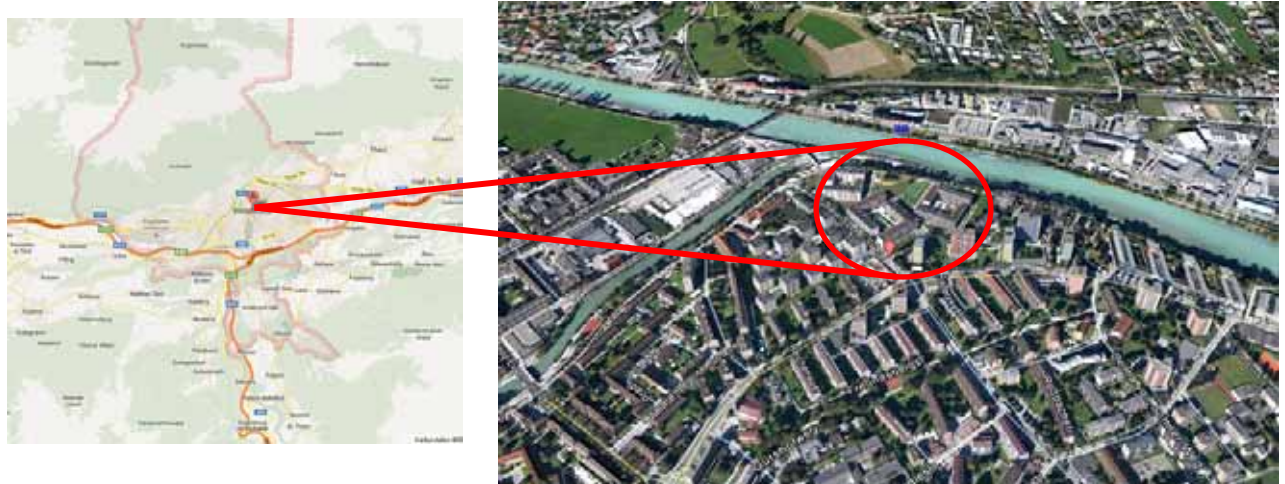


Abbildung 1: Lage der Wohnhausanlage in Innsbruck (Quelle: google maps)

Nördliche Breite Innsbruck: 48°18'

Östliche Länge Innsbruck: 16°34'

Seehöhe: 574 m ü.A.

3.1.1 Klimadaten

Tabelle 1: Jährliche Klimadaten Innsbruck [Klimadaten]

PLZ	Ortsname	See- höhe	HGT _{12/20}	HT ₁₂	θ_e	θ_{ne}	I _s	I _{O/W}	I _N	I _{Global}
		m	Kd/a	d	°C	°C	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
6020	Innsbruck	573	3430	204	3,6	-16	951,7	548,9 724,0	353,1	1.164

HGT_{12/20} Heizgradtage in der Heizperiode

HT₁₂ Heiztage in der Heizperiode

θ_e Mittlere Außentemperatur in der Heizperiode

θ_{ne} Normaußentemperatur

I_s, I_{O/W}, I_N, I_{Global} Strahlungsintensitäten

4 Beschreibung des Gebäudekonzepts

4.1 Architektur [Baubeschreibung]

Die Wohnungen in den L-förmigen Gebäudeteilen mit insgesamt 35.000 m² Bruttogeschossfläche sind nach Süden und /oder Westen orientiert. Alle Wohnungen sind barrierefrei erreichbar, die Erdgeschoßwohnungen besitzen teilweise einen Garten. Große Fensterelemente mit Fix- und Drehkippteilen öffnen die Wohn- und Essbereiche zu den Freiflächen hin und sorgen für eine freundliche und helle Atmosphäre. Im Süden und Westen sind vorgelagerte Wind-Sicht-Sonnenschutz-Elemente vorgesehen.



Abbildung 2: Ansicht Lodenareal (Quelle: AEE INTEC)

In der folgenden Tabelle sind die Bauteile der Passivhauswohnanlage Lodenareal mit den zugehörigen U-Werten dargestellt. Die Zertifizierung der Passivhauswohnanlage erfolgt durch das Passivhausinstitut Darmstadt.

Tabelle 2: U-Werte einiger Bauteile - Passivhauswohnanlage Lodenareal [PHPP-Berechnung]

Bauteil	Schichten	Dicke [cm]	U-Wert [W/m²K]
Dach/Decke Außenluft	Beton	20	0,077
	Dampfsperre	0,2	
	Dämmung	39,5	
	Flachdachabdichtung	0,5	
	Dachbegrünung		
Außenwand ohne Hinterlüftung/ Außenluft	Innenputz	1,5	0,105
	Beton	18,0	
	Dämmung	29,5	
	Putzsystem	1,0	
Bodenplatte TH UG	Fliesen	1,0	0,185
	Estrich	6,0	
	Dämmung (3 Schichten)	13,5	
	Beton	40,0	
	Dämmung	6,0	
Decke über Tiefgarage	Fliesen	1,0	0,107
	Estrich	6,0	
	Dämmung (2 Schichten)	10,0	
	Beton	20,0	
	Dämmung	26,0	
Wände TH UG	Beton	25,0	0,157
	Dämmung	24,0	
	Putzsystem	0,6	
Fenster gesamt	g-Wert 0,51		0,65

4.2 Angabe der Energiebezugsflächen

4.2.1 Berechnung der Energiebezugsfläche treated floor area (TFA)

Zur Berechnung der TFA ist zunächst die thermische Hülle festzulegen. Sie wird durch die Außenoberflächen der wärmegeämmten Außenbauteile gebildet. Die thermische Hülle enthält alle beheizten Räume. Sie bildet zugleich die Bilanzgrenze für die Energiebilanz. In die TFA gehen nur Flächen innerhalb der thermischen Hülle ein.

Die TFA eines Gebäudes ist die Summe der TFAs der zum Gebäude gehörenden Räume, die entweder oberirdisch gelegen sind oder deren Fensterfläche mindestens 10 % der Grundfläche ausmacht. Treppen mit mehr als 3 Stufen, Treppenabsätze und Aufzüge zählen nicht zum Wohnraum.

- Keller, Technikräume und ähnliches innerhalb der thermischen Hülle werden zu 60% angerechnet.
- Berechnung der Grundfläche:
 - o Die Grundfläche eines Raumes wird aus den Rohbaumaßen ermittelt. Ein Abzug für Putz usw. ist nicht vorzunehmen.
 - o Als Rohbaumaße sind die lichten Maße zwischen den Wänden anzusetzen ohne Berücksichtigung von Wandgliederungen, Wandbekleidungen, Fuß- und Scheuerleisten, Öfen, Heizkörpern usw.
- Schornsteine, Pfeiler, Säulen usw. mit weniger als 0,1 m² Grundfläche werden nicht von der Energiebezugsfläche (TFA) abgezogen.
- Tür- und Fensternischen werden nicht berücksichtigt.
- Schrägen:
 - o Raumteile mit einer lichten Höhe von mindestens 2 Metern werden voll angerechnet.
 - o Raumteile mit einer lichten Höhe von mindestens 1 und weniger als 2 Metern werden zur Hälfte angerechnet.

4.3 Beschreibung des Haustechnikkonzeptes [HLS]

4.3.1 Heizungsanlage und Warmwasserbereitung

Die Passivhauswohnanlage Lodenareal wird von einem Pelletskessel und einem Gaskessel versorgt, wobei der Gaskessel der Spitzenlastabdeckung dient.

Technische Daten Pelletskessel

Nennleistung: 300 KW
Teillast: 90 KW
Kesselwirkungsgrad Nennleistung: 91,5 %
Kesselwirkungsgrad Teillast: 93,6 %
Brennstoffwärmeleistung bei Nennlast: 328 KW
Brennstoffwärmeleistung bei Teillast: 96 KW
Feuerraumtemperatur: 900 – 1200 °C

Technische Daten Gaskessel:

Nennleistung: 326 KW
Teillast: 82 KW
Kesselwirkungsgrad Nennleistung: 97,8 %

Kesselwirkungsgrad Teillast: 110 % (Brennwerttechnik)
Brennstoffwärmeleistung bei Nennlast: 333 KW
Brennstoffwärmeleistung bei Teillast: 83 KW

Die beiden Kessel sind über eine hydraulische Weiche mit dem Verteilnetz verbunden und versorgen von der Heizzentrale aus über Fernleitungen die Unterzentralen. Jeder L-förmige Baukörper besitzt eine Unterzentrale. Die Unterzentralen sind über Wärmetauscher hydraulisch von der Fernleitung entkoppelt. In den Unterzentralen befinden sich fünf bzw. sechs Pufferspeicher mit jeweils 2.500 l Inhalt, die über die Fernleitung bzw. die auf dem Dach installierten Solarkollektoren beladen werden. Insgesamt wurden ca. 1.050 m² Solarkollektoren installiert, was einer Kollektorfläche von ca. 3 m² pro Wohnung entspricht. Um die Verluste der Pufferspeicher möglichst gering zu halten, wurden diese komplett eingehaust und die Hohlräume mit Zelluloseflocken ausgeblasen. Die Schichtung im Pufferspeicher erfolgt über Umschaltventile.

Von den Unterzentralen ausgehend werden mittels Zweileiternetz zwischen 82 und 96 Wohnungsstationen versorgt. Diese sorgen sowohl für die Warmwasserbereitung als auch die Versorgung der Fußbodenheizung.

Technische Daten 2-Leiterstation:

Vorlauftemperatur für WW: ca. 57°C
Rücklauftemperatur für WW: ca. 22°C
Leistung Wärmetauscher: ca. 40 kW
Schüttleistung Warmwasser 45°C: 15 l/min
Maximale Vorlauftemperatur FBH: 45°C

Aufgrund des niedrigen Heizwärmebedarfes wurde die Fußbodenheizung an den Randzonen zur Außenwand verlegt, nur die Bäder werden vollflächig beheizt (ausgenommen der Flächen unter den Badewannen).



Abbildung 3: Fußbodenheizung in den Außenbereichen (Quelle: klimatherm)

Die Dämmung der wärmeführenden Leitungen im Keller beträgt das 1,5 fache des Nenn-durchmessers. Die Steigstränge wurden als Fertigschächte im Werk vorgefertigt und isoliert und die fertig verbundenen Installationsschächte mit Zellulose ausgeflockt.

4.3.2 Lüftungsanlage

Für jedes Stiegenhaus der Passivhauswohnanlage Lodenareal wurde eine Lüftungsanlage installiert. Die Luftvorwärmung bzw. -vorkühlung erfolgt über Grundwasser. Die Luftansaugung erfolgt über Lüftungstürme im Innenhof drei Meter über Grund. Ein Kreuz-Gegenstromwärmetauscher mit trockenem Wärmebereitstellungsgrad von 82% (Laborwert) sorgt für die Erwärmung der Frischluft. Abbildung 4 zeigt die Wärmerückgewinnungseinheit des Lüftungsgerätes.



Abbildung 4: Wärmerückgewinnungseinheit des Lüftungsgerätes (Quelle: klimatherm)

Im Sommer wird die Luft über eine automatische Bypassklappe geführt. Die geförderten Luftmengen liegen zwischen ca. 1.200 m³/h und 1.900 m³/h, die spezifische Stromaufnahme beträgt ca. 0,45 W/(m³/h) geförderte Luftmenge, die im Betrieb gemessenen höheren Werte, bedingt durch die erhöhte externe Pressung, werden bei der Messdatenbeschreibung erläutert.

Die Luftverteilung im Untergeschoß erfolgt über Blechkanäle, die Zu- und Abluftkanäle sind mit einer 10 cm dicken Wärmedämmung versehen. In den Wohnungen wird die Luft in den Schlaf-, bzw. Wohnzimmern über Zuluftwandverteiler eingebracht, die Absaugung erfolgt in Bad, WC und Küche über Tellerventile. Die Luftwechselrate liegt je nach Wohnungsgröße zwischen 0,34 – 0,4 und kann bei Bedarf von den NutzerInnen um 30% gesteigert werden (Partyschaltung).

4.4 Messtechnikkonzept

Ziele der Basismessung für die Passivhauswohnanlage Lodenareal:

Das Ziel der Messungen liegt in der Erfassung und Überprüfung folgender Parameter:

- Gesamtenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a
- Gesamtheizenergieverbrauch für das Gebäude in kWh/m²a
- Einhaltung der Grenzwerte für die Komfortparameter Raumtemperatur und Raumfeuchte in ausgewählten Aufenthaltsbereichen
- Zentrale Energiezufuhr durch Gaskessel und Pelletskessel
- Detaillierte Vermessung der Systemtemperaturen im Heizungs- und Lüftungssystem

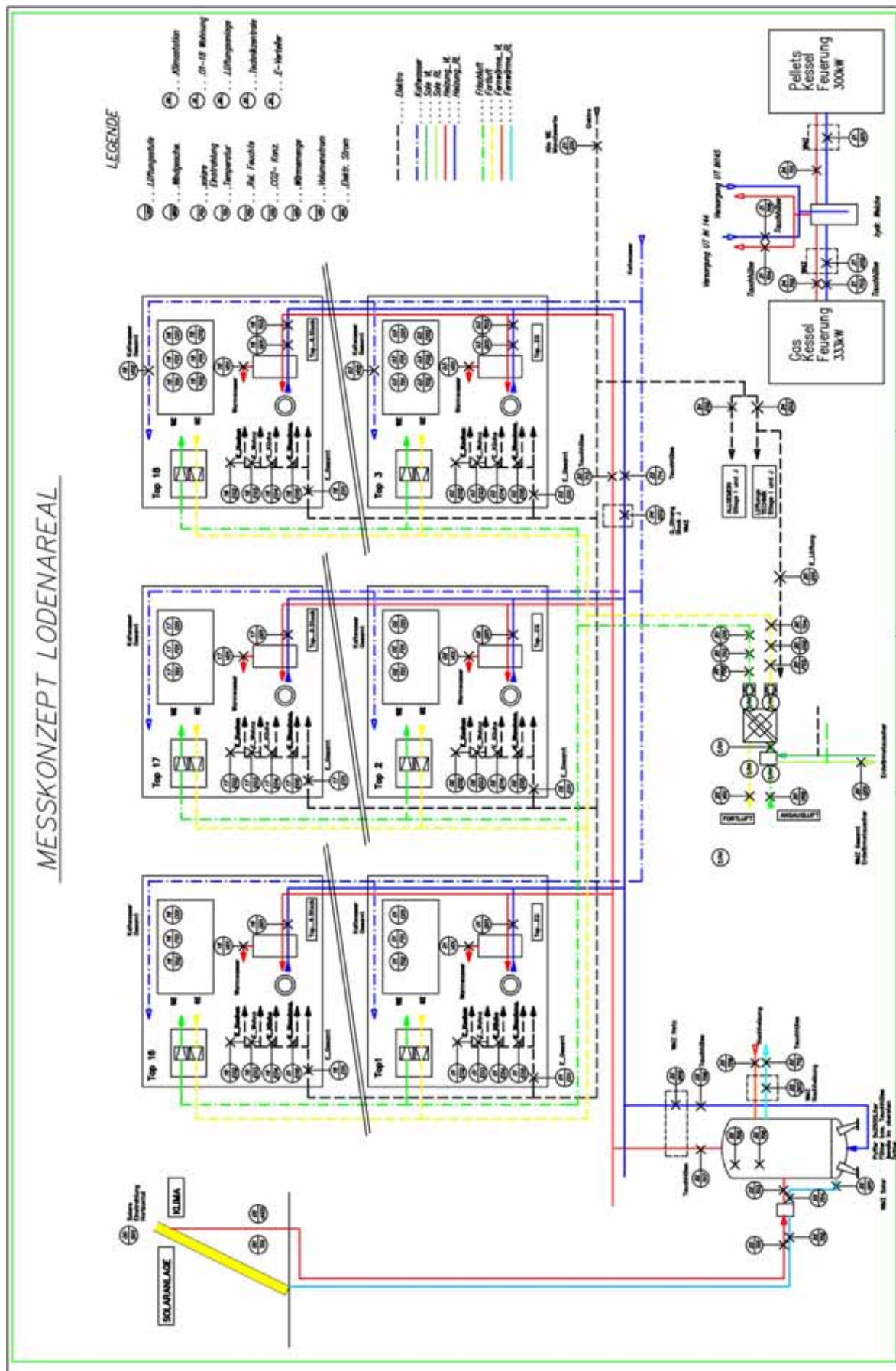
Zusätzlich sollen folgende Detailergebnisse betrachtet werden:

- Energieverbrauch für Raumheizung je m² (TFA)
- Darstellung des elektrischen Energieverbrauchs:
 - Gesamtstromverbrauch
 - Getrennte Erfassung des Stromverbrauchs von
 - Lüftungsanlage
 - Allgemeinstrom
 - Haushaltsstrom
 - Analyse des Haushaltsstromverbrauchs
 - Kochen
 - Küche
 - Waschmaschine
 - Wohnzimmer
 - Schlafzimmer

Folgende Messgrößen werden erfasst:

- Klimadaten: Globalstrahlung, Außentemperatur, Außenfeuchte
- Wärmemengen für Warmwasser und für Heizwasser
- Messung der Temperatur und der relativen Feuchte der Zu- und Abluft sowie der Temperatur der Frisch- und Fortluft
- Komfortparameter in den einzelnen Räumen: Raumtemperatur, rel. Feuchte sowie CO₂-Konzentrationen der Raumluft

Messtechnikschema und Messstellenliste



In der folgenden Tabelle werden die Messstellen der Passivhauswohnanlage Lodenareal unter Angabe von Messgrößen und Einbauorten dargestellt.

Tabelle 3: Messstellenliste Passivhauswohnanlage Lodenareal

Meßgerät	Meßgröße	PV Name	Bemerkung	Einheit
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W1	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W1	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W1	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W2	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W2	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W2	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W3	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W3	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W3	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W3	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W3	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W3	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W4	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W4	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W4	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W5	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W5	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W5	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W6	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W6	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W6	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W6	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W6	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W6	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W3	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W6	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W7	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W7	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W7	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W8	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W8	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W8	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W9	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W9	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W9	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W9	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W9	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W9	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W10	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W10	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W10	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W11	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W11	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W11	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W12	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W12	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W12	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W12	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W12	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W12	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W9	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W12	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W13	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W13	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W13	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W14	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W14	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W14	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W15	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W15	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W15	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W15	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W15	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W15	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W16	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W16	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W16	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W17	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W17	Wohnzimmer	%rH

Meßgerät	Meßgröße	PV Name	Bemerkung	Einheit
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W17	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_WZ_W18	Wohnzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_WZ_W18	Wohnzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_WZ_W18	Wohnzimmer	ppm
Temperaturfühler	Raumtemp.	T_SZ_W18	Schlafzimmer	°C
Feuchtefühler	Rel. Feuchte	rH_SZ_W18	Schlafzimmer	%rH
CO ₂ Fühler	CO ₂ Konzentration	CO2_SZ_W18	Schlafzimmer	ppm
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W15	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Temperaturfühler	Rücklauftemperatur	T_RL_W18	Rücklauftemperatur Verteiler	°C
Pyranometer	Globalstr.	PYRO	Dach Stiege H	W/m ²
Temperaturfühler	Außen-temp.	T_AUSSEN	Dach Stiege H	°C
Feuchtefühler	Außenfeuchte	RH_AUSSEN	Dach Stiege H	°C
Temperaturfühler	Zulufttemperatur	T_ABL	Lüftungsanlage Stiege J	°C
Feuchtefühler	Zuluftfeuchte	rH_ABL	Lüftungsanlage Stiege J	%rH
CO ₂ Fühler	Zuluft CO ₂ Konzentration	C_ABL	Lüftungsanlage Stiege J	ppm
Geschwindigkeitsfühler	Zuluftvolumen	V_FRILU	1000x200mm	m/s
Temperaturfühler	Ablufttemperatur	T_ZUL	Lüftungsanlage Stiege J	°C
Feuchtefühler	Abluftfeuchte	rH_ZUL	Lüftungsanlage Stiege J	%rH
CO ₂ Fühler	Abluft CO ₂ Konzentration	C_ZUL	Lüftungsanlage Stiege J	ppm
Geschwindigkeitsfühler	Abluftvolumen	V_FOL	1000x200mm	m/s
Temperaturfühler	Solar VL	T_Solar_VL	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Solar RL	T_Solar_RL	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Solar VL_sek	T_Solar_VL_sek	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Solar RL-Sek	T_Solar_RL_sek	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Puffertemperatur	T_Puffer1	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Puffertemperatur	T_Puffer3	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Kesseltemperatur	T_PE-Kessel_VL	144-145	°C
Temperaturfühler	Kesseltemperatur	T_G-Kessel_VL	144-145	°C
Temperaturfühler	Kesseltemperatur	T_G-Kessel_RL	144-145	°C
Temperaturfühler	Netztemperatur	T_Nachheizung_VL	Haus 144	°C
Temperaturfühler	Netztemperatur	T_Nachheizung_RL	Haus 144	°C
Temperaturfühler	Netztemperatur	T_Netz_VL	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Nachheiztemperatur	T_Netz_RL	Stiege F-J	°C
Temperaturfühler	Strang VL	T_Strang Stiege J VL	Stiege J	°C
Temperaturfühler	Strang RL	T_Strang Stiege J RL	Stiege J	°C
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W1	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W1	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W1	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W1	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W1	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W1	Warmwasser Wohnung gesamt	m ³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W1	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W2	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W2	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W2	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W2	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W2	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W2	Volumsstrom ges.	m ³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W2	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W3	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W3	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W3	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W3	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W3	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V_Wohnung_W3	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W3	Warmwasser Wohnung gesamt	m ³ (Auflösung 1 Liter)
Wasserzähler	Volumsstrom	V_KW_W3	Kaltwasser ges.	m ³ (Auflösung 1 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W3	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W4	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W4	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W4	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W4	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W4	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W4	Warmwasser Wohnung gesamt	m ³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W4	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W5	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W5	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W5	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W5	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W5	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W5	Volumsstrom ges.	m ³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W5	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W6	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W6	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W6	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W6	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W6	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V_Wohnung_W6	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W6	Warmwasser Wohnung gesamt	m ³ (Auflösung 1 Liter)

Meßgerät	Meßgröße	PV Name	Bemerkung	Einheit
Wasserzähler	Volumsstrom	V_KW_W6	Kaltwasser ges.	m³ (Auflösung 1 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W6	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W7	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W7	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W7	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W7	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W7	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W7	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W7	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W8	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W8	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W8	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W8	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W8	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W8	Volumsstrom ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W8	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W9	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W9	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W9	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W9	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W9	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V_Wohnung_W9	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W9	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 1 Liter)
Wasserzähler	Volumsstrom	V_KW_W9	Kaltwasser ges.	m³ (Auflösung 1 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W9	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W10	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W10	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W10	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W10	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W10	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W10	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W10	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W11	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W11	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W11	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W11	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W11	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W11	Volumsstrom ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W11	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W12	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W12	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W12	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W12	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W12	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V_Wohnung_W12	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W12	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 1 Liter)
Wasserzähler	Volumsstrom	V_KW_W12	Kaltwasser ges.	m³ (Auflösung 1 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W12	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W13	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W13	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W13	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W13	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W13	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W13	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W13	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W14	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W14	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W14	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W14	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W14	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W14	Volumsstrom ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W14	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W15	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W15	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W15	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W15	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W15	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V_Wohnung_W15	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W15	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Wasserzähler	Volumsstrom	V_KW_W15	Kaltwasser ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W15	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E_Kochen_W16	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Küche_W16	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Wohnen_W16	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E_Waschma_W16	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q_Wohnung_W16	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V_WW_W16	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat_WRL_W16	Lüftung max	0,5 sek

Meßgerät	Meßgröße	PV Name	Bemerkung	Einheit
E-Zähler	El.-Energie 400V	E Kochen W17	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Küche W17	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Wohnen W17	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Waschma. W17	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q Wohnung W17	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Wasserzähler	Volumsstrom	V WW W17	Volumsstrom ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat WRL W17	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E Kochen W18	Kochstrom	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Küche W18	Küche	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Wohnen W18	Wohnzimmer	kWh
E-Zähler	El.-Energie 230V	E Waschma. W18	Waschmaschine	kWh
WMZ	Hydraul.Energie	Q Wohnung W18	Wärmemenge Wohnung gesamt	kWh
Volumsstromzähler	Volumsstrom	V Wohnung W18	Volumsstrom ges.	Liter
Wasserzähler	Volumsstrom	V WW W18	Warmwasser Wohnung gesamt	m³ (Auflösung 10 Liter)
Wasserzähler	Volumsstrom	V KW W18	Kaltwasser ges.	m³ (Auflösung 10 Liter)
Sekundenzähler	Status WRL	Stat WRL W18	Lüftung max	0,5 sek
E-Zähler	El.-Energie 400V	E Lüftung	Lüftungsanlage Stiege J	kWh
WMZ	El.-Energie 400V	E Allgemein	Lüftungsanlage Stiege J	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Luftvorwärmung	Lüftungszentrale J	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Solar	Stiege F-J	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Pellets	Kesselhaus	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Gas	Kesselhaus	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Nachheizung	Stiege F-J	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Netz	Stiege F-J	kWh
WMZ	Wärmemenge	Q Strang 1	Stiege J	kWh
Volumsstromzähler	Volumen	V Strang 1	Stiege J	x 10 Liter (Auflösung 10 Liter)
WMZ	Wärmemenge	Q Luftvorkühlung	Lüftungszentrale J	kWh

Die folgende Abbildung zeigt einige Messtechnikkomponenten der Passivhauswohnanlage Lodenareal.



Abbildung 5: Messtechnikkomponenten Passivhauswohnanlage Lodenareal
(links oben: Hauptstation der Datenerfassung, rechts oben: Erfassung von rel. Feuchte, Temperatur und CO₂-Konzentration im Lüftungsgerät, rechts unten: Wohnungsstation mit Wärmemengenzähler) (Quelle: AEE INTEC)

5 Analyse der Messdaten

5.1 Einleitung

Dieses Kapitel beinhaltet die Messergebnisse des Messzeitraums von 1. Jänner 2010 bis 31. Dezember 2011.

In der Passivhauswohnanlage Lodenareal wurden die Komfortparameter Feuchte, Temperatur und CO₂-Konzentration in 18 Wohnungen in den Wohnzimmern vermessen, in 6 Wohnungen zusätzlich auch in den Schlafzimmern. In der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein wurden die Komfortparameter in 6 Wohnungen erfasst. Die Raumluft wurde auch auf Formaldehyd und flüchtige organische Verbindungen untersucht.

Außerdem wurde für die Passivhauswohnanlage Lodenareal eine Energiebilanz erstellt. Für die Berechnung der End- und Primärenergie wurden einerseits die Kennzahl treated floor area und die Primärenergiezahlen aus dem Passivhausprojektierungspaket verwendet [PHPP 2007]. Zum Vergleich wurden die Werte unter Zugrundelegung der Bruttogeschossfläche und der Primärenergiefaktoren der OIB Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011 berechnet.

5.2 Wetterdaten

Abbildung 6 zeigt einen Vergleich der Standard-Klimadaten von Innsbruck, die vom Passivhausinstitut für die Verwendung im Passivhausprojektierungspaket entwickelt wurden, mit den in den beiden Messjahren von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) an der Messstation Uni Innsbruck erhobenen Werten.

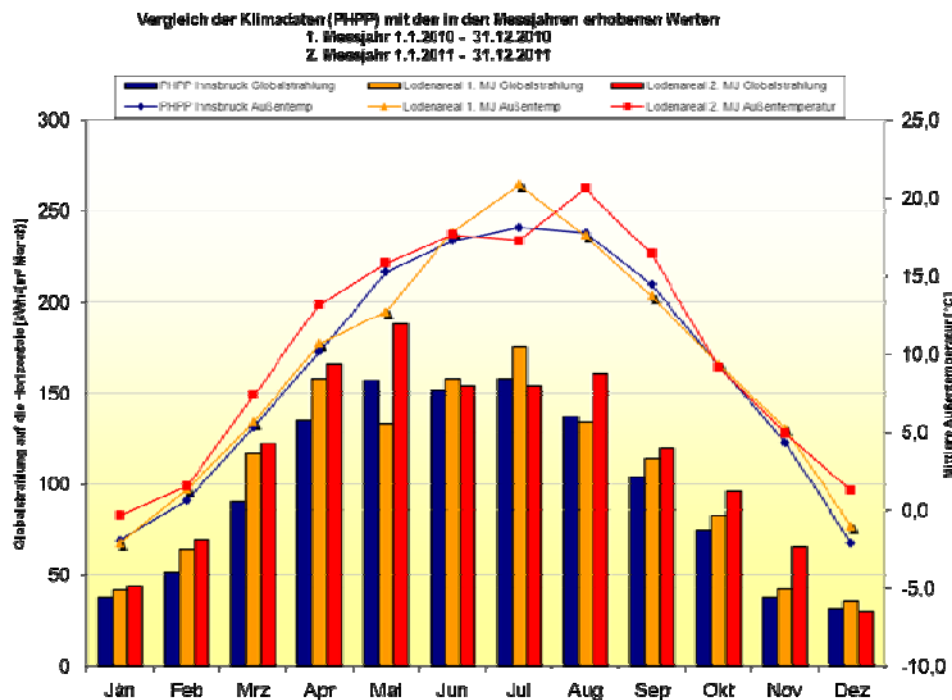


Abbildung 6: Vergleich der Klimadaten der beiden Messjahre mit den Standard-Klimadaten Innsbruck (Quelle der Klimadaten Innsbruck: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG))

Im ersten Messjahr liegen die gemessenen Außentemperaturen und die für das PHPP verwendeten beinahe deckungsgleich. Nur im Mai und im Juli liegen die gemessenen Werte um 2,5°C unter bzw. 2,7°C über den Werten des PHPP für Innsbruck. Im zweiten Messjahr liegen die gemessenen Außentemperaturen bis zu 2,8°C über den Werten für das PHPP Innsbruck. Nur im Juli liegt die Temperatur geringfügig (0,8°C) darunter. Die gemessene Globalstrahlung liegt nur im Mai und August des 1. Messjahres unter der Globalstrahlung des PHPP Innsbruck (24,1 bzw. 3,1 kWh/m²*Monat) bzw., sonst immer bis zu 32,3 kWh/m²Monat (im März 2011) darüber.

5.3 Komfortparameter Lodenareal

5.3.1 Raumtemperaturen

Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigen den Verlauf der Stundenmittelwerte der Raumtemperaturen über der Außentemperatur für die vermessenen Wohnzimmer.

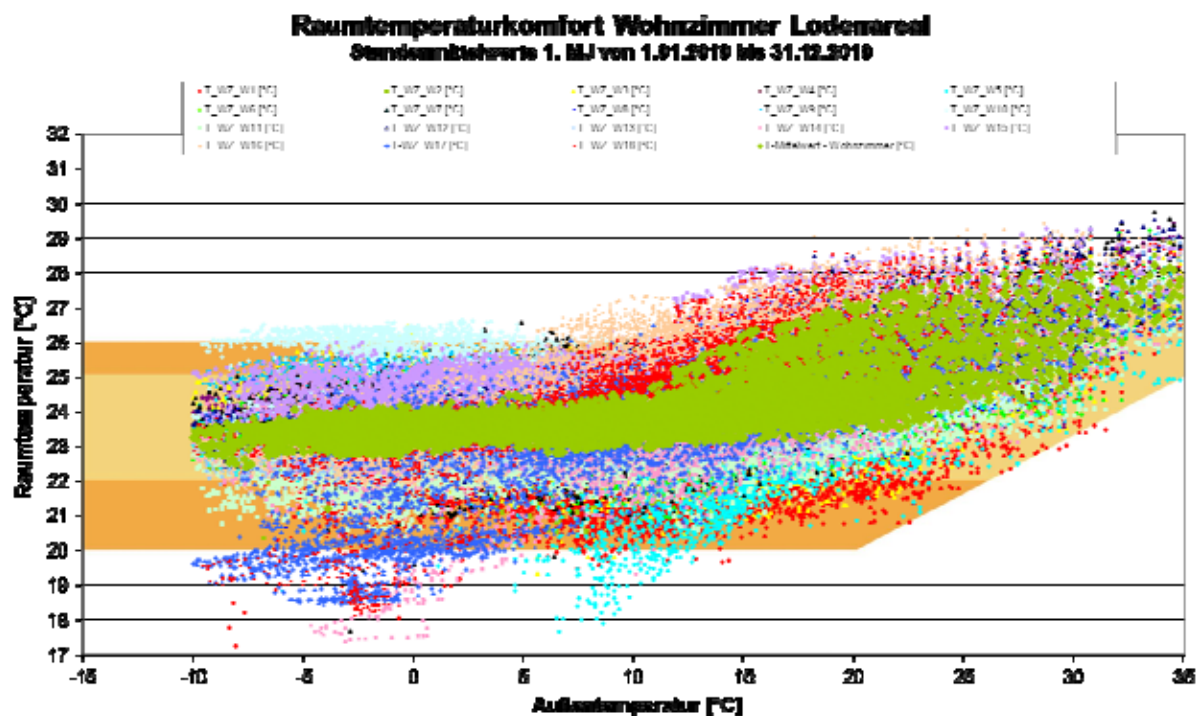


Abbildung 7: Raumtemperatur über Außentemperatur Passivhauswohnanlage Lodenareal [Darstellung nach DIN 1946-2], Wohnzimmer, 1. Messjahr

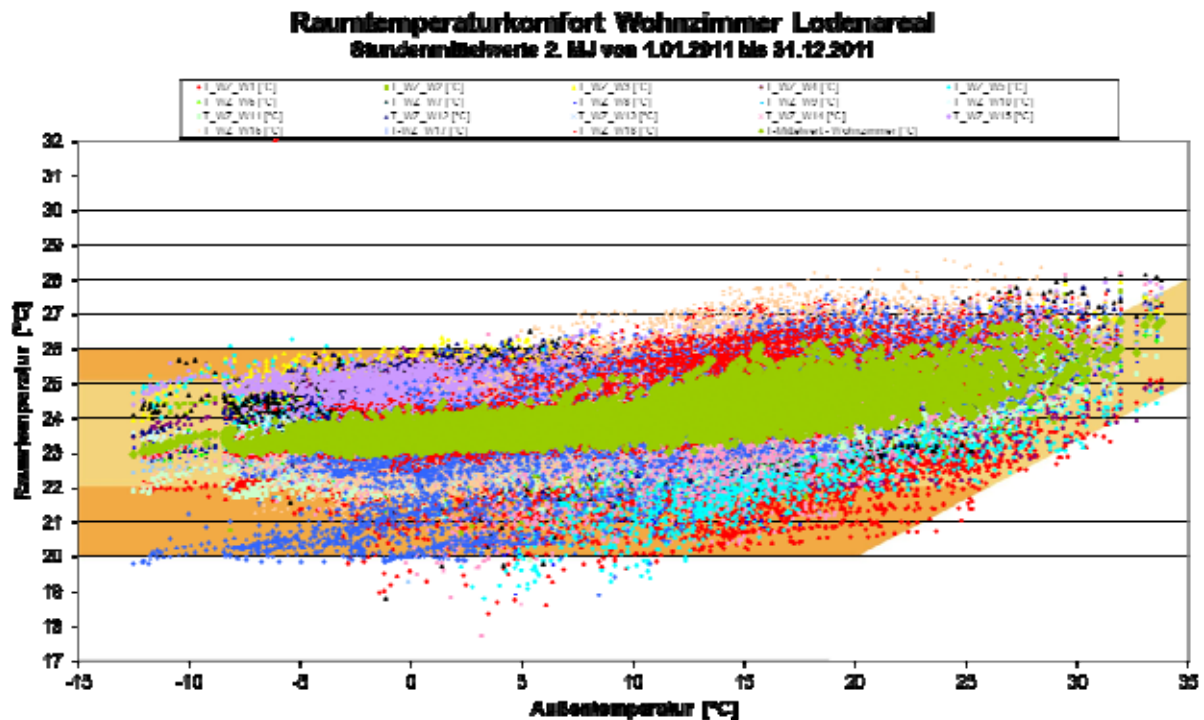


Abbildung 8: Raumtemperatur über Außentemperatur Passivhauswohnanlage Lodenareal
 [Darstellung nach DIN 1946-2], Wohnzimmer, 2. Messjahr

Im ersten Messjahr liegen die Raumlufttemperaturen bei Außentemperaturen ab ca. 25°C in den einzelnen Wohnungen häufig über 28°C, teilweise erreichen sie sogar Werte über 29°C. Obwohl im ersten Messjahr niedrigere Außentemperaturen als im zweiten Messjahr gemessen wurden, konnte der Raumtemperaturkomfort im zweiten Messjahr deutlich verbessert werden. Die Raumlufttemperaturen lagen im zweiten Messjahr immer unter 29°C, Temperaturen über 28°C wurden nur sehr selten überschritten. Der Großteil der Messwerte liegt im zweiten Messjahr unter 27°C. Ein Vergleich von Abbildung 7 und Abbildung 8 zeigt diese Verbesserung deutlich.

Im unteren Bereich der behaglichen Temperatur liegen die gemessenen Werte im ersten Messjahr teilweise unter 20°C, was auf der einen Seite auf Abwesenheit hindeutet oder das Lüftungsverhalten der Bewohner in der kalten Jahreszeit widerspiegelt. Im zweiten Messjahr verringerten sich die Messpunkte unter 20°C ebenfalls wesentlich.

In einer kalten Woche im Winter 2011 bewegen sich die Raumtemperaturen in den Wohnzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal zwischen 20°C und 25°C, wie Abbildung 9 zeigt. Sogar bei sehr tiefen Außentemperaturen von -12°C sinken die Raumtemperaturen in den Wohnzimmern nicht unter 20°C. Wohnung 6 weist in dieser Woche relativ niedrige Raumtemperaturen auf. Wie eine genauere Analyse jedoch zeigte, waren die Bewohner in dieser Woche abwesend. Erkennbar ist diese Tatsache am Verlauf der CO₂-Konzentration, der in Wohnung 6 die CO₂-Konzentration der Außenluft widerspiegelt (ca. 400 ppm). Zum Vergleich wurde der CO₂-Konzentrationsverlauf von Wohnung 1 dargestellt, der sich zwischen 571 ppm und 1572 ppm bewegt, das heißt hier sind die Bewohner anwesend.

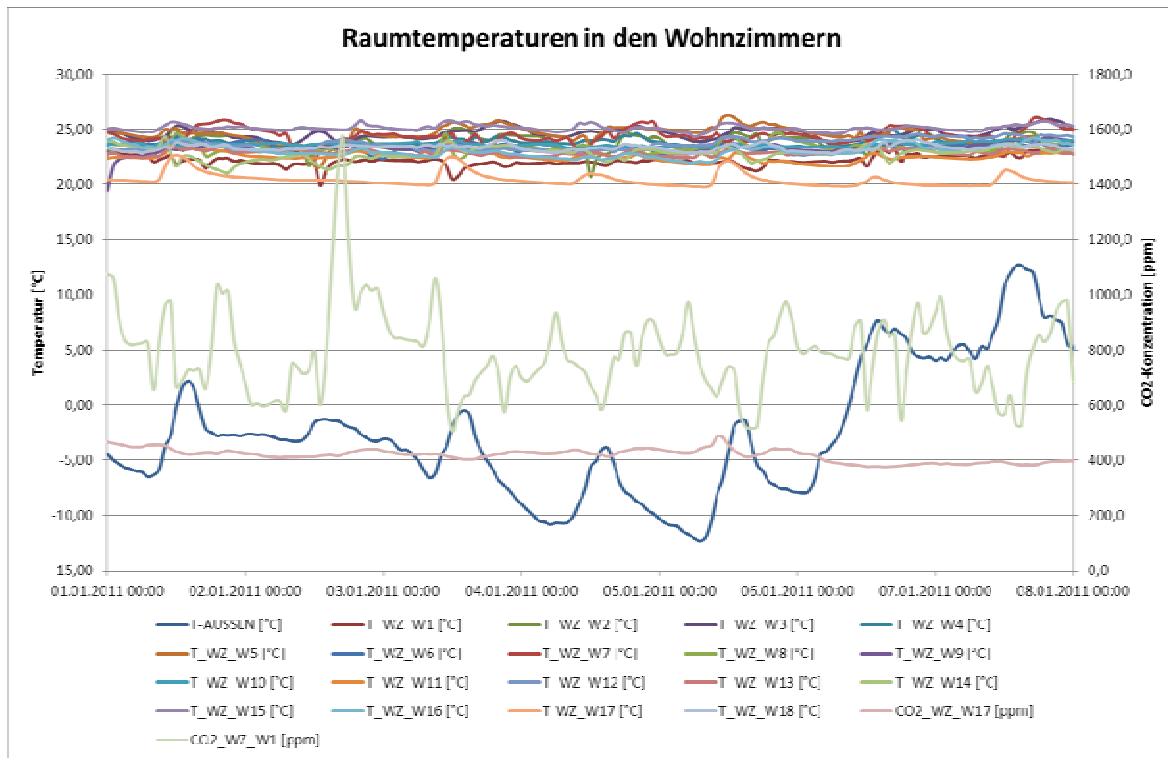


Abbildung 9: Raumtemperaturen und Außentemperatur in einer kalten Woche im Jänner 2011, Passivhauswohnanlage Lodenareal

In Abbildung 10 und Abbildung 11 wird die Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein dargestellt. Das erste Messjahr der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein umfasst den Zeitbereich von 1.12.2009 bis 30.11.2010.

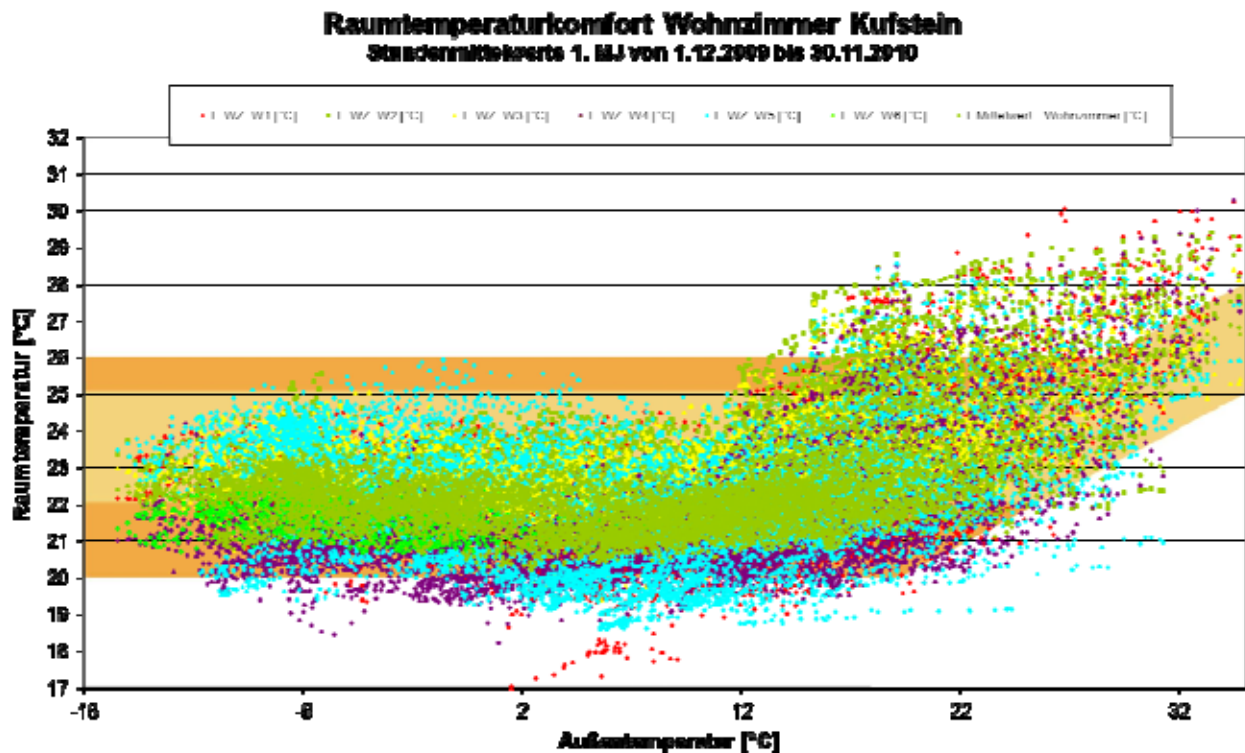


Abbildung 10: Raumtemperatur über Außentemperatur der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein [Darstellung nach DIN 1946-2], Wohnzimmer, 1. Messjahr

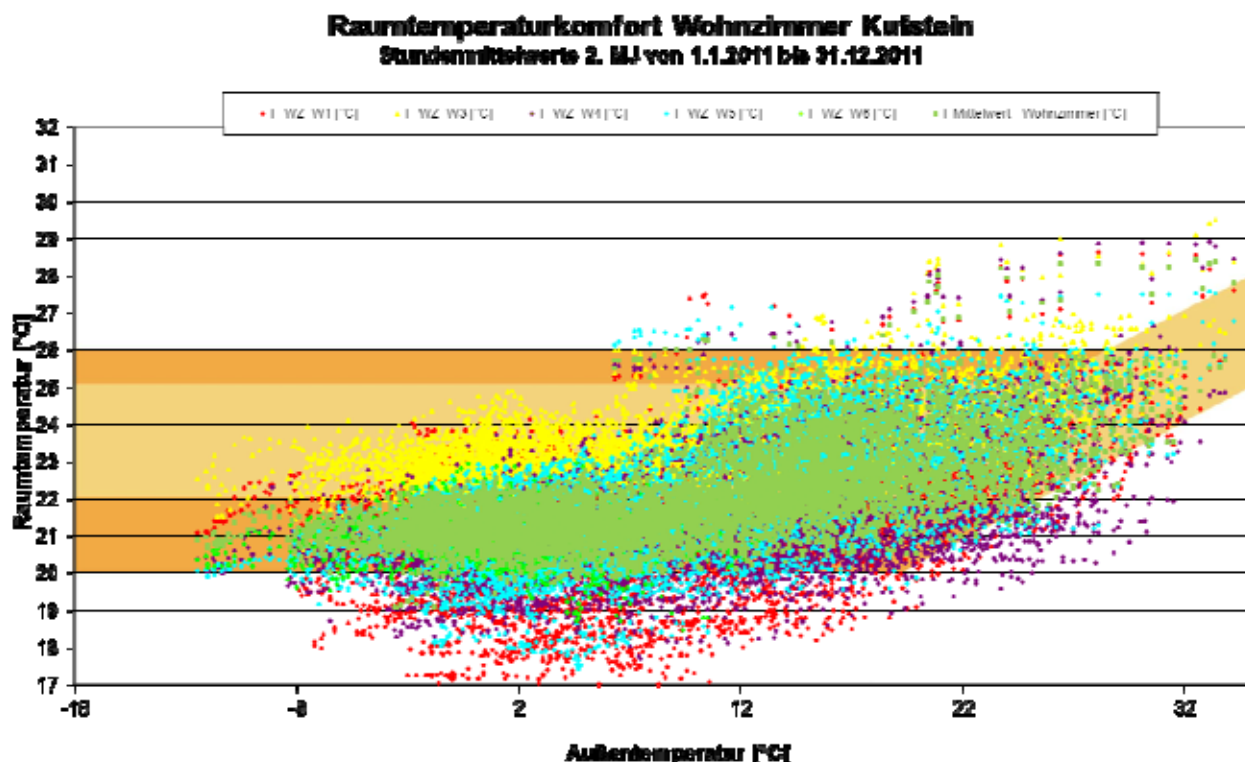


Abbildung 11: Raumtemperatur über Außentemperatur Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein [Darstellung nach DIN 1946-2], Wohnzimmer, 2. Messjahr

Im ersten Messjahr tritt bei höheren Außentemperaturen Überhitzung auf, im zweiten Messjahr konnte diese weitgehend vermieden werden. Temperaturen unter 20°C treten häufiger auf als in der Passivhauswohnanlage Lodenareal, was auf das sehr individuelle

Abbildung 12 und Abbildung 13 zeigen die geordneten Temperaturverläufe der Wohnzimmer der Passivhauswohnanlage Lodenareal im Vergleich zu den Temperaturverläufen der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein für das zweite Messjahr.

In dieser Darstellung werden die gemessenen Temperaturen absteigend geordnet und ihre Häufigkeiten bezüglich aller gemessenen Werte berechnet. Dadurch können Unter- bzw. Überschreitungshäufigkeiten für bestimmte Temperaturen angegeben werden. Für die Passivhauswohnanlage Lodenareal werden im zweiten Messjahr 26°C mit einer Häufigkeit zwischen 0,5 % und 27 % überschritten. Eine minimale Raumtemperatur von 20°C wird in den Wohnzimmern nicht unterschritten.

In der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein treten Temperaturen über 26°C in den Wohnzimmern im zweiten Messjahr in einem Ausmaß von 0,3 % bis 1,5 % auf, Temperaturen unter 20 °C treten mit Häufigkeiten zwischen 1,7 % und 16,3 % auf.

Die nächsten Bilder zeigen den Temperaturkomfort in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein für das erste und das zweite Messjahr.

In der Passivhauswohnanlage Lodenareal treten im ersten Messjahr Temperaturen bis zu 30°C auf, im zweiten Messjahr liegen die Temperaturen auch bei sehr hohen Außentemperaturen (bis auf einige wenige Messpunkte) durchwegs unter 27°C, was ein Vergleich von Abbildung 14 und Abbildung 15 deutlich zeigt. Der Raumtemperaturkomfort konnte somit in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal vom ersten auf das zweite Messjahr wesentlich verbessert werden.

Raumtemperaturen, die im zweiten Messjahr in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage unter 20°C lagen, werden anhand von Abbildung 16 näher analysiert. Eine Wohnung war hauptsächlich von Raumtemperaturen unter 20°C betroffen, die Raumtemperatur im Schlafzimmer dieser Wohnung ist in der Abbildung als grüne Linie dargestellt. Hierbei dürfte es sich um auch in der kalten Jahreszeit tagsüber länger gekippte Fenster handeln. Wie Abbildung 16 zeigt, erstreckt sich der Raumtemperaturabfall im Schlafzimmer von Wohnung 6 meist über einige Stunden (z.B. 17 – 22 Uhr am 1.12.2011, 6 – 24 Uhr am 14.12.2011, 7 – 22 Uhr am 16.12.2011). Dieser Sachverhalt wurde auch in anderen Monaten (März, April, Oktober, November) festgestellt. Bei niedrigen Außentemperaturen kommt es dadurch zu Raumtemperaturen unter 20°C.

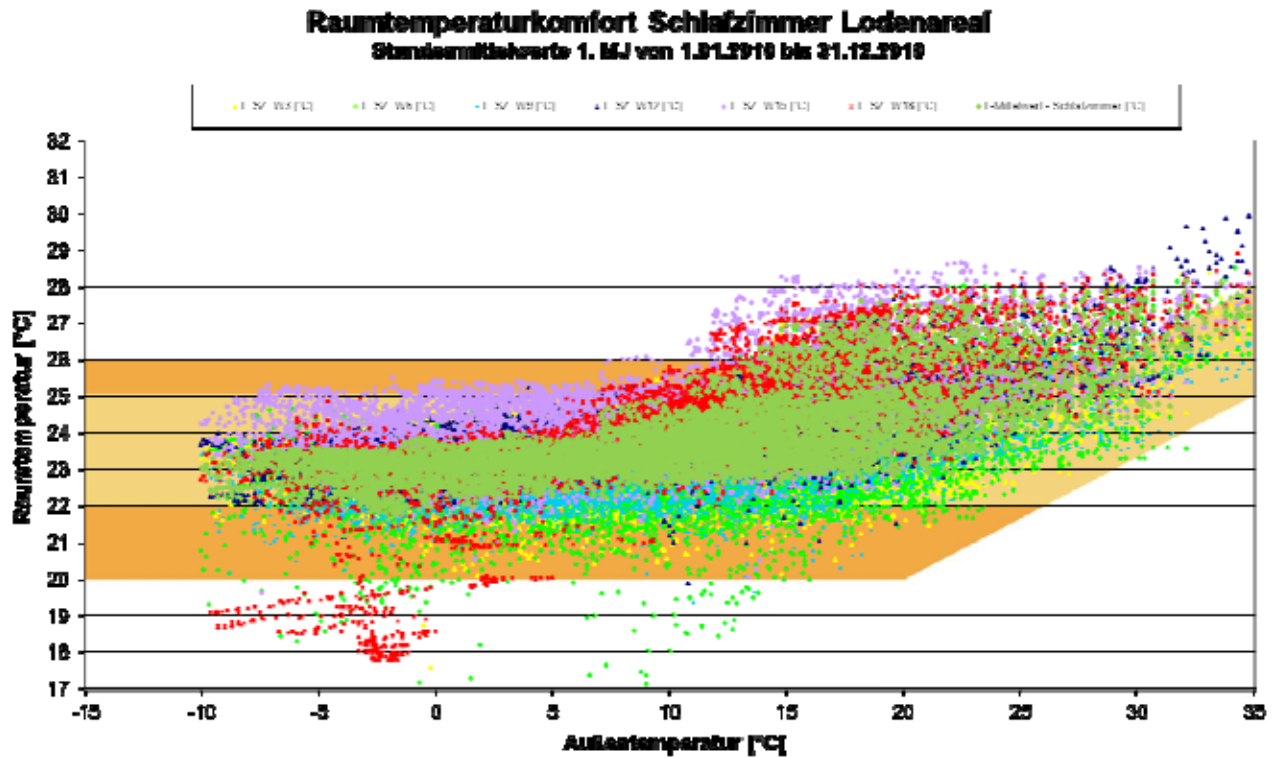


Abbildung 14: Raumtemperatur über Außentemperatur Passivhauswohnanlage Lodenareal [Darstellung nach DIN 1946-2], Schlafzimmer, 1. Messjahr

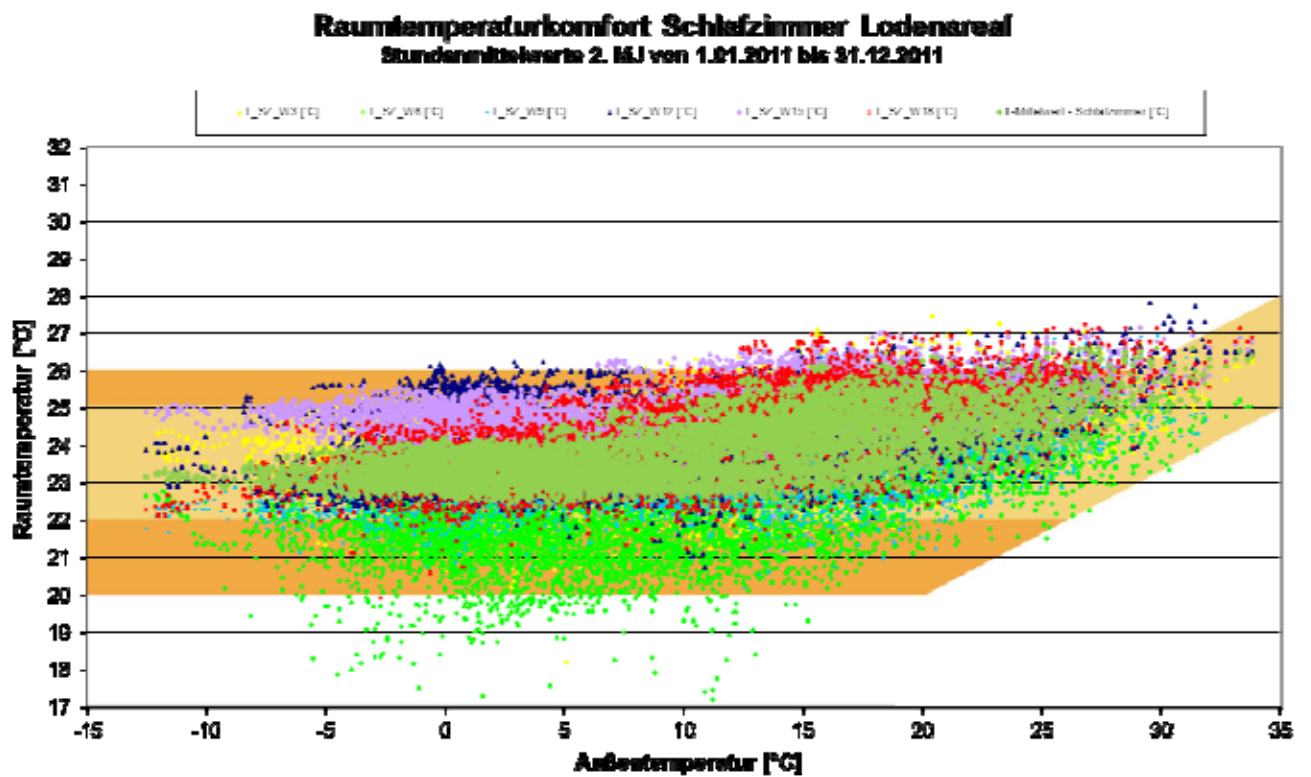


Abbildung 15: Raumtemperatur über Außentemperatur Passivhauswohnanlage Lodenareal [Darstellung nach DIN 1946-2], Schlafzimmer, 2. Messjahr

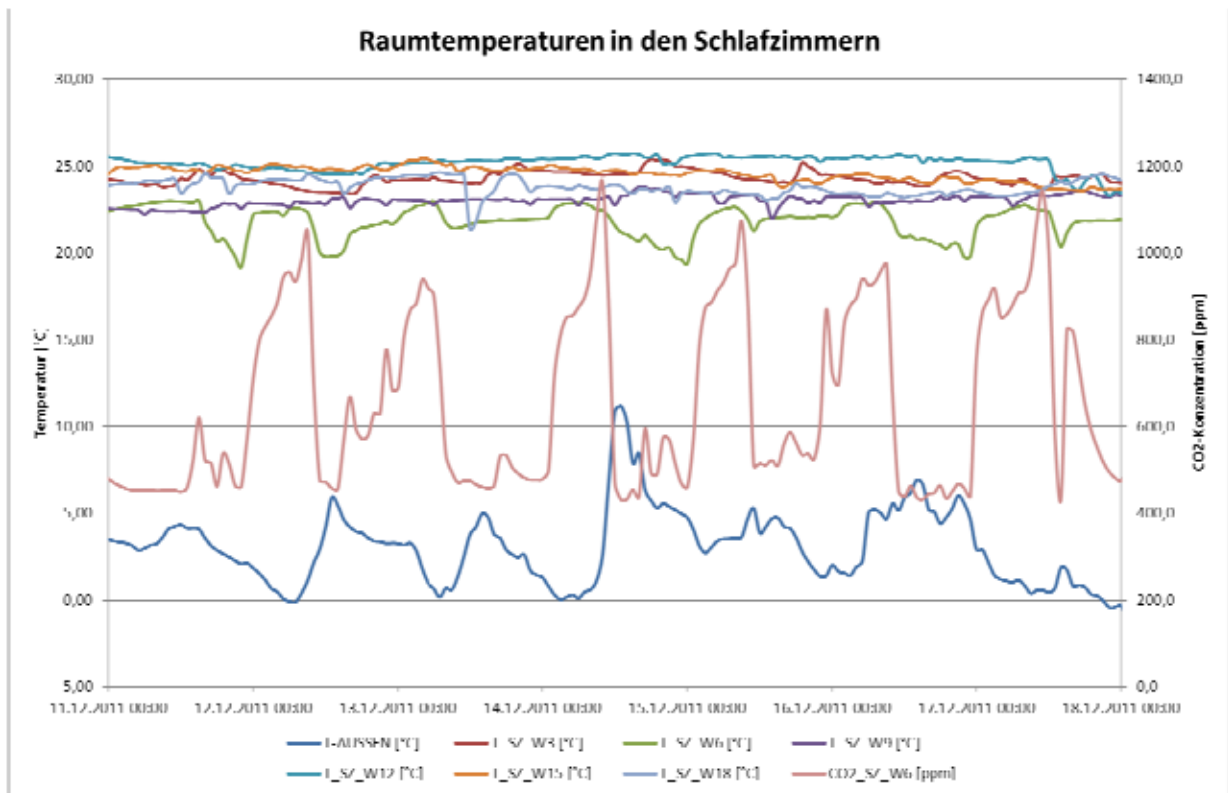


Abbildung 16: Raumtemperaturen in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

Auch in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein konnte der Raumtemperaturkomfort in Bezug auf die Überhitzungshäufigkeit vom ersten auf das zweite Messjahr verbessert werden, wie ein Vergleich von Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigt. Auffällig in den Schlafzimmern der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein ist der große Anteil von Temperaturen unter 20°C, sowohl im ersten, als auch im zweiten Messjahr, was auf sehr individuelles Lüftungsverhalten schließen lässt.

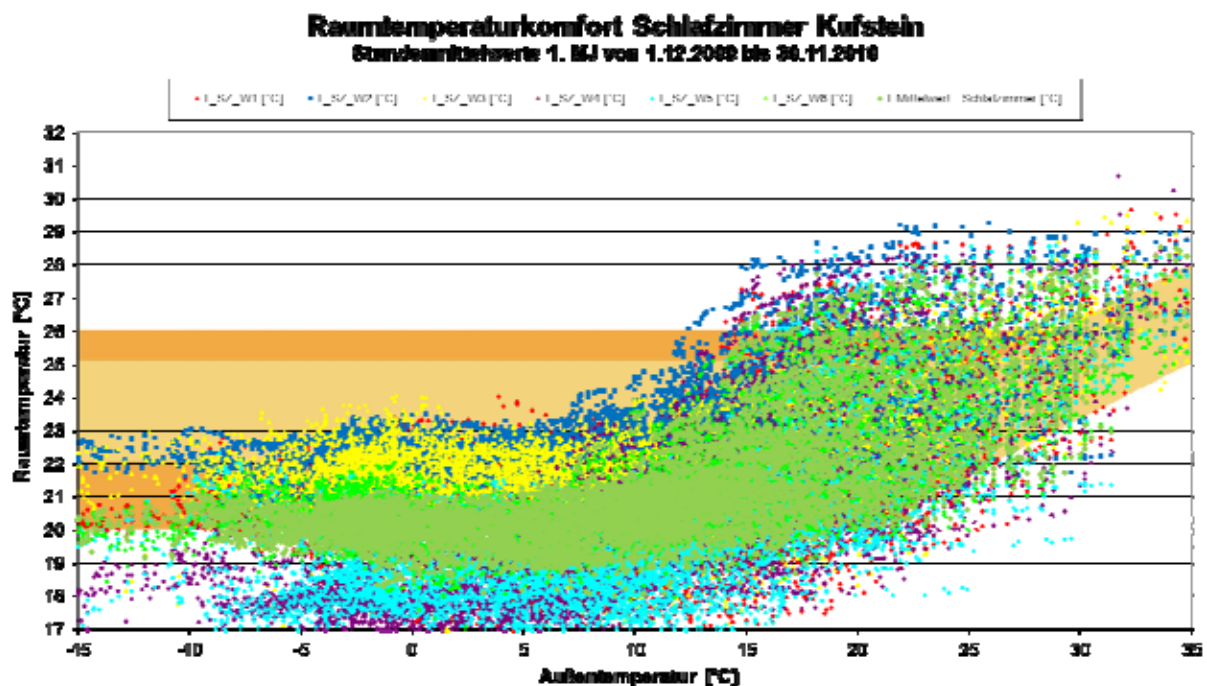


Abbildung 17: Raumtemperatur über Außentemperatur Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein [Darstellung nach DIN 1946-2], Schlafzimmer, 1. Messjahr

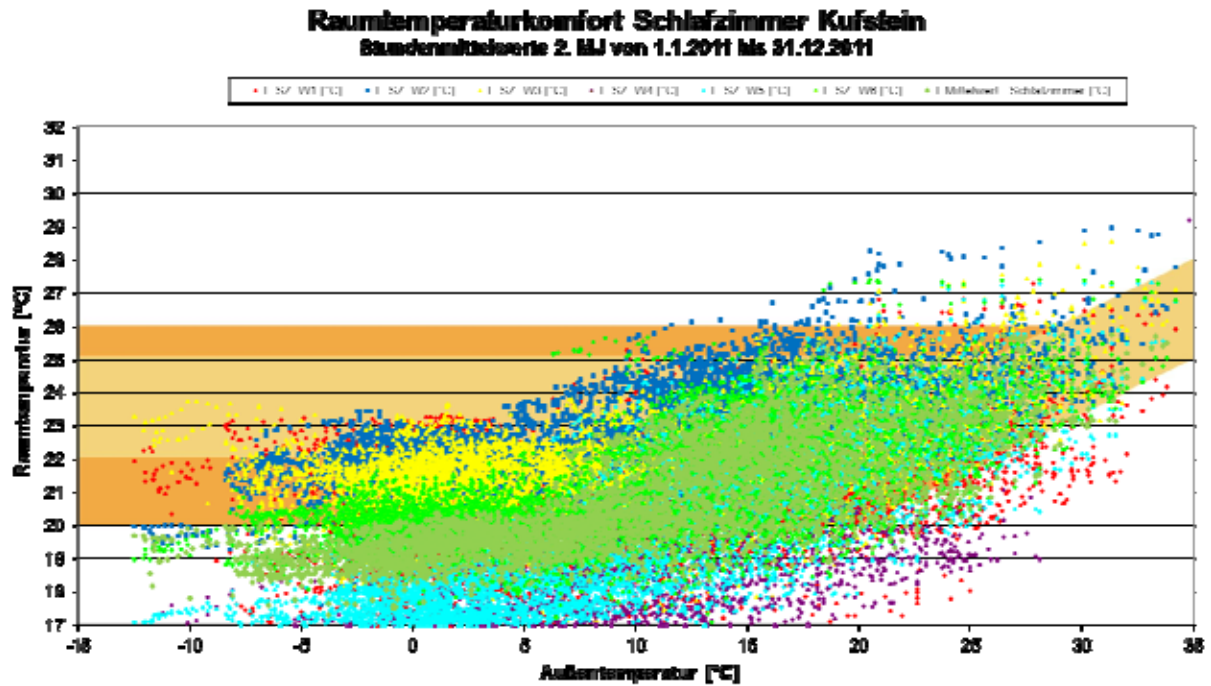


Abbildung 18: Raumtemperatur über Außentemperatur Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein [Darstellung nach DIN 1946-2], Schlafzimmer, 2. Messjahr

Einen quantitativen Vergleich der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein bezüglich der Raumtemperaturen in den Schlafzimmern bietet der geordnete Temperaturverlauf (Abbildung 19 und Abbildung 20).

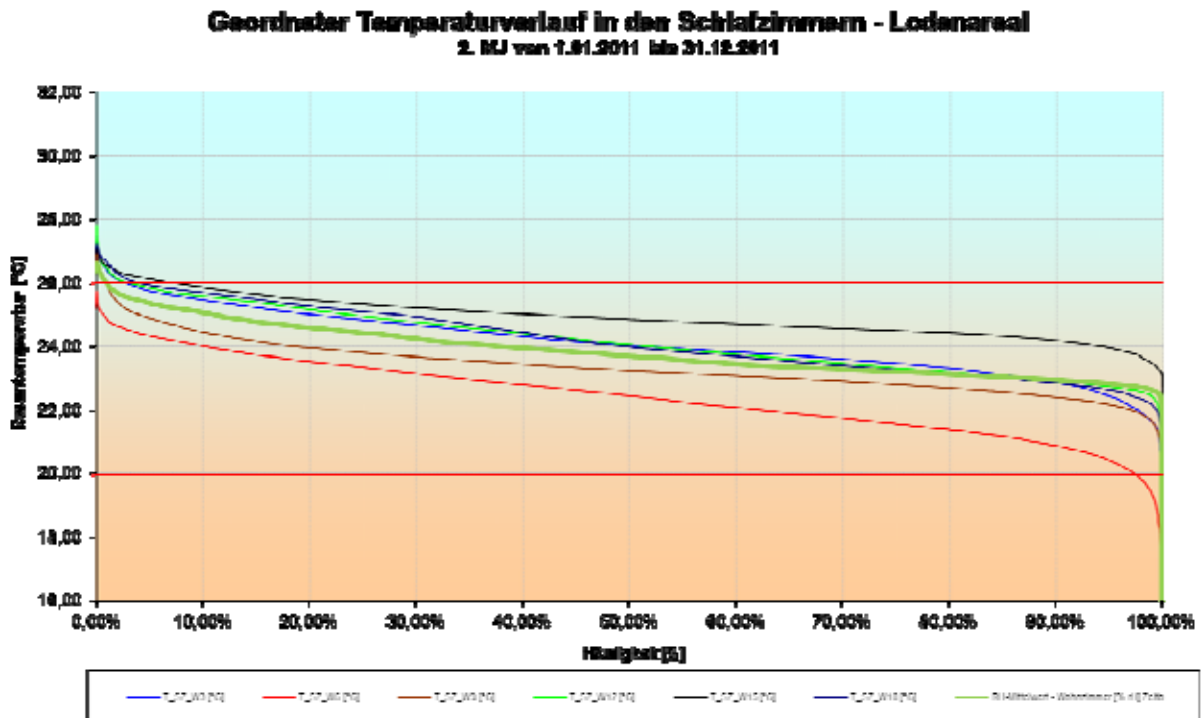


Abbildung 19: Geordneter Temperaturverlauf in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

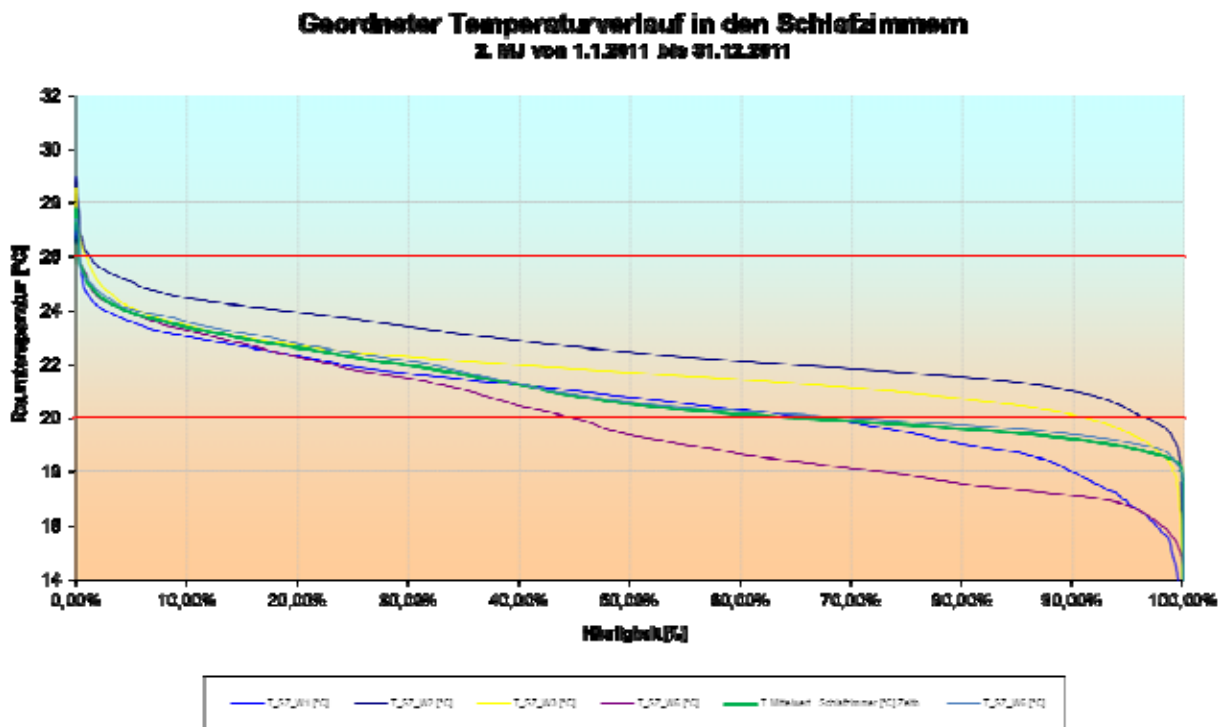


Abbildung 20: Geordneter Temperaturverlauf in den Schlafzimmern der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein, 2. Messjahr

Im zweiten Messjahr liegen in der Passivhauswohnanlage Lodenareal die Häufigkeiten der Raumtemperaturen über 26°C in den Schlafzimmern der Wohnungen zwischen 0 % und 7 %, Temperaturen unter 20°C treten nur in einer Wohnung im Ausmaß von 2,6 % der Messwerte auf. In der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein treten im zweiten Messjahr Temperaturen über 26°C in den Schlafzimmern nur in sehr geringem Ausmaß auf, die Häufigkeit der Überschreitung liegt hier zwischen 0,3 % und 1,2 %, wohingegen die Häufigkeiten von Temperaturen unter 20°C zwischen 3,5 % und 55,3 % betragen, was das sehr individuelle Lüftungsverhalten in den Schlafzimmern der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein widerspiegelt.

5.3.2 Relative Feuchte

Abbildung 21 bis Abbildung 24 stellen das Behaglichkeitsfeld Raumluftheuchtigkeit über der Raumtemperatur nach Leusden und Freymark für die Passivhauswohnanlage Lodenareal und die Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein dar. Im zweiten Messjahr liegen die Werte für die Passivhauswohnanlage Lodenareal noch besser im Behaglichkeitsfeld als im ersten Messjahr, teilweise treten jedoch sehr niedrige relative Feuchtigkeitswerte auf. Diese werden weiter unten quantifiziert. Die relativen Feuchtigkeitswerte in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein liegen mit breiter individueller Streuung höher als in der Passivhauswohnanlage Lodenareal, was durch niedrigere Raumtemperaturen und Fensterlüftung erklärt werden kann.

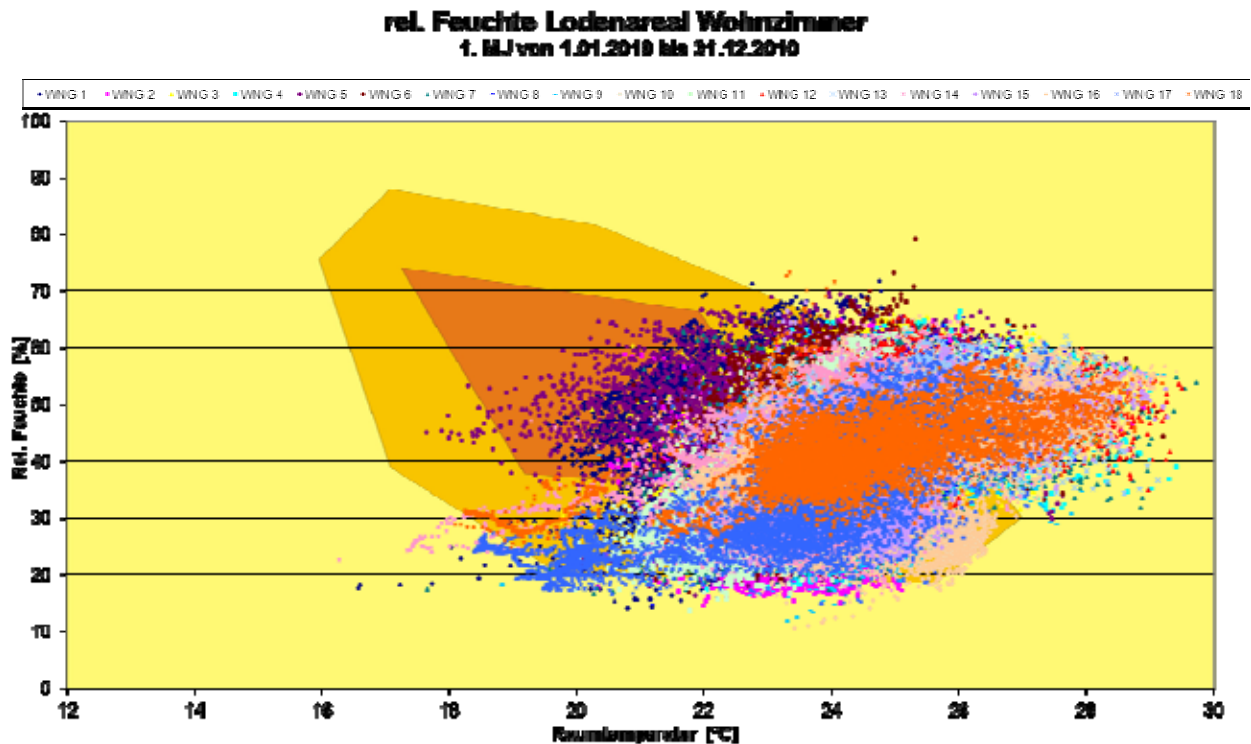


Abbildung 21: Behaglichkeitsparameter Rel. Luftfeuchtigkeit über Raumtemperatur, Wohnzimmer Lodenareal [Darstellung nach Leusden und Freymark], 1. Messjahr

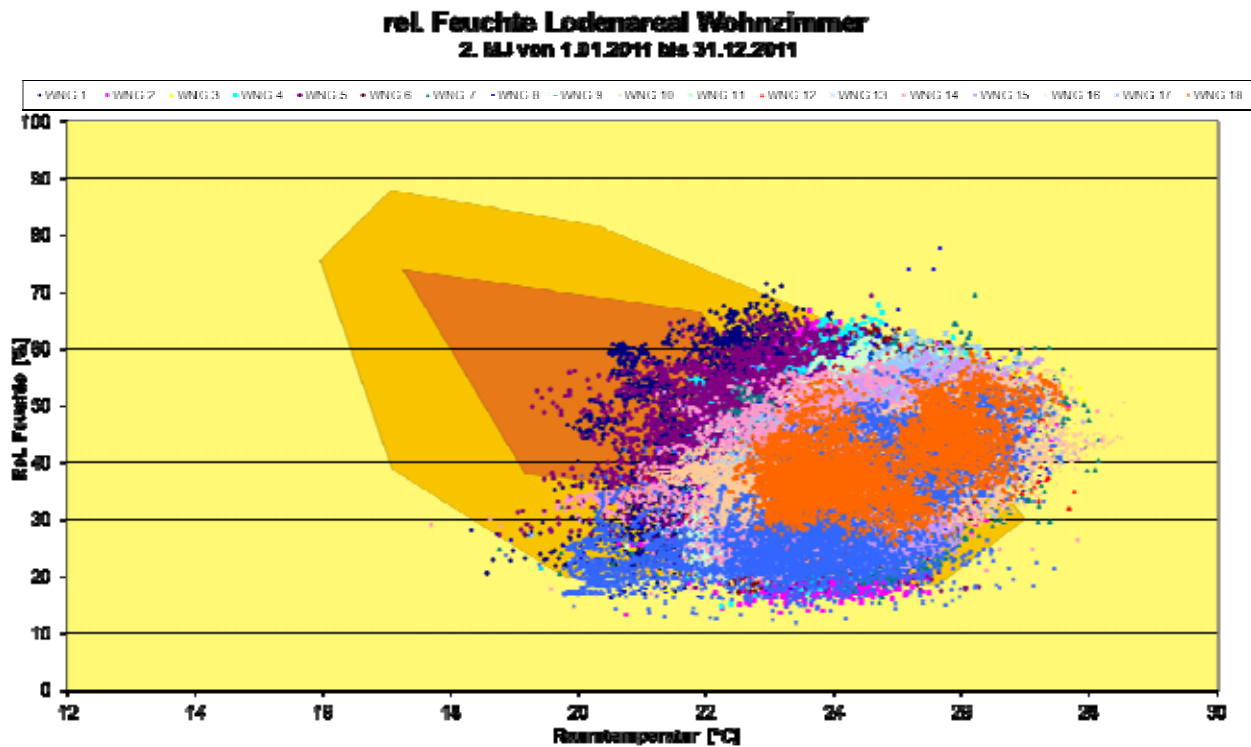


Abbildung 22: Behaglichkeitsparameter Rel. Luftfeuchtigkeit über Raumtemperatur, Wohnzimmer Lodenareal [Darstellung nach Leusden und Freymark], 2. Messjahr

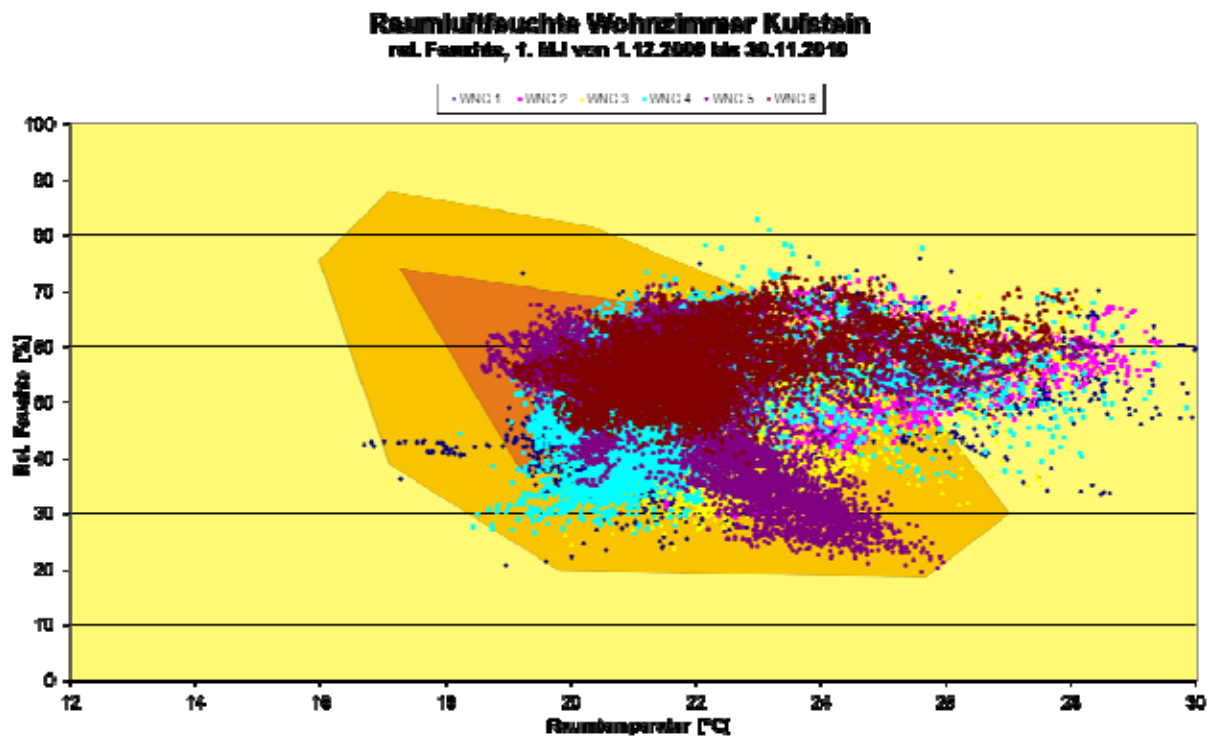


Abbildung 23: Behaglichkeitsparameter Rel. Luftfeuchtigkeit über Raumtemperatur, Kufstein [Darstellung nach Leusden und Freymark], 1. Messjahr

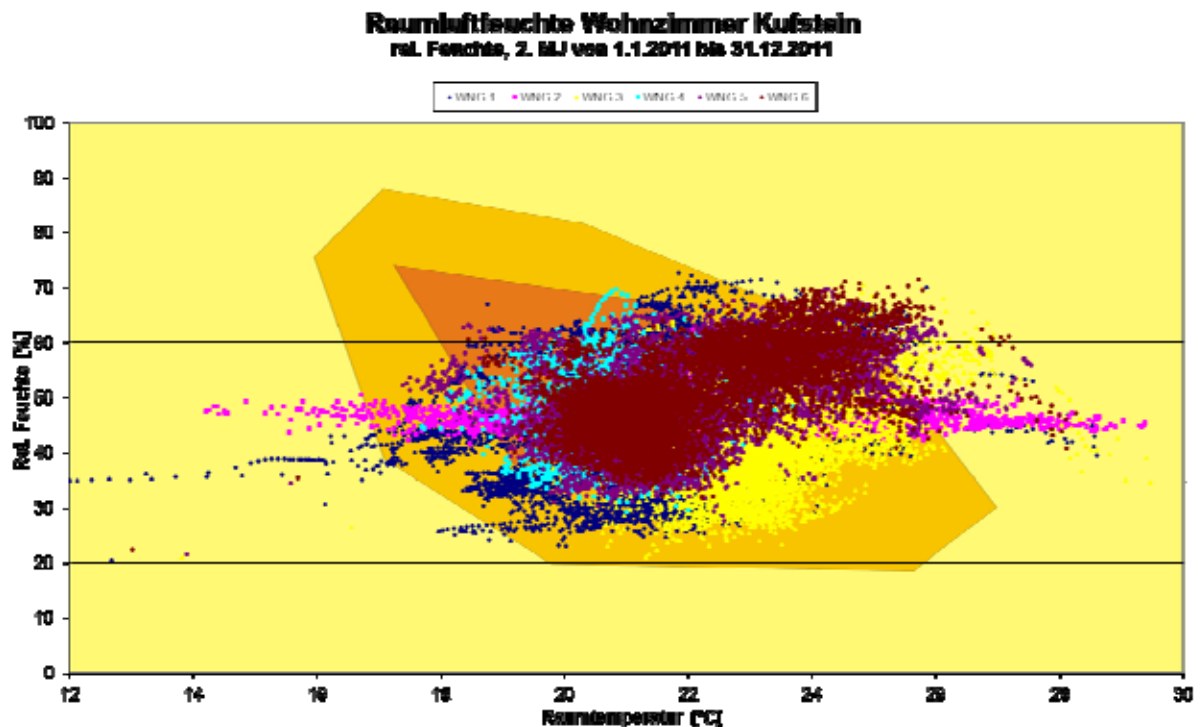


Abbildung 24: Behaglichkeitsparameter Rel. Luftfeuchtigkeit über Raumtemperatur, Kufstein [Darstellung nach Leusden und Freymark], 2. Messjahr

In der folgenden Abbildung der geordneten relativen Raumluftheuchte der Passivhauswohnanlage Lodenareal wird deutlich, dass insbesondere zwei Wohnungen von relativen Feuchtwerten unter 20% r.F. im Ausmaß von ca. 6,5 % bzw. 7,1 % der Jahresstunden betroffen sind. In allen anderen Wohnungen liegt der Anteil unter 0,5 %.

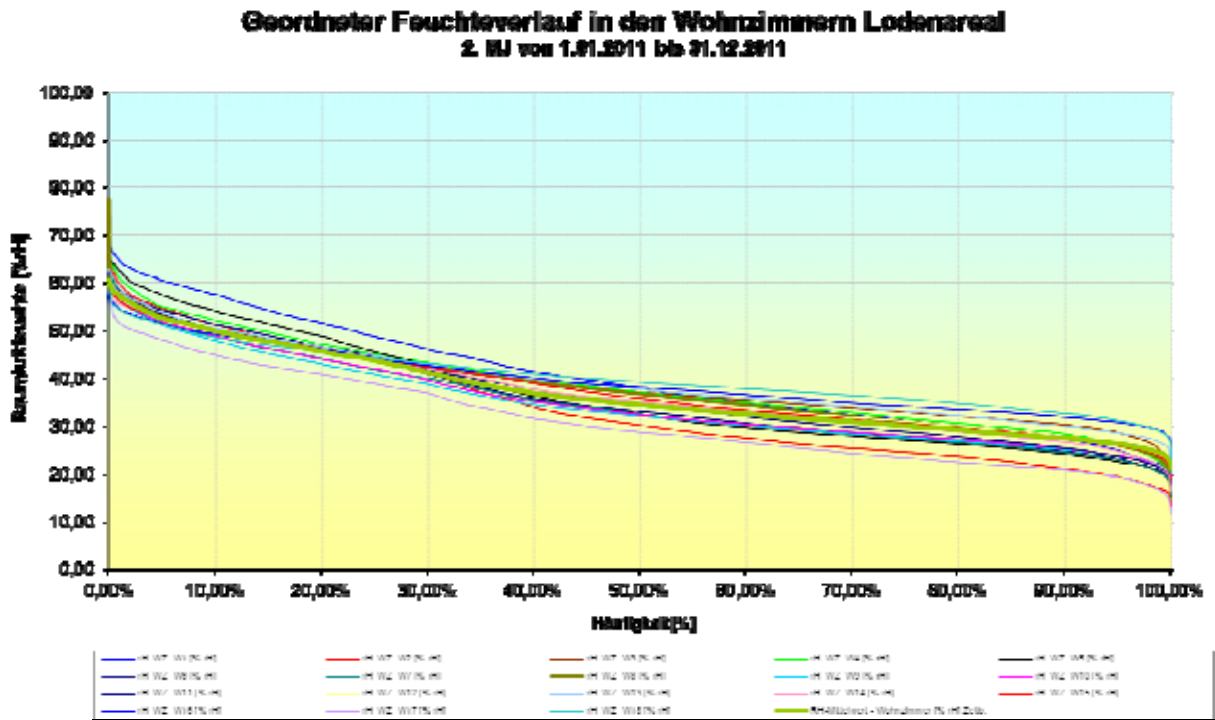


Abbildung 25: Geordnete Raumluftfeuchtigkeit in den Wohnzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

5.3.3 Messung der CO₂-Konzentration

Einen Vergleich der CO₂-Konzentration in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein ermöglichen die Abbildung 26 und Abbildung 27. Nimmt man z. B. 1500 ppm, so tritt dieser Wert in der Niedrigenergiehauswohnanlage mit einer Häufigkeit zwischen 0% und 62,6%, in der Passivhauswohnanlage Lodenareal mit Lüftungsanlage mit einer Häufigkeit zwischen 0,2% und 16,7% auf.

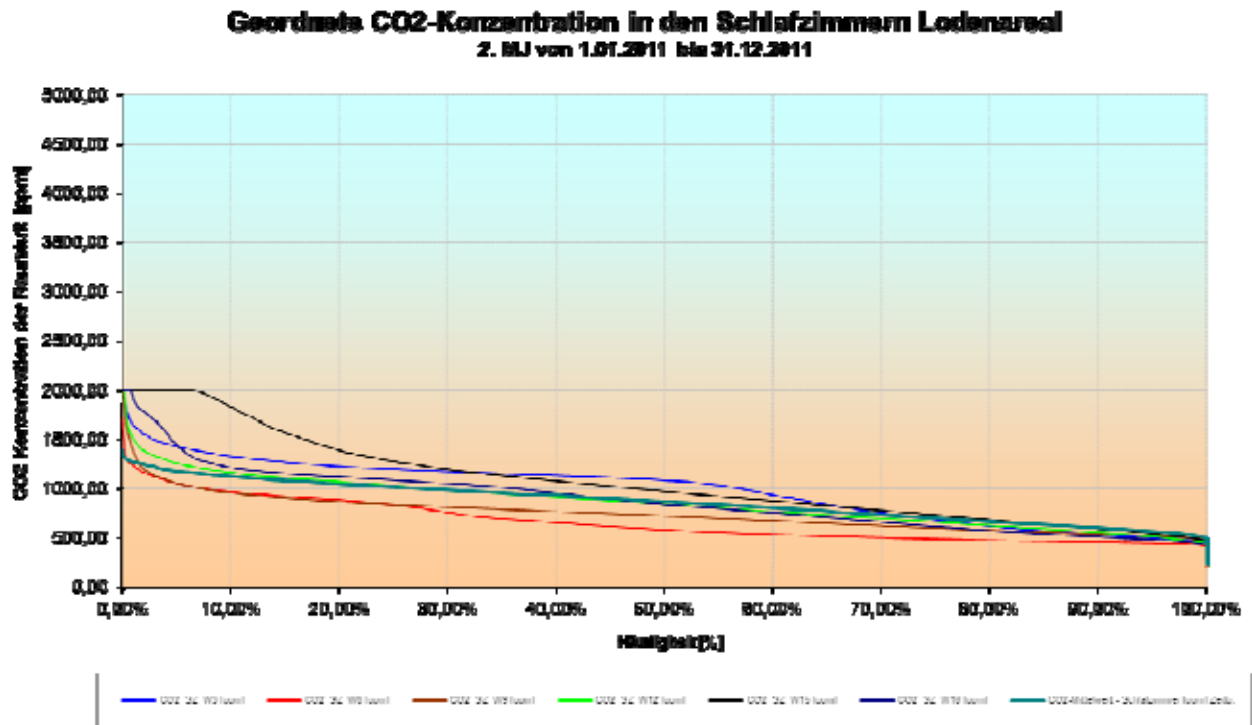


Abbildung 26: Geordnete CO₂-Konzentration in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr (CO₂-Sensor mit 2000 ppm begrenzt)

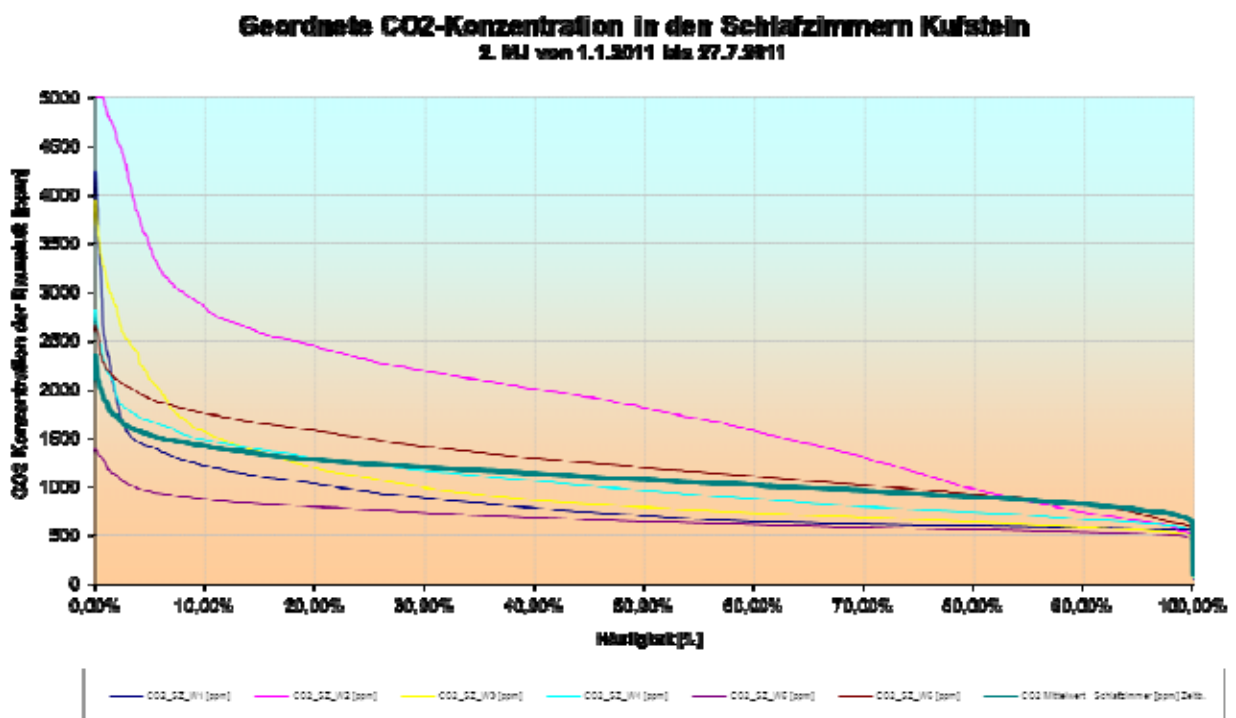


Abbildung 27: Geordnete CO₂-Konzentration in den Schlafzimmern der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein, 2. Messjahr

Die Kategorisierung der Raumluft nach EN 13779 (Tabelle 4) erfolgt in Raumluftklassen. IDA (indoor air quality) bezeichnet die CO₂-Konzentration der Innenraumluft über der CO₂-Konzentration der Außenluft, wobei die CO₂-Konzentration der Außenluft bei etwa 500 ppm liegt. In der Tabelle ist zusätzlich angegeben, wieviel Prozent der in den Schlaf-

zimmern gemessenen Werte in den einzelnen Raumluftklassen liegen. Für die Berechnung wurden für die Passivhauswohnanlage Lodenareal die gemessenen CO₂-Konzentrationen der Zuluft als CO₂-Außenluftkonzentration zugrunde gelegt, für die Berechnung der einzelnen Raumluftkategorien der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein wurde der Mittelwert der gemessenen CO₂-Konzentration der Zuluft der Wohnhausanlage Lodenareal (für das 2. Messjahr, 489 ppm) herangezogen. 76,8% der Werte liegen in der Passivhauswohnanlage Lodenareal in den Raumluftklasse IDA 1 und IDA 2, für die Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein beträgt der Anteil der Messwerte in Raumluftklasse IDA 1 und IDA 2 67 %. Die niedrigste Raumluftqualität IDA 4 tritt in der Passivhauswohnanlage Lodenareal mit einem Anteil von 4,7% der gemessenen mittleren Stundenwerte auf, in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein liegt dieser Anteil bei 18,1%.

Tabelle 4: Kategorisierung der Raumluftqualität nach EN 13779: CO₂ – Konzentration der Raumluft über der CO₂ – Konzentration der Außenluft in ppm

Raumluftklasse in ppm über der CO ₂ - Konzentration der Außenluft	Bemerkung	% Anteil in der Passivhauswohnanlage Lodenareal(zweites Messjahr)	% Anteil in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein (zweites Messjahr)
IDA 1 ≤ 400 ppm	Hohe Raumluftqualität	57,3	55,8
IDA 2 ≤ 600 ppm	Mittlere Raumluftqualität	19,5	11,2
IDA 3 ≤ 1000 ppm	Mäßige Raumluftqualität	18,5	14,9
IDA 4 > 1000 ppm	Niedrige Raumluftqualität	4,7	18,1

Abbildung 28 und Abbildung 29 geben einen Überblick über die Komfortparameter der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein im zweiten Messjahr. Die Stundenwerte der Raumtemperaturen wurden über alle Messräume gemittelt und die Anzahl der Stunden über 26°C bzw. unter 20°C nach dem Raumverfahren ermittelt. In diesem Verfahren wird die Überschreitung der Grenztemperatur jedes einzelnen Raumes für die Mittelwertbildung berücksichtigt. Die Raumtemperaturen liegen in der Passivhauswohnanlage Lodenareal ca. 3°C über den Temperaturen der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein. Der Anteil der Temperaturen über 26°C liegt in der Passivhauswohnanlage Lodenareal mit 4,85 % etwa gleich hoch wie in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein mit 4,81 %, die Stunden unter 20°C sind in der Passivhauswohnanlage Lodenareal sehr gering und auch die Überhitzung in der Heizperiode liegt unter 1%, in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein liegt der Anteil an Stunden unter 20°C bei 11,94 % und der Anteil an Stunden über 26°C in der Heizperiode bei 1,84 %.

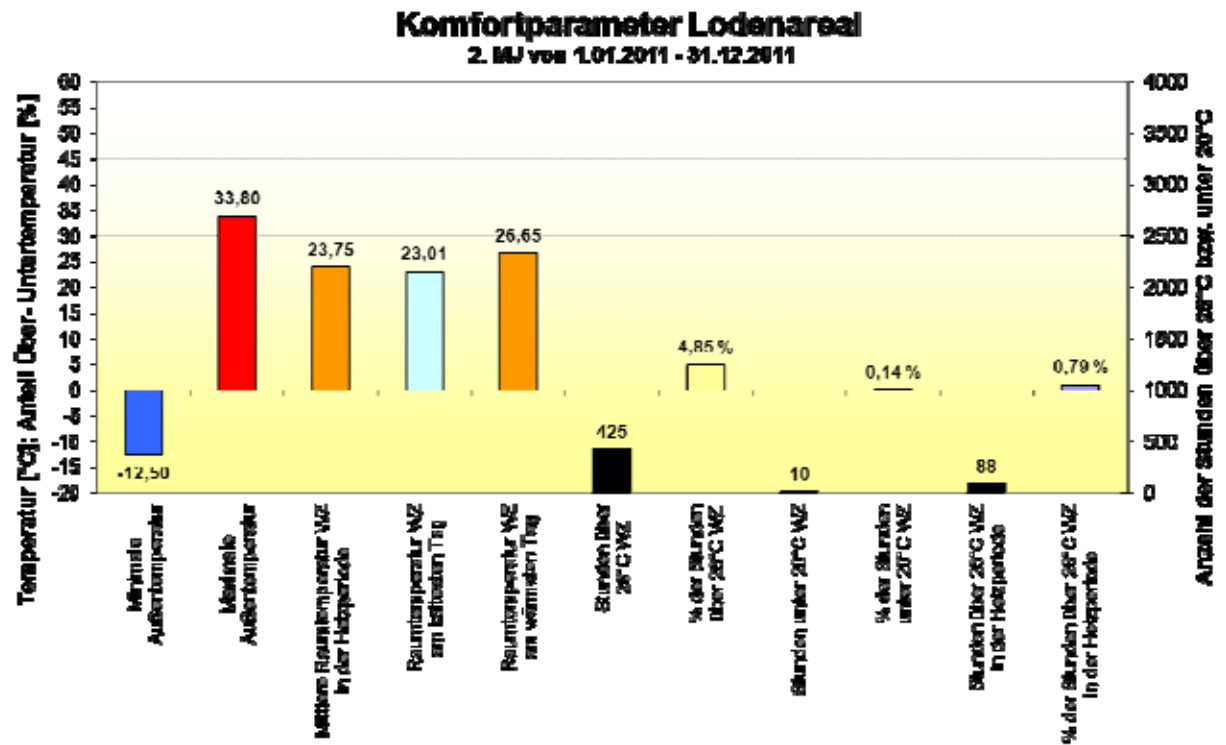


Abbildung 28: Komfortparameter Lodenareal, 2. Messjahr

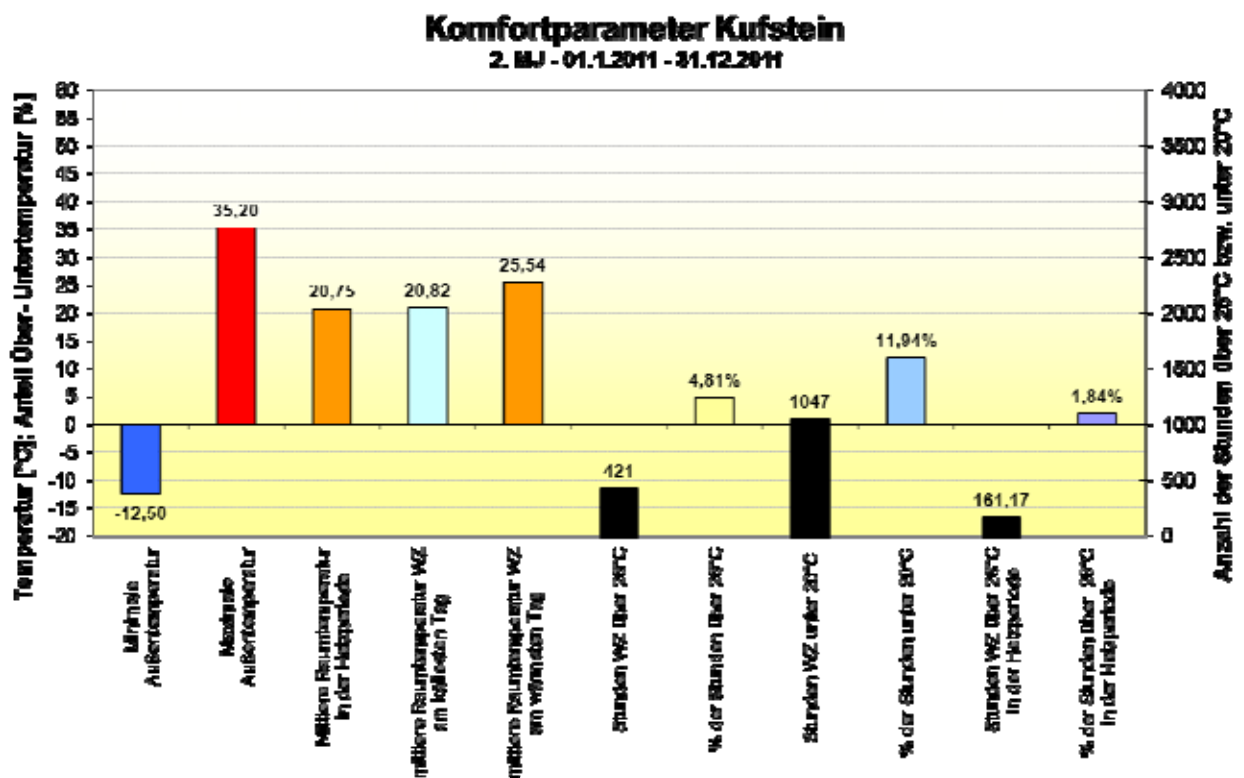


Abbildung 29: Komfortparameter Kufstein, 2. Messjahr

5.4 Energiebilanz

In den nächsten Abbildungen ist die Gesamtenergiebilanz der Passivhauswohnanlage Lodenareal jeweils für das erste und das zweite Messjahr dargestellt. Die Zahlen 144 und 145 bezeichnen die Häuser, die Buchstaben A-H bzw. A-J bezeichnen die Stiegenhäuser. Abbildung 30 und Abbildung 31 zeigen den Jahresverbrauch, Abbildung 32 und Abbildung 33 stellen die Monatsenergiebilanzen der Stiegen F-J dar. Haus 145 Stiege J wurde in weiterer Folge auch primärenergetisch analysiert.

Die Energieerzeugung erfolgt in der Passivhauswohnanlage Lodenareal über einen Pelletskessel, einen Gas-Brennwertkessel und eine ca. 1.000 m² große thermische Solaranlage (siehe 4.3 Beschreibung des Haustechnikkonzeptes [HLS], Seite 12). Von der Zentrale werden vier Unterzentralen versorgt (für je einen L-förmiger Baukörper).

Im ersten Messjahr betrug die gesamte eingebrachte Wärmemenge 1.733 MWh, die solar erzeugte Wärme hatte einen Anteil von 26%. Im zweiten Messjahr konnte der Anteil der solar erzeugten Wärme der gesamten Wohnhausanlage auf 35% gesteigert werden, wobei auch die Speicherverluste um ca. 2% zunahmen. Die gesamte an die Unterzentralen gelieferte Wärmemenge betrug im zweiten Messjahr 1.663 MWh.

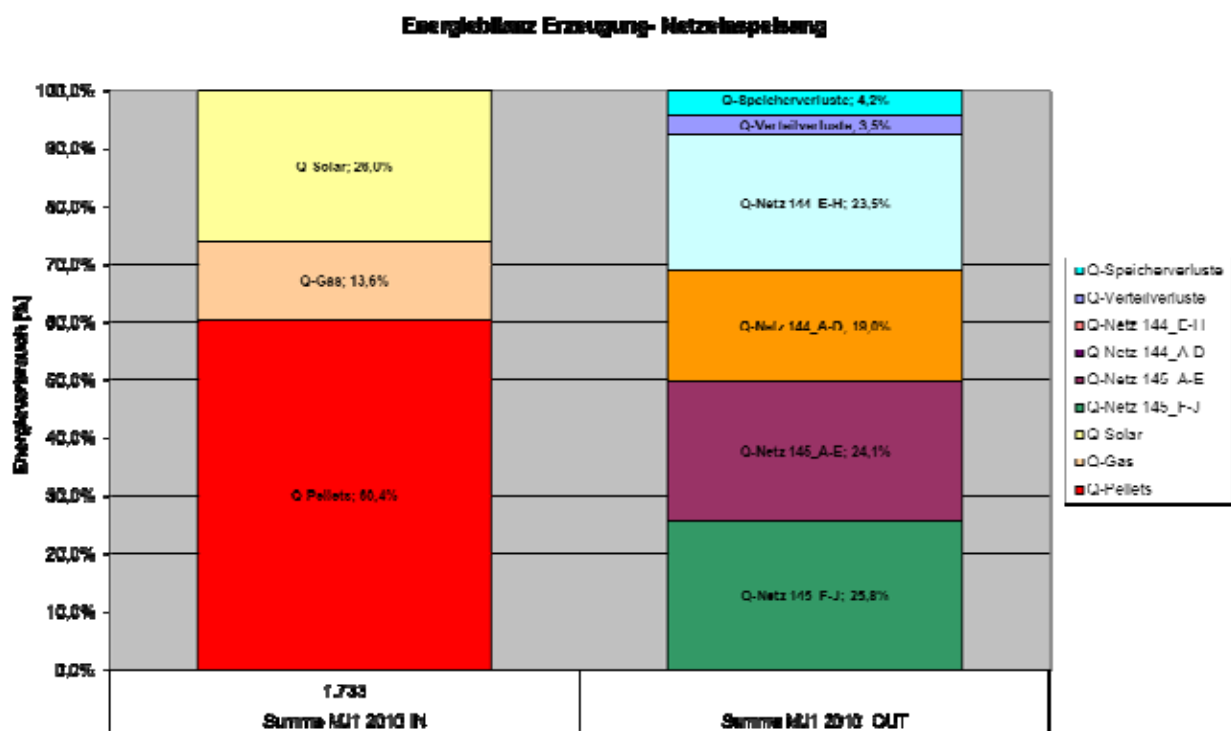


Abbildung 30: Energiebilanz Passivhauswohnanlage Lodenareal, 1. Messjahr 1.1.2010 – 31.12.2010

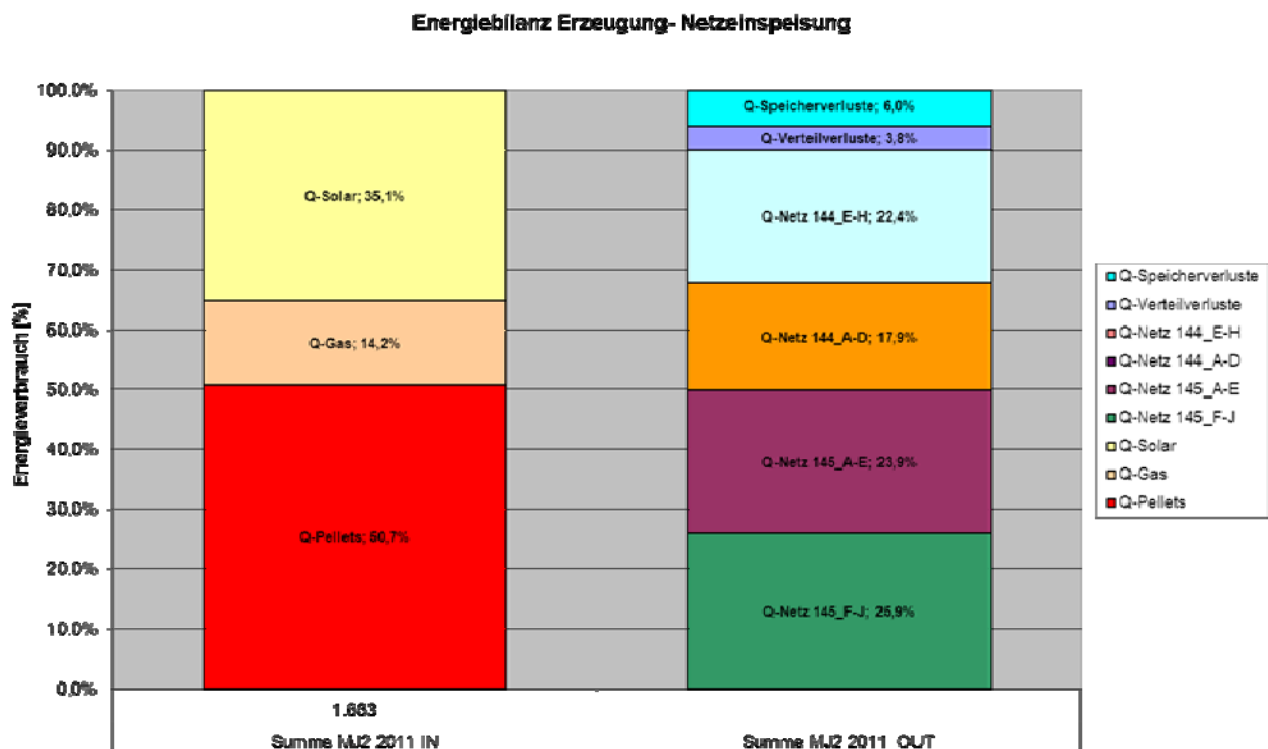


Abbildung 31: Energiebilanz Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr 1.1.2011 – 31.12.2011

Die solar erzeugte Wärmemenge betrug für Haus 145 Stiege F-J im ersten Messjahr 121.645 kWh, im zweiten Messjahr 152.255 kWh.

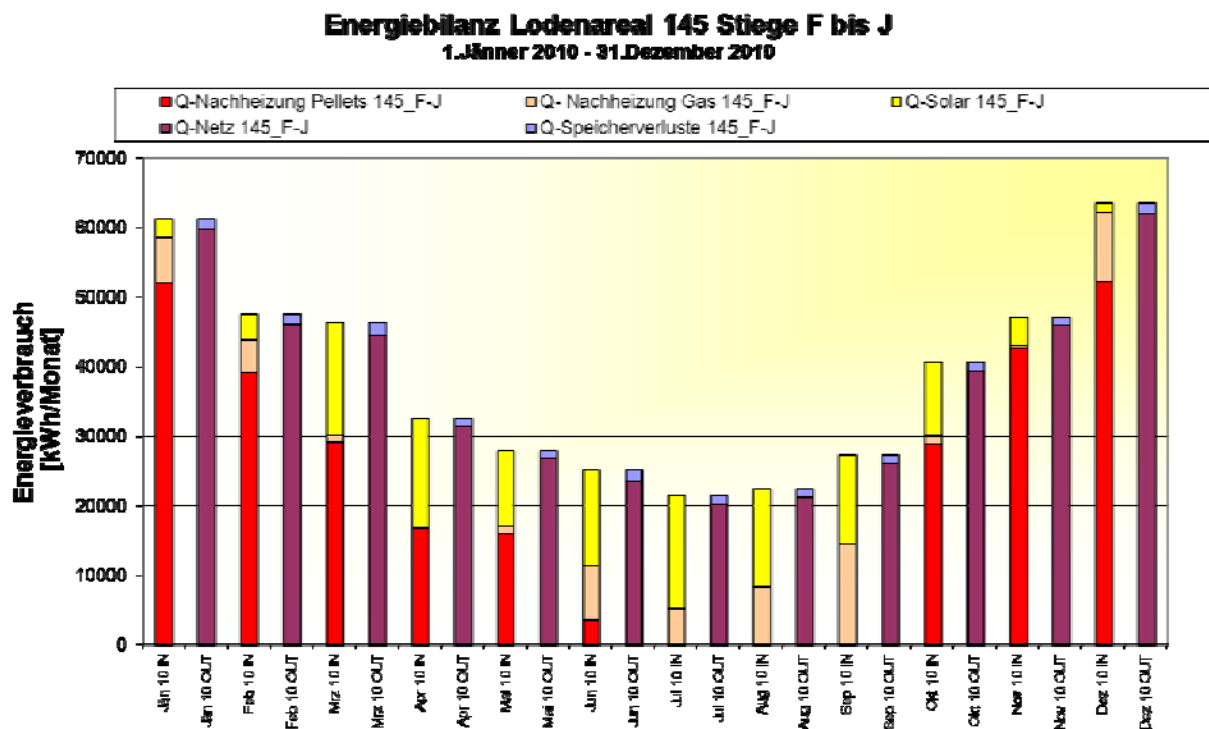


Abbildung 32: monatliche Energiebilanz Passivhauswohnanlage Lodenareal, Haus 145 Stiege F-J, 1. Messjahr

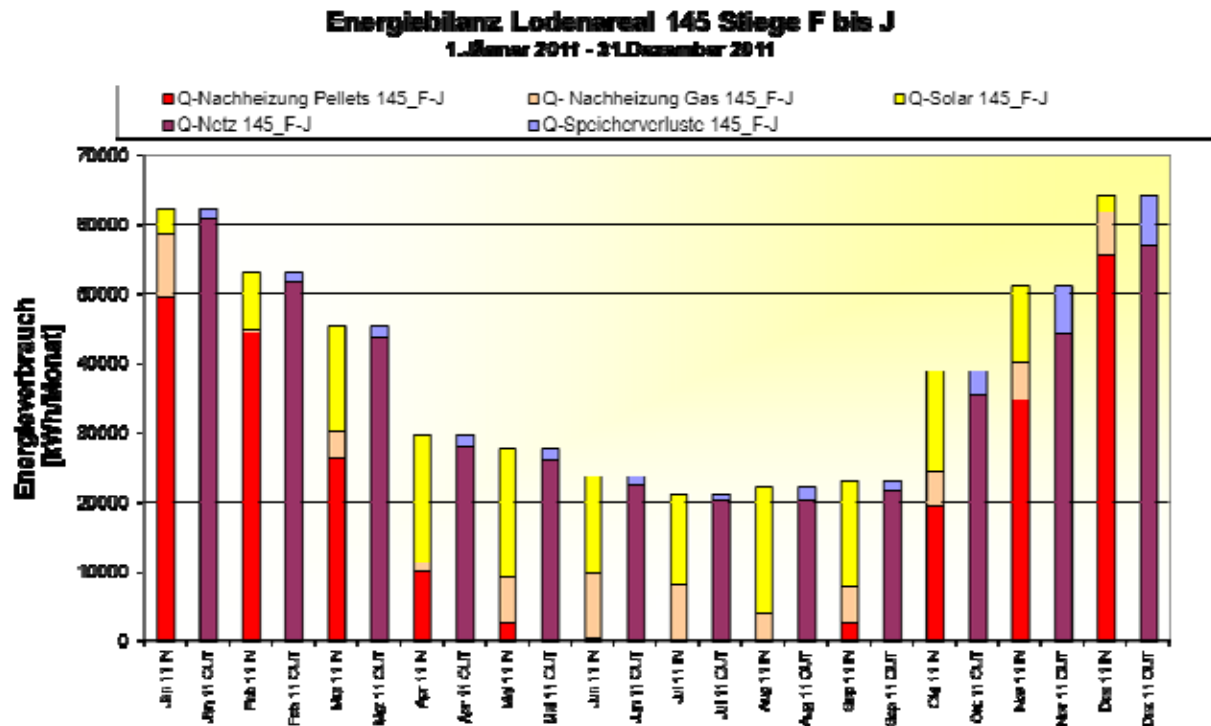


Abbildung 33: monatliche Energiebilanz Passivhauswohnanlage Lodenareal, Haus 145 Stiege F-J, 2. Messjahr

Die folgenden Darstellungen zeigen den Heiz-, End- und Primärenergieverbrauch sowie die Heizlast der Passivhauswohnanlage Lodenareal, Stiege J im Vergleich beider Messjahre. Zur Umrechnung des Endenergieeinsatzes auf den Primärenergieeinsatz wurde in Abbildung 34 folgende Primärenergiefaktoren verwendet [PHPP 2007]:

Strom	PEF = 2,7
Gas	PEF = 1,1
Pellets	PEF = 0,1

Die Messwerte wurden auf die treated floor area von Stiege J bezogen (1.392,2 m²).

Zum Vergleich folgt in Abbildung 35 die Darstellung von Heiz- End- und Primärenergie unter Verwendung der Primärenergiefaktoren der OIB Richtlinie 6, Ausgabe Oktober 2011.

Strom	PEF = 2,62
Gas	PEF = 1,17
Pellets	PEF = 1,08

Die Berechnung von Heiz-, End- und Primärenergie erfolgte unter Zugrundelegen der Bruttogeschoßfläche von Stiege J (1.776,5 m²).

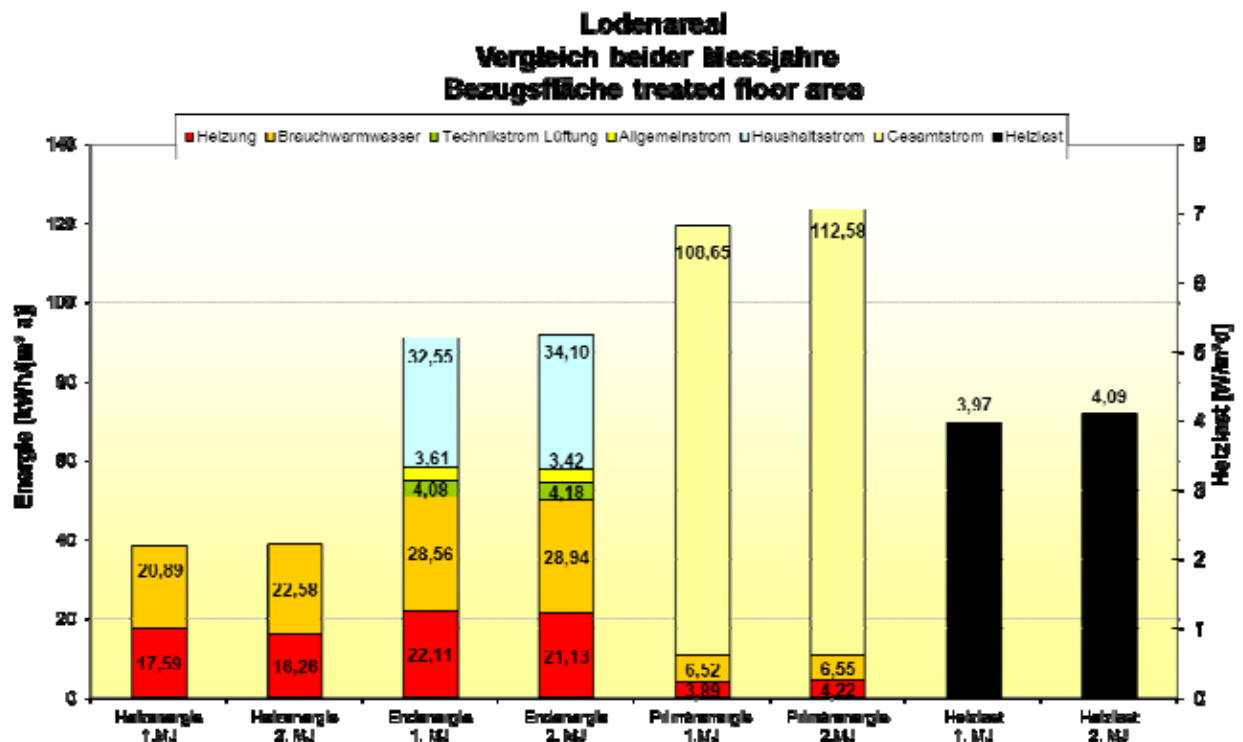


Abbildung 34: Heiz-, End- und Primärenergieeinsatz sowie Heizlast Passivhauswohnanlage Lodenareal, 1. und 2. Messjahr, Bezugsfläche treated floor areal (TFA), Primärenergiefaktoren aus PHPP 2007

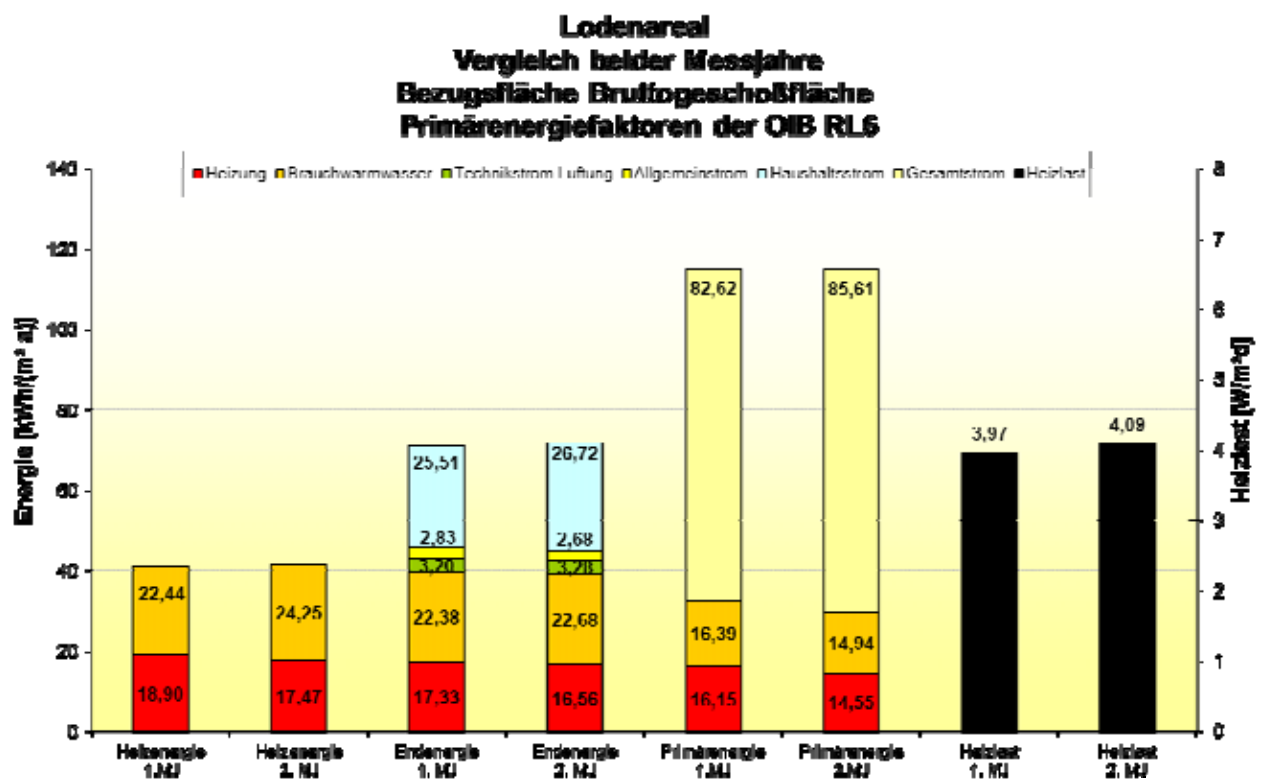


Abbildung 35: Heiz-, End- und Primärenergieeinsatz sowie Heizlast Passivhauswohnanlage Lodenareal, 1. und 2. Messjahr, Bezugsfläche Bruttogeschossfläche, Primärenergiefaktoren der OIB RL6, Ausgabe Oktober 2011

5.4.1 Bewertung des Heizwärmebedarfs

Bei der Bewertung des Heizwärmebedarfs (HWB) ist zu berücksichtigen, dass dieser Wert bei den im jeweils betrachteten Messjahr vorliegenden Wetterbedingungen und Raumtemperaturen zustande kommt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde der Heizwärmebedarf auf 20°C Raumtemperatur umgerechnet.

Dafür wurde die durchschnittliche Raumtemperatur während der Heiztage der betrachteten Messperiode ermittelt und der Heizwärmebedarf bei 20° (mit den gemessenen Klimadaten), sowie bei der ermittelten Raumtemperatur (mit den gemessenen Klimadaten) mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) berechnet.

Das Verhältnis dieser beiden Werte wird dann zur Umrechnung des gemessenen Heizwärmebedarfs nach der folgenden Formel verwendet:

$$HWB_{20^{\circ}C} = HWB_{\text{gemessen}} \cdot \frac{HWB_{PHPP_Klima_gemessen_20^{\circ}C}}{HWB_{PHPP_Klima_gemessen_T_{\text{gemessen}}}}$$

In einem weiteren Schritt wird analog zur Raumtemperaturnormierung der Heizwärmebedarf auf Standardklimadaten normiert.

Zu diesem Zweck wird ein durchschnittlicher Norm-Klimadatensatz für Wien herangezogen, der im Rahmen des EU Projektes „Promotion of European Passive Houses“ (PEP) für die Verwendung im PHPP festgelegt wurde.

Mithilfe der Formel

$$HWB_{20^{\circ}C_Standard_Wien_PEP} = HWB_{20^{\circ}C} \cdot \frac{HWB_{PHPP_Standard_Wien_PEP_20^{\circ}C}}{HWB_{PHPP_Klima_gemessen_20^{\circ}C}}$$

ergibt sich der auf 20°C Raumtemperatur und das Standardklima von Wien genormte Heizwärmebedarf. Durch die Normierung der gemessenen Daten auf einen Standardwetterdatensatz können in weiterer Folge unterschiedliche Gebäude in Österreich trotz unterschiedlicher Lage und unterschiedlicher Klimabedingungen miteinander verglichen werden.

Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmeverbrauch für das erste Messjahr beträgt für die Passivhauswohnanlage Lodenareal **13,59 kWh/m²a**, für das zweite Messjahr **14,55 kWh/m²a**. Der Passivhauskennwert beträgt 15 kWh/m²a.

Wie in Abbildung 34 ersichtlich trägt der Stromverbrauch wesentlich zum Endenergie- und Primärenergieeinsatz bei und wird daher in einem nachfolgenden Kapitel näher betrachtet.

5.5 Wärmeverluste des Zwei-Leiter-Netzes

Die Wärmeverluste setzen sich zusammen aus Wärmeverlusten durch Verteilung (Heizzentrale – Substation, Substation – Steigstränge und Steigstränge), Übergabe (z.B. Wärmetauscher), Speicherverluste (Solarspeicher, in den Substationen) sowie Aufwärm- und Abkühlverluste von Pellet- und Gaskessel sowie Rohrleitungen und Armaturen. Aufgrund des eingeschränkten Monitoring Budgets können nicht alle Verluste messtechnisch erfasst werden, sondern werden teilweise rechnerisch ermittelt.

Die Massenstrom gewichteten Rücklauftemperaturen der sechs detailliert untersuchten Wohnungen liegen bei mittleren Vorlauftemperaturen von 57,7 °C (Strang F-J) bzw. 55,8°C (Steigstrang J3) mit im Mittel 36 °C im erwarteten Bereich und etwas höher als die mittlere Rücklauftemperatur von Steigstrang J (31,2 °C) und Strang F-J (31,2 °C). Die gemittelten Rücklauftemperaturen liegen im Sommer und Winter ähnlich dabei ist die Schwankungsbreite im Sommer mit etwa 15 Kelvin deutlich höher als im Winter mit etwa 10 Kelvin.

Tabelle 5: Massenstrom gewichtete Rücklauftemperaturen / [°C] der detailliert untersuchten Wohnungen, Vergleich zeitliches Mittel

1	2	3	4	5	6	Mittel
36,9	36,6	35,6	35,9	35,0	35,8	36,0
						40,7

5.5.1 Verluste Substation (Messung, 2010):

Der spezifische Solarertrag liegt bei 488,3 kWh/m²FK (Fläche des Flachkollektors (FK) A_{FK} = 247 m²) bei einer solaren Einstrahlung von 1.255,5 kWh/(m² a). Die Verluste in der Substation die sich über die Bilanzierung der von der Solaranlage gelieferten Energie (120,6 MWh, sekundärseitig gemessen), der von der Heizzentrale gelieferten Energie von Pellet- und Gaskessel (339,5 MWh, gemessen in der Subzentrale) und der in den Strang F-J gelieferten Energie (444,0 MWh) ergeben, sind mit 16,2 MWh bzw. 3,5 % relativ gering (und auch relativ gleichmäßig übers Jahr verteilt. Werden die Pufferspeicherverluste auf den Solarertrag bezogen (ohne Solaranlage könnte auf die Pufferspeicher verzichtet werden), ergibt sich ein weniger positives Bild von 13,4 %.

5.5.2 Verluste Steigstrang (Messung, 2. Halbjahr 2010):

Über die Bilanzierung der Wärmeverbräuche der 6 detaillierter untersuchten Wohnungen und der in den Steigstrang (J3) gelieferten Wärmemenge können die Wärmeverluste ermittelt werden.

$$(HWB + TWW / [\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})]) = 45,14 = (42,3 + 32,6 + 65,7 + 44,8 + 44,1 + 41,4)/6$$

Es ergeben sich für den Untersuchungszeitraum eine Abweichung von 16,4 %, wovon nur ein gewisser Teil als Verlust zu verbuchen ist. Im Sommer kann dies zu einem gewissen Anteil zur Überwärmung beitragen.

Durch eine kleine Zirkulationsleitung in der Wärmeübergabestation zirkuliert das Heizwasser in Zeiten ohne Abnahme (Zirkulationsbrückenbetrieb). Die Verlustleistung konnte zu ca. 0,4 KW bis 0,5 KW bzw. 0,075 KW pro Wohnung ermittelt werden. Dies entspricht mit 6 x 81,33 m² Nutzfläche etwa 0,9 W/m² und somit fast 1/10 der Heizlast eines Passivhauses.

Aufgrund des hohen Dämmstandards der Steigleitung (DN 40 DS 50, zusätzlich ausgeflockter Schacht) kann davon ausgegangen werden, dass der Großteil dieser Verluste in den Wärmeübergabestationen in den Wohnungen anfällt. In den Sommermonaten kann dies zur Erwärmung der Wohnungen beitragen.

5.5.3 Verluste im Strang F-J (Messung 2. Halbjahr 2010 und Hochrechnung)

Der Anteil der Wärmelieferung an Steigstrang J3 bezogen auf Strang F-J beträgt 5,8 %. Im Vergleich dazu liegt der Anteil der Wohnungen bei $1/15 = 6,7$ % (bzw. 7,5 % bezogen auf Nettonutzfläche). Das ergibt, repräsentative Verbräuche der 6 Wohnungen des Steigstrangs J3 vorausgesetzt, Verteilverluste von der Substation zu den Steigsträngen von 13,1 % bzw. 23,1 %.

Im Vergleich dazu ergeben sich berechnete Verluste (bei angenommener Umgebungstemperatur von 10 °C und einer Wärmeleitfähigkeit der Dämmung von 0,04 W/(m K) im Strang F-J von etwa 20 MWh. Das entspricht im Vergleich zu dem mit rund 250 MWh berechneten Wärmebedarf etwa 8 % bzw. bezogen auf die gemessenen Wärmelieferung in Strang F-J von 444 MWh rund 4 % und somit deutlich weniger als die zuvor abgeschätzten 13,1 % bzw. 23,1 %.

Tabelle 6: Gemessener (Q_{meas}) und berechneter (Q_{calc}) Wärmebedarf, Berechnung auf Basis PHPP, HWB = 15 kWh/(m² a), TWW = 20 kWh/(m² a)

Strang	A_{WF} / [m ²]	A_{EB} / [m ²]	Q_{calc} / [MWh]	Q_{meas} / [MWh]
J3	488	533	18,6	22,0
F-J	6479	7081	247,8	444,0

Werden die im Vergleich zum PHPP mit 20 °C angesetzten höheren Raumtemperaturen berücksichtigt, liegen die gemessenen Ergebnisse für den Steigstrang J3 mit 22 MWh im Rahmen der zu erwartenden Werte.

5.5.4 Verluste Heizzentrale - Substation

Zusätzlich ergeben sich noch Verluste in der Heizzentrale sowie Leitungsverluste von der Heizzentrale zu den vier Substationen. Mit vorhandener Messtechnik können diese nicht ermittelt werden.

5.5.5 Fazit

Die messtechnisch und rechnerisch ermittelten Wärmeverluste (16,4 % Steigstrang bzw. Wärmeübergabestation, 8% (bzw. 23,1%) Strang F-J, 3,5 % Substation) deuten auf ein relativ effizientes System hin. Ob jedoch das hier verwendete Zwei-Leiter-Netz Vorteile gegenüber einem Vier-Leiter-Netz aufweist kann nicht schlussgefolgert werden. Dafür wäre eine deutliche Ausweitung des Messprogramms gekoppelt mit einer Anlagensimulation notwendig.

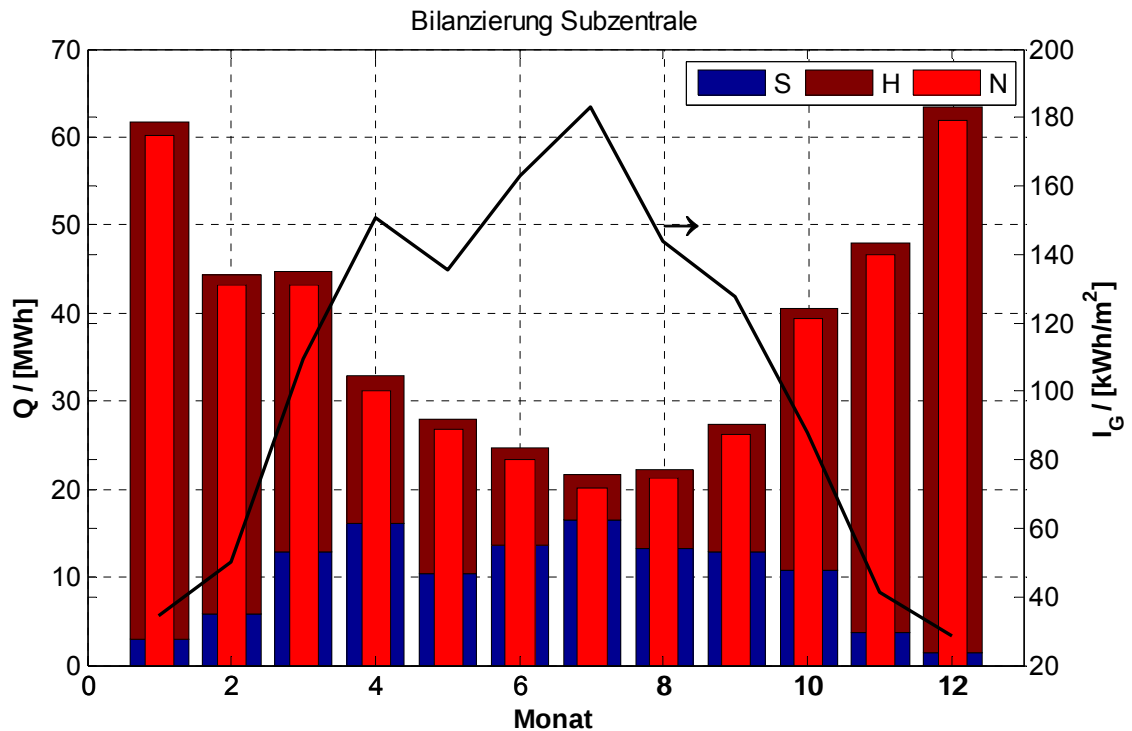


Abbildung 36: Solare Wärmelieferung (S), Lieferung von Heizzentrale (Gas- und Pelletkessel) in die Substation (H) und Lieferung in den Strang F-J (N), sowie monatliche solare Einstrahlung (I_G)

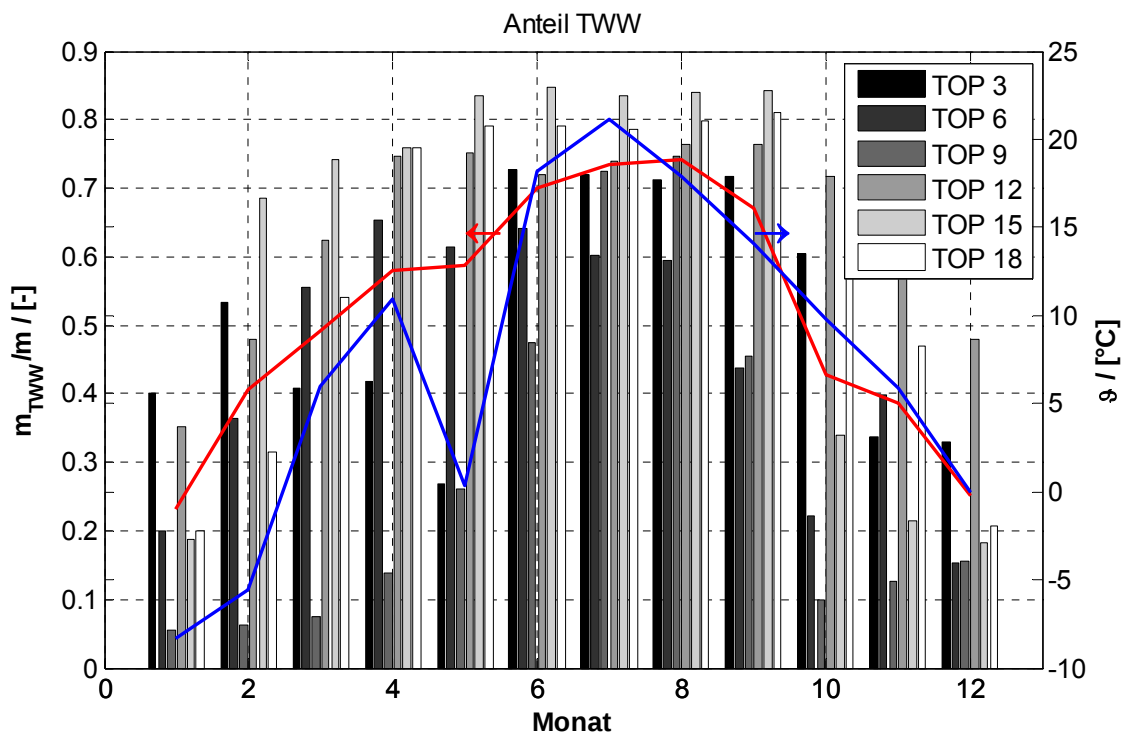


Abbildung 37: Monatlicher Anteil Trinkwarmwasser (TWW) an der Wärmelieferung für die 6 untersuchten Wohnungen und Monatsmittlere Außentemperatur (θ)

5.6 Stromverbrauch

Die Energiebezugsfläche, auf die sich die spezifischen Stromverbräuche beziehen, ist die Wohnnutzfläche. Diese beträgt für Stiege J 1.295,88 m². Der Unterschied zur treated floor area (TFA) besteht darin, dass die TFA die Treppenhäuser und Abstell- bzw. Technikräume innerhalb der thermischen Hülle mit dem Faktor 0,6 einbezieht.

Die Verteilung des spezifischen Stromverbrauchs auf die Bereiche Haushaltsstromverbrauch, Lüftungsstromverbrauch und Allgemeinstromverbrauch ist für das erste und zweite Messjahr sehr ähnlich. Es ergibt sich eine geringfügige Verschiebung von 1% des Gesamtstromverbrauchs vom Allgemeinstromverbrauch auf den Haushaltsstromverbrauch. Der spezifische Lüftungsstromverbrauch bleibt konstant. Er beträgt im ersten Messjahr 4,71 kWh/m²a und im zweiten Messjahr 4,83 kWh/m²a (Abbildung 38 und Abbildung 41).

Der Haushaltsstromverbrauch beträgt im ersten Messjahr 37,56 kWh/m²a, im zweiten Messjahr 39,36 kWh/m²a. Die Aufteilung auf die einzelnen Bereiche Wohnbereich, Waschmaschine, Schlafzimmer-Bad-Geschirrspüler, Kochstrom und Küche allgemein zeigt Abbildung 39 für das erste Messjahr und Abbildung 42 für das zweite Messjahr.

Abbildung 40 und Abbildung 43 zeigen die monatliche Verteilung des Haushaltsstromverbrauches nach den Bereichen Kochstrom, Küche allgemein, Wohnbereich, Waschmaschine und Bad, Geschirrspüler, Schlafbereich für das erste und zweite Messjahr. Der Stromverbrauch für die Bereiche Waschmaschine, Küche allgemein und Kochen ist relativ konstant, wohingegen der Stromverbrauch im Wohnbereich zwischen 50 kWh/Monat und 75 kWh/Monat für das erste Messjahr und zwischen 44,4 kWh/Monat und 74,8 kWh/Monat für das zweite Messjahr liegt. Die Werte des Stromverbrauchs für den Bereich Bad, Schlafzimmer, Geschirrspüler liegen im ersten Messjahr zwischen 32,3 kWh/Monat und 80,9 kWh/Monat, im zweiten Messjahr liegen sie zwischen 45,5 kWh/Monat und 91,9 kWh/Monat.

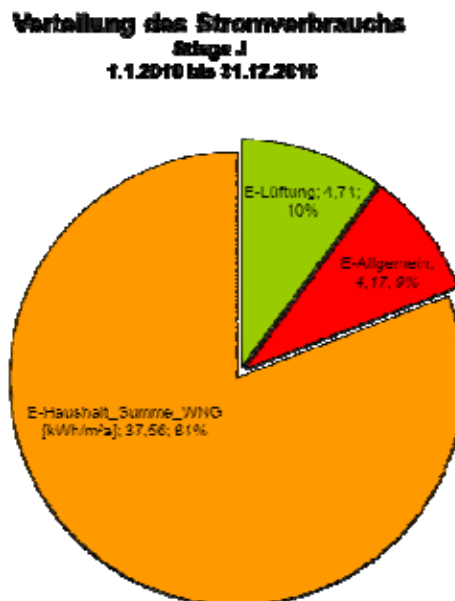


Abbildung 38: Spezifischer Stromverbrauch, Passivhauswohnanlage Lodenareal, 1. Messjahr

Aufteilung des Haushaltsstromverbrauchs WHA Lodenareal in kWh/m²a 1. Messjahr Jänner 2010 bis Dezember 2010

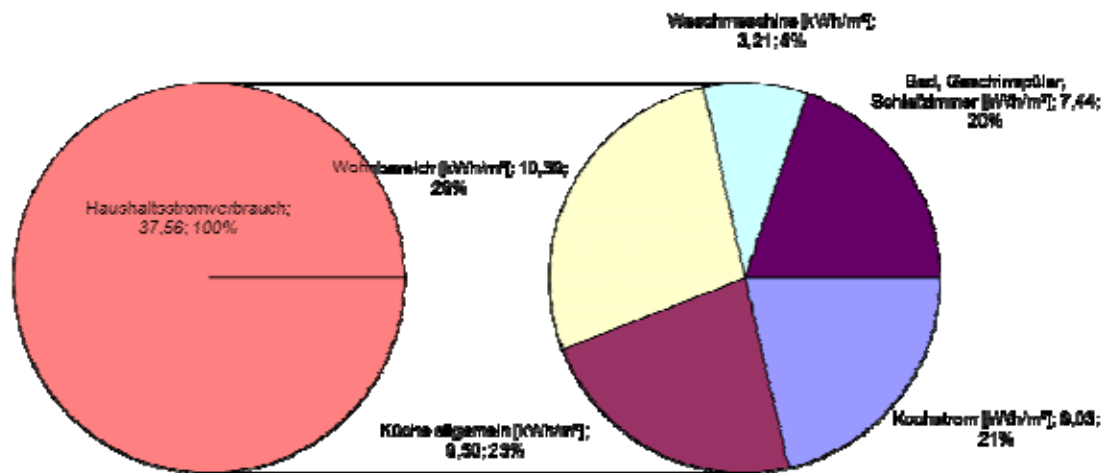


Abbildung 39: Verteilung des Haushaltsstromverbrauchs, Passivhauswohnanlage Lodenareal, 1. Messjahr

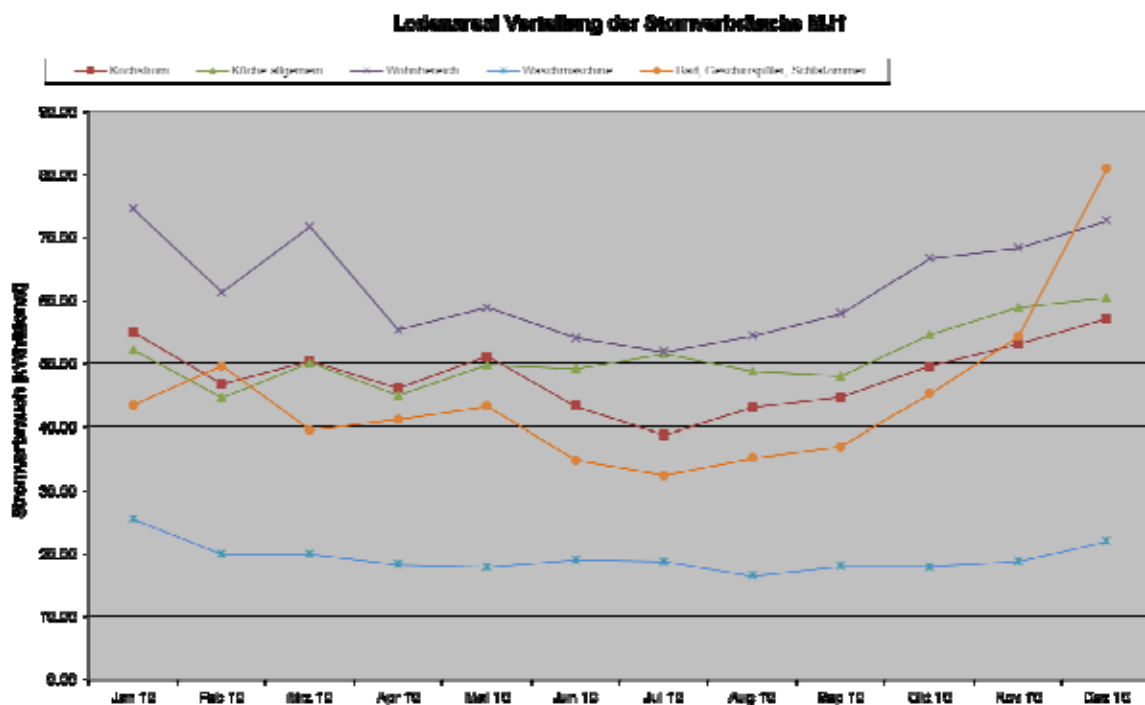


Abbildung 40: monatliche Verteilung des Haushaltsstromverbrauchs, Passivhauswohnanlage, 1. Messjahr

Verteilung des Stromverbrauchs
Stage J
1.1.2011 bis 31.12.2011

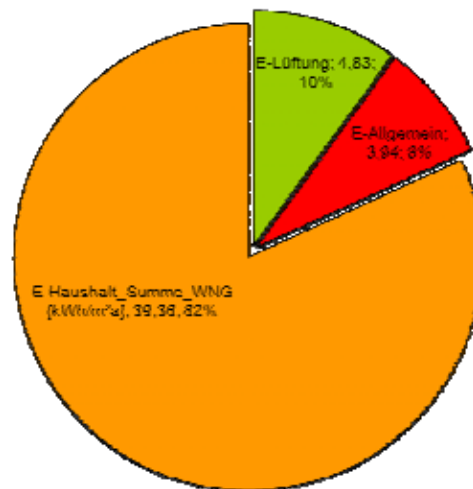


Abbildung 41: Spezifischer Stromverbrauch, Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

Aufteilung des Haushaltsstromverbrauchs WHA Lodenareal
in kWh/m²a
2. Messjahr Jänner 2011 bis Dezember 2011

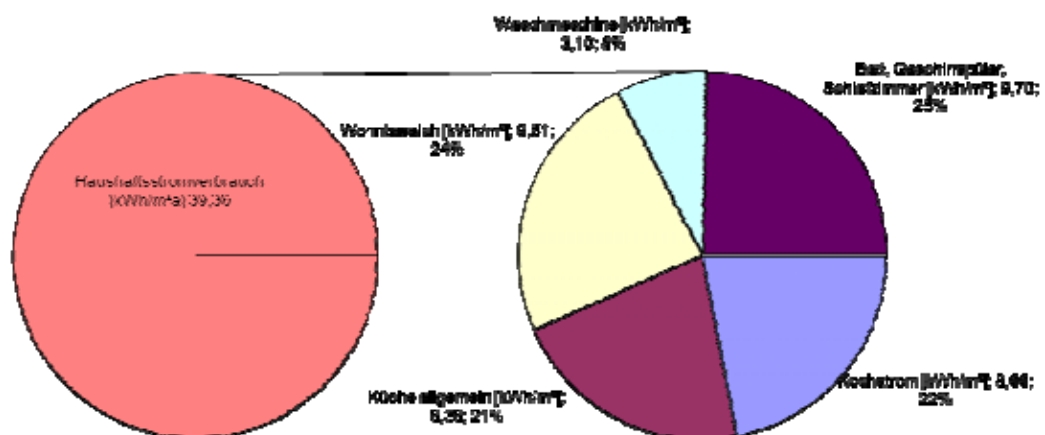


Abbildung 42: Verteilung des Haushaltsstromverbrauchs, Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

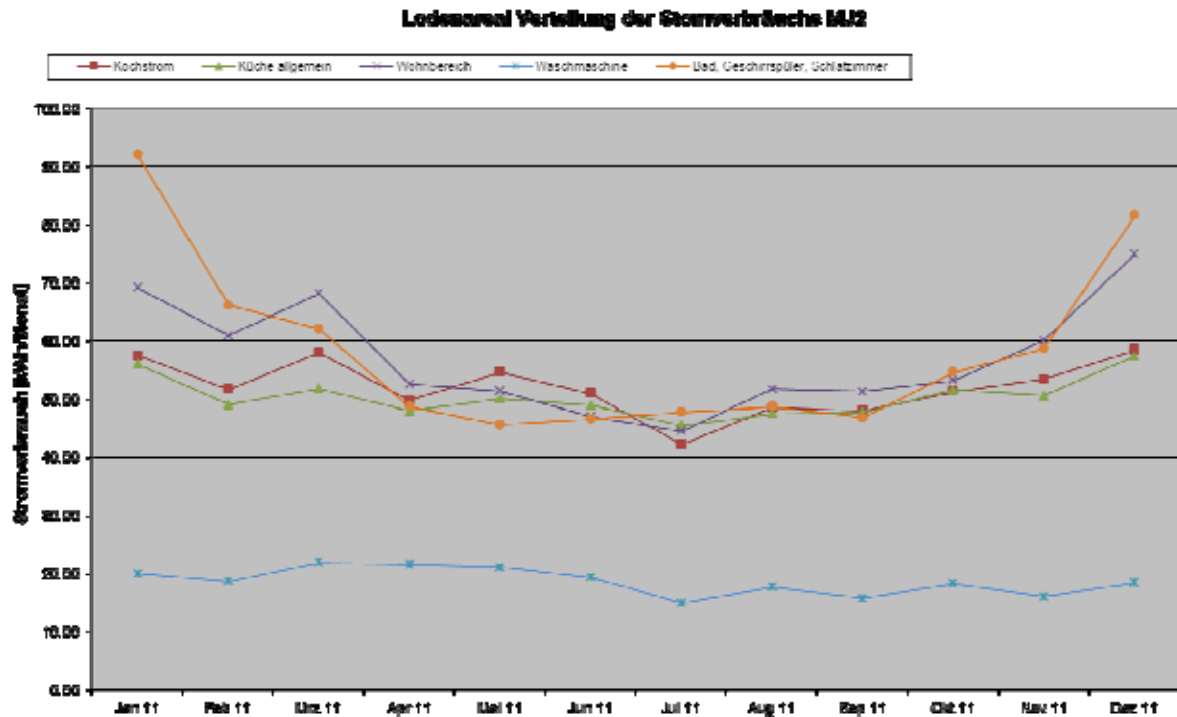


Abbildung 43: monatliche Verteilung des Haushaltsstromverbrauchs, Passivhauswohnanlage Lodenareal, 2. Messjahr

5.7 Lüftungsanlage

Abbildung 44 zeigt die Temperaturen der Lüftungsanlage im Zeitraum zwischen Dezember 2010 und April 2011 (Winter). Die Zulufttemperaturen bewegen sich in diesem Zeitraum zwischen 16,5°C und 21,3°C. Die Ablufttemperaturen liegen zwischen 20,65°C und 22,7°C. In dem Diagramm sind auch die relativen Feuchtigkeiten von Zuluft und Abluft eingetragen. Die relative Feuchte der Zuluft nimmt im Jänner 2011 bei sehr tiefen Außentemperaturen (mit einem Minimum von -9,3°C am 4.1.2012) zwar einen sehr niedrigen Wert an und beträgt nur ca. 12%, die relative Feuchte der Abluft liegt zum selben Zeitpunkt jedoch bei ca. 35%. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, liegt die relative Feuchte der Abluft bei Betrieb der Lüftungsanlage zwischen 32% und 52%. Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage liegt im betrachteten Zeitraum zwischen 31,2 kWh/d und 46,3 kWh/d, das entspricht einer mittleren Leistungsaufnahme von 1,3 – 1,9 kW. Wird der maximale Auslegungslüftungsstrom von 1.900 m³/h zugrundegelegt, so ergibt sich ein spezifischer Lüftungsstromverbrauch von 0,68 W/(m³/h) – 1 W/(m³/h). Der geforderte Wert beträgt 0,45 W/(m³/h). Verbesserungspotenzial besteht durch Anpassung des Volumenstroms an den Bedarf und Optimierung des Vordrucks der Volumenstromregler durch geeignete Optimiser-Schaltungen. Außerdem sollte der Filter regelmäßig getauscht werden um unnötigen Druckverlust zu vermeiden und somit den Stromverbrauch gering zu halten.

Bei den Temperaturen und Feuchtigkeitswerten handelt es sich um Tagesmittelwerte (avg steht für average), der Lüftungsstromverbrauch im Diagramm bezeichnet eine Tagessummenwert (sum).

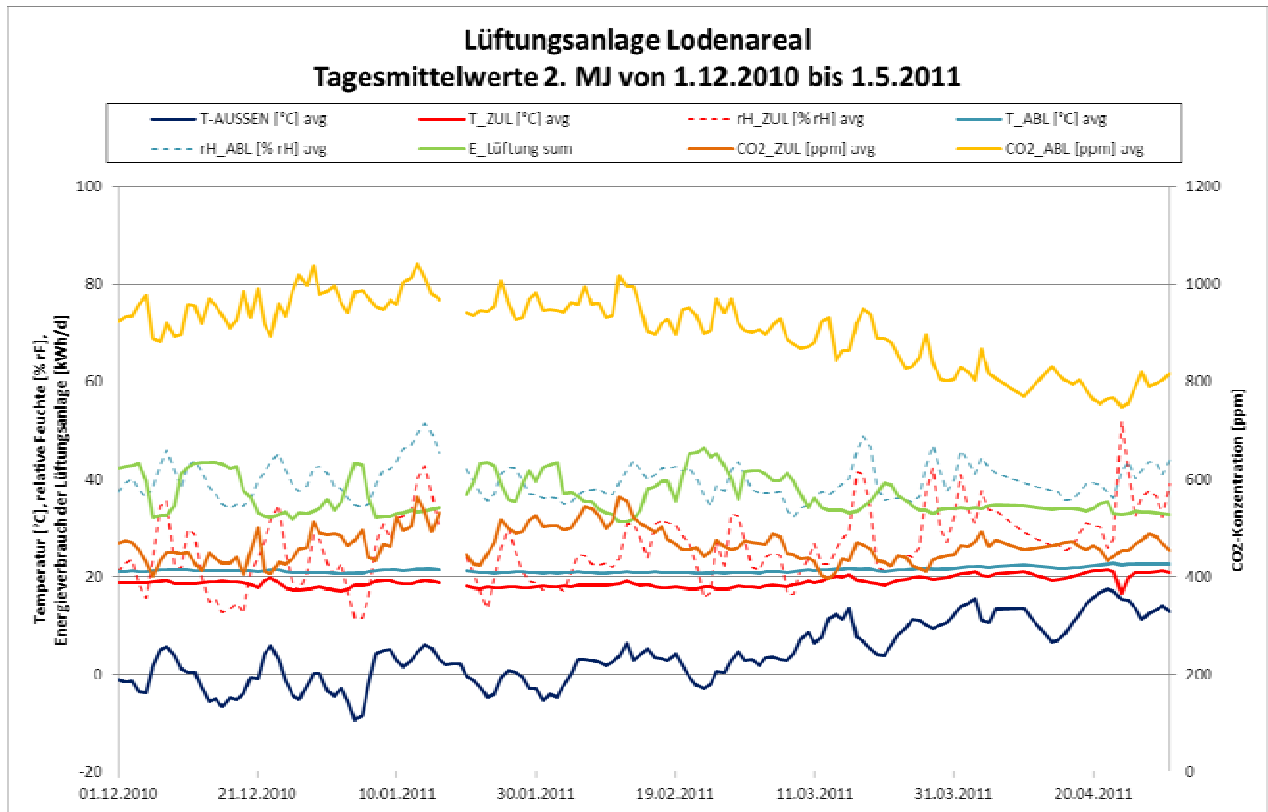


Abbildung 44: Temperaturen und relative Feuchte der Lüftungsanlage, Passivhauswohn-
anlage Lodenareal, Dezember 2010 bis April 2011

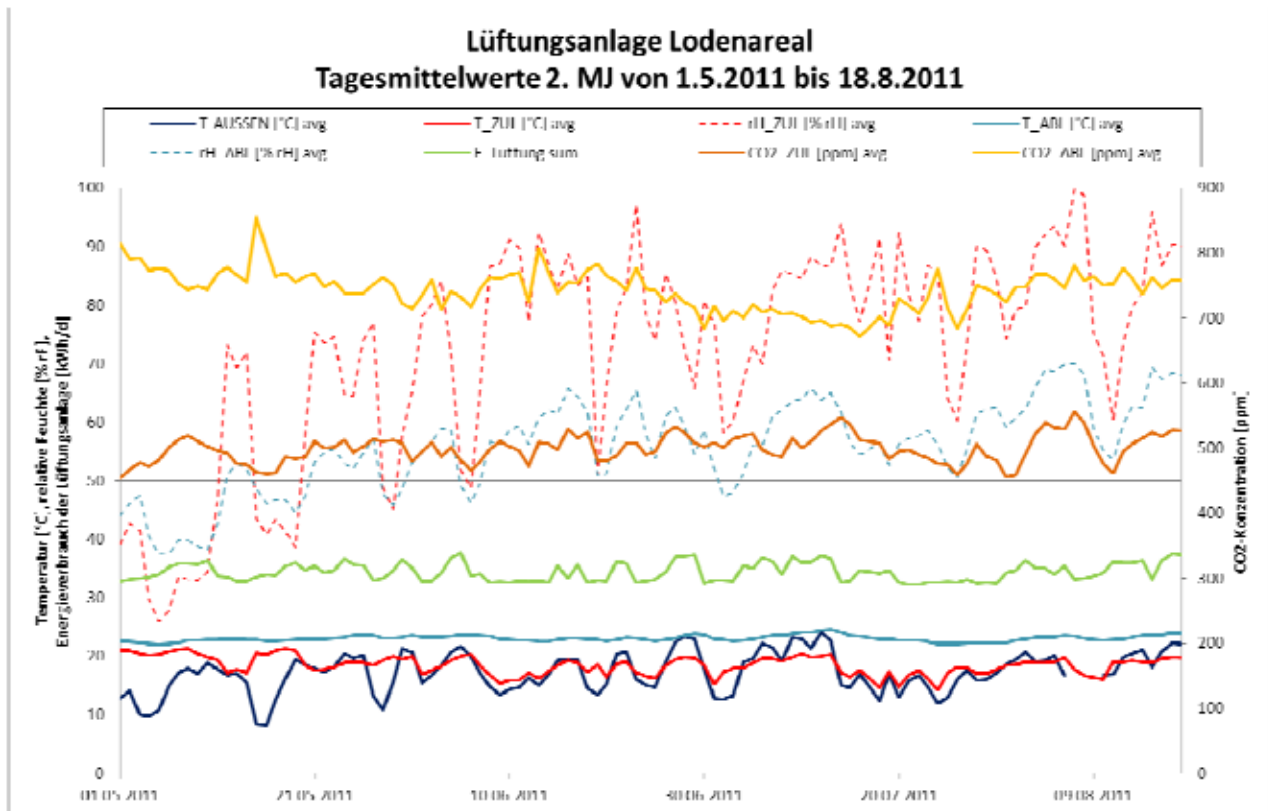


Abbildung 45: Temperaturen und relative Feuchte der Lüftungsanlage, Passivhauswohn-
anlage Lodenareal, Mai 2011 bis August 2011

Abbildung 45 zeigt, dass in den warmen Monaten Juni bis August Außenlufttemperaturen von maximal 24°C erreicht werden (Tagesmittelwerte). Die Zulufttemperaturen liegen zwischen 14,2°C und 21,2°C. In den warmen Sommermonaten liegt der Lüftungsstromverbrauch zwischen 31,4 kWh/d und 37,6 kWh/d, was einer mittleren Leistungsaufnahme von 1,3 – 1,7 kW entspricht. Wird der maximale Auslegungslüftungsstrom von 1.900 m³/h zugrundegelegt, so ergibt sich ein spezifischer Lüftungsstromverbrauch von 0,68 W/(m³/h) – 0,89 W/(m³/h).

In Abbildung 46 ist die Rückwärmezahl bezogen auf die Außenluft eingezeichnet. Der Mittelwert von 82% bezieht sich auf die Heizperiode (1.9. – 1.5.2011 mit T_{außen} < 15°C). Das heißt, dass der Wärmetauscher in diesem Zeitraum sehr effizient arbeitet.

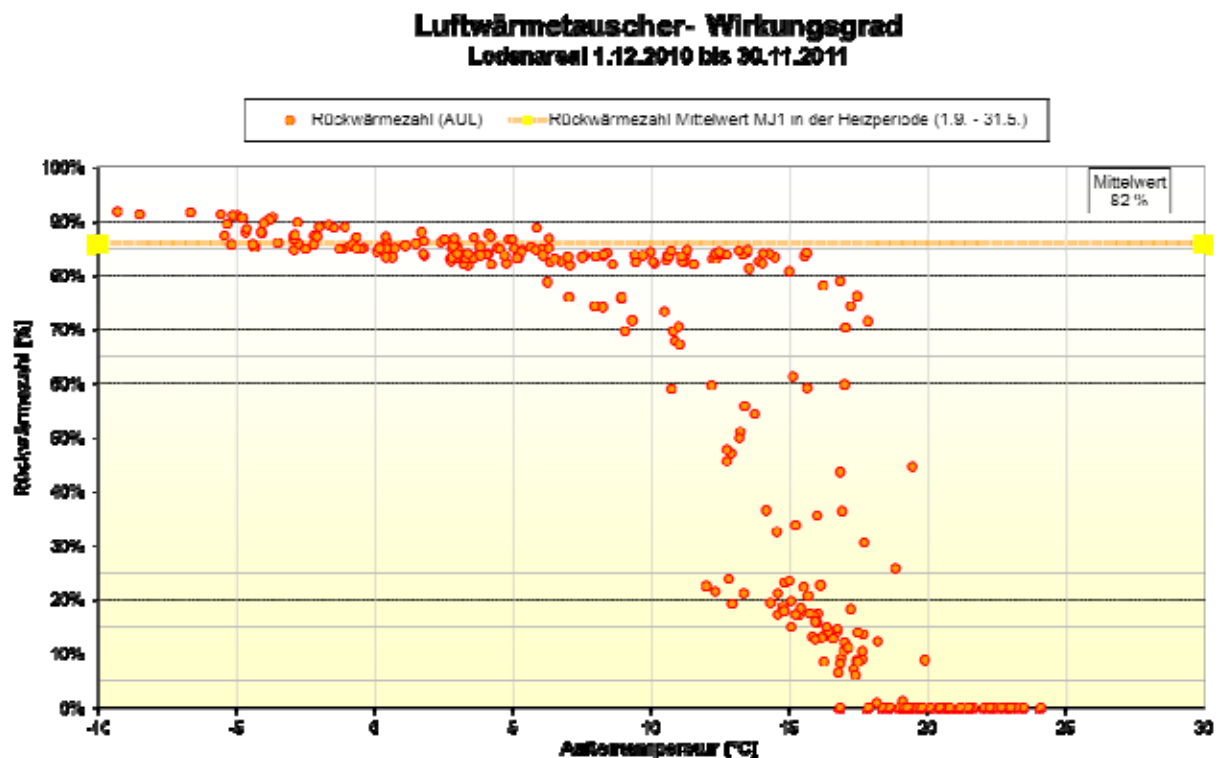


Abbildung 46: Rückwärmezahl des Wärmetauschers, Passivhauswohnanlage Lodenareal

5.8 Stichprobenmessung zu Raumlufschadstoffen (VOC) vor Bezug der Wohneinheiten

Neben der Luftfeuchtigkeit und dem CO₂-Gehalt beeinflusst eine Komfortlüftungsanlage auch die Konzentration von anderen Raumlufschadstoffen (u.a. VOC - volatile organic compound - flüchtige organische Verbindung). Im Rahmen des Messprojektes erfolgte eine VOC-Messung vor Bezug durch die Mieter in Form von Stichprobenmessungen durch das Österreichische Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO).

Die Ergebnisse der Messungen wurden in Hinblick auf bestehende Grenz-, Richt- und Referenzwerte bewertet. Die untersuchten Räume hatten keine Einrichtung und wurden über einen Zeitraum von etwa 6 bis 8 Wochen vor der Messung mechanisch be- und entlüftet.

Bewertung der Ergebnisse der VOC-Untersuchung

In der Luft aller untersuchten Räume wurden für Innenräume typische flüchtige organische Verbindungen (VOC) in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen. Die in Österreich gültigen wirkungsbezogenen Innenraumrichtwerte (WIR) für Tetrachlorethen, Styrol und Toluol wurden unterschritten.

Die festgestellte Gesamtkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen war nach dem österreichischen Schema zur Bewertung der VOC-Summenkonzentrationen in allen Räumen als „niedrig“ einzustufen. Die Summenwerte lagen in allen Räumen im empfohlenen Zielbereich von bis zu etwa 0,3 mg/m³, wobei dieser Zielbereich als langfristig anzustrebender, hygienischer Vorsorgebereich zu verstehen ist.

Die detaillierten Ergebnisse der VOC-Untersuchung finden sich in Anhang 1.

5.9 Überprüfung zu Einregulierung und Balanceabgleich der Lüftungsanlage

5.9.1 Systembeschreibung zur Konstantvolumenstromregelung

Die Lüftungsanlagen in der gesamten PH-Wohnanlage sind mit wohnungsweisen Volumenstrom-Begrenzern (Fa. Aldes) jeweils für Zu- und Abluft ausgestattet. Dabei sind zwei Stufen für den Volumenstrom vom Nutzer wählbar. Die Stufe „Normal“ ist für den Dauerbetrieb vorgesehen, der Nutzer kann über den Taster am Bediengerät die Stufe „Party“ anwählen, diese bleibt dann für ca. 30 Minuten in Betrieb und fällt dann per Zeitschaltrelais selbsttätig wieder auf Stufe „Normal“ zurück.

Technisch ausgeführt wurden die zwei Lüfterstufen mittels einer Reihenschaltung eines passiven Volumenstromreglers MR (Fa. Aldes) und eines elektrisch umstellbaren Volumenstromreglers RMA (Fa. Aldes). Beide arbeiten mit einer Silikonmembran die unter der Einwirkung der Druckdifferenz vor und hinter dem Regler an - bzw. abschwilt.

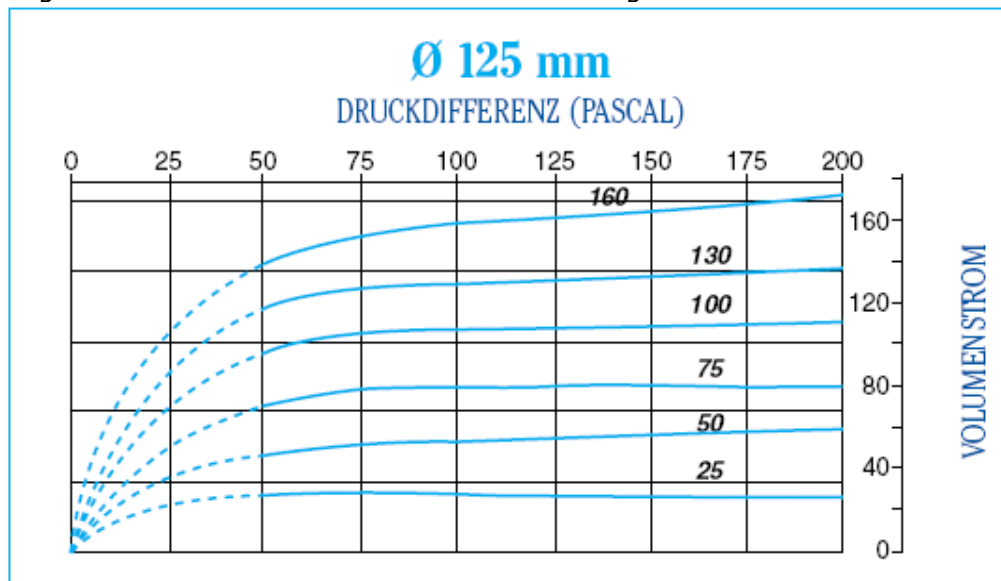


Abbildung 47: Druck/Volumenstrom-Kennlinie des Konstantvolumenstromreglers ALDES MR 125

Der gewählte Volumenstrombereich dieses Reglers beträgt 110 m³/h. Dieser wird über einen Druckdifferenzbereich von 75 bis 200 Pa nahezu konstant gehalten. Unter 75 Pa fällt der Volumenstrom deutlich ab, unter 50 Pa ist der Regler praktisch nicht mehr einsetzbar.

Der nachgeschaltete elektrisch umstellbare Volumenstromregler RMA verfügt ebenfalls über eine Silikonmembrane, diese arbeitet allerdings nur im geschlossenen Klappenzustand. Im geöffneten Zustand würde die in Abbildung 2 gezeigte steil ansteigende Volumenstromkennlinie wirksam.

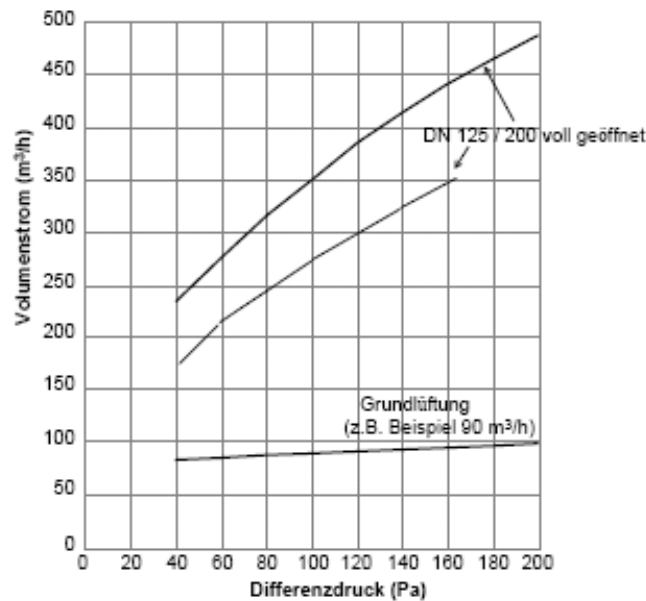


Abbildung 48: Druck/Volumenstrom-Kennlinie des elektrisch umstellbaren Volumenstromregler RMA

Da jedoch der Regler MR vorgeschaltet wurde, wird auch in diesem Zustand der Volumenstrom maximal auf dessen Nennwert begrenzt ($110 \text{ m}^3/\text{h}$). Für die größeren Wohneinheiten wurde z.B. ein Planungswert von $75 \text{ m}^3/\text{h}$ (jeweils für Zu- und Abluft für die Lüfterstufe „Normal“) angesetzt. Auf diesen Wert wird vom RMA in geschlossener Klappenstellung begrenzt.

Der Vorteil dieser Anordnung ist der geringe Preis und der relativ geringe Wartungsaufwand. Der Nachteil besteht darin, dass der Gesamtdruckabfall von mindestens 90 Pa relativ hoch ist und der Volumenstrom nach dem Einbau der Regler nicht mehr frei gewählt oder an veränderte Belegung angepasst werden kann. Darüber hinaus handelt es sich nur um einen zweistufigen Betrieb, der Nutzer kann nur zwischen „Normalbetrieb“ und „Party“ wählen, ein abgesenkter Betrieb (z.B. bei Abwesenheit) kann nicht eingestellt werden. Letzteres ist insbesondere zur Vermeidung geringer Raumluftfeuchten sinnvoll. Darüber hinaus konnte, wie sich in der von der Universität Innsbruck durchgeführten Nachmessung zeigte, weder der Konstantvolumenbetrieb in der Lüftungsstufe „Normal“ noch der um den geplanten Wert von 30% angehobenen Volumenstrom in der Lüftungsstufe „Party“ eingehalten werden.

5.9.2 Dokumentation der Inbetriebnahmemessung

Für alle Zu- und Ablufträume wurden Planungswerte für die jeweiligen Volumenströme aufgestellt.

Tabelle 7: Volumenströme und Zuluftüberschuss laut Inbetriebnahmeprotokoll vom 5.10.09 für die Volumenstromstufe „Normal“

Top Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Flur
Zuluft [m^3/h]	70	59	75	75	59	76	72	58	75	73	58	73	72	59	74	74	59	72	53
Abluft [m^3/h]	75	58	77	75	64	78	75	55	76	77	59	73	75	58	75	72	57	73	49
Zuluftüberschuss [%]	-7	2	-3	0	-8	-3	-4	5	-1	-5	-2	0	-4	2	-1	3	4	-1	8

Die Summe der Zu- bzw. Abluftvolumenströme in den großen Wohneinheiten sollte demnach $75 \text{ m}^3/\text{h}$ ergeben, in den kleinen dagegen $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Um unnötige Leckagevolumenströme zu vermeiden, sollte der prozentuale Zuluftüberschuss (Disbalance berechnet als Verhältnis der Differenz zwischen Zuluft- und

Abluftvolumenstrom bezogen auf den Abluftvolumenstrom) auf $\pm 10 \%$ begrenzt werden. Laut Inbetriebnahmeprotokoll ist diese Anforderung für alle Wohneinheiten erfüllt worden. Die Mittelwerte der zu diesem Zeitpunkt gemessenen Volumenströme liegen mit $74,3 \text{ m}^3/\text{h}$ (große WE) bzw. $58,6 \text{ m}^3/\text{h}$ (kleine WE) nahe an den geplanten Sollwerten. Diese Messung zur Einregulierung durch die von der Bauherrin NHT beauftragte Firma erfolgte am 5.10.09 mit einem Messtrichter mit Anemometer. Dieses Messmittel stellt die aus baupraktischer Sicht heute üblicherweise eingesetzte Methode dar. Bezüglich der Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit zeigt es allerdings gerade bei unterschiedlichen Geometrien der Luftauslässe und Absaugventile in der jeweiligen Einbausituation große Einschränkungen. Häufig ist der Messtrichter nicht dicht an die Wand/Deckenoberfläche anlegbar oder die Anströmung des eingebauten Anemometers ist stark asymmetrisch.

5.9.3 Dokumentation der Nachmessung durch die Universität Innsbruck (UIBK)

Die Messunsicherheit bei der Messung mit Messtrichter und Anemometer macht dieses Verfahren für die Volumenstrombestimmung im Rahmen des wissenschaftlichen Forschungsprojektes ungeeignet. Aus diesem Grund wurde bei der Nachmessung durch die UIBK mit einem druckkompensierten Gerät (Flowfinder, Fa. ACIN) gemessen, welcher sich durch entsprechende Adapter an die jeweilige Geometrie anpassen lässt und den Druckabfall durch einen eingebauten Stützventilator kompensiert.



	FF-300
Volumenstrombereich (Zuluft und Absaug)	0 .. 300 m^3/u 0 .. 83 dm^3/s
Lufttemperaturbereich	- 20°C .. + 80°C
Unsicherheit bei 20 °C	3 .. 5% von Messwert, Mindestwert 3 m^3/u
Wiederholgenauigkeit	> 1% von Messwert, Mindestwert 0,5 m^3/u
Unterschied Zuluft/Absaug	< 2% von Messwert, Mindestwert 0,8 m^3/u

Abbildung 49: Volumenstrommessgerät mit Nulldruckkompensation (FLOWFINDER, Fa. ACIN)

Die Messwerte der Nachmessung vom 27.10.09 fallen deutlich höher aus als die Inbetriebnahmewerte (Mittelwert große WE $82,3 \text{ m}^3/\text{h}$, kleine WE $66,3 \text{ m}^3/\text{h}$).

Tabelle 8: Volumenströme laut Inbetriebnahmeprotokoll vom 27.10.09 für die Volumenstromstufe „Normal“

Top Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Zuluft [m^3/h]	88	79	91	98	73	94	87	76	89	85	72	84	80	73	84	86	74	84
Abluft [m^3/h]	76	55	82	71	67	82	76	52	80	77	59	75	82	57	78	68	59	77
Zuluftüberschuss [%]	16	44	11	38	9	15	14	46	11	10	22	12	-2	28	8	26	25	9

Ob diese Abweichung aufgrund der unterschiedlichen Messmethode oder zwischenzeitlich geänderter Geräteeinstellung am Zentralgerät entstanden ist, lässt sich im Nachhinein nicht mehr feststellen. Darüber hinaus wurden in allen 18 WE auch in der Volumenstromstufe „Party“ gemessen, die Mittelwerte der großen WE lagen dabei bei $95,0 \text{ m}^3/\text{h}$, die der kleinen WE bei $75,7 \text{ m}^3/\text{h}$, also nur jeweils um 15 % bzw. 14 % über den Volumenströmen bei der Stufe „Normal“. Da diese Stufe zur raschen Abfuhr von Geruchsbelastung (z.B. nach dem Kochen) gedacht ist, sollte hier eigentlich eine Anhebung von 30 %

erreicht werden, weil sonst praktisch kein erkennbarer Effekt erreicht wird. In einzelnen Wohneinheiten betrug die Anhebung sogar nur 9%.

Der Volumenstrom aller Zentralgeräte wurde von der Lüftungsfirma am 28.10.09 reduziert. Am darauffolgenden Tag (29.10.09) wurde von der UIBK eine Nachmessung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 dokumentiert.

Tabelle 9: Volumenströme laut Inbetriebnahmeprotokoll vom 29.10.09 für die Volumenstromstufe „Normal“

Top Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Flur
Zuluft [m^3/h]	79	65	79	79	64	77	74	66	71	72	63	75	70	67	82	72	65	74	48
Abluft [m^3/h]	64	52	74	67	60	68	69	47	71	68	54	64	73	53	74	65	56	70	46
Zuluftüberschuss [%]	23	25	7	18	7	13	7	40	0	6	17	17	-4	26	11	11	16	6	4

Die Volumenströme in der Volumenstromstufe „Normal“ sind nun im Mittel mit 72,1 m^3/h (große WE) bzw. 59,3 m^3/h (kleine WE) wieder in etwa bei den Ausgangswerten und damit nahe an den Sollwerten. Allerdings ist die Disbalance in Top Nr. 1,2,4,6,8,11,12,14,15,16 und 17 zu hoch. Insbesondere in Top 8 liegt die Disbalance mit 40 % Zuluftüberschuss extrem hoch.

Tabelle 10: Volumenströme laut Inbetriebnahmeprotokoll vom 29.10.09 für die Volumenstromstufe „Party“

Top Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Flur
Zuluft [m^3/h]	79	65	79	79	64	77	74	66	71	72	63	75	70	67	82	72	65	74	48
Abluft [m^3/h]	64	52	74	67	60	68	69	47	71	68	54	64	73	53	74	65	56	70	46
Zuluftüberschuss [%]	23	25	7	18	7	13	7	40	0	6	17	17	-4	26	11	11	16	6	4

Die Anhebung in der Betriebsstufe „Party“ beträgt im Mittel wieder nur 15 % (große WE) bzw. 14 % (kleine WE). Dabei fallen die Einzelwerte der Wohneinheiten sehr unterschiedlich aus, wie in Abbildung 50 dargestellt. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die gerätefernen Wohneinheiten tendenziell geringere Volumenströme aufweisen, was mit dem Druckabfall im Kanalnetz zu erklären ist.

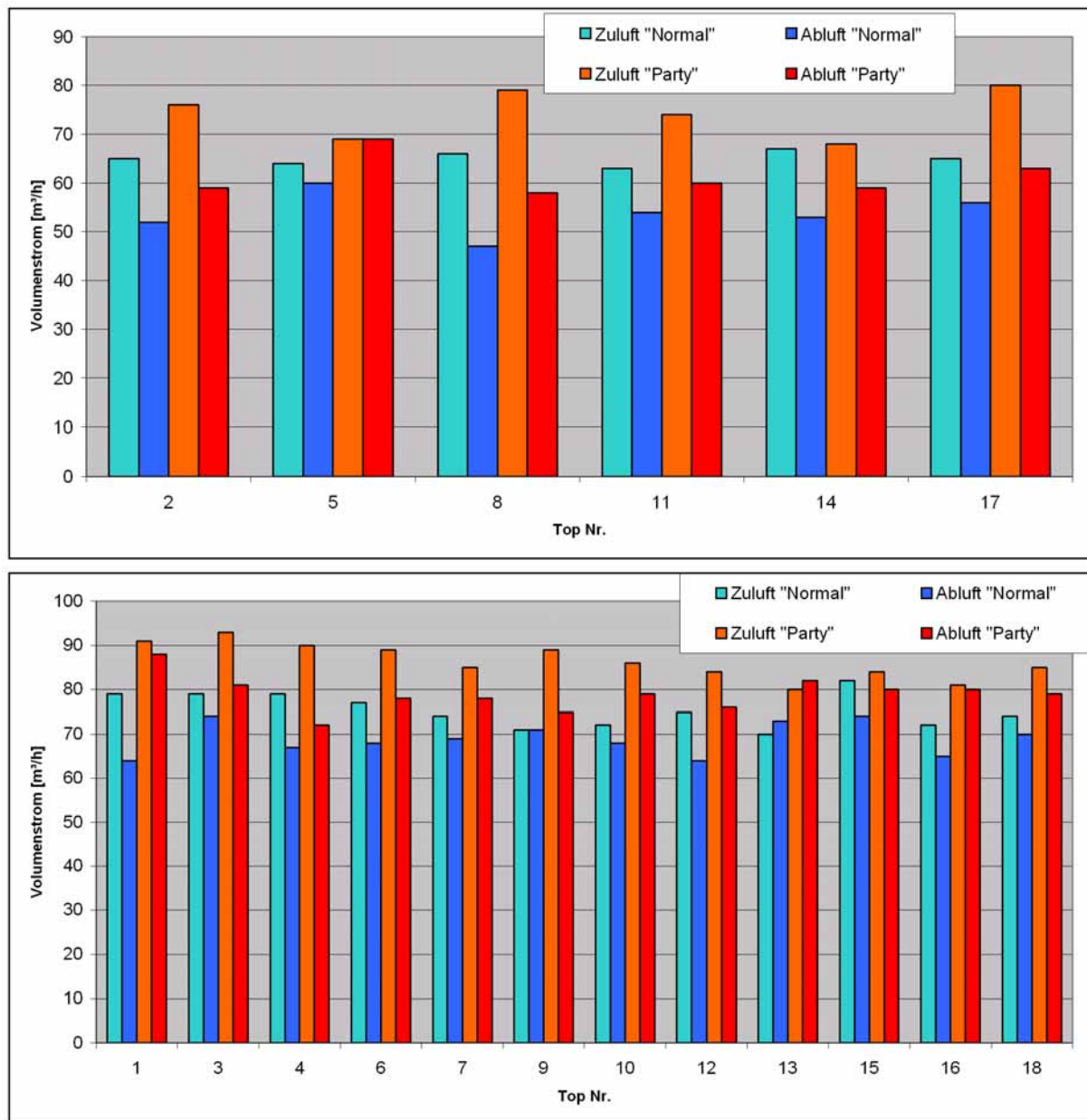


Abbildung 50: Zu- und Abluftvolumenströme in den Betriebsstufen „Normal“ bzw. „Party“ jeweils für die kleinen (oben) bzw. großen Wohneinheiten (unten)

Die Verteilung der Volumenströme auf die einzelnen Räume in den Wohneinheiten ist im Vergleich der drei Messungen (Inbetriebnahme, 1. Nachmessung, 2. Nachmessung) in den Diagrammen im Anhang dargestellt.

5.9.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung zur Volumenstrommessung

Wie die Messungen ergeben haben, konnte mit dem System aus zwei in Serie geschalteten Volumenstromreglern weder die Anforderung des Balanceabgleichs mit einer Toleranzgrenze von $\pm 10\%$ noch die Volumenstromanhebung um 30% bei Lüftungsstufe „Party“ eingehalten bzw. erreicht werden. Darüber hinaus führen die passiven Volumenstromregler systembedingt zu einem permanent hohen Druckabfall. Sie lassen weder eine Anpassung des Volumenstroms einzelner Wohneinheiten noch eine Minimallüftungsstufe zu, beides ist zur Vermeidung zu geringer Raumluftfeuchten von großem Vorteil. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Praxistauglichkeit dieses Systems, auch wenn es sich durch besondere Wartungsarmut und geringe Kosten auszeichnet, nicht gegeben ist.

6 Zusammenfassung der Messergebnisse und Fazit

Die in diesem Bericht vorliegenden Messergebnisse wurden aus Messungen gewonnen, die im Zeitraum zwischen 1.1.2010 und 31.12.2011 in der Passivhauswohnanlage Lodenareal und in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein durchgeführt wurden.

Komfortparameter Passivhauswohnanlage Lodenareal

Die Messung der Komfortparameter ergab in der Heizperiode relativ hohe Temperaturen in der Passivhauswohnanlage Lodenareal, die durchschnittliche Temperatur in der Heizperiode des zweiten Messjahres betrug 23,65°C.

Die Überhitzungshäufigkeit mit Temperaturen über 26°C lag im zweiten Messjahr unter 5%, in der Heizperiode betrug die Überhitzungshäufigkeit 0,8%.

76,8% der Messwerte der CO₂-Konzentration in den Schlafzimmern der Passivhauswohnanlage lagen im zweiten Messjahr in den Raumluftklassen IDA 1 und IDA 2 nach EN 13779 (hohe und mittlere Raumlufthausqualität). Nur 4% der Messwerte lagen in IDA 4 (niedrige Raumlufthausqualität).

Bedingt durch die hohen Raumtemperaturen traten in der Passivhauswohnanlage Lodenareal im Winter relativ niedrige Feuchtigkeitswerte auf, die Häufigkeit von Feuchtigkeitswerten unter 30% lag im zweiten Messjahr in den einzelnen Messwohnungen zwischen 2,5% und 55%, das heißt die Feuchtigkeitswerte sind auch sehr stark vom individuellen NutzerInnenverhalten abhängig. Feuchtigkeitswerte unter 20% traten nur in zwei der 18 Messwohnungen in einem Ausmaß von ca. 7% der Jahresstunden auf.

Komfortparameter Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein

In der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein lagen die Raumtemperaturen in der Heizperiode im zweiten Messjahr etwa 3°C unter den Temperaturen der Passivhauswohnanlage Lodenareal.

Die Überhitzungshäufigkeit mit Raumtemperaturen > 26°C betrug hier 3,35%, wobei 1,8% davon in der Heizperiode auftraten.

Betrachtet man die CO₂-Konzentration nach EN 13779, so liegen 71,2 % der Messwerte in IDA 1 und IDA 2, der Anteil von Messwerten in IDA 4 beträgt 15,3%.

In Tabelle 11 wurden die Komfortparameter der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein für das zweite Messjahr zusammengefasst.

Tabelle 11: Überblick über die Komfortparameter der Passivhauswohnanlage Lodenareal und der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein

Werte für das zweite Messjahr (1.1.2011 – 31.12.2011)	Passivhauswohnanlage Lodenareal	Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein
	Anzahl der vermessenen Wohnungen: 18 Wohnzimmer, 6 Schlafzimmer	Anzahl der vermessenen Wohnungen: 6 Wohnzimmer, 6 Schlafzimmer
Mittlere Raumtemperatur [°C] in den Wohnzimmern	24,0	22,5
Mittlere Raumtemperatur in den Wohnzimmern in der Heizperiode [°C] (Außentemperatur <15°C)	23,8	20,7
Mittlere Raumluftfeuchtigkeit in den Wohnzimmern [%rH]	36,9	44,5
Anteil CO ₂ -Konzentration in IDA 1 nach EN 13779 in den Schlafzimmern [%]	57,3	55,8
Anteil CO ₂ -Konzentration in IDA 2 nach EN 13779 in den Schlafzimmern [%]	19,5	11,2
Anteil CO ₂ -Konzentration in IDA 3 nach EN 13779 in den Schlafzimmern [%]	18,5	14,9
Anteil CO ₂ -Konzentration in IDA 4 nach EN 13779 in den Schlafzimmern [%]	4,7	18,1

Energiebilanz

Die Ergebnisse der Energiebilanzen und die Analyse des Stromverbrauchs der Passivhauswohnanlage Lodenareal werden anhand der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 12: Überblick über die Messergebnisse

	Passivhauswohnanlage Lodenareal	
In Klammer ist angegeben auf welche Flächen sich die Werte beziehen (Stiege J) Wohnnutzfläche WNF (Primärenergiefaktoren aus PHPP 2007) WNF = 1.295,88 m ² Treated floor area TFA (Primärenergiefaktoren aus PHPP 2007) TFA = 1.392,2 m ² Bruttogeschoßfläche BGF (Primärenergiefaktoren aus OIB RL 6) BGF = 1.776,48 m ²	1.Messjahr 1.1.2010 – 31.12.2010	2.Messjahr 1.1.2011 – 31.12.2011
Heizwärmeverbrauch (nach PHPP Grenzwert 15) gemessen [kWh/m ² a] (bezogen auf die mittlere Wohnnutzfläche WNF der Einzelwohnungen WNF = 72 m ²)	18,90 (WNF) 17,59 (TFA) 13,78 (BGF)	17,47 (WNF) 16,26 (TFA) 12,74 (BGF)
Heizwärmeverbrauch temperatur- und klimabereinigt [kWh/m ² a] (Standardklimadaten Innsbruck zur Verwendung im PHPP)	14,60 (WNF) 13,59 (TFA) 10,87 (BGF)	15,62 (WNF) 14,55 (TFA) 11,45 (BGF)
Endenergieverbrauch (nach PHPP Grenzwert 42) [kWh/m ² a]	97,66 (WNF) 90,91 (TFA) 71,24 (BGF)	98,59 (WNF) 91,77 (TFA) 71,92 (BGF)
Primärenergieverbrauch (nach PHPP Grenzwert 120) [kWh/m ² a]	127,91 (WNF) 119,06 (TFA) 115,16 (BGF)	132,51 (WNF) 123,34 (TFA) 115,10 (BGF)
Haushaltsstromverbrauch [kWh/m ² a]	34,97 (WNF) 32,55 (TFA) 25,51 (BGF)	36,63 (WNF) 34,10 (TFA) 26,72 (BGF)
Allgemeinstromverbrauch [kWh/m ² a]	3,88 (WNF) 3,61 (TFA) 2,83 (BGF)	3,67 (WNF) 3,42 (TFA) 2,68 (BGF)
Lüftungsstromverbrauch [kWh/m ² a]	4,39 (WNF) 4,08 (TFA) 3,20 (BGF)	3,42 (WNF) 4,18 (TFA) 3,28 (BGF)

Der temperatur- und klimabereinigte Heizwärmeverbrauch bezogen auf die treated floor area liegt sowohl im ersten Messjahr als auch im zweiten Messjahr unter dem Grenzwert für Passivhäuser von 15 kWh/m²a, stellt also in beiden Messjahren einen sehr guten Wert dar. Der Anteil der Heizwärme am Endenergieverbrauch beträgt jedoch nicht einmal ein Drittel, mehr als zwei Drittel entfallen auf Brauchwarmwasserverbrauch und Stromverbrauch. Bei Betrachtung des Primärenergieverbrauchs ist der dominierende Faktor der Stromverbrauch. Primärenergetisch betrachtet beträgt der Anteil von Heizwärme und Warmwasser ca. 10% des gesamten Primärenergieverbrauchs.

Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage beträgt für beide Messjahre 10% des Gesamtstromverbrauchs.

Der solare Anteil der Wärmeerzeugung konnte von 26% im ersten Messjahr auf 35 % im zweiten Messjahr gesteigert werden.

Lüftungsanlage

Die mittlere Rückwärmeszahl betrug in der Heizperiode des zweiten Messjahres 82% (bezogen auf die Außenluft), der mittlere spezifische Lüftungsstromverbrauch bezogen auf den maximalen Auslegungsvolumenstrom lag im betrachteten Messzeitraum zwischen 0,68 W/(m³/h) – 1 W/(m³/h). Der von komfortlüftung.at empfohlene Wert liegt für zentrale Anlagen bei 0,45 W/(m³/h). Der Grund für die erhöhten Stromverbräuche lag anfänglich an den zu hohen Volumenströmen der Anlage, welche dann aber zurückgestellt wurden. Darüber hinaus ist der Druckverlust der Außenluftansaugung bzw. des Fortluftauslasses aufgrund der langen Kanalstrecken bis zum Zentralgerät (bedingt durch die Aufstellung im Keller) unnötig hoch. Im Folgeprojekt wurde diesem Umstand durch Verlegung der Lüftungszentrale in den Dachbereich Rechnung getragen. Auf diese Weise konnten nicht nur die Druckverluste reduziert werden, sondern auch die Investitionskosten. Darüber hinaus wird eine hohe Luftqualität bei Außenluftansaugung über Dach sichergestellt. Weitere Druckverlusteinsparungen sind beim Vordruck der Volumenstromregler möglich. Entsprechende Bus-gesteuerte Optimiser-Schaltungen sind verfügbar, welche eine optimierte Vordruckregelung ermöglichen. Regelmäßiger Filterwechsel ist darüber hinaus wichtig um einen unnötigen Druckverlustanstieg im Außenlufttrakt zu vermeiden.

Fazit

Der Kennwert für den Heizwärmeverbrauch wird in der Passivhauswohnanlage Lodenareal sehr gut eingehalten, bei gleichzeitig hohem Raumkomfort. Die Sommerbedingungen und damit die Überhitzungshäufigkeit konnte vom ersten zum zweiten Messjahr wesentlich verbessert werden, in einer geringen Anzahl von Wohnungen lag die relative Feuchte im Winter jedoch sehr niedrig, was zum Teil mit den in der Heizperiode gemessenen hohen Raumtemperaturen zusammenhängt. Die mittlere Raumtemperatur der Wohnzimmer betrug in der Heizperiode in der Passivhauswohnanlage Lodenareal 23,8°C und war damit etwa 3°C höher als in der Niedrigenergiehauswohnanlage Kufstein. Neben anderen Maßnahmen würde sich vor allem eine Senkung der Raumtemperaturen in der Heizperiode äußerst positiv auf die relative Feuchte in den Wohnräumen auswirken. Darüber hinaus könnte der Einsatz der sogenannten „Kaskadenlüftung“, also der Zuluftführung ausschließlich über die Schlafräume sowie Überströmung über die Wohnräume eine Absenkung der Gesamtluftvolumenströme bei praktisch gleichbleibender Raumluftqualität ermöglichen. In der Heizperiode würden damit höhere Raumluftfeuchten bei gleichem Nutzerverhalten erreicht. Derartig weiterentwickelte Lüftungskonzepte wurden im Projekt [Doppelnutzen] untersucht und bei Folgeprojekten der Neuen Heimat Tirol bereits berücksichtigt.

Probleme bei der Einregulierung der Volumenströme sowie dem Balanceabgleich zeigten die hohe Bedeutung zuverlässiger Volumenstromregler in den Wohneinheiten sowie der automatisierten Balanceregulierung am Zentralgerät auf. Bei der Inbetriebnahme und Einregulierung sollte in jedem Fall mit druckkompensierten Messeinrichtungen gearbeitet

werden, um gravierende Messfehler zu vermeiden. Wichtig ist dies für die Raumluftqualität, die Raumluftfeuchte und für die Energieeffizienz der Wärmerückgewinnung, weil diese nur im balancierten Zustand die volle Wärmebereitstellung aufweisen kann.

Positiv zu erwähnen ist die Verbesserung des solaren Deckungsgrades vom ersten auf das zweite Messjahr von 26% auf 35%. Die Spitzenlastabdeckung durch den Gaskessel blieb gleich und betrug 13,8% im ersten Messjahr bzw. 14,2% im zweiten Messjahr.

Primärenergetisch weist der Heizenergieverbrauch (Heizwärme und Brauchwarmwasser) einen Anteil von ca. 10% auf. Der Stromverbrauch ist somit wie in allen Passivhäusern mit einem Anteil von 90% der dominierende Faktor. Zur Senkung des Lüftungsstromverbrauches, der einen Anteil von 10% des Gesamtstromverbrauches einnimmt, wurden Maßnahmen wie die Senkung des Volumenstroms oder die Änderung der Laufzeiten der Lüftungsanlage diskutiert. Der hygienisch notwendige Luftwechsel muss jedoch eingehalten werden. Im Sinne einer nachhaltigen Verringerung von Haushaltsstromverbrauch und Allgemeinstromverbrauch müssten die jeweils energiesparendsten Produkte auf dem Markt eingesetzt werden. Diese Thematik betrifft jedoch nicht nur Passivhäuser, sondern alle Gebäude gleichermaßen, wobei durch Messungen bestätigt wurde, dass bei Passivhäusern der durchschnittliche Haushaltsstromverbrauch unter dem österreichischen Durchschnitt liegt.

7 Sozialwissenschaftliche Befragung

Das subjektive Wohlbefinden der BewohnerInnen ist entscheidend für den erfolgreichen Betrieb einer Wohnanlage, insbesondere, wenn es sich dabei um ein mit neuen Technologien ausgestattetes Wohngebäude handelt. Daher wurden in der Passivhauswohnanlage Lodenareal neben den messbaren technischen Größen auch Soft-Facts wie NutzerInnenzufriedenheit und Betriebserfahrungen evaluiert. Mit Hilfe der Durchführung von sozialwissenschaftlichen schriftlichen Befragungen, qualitativen Interviews und einer Fokusgruppe mit ausgewählten BewohnerInnen wurden die Rückmeldungen der NutzerInnen erhoben und zu den technischen Messdaten in Relation gesetzt. Diesbezüglich konnte auch auf Erfahrungen aus anderen Nutzerevaluationen aufgebaut werden.

Geplant war auch eine vergleichende sozialwissenschaftliche Befragung in der Niedrigenergiehauswohnanlage in Kufstein durchzuführen. Trotz sehr aufwändiger Vorbereitung und zweimaliger Verteilung eines Fragebogens inklusive mehrerer Versuche, diesbezüglich nachzufragen und nachzustoßen, konnte in dieser Wohnanlage leider kein aussagekräftiger statistisch relevanter Rücklauf erzielt werden. Daher musste auf diesen Vergleich im Rahmen dieser Untersuchung leider verzichtet werden.

7.1 Die quantitativen Befragungen

Es gab zwei quantitative Befragungen, die erste Befragung wurde vom zuständigen Wohnbauträger „Neue Heimat Tirol“ im Juli 2010 selbst durchgeführt. Der Fragebogen wurde vom Hausmeister der Wohnanlage an die BewohnerInnen verteilt und erzielte eine Rücklaufquote von 17,2% (61 Fragebögen). Diese Befragung zeichnet bereits ein durchaus positives Bild. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Befragung sind im Folgenden kurz dargestellt.

90% der BewohnerInnen beantworten die Frage nach der allgemeinen Wohnzufriedenheit mit „sehr zufrieden“ bzw. „eher zufrieden“ (Abbildung 51).

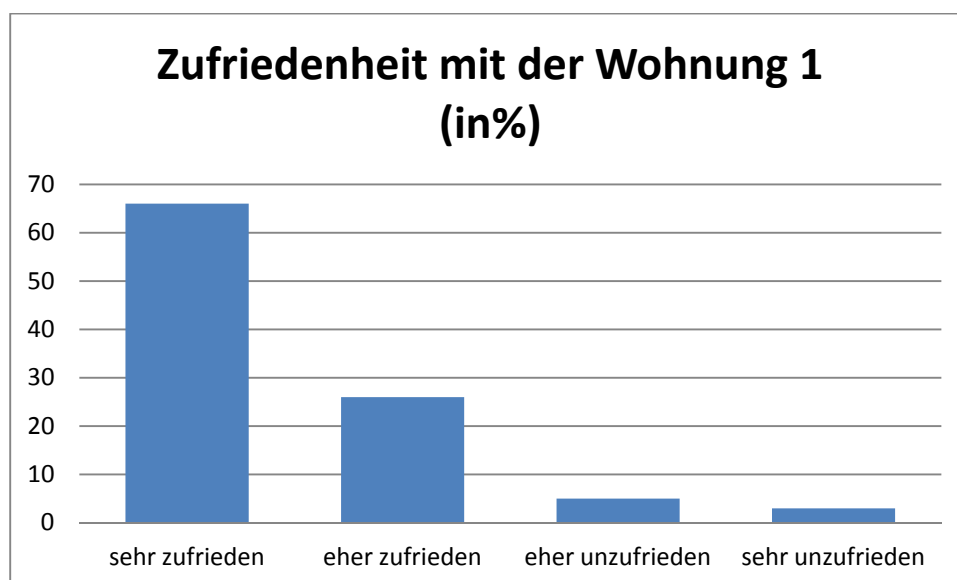


Abbildung 51: Zufriedenheit mit der Wohnsituation 1

96 % äußern sich zur Heizung mit „sehr zufrieden“ bzw. „eher zufrieden“ (Abbildung 52). Die Bewertung der Komfortlüftungsanlage fällt ebenfalls positiv aus.

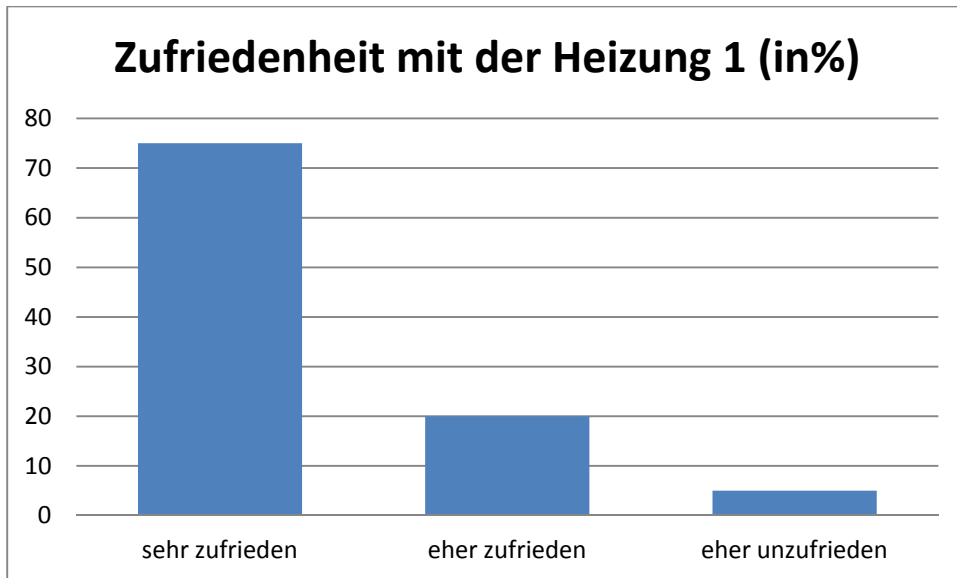


Abbildung 52: Zufriedenheit mit der Heizung 1

Rd. 80 % der Bewohner vergeben der Komfortlüftung die Schulnote „sehr gut“ bzw. „gut“ (Abbildung 53).

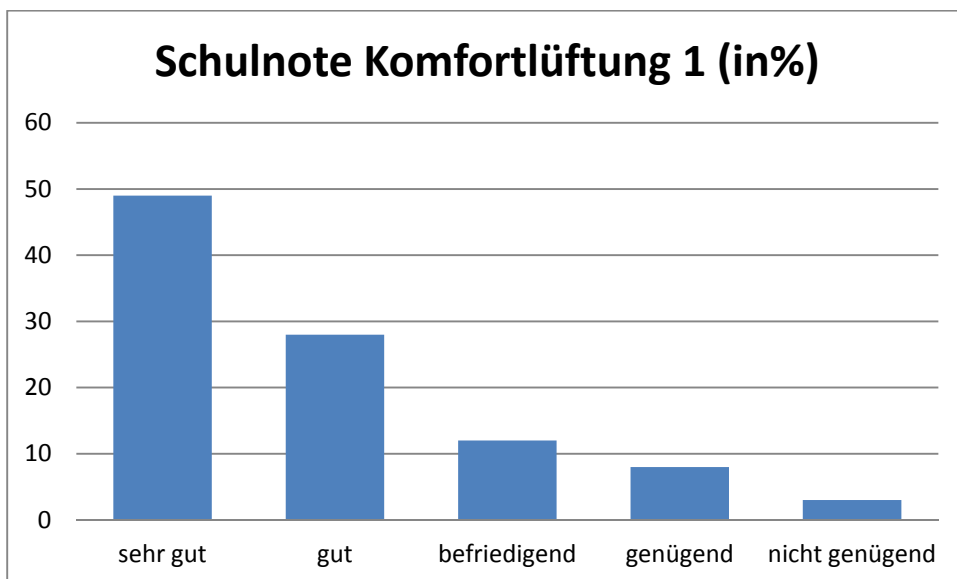


Abbildung 53: Schulnote zur Komfortlüftung 1

92% der Befragten würden wieder in eine Wohnung mit Komfortlüftung einziehen wollen (Abbildung 54).

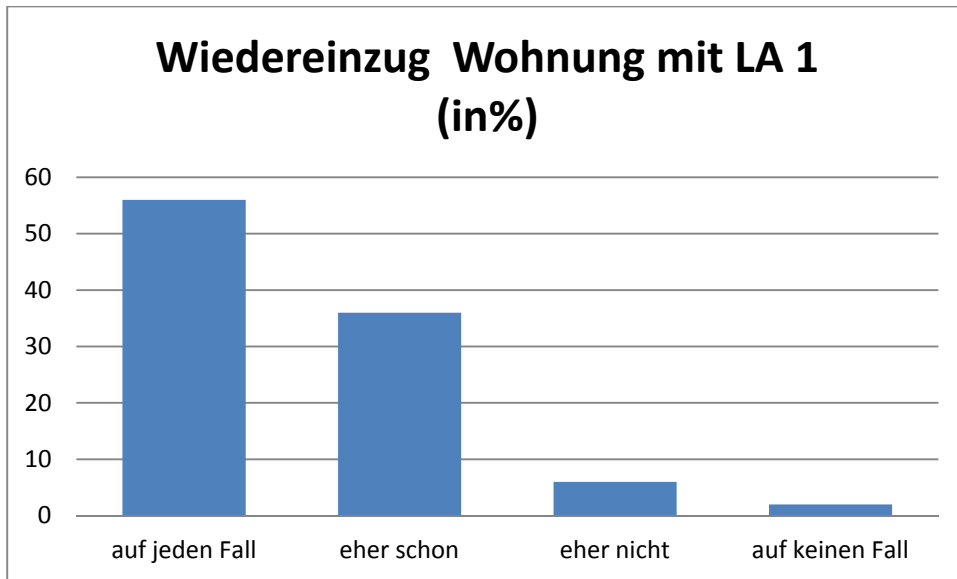


Abbildung 54: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage 1

90% finden die Lüftungsanlage sehr oder eher bedienerfreundlich (Abbildung 55).

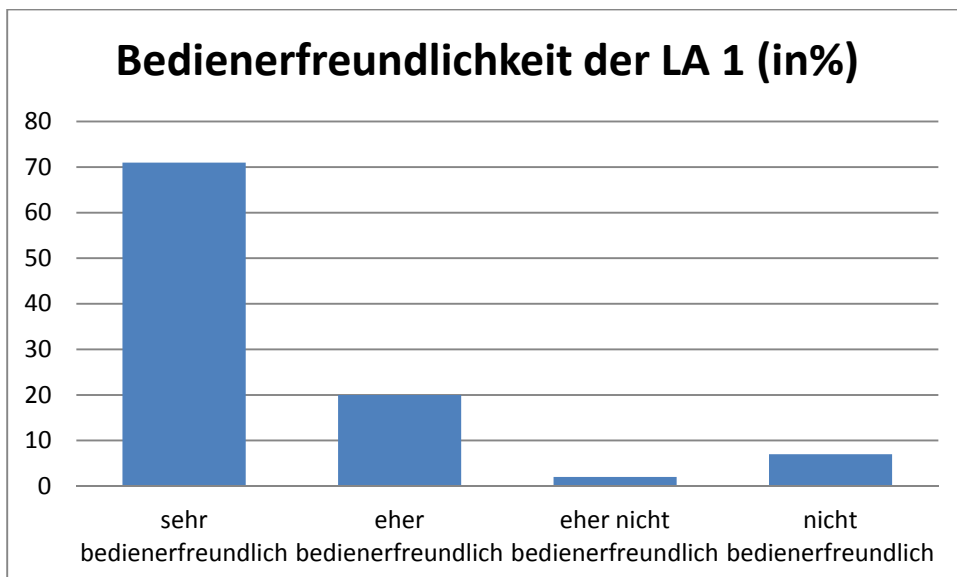


Abbildung 55: Bedienerfreundlichkeit der Lüftungsanlage 1

Verbesserungswürdig ist allerdings nach dieser ersten Befragung noch die Information zur Lüftungsanlage beim Einzug in die Wohnung, hier waren nur knapp 40% der BewohnerInnen zufrieden (Abbildung 56).

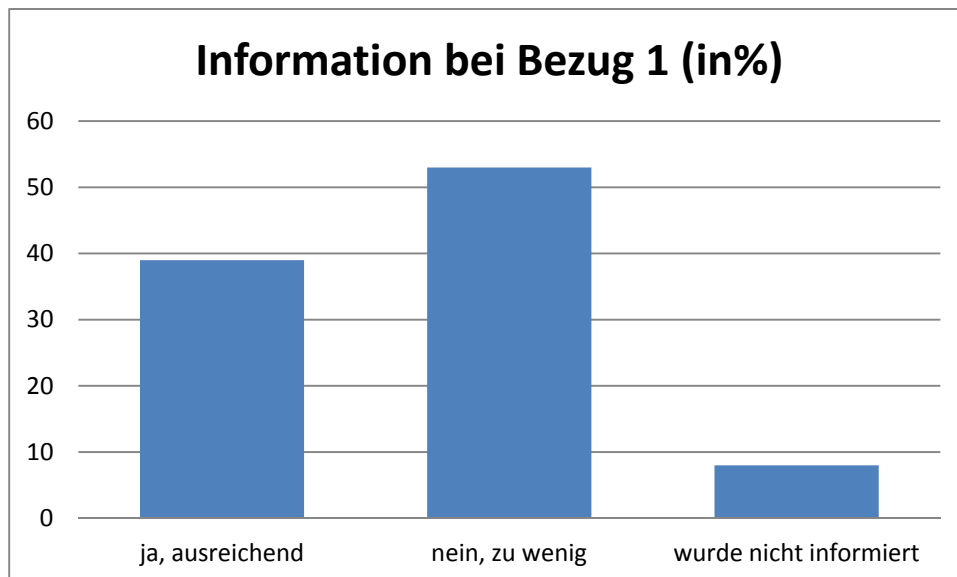


Abbildung 56: Information zur Lüftungsanlage bei Bezug 1

Eine zweite schriftliche Befragung wurde durch das IFZ im Juli 2011 durchgeführt. Auch diesmal wurden die Fragebögen wieder durch den Hausmeister an alle Haushalte in der Siedlung verteilt. Es konnte diesmal ein Rücklauf von 57 Fragebögen (16%) erreicht werden.

Es ergab sich eine recht gute Verteilung über die einzelnen Wohnblöcke sowie über die einzelnen Stockwerke, sodass auch Aussagen für die gesamte Wohnsiedlung getroffen werden können. Auch bei dieser Befragung konnte ein positives Bild mit der Zufriedenheit in der Siedlung bestätigt werden.

So sind insgesamt mehr als 90% der BewohnerInnen mit ihrer Wohnsituation sehr oder eher zufrieden (Abbildung 57).

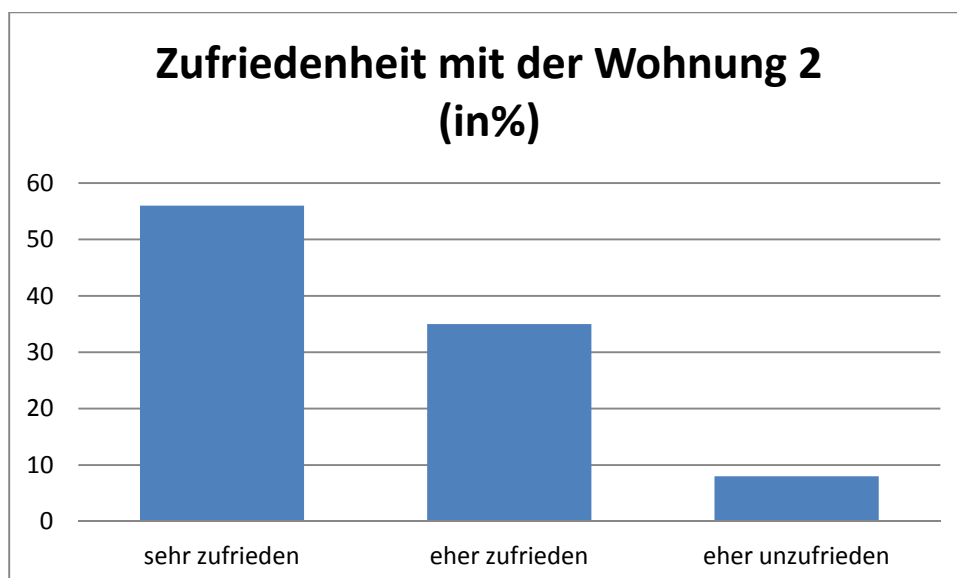


Abbildung 57: Zufriedenheit mit der Wohnsituation 2

Mit der Heizung im Winter sind 84% der BewohnerInnen zufrieden, allerdings auch 16% eher oder sehr unzufrieden (Abbildung 58).

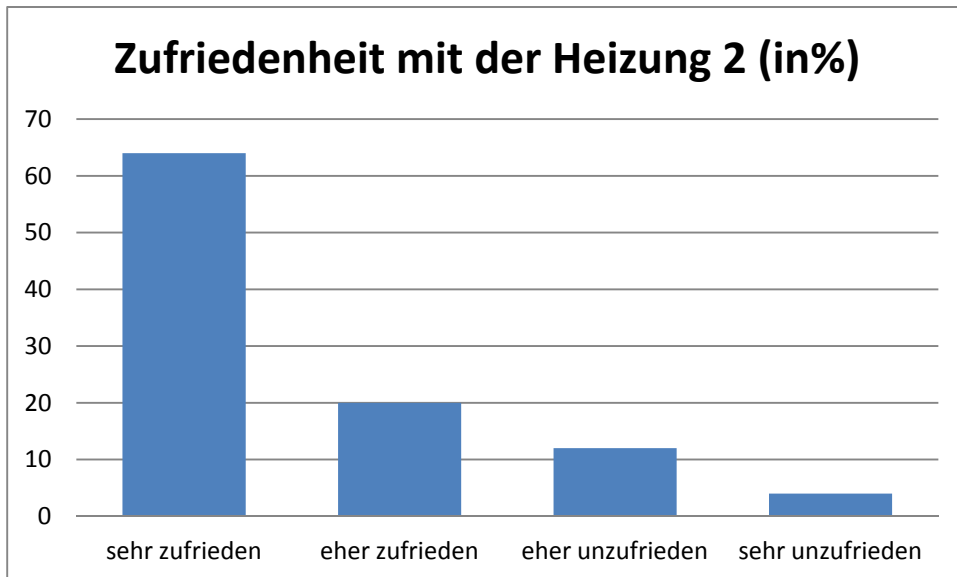


Abbildung 58: Zufriedenheit mit der Heizung 2

Knapp 80% äußern sich zufrieden mit der Komfortlüftung – nur knapp 20% sind eher unzufrieden (Abbildung 59).

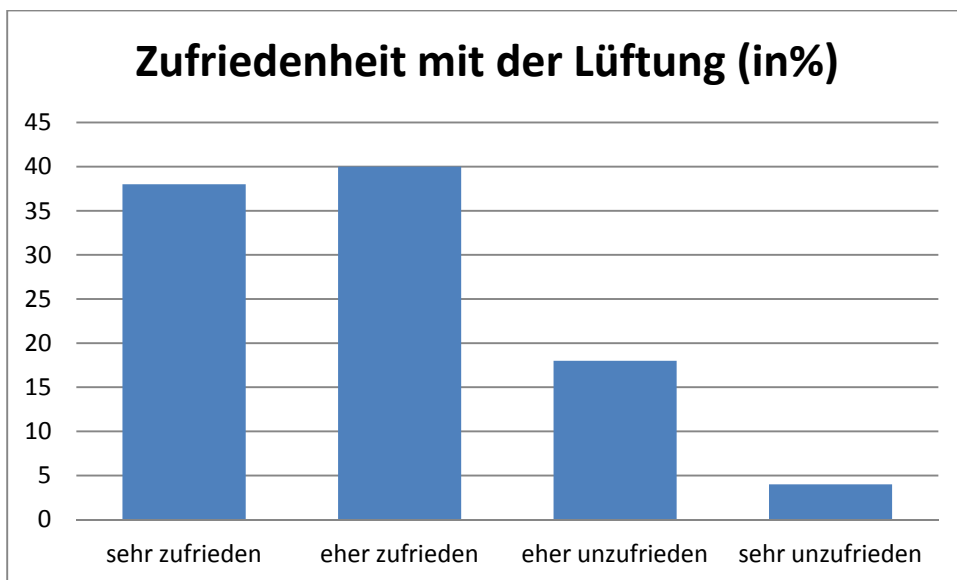


Abbildung 59: Zufriedenheit mit der Lüftung 2

Die Regelungsmöglichkeiten passen für etwas mehr als die Hälfte der BewohnerInnen – hier könnte es noch Verbesserungsbedarf geben (Abbildung 60), wobei sicher aber im Weiteren zeigt, dass die Regelungen von den BewohnerInnen kaum genutzt werden.

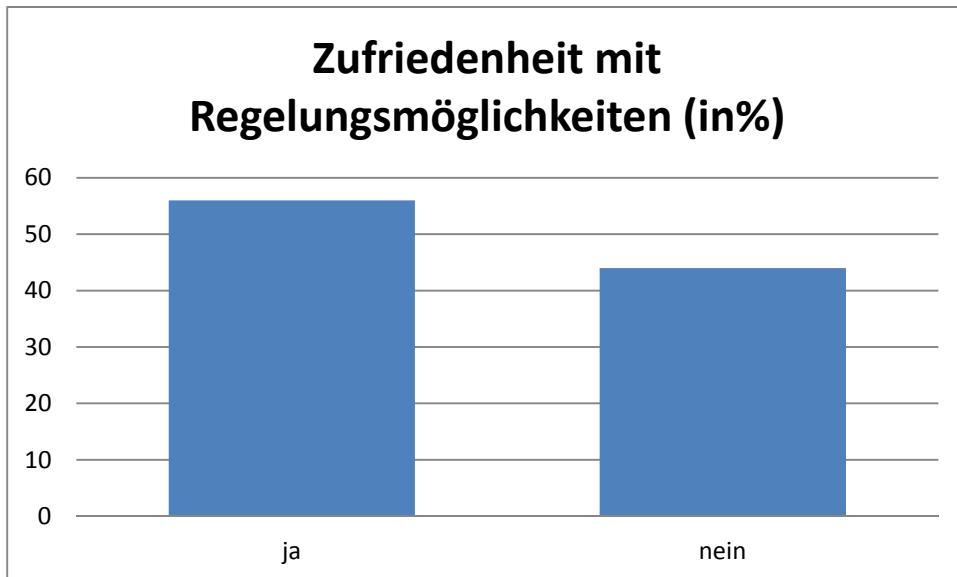


Abbildung 60: Zufriedenheit mit den Regelungsmöglichkeiten

Was würden sich die BewohnerInnen an Regelungsmöglichkeiten wünschen? Es wünschen sich ca. 50% der Befragten eine Drei-Stufen-Regelung (aus, normal, stark) und ca. 36% überhaupt mehr Regelungsstufen) (Abbildung 61).

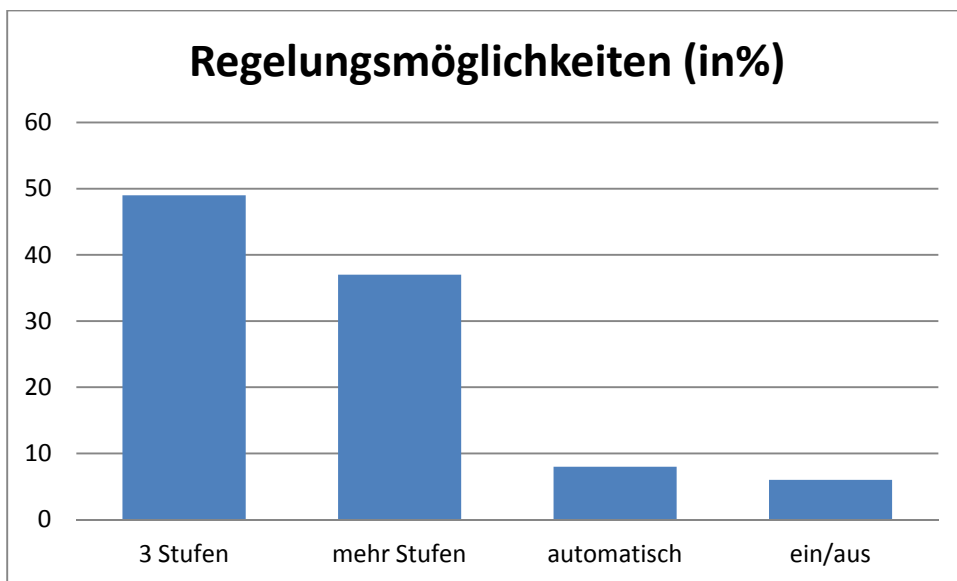


Abbildung 61: Wunsch nach Regelungsmöglichkeiten

Die Einstellung zur Komfortlüftung hat sich für knapp 30% der Befragten zum Positiven gewendet, ebenfalls knapp 30% sind gleich positiv eingestellt wie schon vor dem Bezug ihrer Wohnung. Weitere knapp 30% sind neutral gegenüber der Lüftung eingestellt und nur 12% negativ (Abbildung 62).

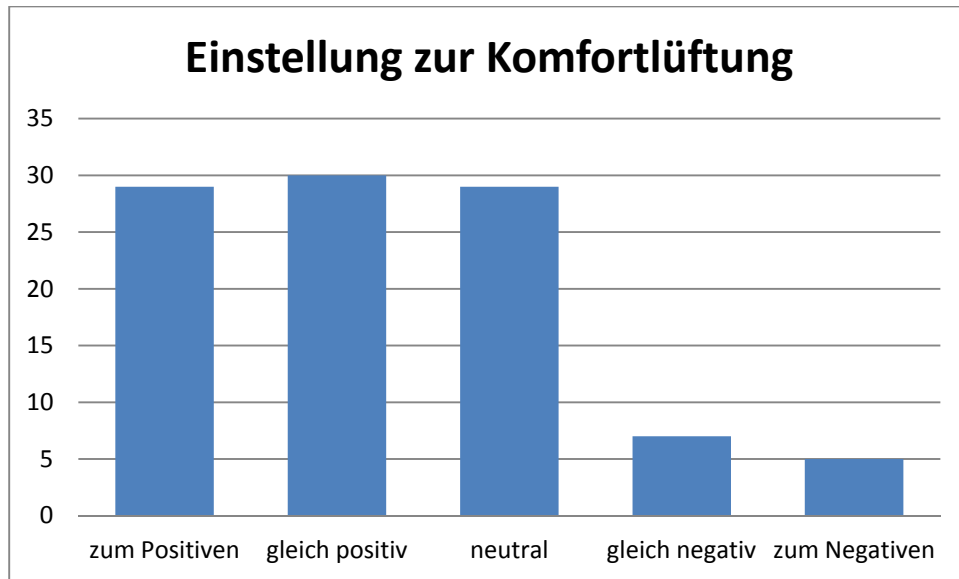


Abbildung 62: Einstellung zur Komfortlüftung seit Bezug

Auch in dieser Befragung wurden die BewohnerInnen um eine Beurteilung der Komfortlüftung mit Hilfe von Schulnoten gebeten. Es vergeben 17% ein „sehr gut“, ca. 40% ein „gut“ und ca. 25% ein „befriedigend“. Ein „Genügend“ wird von 11% vergeben, ein „Nicht genügend“ nur vom 8% (Abbildung 63). Diese Bewertung fällt etwas schlechter aus als diejenige bei der ersten Befragung.

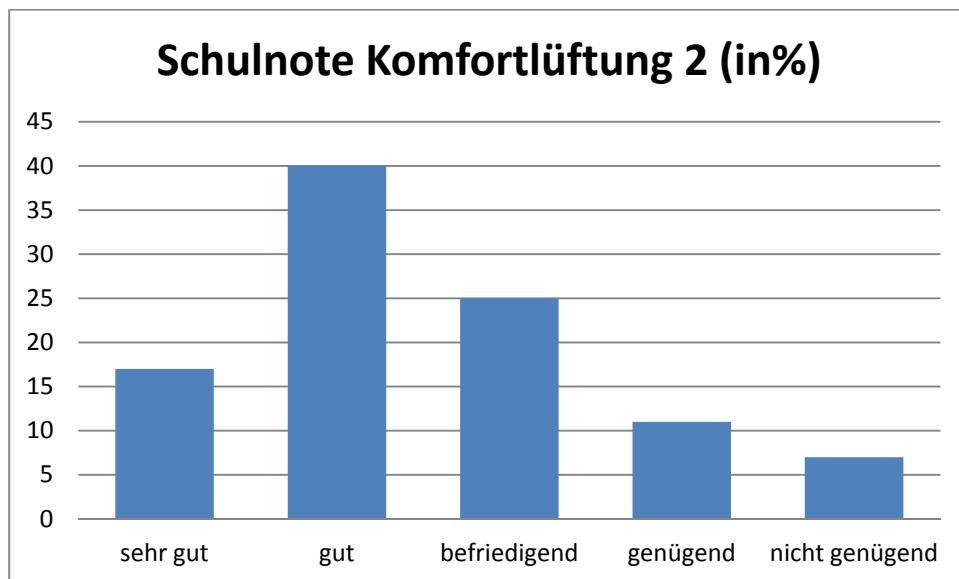


Abbildung 63: Schulnote zur Komfortlüftung 2

Auch die Information bei Einzug, die Komfortlüftung betreffend, wurde in dieser Befragung noch einmal beurteilt. Es meinen 63% der befragten BewohnerInnen, dass sie ausreichend informiert worden seien, 28%, dass es zu wenig war. Nur ca. 9% hat die Information gar nicht erreicht (Abbildung 64).

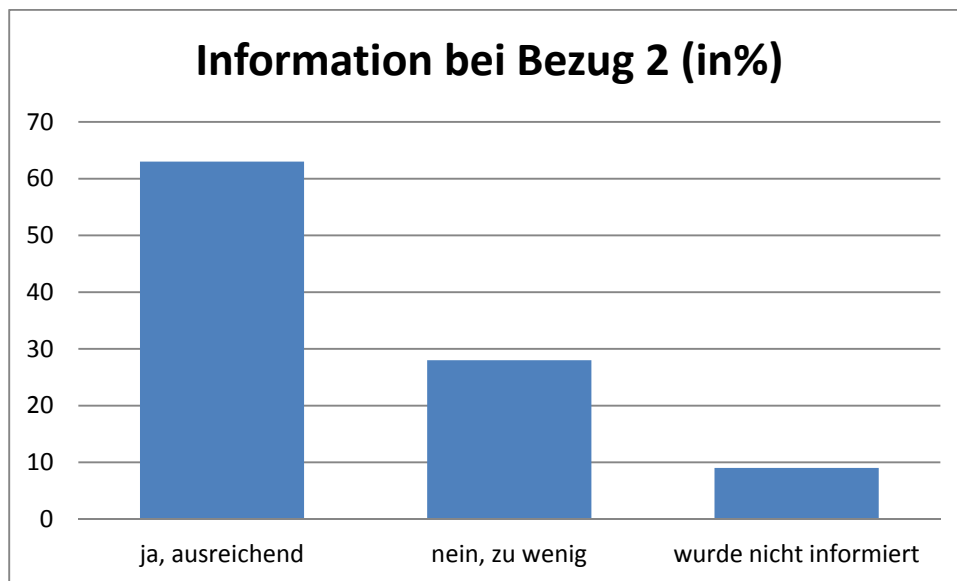


Abbildung 64: Information zur Lüftungsanlage bei Bezug 2

Für ca. 43% der BewohnerInnen sind im Laufe des ersten Jahres nach Bezug auch noch Fragen zur Komfortlüftung aufgetaucht. Ein Großteil dieser Fragen wurde allerdings nicht mehr beantwortet, weil hier kein Ansprechpartner zur Verfügung stand. An verschiedenen Formen der Information gab es schriftliche Informationen in Form von Foldern, Informationsblättern oder einem Handbuch, aber auch persönliche Gespräche und Erklärungen.

Interessant ist auch, dass knapp zwei Drittel der Befragten in ihrer Wohnung die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit oder beides messen (Abbildung 65). Mehr als die Hälfte dieser Personen tut dies mit Hilfe einer Wetterstation, deren Zuverlässigkeit normalerweise eine eher geringe ist.

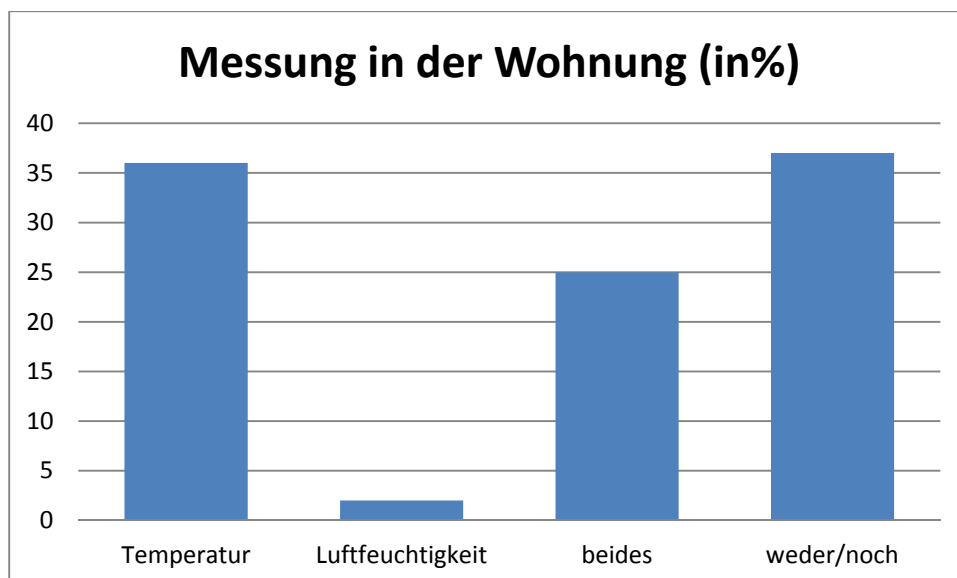


Abbildung 65: Messungen in der Wohnung

Mit der voreingestellten Temperatur in der Wohnung sind über 70% der Befragten zufrieden, ca. 16% hätten es gerne wärmer, ca. 11% gerne kälter (Abbildung 66). Die Temperatur wurde in der Wohnung auch schon von über der Hälfte der Befragten selbst eingestellt.

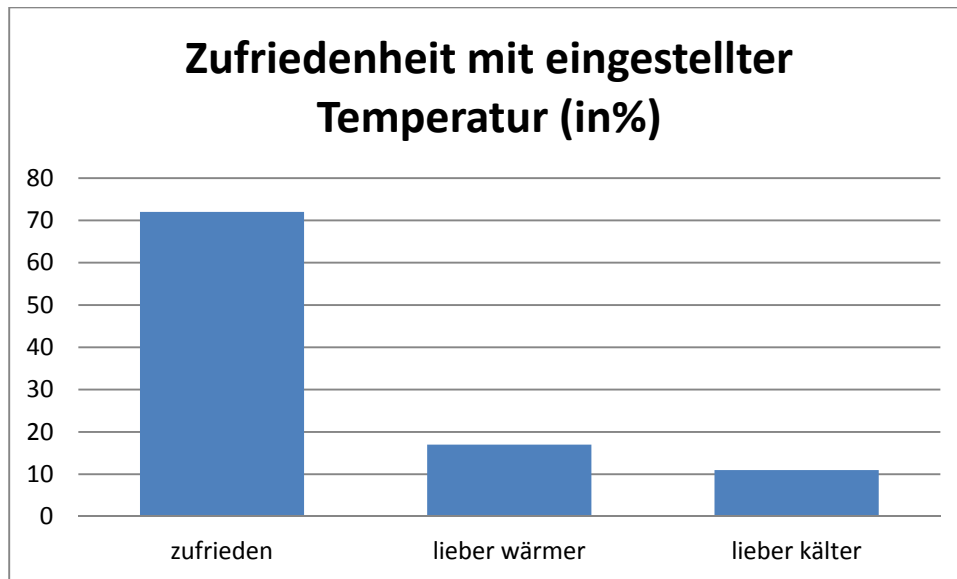


Abbildung 66: Zufriedenheit mit voreingestellter Temperatur in der Wohnung

Sehr interessant ist, dass 83% der Befragten im Winter zusätzlich zur eingeschalteten Komfortlüftung manuell über die Fenster lüften (Abbildung 67). Dies passiert vor allem in den Wohn- und Schlafzimmern. Gründe dafür sind vor allem die Geruchsentwicklung beim Kochen, weil es das Gefühl gibt, dass die Luft in der Wohnung zu trocken ist oder dass zu wenig Luft in der Wohnung vorhanden ist bzw. auch aus Gewohnheit (z.B. Stoßlüften am Morgen und am Abend).

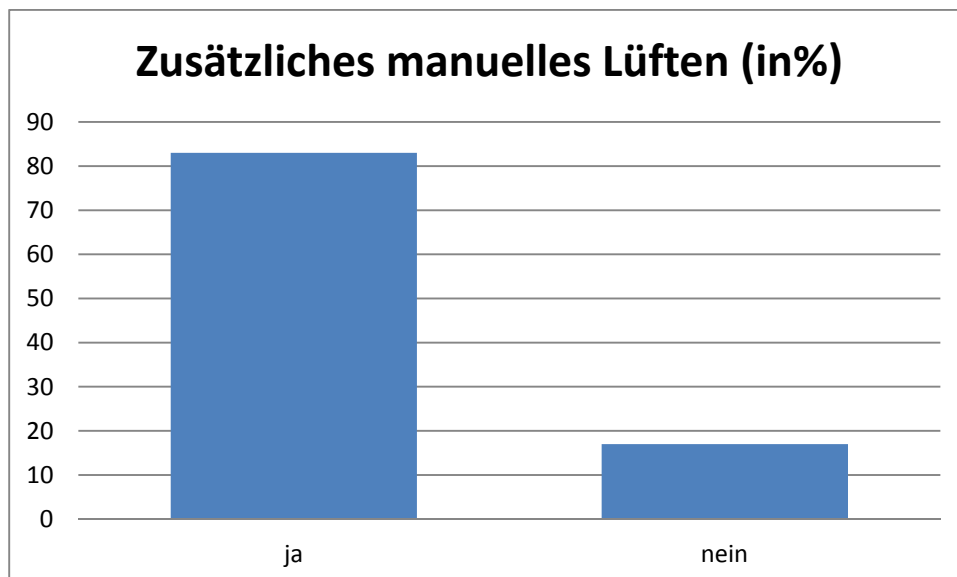


Abbildung 67: Zusätzliches manuelles Lüften zur Komfortlüftung

Die Luftqualität wird im Sommer von den Befragten sehr unterschiedlich eingeschätzt – ca. die Hälfte ist zufrieden (gutes, angenehmes Klima), die andere Hälfte meint, die Luft sei zu warm, zu heiß oder zu stickig.

Die Luftqualität im Winter wird von ca. 30 Personen, also auch ca. der Hälfte angenehm und passend eingestuft, von der anderen Hälfte meistens als zu trocken.

Die Beschattung wird von über 60% der Befragten im Sommer als Mittel der Temperaturregelung genutzt (was die Temperatursituation im Sommer in der Wohnung natürlich verbessert), von ca. 45% im Winter als Sichtschutz (was die solaren Einträge im Winter natürlich schmälert). Mehrere BewohnerInnen geben auch an, dass sie über keinerlei Beschattungselemente verfügen.

Würden die befragten BewohnerInnen wieder in eine Wohnung mit Komfortlüftung einziehen? Auf jeden Fall würden dies 47% tun, eher schon 32% (also insgesamt ca. 80%), auf keinen Fall nur 3% (Abbildung 68).

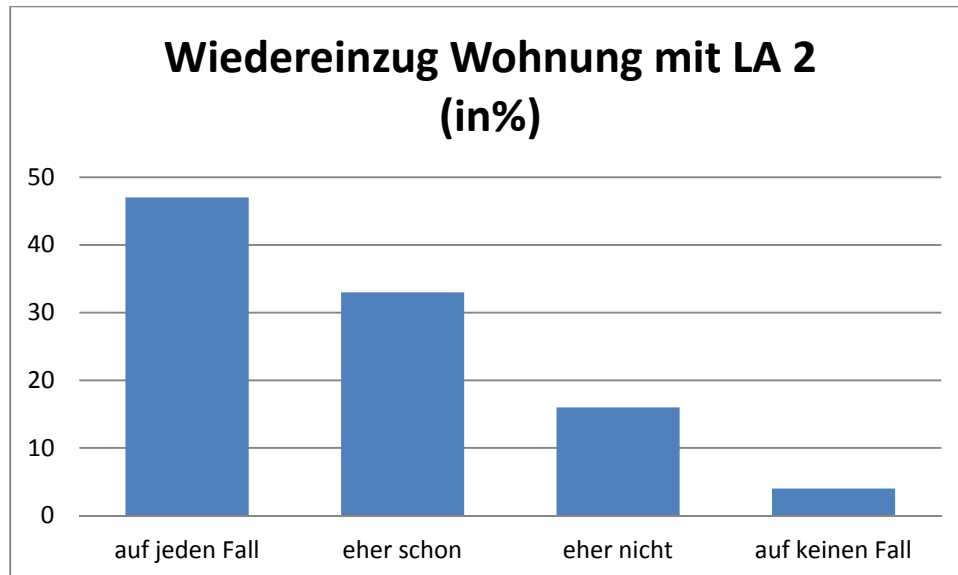


Abbildung 68: Wiedereinzug in eine Wohnung mit Lüftungsanlage 2

Abschließend wurden die BewohnerInnen noch zu Ihrer Meinung zum Thema „Energiesparende Geräte“ und „Smart Metering“ befragt (die vermessenen Wohnungen waren ja mit Smart Metern ausgestattet).

Erstens war von Interesse, ob die Befragten es akzeptieren würden, in eine Wohnung einzuziehen, die bereits mit Elektrogeräten ausgestattet ist, die sie daher selbst nicht mehr aussuchen können – allerdings dafür mit sehr energiesparenden. Das ist für ca. die Hälfte der Befragten vorstellbar.

Nur ca. 20% der Befragten wissen, wobei es sich bei einem „Smart Meter“ handelt. Von diesen würden ihn allerdings praktisch alle für den eigenen Haushalt nutzen wollen. Mit dem Smart Meter ist ja auch die Möglichkeit einer genaueren Stromablesung und damit auch einer genaueren und in kürzeren Abständen erstellten Stromrechnung möglich. In welchen Intervallen würden sich die Befragten diese Stromrechnung wünschen? Ca. 45% wären für monatliche Intervalle, 12% genügen vierteljährliche Abstände, ca. 20% halbjährliche und 23% – wie bisher – weiter jährliche (Abbildung 69).

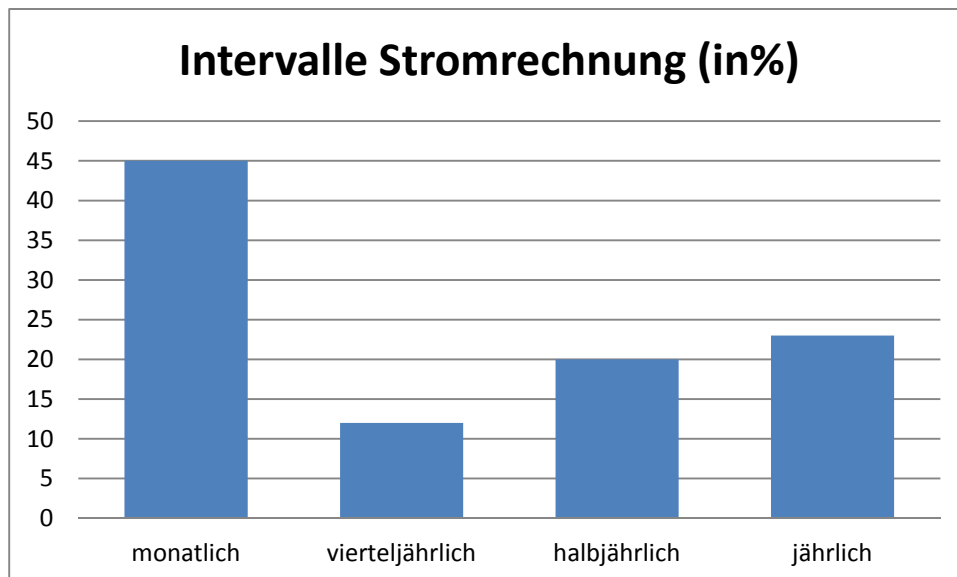


Abbildung 69: Gewünschte Intervalle der Stromrechnung

Interessant ist zum Abschluss dieses Kapitels ein kurzer Vergleich der wichtigsten Ergebnisse der ersten Befragung kurz nach Bezug durch die Wohnbaugenossenschaft und der zweiten Befragung im Jahr 2011. Hat sich die Zufriedenheit in den verschiedenen Bereichen verändert? Wenn ja, zum Positiven oder zum Negativen? Berücksichtigt muss hier allerdings werden, dass die beiden Stichproben nicht identisch sind, d.h. keine wirkliche zeitliche Verlaufs- oder Veränderungskurve abgeleitet werden kann. Aber einen Eindruck kann man doch bekommen.

Die Zufriedenheit mit der Wohnsituation ist etwa gleich geblieben, sie hat sich in den positiven Beurteilungen etwas mehr zu den eher Zufriedenen entwickelt. Bei der Heizung hat sich die Einschätzung etwas verschlechtert. Die Beurteilung der Lüftungsanlage über eine Schulnote hat sich auch von der ersten zur zweiten Befragung etwas verschlechtert, ist aber noch immer überwiegend positiv. Wiedereinziehen in eine Wohnung mit Lüftungsanlage würden ziemlich gleich viele Befragte, und mit der Information bei Einzug waren in etwa auch gleich viele BewohnerInnen zufrieden.

7.2 Die qualitativen Interviews

Zusätzlich zu den schriftlichen Befragungen wurden mit ausgewählten BewohnerInnen derjenigen Wohneinheiten, in denen die technischen Messungen durchgeführt wurden, kurze qualitative Interviews durchgeführt, um die Ergebnisse der schriftlichen Befragung zu ergänzen und zu vertiefen. Diese Interviews fanden im März 2012 statt, die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst und illustriert.

Auch hier kann eine große Zufriedenheit mit der Wohnung und der Wohnsituation festgestellt werden.

„In der Wohnung gefällt es uns sehr gut. Wir haben zuerst im Parterre gewohnt, 15 Jahre, da bin ich krank geworden, dunkel, laut. ... Jetzt bin ich gesund, wunderbar, die Ruhe hier vor allem. Wir sind auf der Südseite, wir hören nichts“. (I1a).

„Es ist gut geplant. ... Ohne Ecken und Kanten“. (I1b).

„Mir gefällt es gut, da gibt es überhaupt nichts“. (I2)

„Die Wohnung ist sehr gut, ich bin sehr zufrieden“ (I5)

„Mit der Wohnung ist alles in Ordnung“. (I6)

„Die Wohnung gefällt mir sehr gut, auch der Garten und die Terrasse sind sehr schön“. (I7)

„Die Wohnung gefällt mir sehr gut, die ganze Architektur der Siedlung ist gut gelungen“. (I8)

Was die Funktion der Lüftungsanlage betrifft, ist diese durchaus in Ordnung und passt gut. Allerdings werden auch von einigen Interviewten Probleme mit der Luftfeuchtigkeit angesprochen.

„Mit der Lüftungsanlage sind wir sehr zufrieden, nur wenn man ständig zuhause oder in der Nacht oder in der Heizperiode, ist die Luft viel zu trocken. Da bist du wie ausgetrocknet“. (I1b)

„Finde ich eigentlich gut. Ich habe ja sehr viel geraucht, funktioniert super, die Lüftung“. (I2)

„Dann ist uns aufgefallen dass die Luftfeuchtigkeit nicht in Ordnung ist zwischen 20-25 Prozent wir sind ständig krank gewesen. ... Wir haben uns jetzt ein Gerät gekauft - Kostenpunkt 300 Euro, ein Luftbefeuchter, damit die Feuchtigkeit wieder passt. Jetzt haben wir zwischen 40-50 Prozent und uns geht es schon viel besser!“ (I3)

„Die Lüftungsanlage ist in Ordnung“. (I5)

„Ich finde nicht, dass die Luft zu trocken ist“. (I5)

„Am Anfang musste ich mich erst an die Lüftungsanlage gewöhnen, aber das ist besser geworden“. (I6)

„Bei der Lüftungsanlage gibt es kein Problem. Sie funktioniert gut“. (I7)

Auch auf die Fensterlüftung will ein Großteil der Befragten nicht verzichten, teilweise aus Gewohnheit, teilweise, weil die Luftqualität sonst leidet.

„Ich kann das Fenster nicht zulassen, ich kann das nicht. Ich brauche die Luft“. (I1a).

„Es ist komisch, wenn man nicht lüftet. Ich lüfte immer, auch im Winter. In der Früh mache ich immer auf“. (I2)

„Im Sommer öffne ich die Fenster eher nicht, im Winter wenig“. (I5)

„Ich lüfte sehr wenig über die Fenster“. (I6)

„Im Sommer habe ich die Fenster offen, im Winter tue ich stoßlüften“. (I7)

„Lüften ist schon notwendig, sonst wird es zu stickig. Aber im Winter machen wir die Fenster ganz auf und zu“. (I8)

Die Temperatursituation im Sommer wird von den Interviewten unterschiedlich eingeschätzt. Einige meinen, dass die Temperaturen in den Wohnungen zu heiß seien, andere, dass sie durchaus passend sind.

„Es ist nicht zu heiß in der Wohnung im Sommer. Wenn man alles zu hat und draußen hat es dreißig Grad, dann hat es da 20, 22 Grad“. (I1b)

„Temperatur ist super, es wird nicht zu heiß. 24,25 Grad bekommt man schon – ich mache auf auch, es ist klar, dass es dann wärmer wird. Im Sommer lasse ich nicht zu“. (I2)

In Sommer in der Wohnung über 30 Grad und das obwohl wir keine Geräte eingeschalten hatten. Also unaushaltbar. Wir bekamen dann nach langen Beschwerden eine Sonnenblende auf der anderen Seite bei der Küche“. (I3)

„Im Sommer wird es schon heiß in der Wohnung, bis 28 Grad“. (I4)

„Im Sommer wird es schon manchmal heiß in der Wohnung“. (I6)

Die Wintertemperaturen scheinen auf jeden Fall zu passen.

„Angenehm. Mir ist es immer zu warm“. (I1b)

„Traumhaft. Die Heizung schaltet sich untermals fast nie ein. Die Heizkosten sind minimal“. (I2)

„Im Winter ist die Temperatur gut“. (I4)

„Die Temperatur ist im Winter angenehm, im Sommer ist es eher warm“. (I8)

Auch die Funktion der Heizung scheint in Ordnung zu sein.

„Funktioniert einwandfrei“. (I1b).

„Es gab am Anfang Probleme, sie hat nicht richtig funktioniert, aber das wurde neu eingestellt“. (I6)

„Diesen Winter war es kälter als sonst, aber es war ein extrem kalter Winter“. (I7)

Die Regelung scheint intuitiv verständlich zu sein und gut zu funktionieren, allerdings wird die Regelung von den meisten BewohnerInnen gar nicht genutzt, weil die Einstellungen der Anlage gut passen.

„Das ist jetzt klar. Am Anfang bin ich etwas durcheinander gekommen mit dem unteren Schalter, wofür der gehört. ... Ich habe nicht gewusst, was muss man da schalten. Da haben wir nachgefragt – seitdem bin ich zufrieden“. (I1b)

„Ich lasse es so, wie es ist. Passt alles“. (I2)

„Die Regelung ist in Ordnung, aber ich regle praktisch nichts“. (I4)

„Die Regelung nutze ich gar nicht“ (I6).

„Die Regelung funktioniert gut, sie wird von mir gar nicht genutzt“. (I7)

„Die Regelung ist in Ordnung, aber man merkt keinen Unterschied, wenn man höher einstellt“. (I8)

Angesprochen wird – wenn auch sehr vereinzelt, aber doch (und das Thema taucht in der Fokusgruppe ebenfalls auf), die Staubentwicklung in der Wohnung, wobei nicht ganz klar ist, ob diese wirklich mit der Lüftungsanlage zusammen hängt oder andere Ursachen hat.

„In der Wohnung ist extrem viel Staub, ich weiß aber nicht, ob das durch die Lüftung kommt“. (I5)

„Das kann ich nicht bestätigen. Das hat nichts mit der Lüftung zu tun“. (I2)

Die Information der BewohnerInnen bei der Übergabe hat gut funktioniert. Sowohl persönliche Erörterungen als auch schriftliche Informationen sind gut angekommen. Einige meinen auch, dass die Technologie ohne Erklärung gut verständlich sei.

„Dadurch, dass da so viele Parteien waren, ist das im Schnellverfahren gegangen. Das geht so, das geht so“. (I1b)

„War aber auch eine Broschüre dabei. ... Die ist verständlich gewesen“. (I1b)

„Kann mich nicht erinnern. Was braucht man da viel Einführung? ... Das kann man alleine machen“. (I2)

„Ich habe sicher etwas Schriftliches bekommen, aber ich weiß nicht mehr, wo ich das habe“. (I2)

„Es gab eine persönliche Einschulung und eine Broschüre. Das hat gepasst“. (I4)

„Beim Einzug gab es eine persönliche Erklärung“. (I5)

„Die Regelung würde mir beim Einzug persönlich erklärt“. (I6)

„Bei der Informationsveranstaltung waren wir nicht da, aber es gab ein oder zwei Seiten schriftlich“. (I8)

Mit der Hausverwaltung hatten die interviewten BewohnerInnen bisher kaum zu tun, bei Problemen wenden sie sich an den Hausmeister, der sehr engagiert und hilfsbereit ist.

„Mit der Hausverwaltung haben wir nie Kontakt gehabt. Nur mit dem Hausmeister.“ (I1b).

„Wir haben keine Probleme“. (I1a)

„Mit der Hausverwaltung selbst habe ich nichts zu tun, nur mit dem Hausmeister. Den ruft man an, der kommt. ... Er ist sehr hilfsbereit“. (I2)

„Bei Problemen rufe ich beim Hausmeister an“. (I5)

„Bei Problemen wende ich mich an den Hausmeister“. (I6)

„Kein Kontakt bisher“. (I8)

Die Außenanlagen werden als sehr gelungen wahrgenommen.

„Ist für mich auch ok, ich brauche sie nicht wirklich“. (I2)

„Kinder spüre ich nicht, das Einzige, was gefährlich ist, dass sie vom Garagendach hinunter springen. Das muss nicht sein“. (I2)

„Die Außenanlagen sind sehr schön“. (I4)

Was von einigen Interviewten als störend in den Interviews erwähnt wird, ist der Baulärm, der durch die in der unmittelbaren Umgebung bestehenden Baustellen verursacht wird.

„Es gibt viele Baustellen, eine nach der anderen seit Anfang an ist ständig jeden Tag Baulärm“. (I3)

„Der ständige Baulärm ist sehr störend“ (I8).

Bei einer Beurteilung der Gesamtsituation über eine Schulnote werden von den BewohnerInnen sehr gute Einstufungen vergeben.

„Die beste. Ich bin total zufrieden“. (I2)

„Sehr gut“. (I4)

„Sehr gut“. (I5)

„Sehr gut“. (I7)

„Gut“. (I8)

7.3 Die Fokusgruppe

Um die Ergebnisse der schriftlichen Befragung und der qualitativen Interviews noch zu vertiefen, wurde eine Fokusgruppe mit BewohnerInnen der Wohnanlage durchgeführt.

Fokusgruppen sind moderierte Diskussionsrunden mit bis zu zehn TeilnehmerInnen, die sich zu einem vorgegebenen Thema austauschen. Die TeilnehmerInnen der Diskussion diskutieren als „ExpertInnen“ zu einem vorgegebenen Thema („Fokus“). Die Diskussion wird aufgezeichnet und ausgewertet, die Dauer einer Fokusgruppe beträgt zwischen ein und zwei Stunden.

Es erging eine Einladung zu dieser Fokusgruppe an alle Haushalte, dieser Einladung sind acht Personen gefolgt. Die Fokusgruppe wurde am 15. März 2012 in einem Lokal gleich neben der Wohnsiedlung abgehalten und dauerte etwas über eine Stunde. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Diskussionsgruppe sind im Folgenden dargestellt.

In einer einleitenden Runde wurden die TeilnehmerInnen gefragt, wie es ihnen in ihrer Wohnung gefällt und wie zufrieden sie sind. Hier zeigen sich unterschiedliche Einstellungen, ja nachdem, wie die eigene Wohnung situiert ist. Manche bekommen sehr viel, manchmal vielleicht zu viel Sonne ab, andere haben eher schattige Wohnungen. Prinzipiell gelobt wird der großzügige und offene Grundriss der Wohneinheiten. Für Familien mit Kindern birgt er allerdings das Problem, dass es wenige Rückzugsmöglichkeiten gibt bzw. Geräusche in der ganzen Wohnung zu hören sind.

„Ich bin auch der Meinung, was den Grundriss betrifft, es ist offen, wenn man Kinder hat und man früher aufsteht, man kann sich nicht abschirmen, vor allem dann, wenn die Kinder schlafen wollen, man kann nicht den Fernseher lauter drehen, es ist offen.“ (A5)

Auch Probleme mit der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit werden gleich angesprochen.

„Was ein bisschen fehlt ist, ist meiner Meinung nach, sofern man das überhaupt machen kann zentral, die Raumfeuchtigkeit. Da sind wir unter 40% und das ist ein bisschen wenig.“ (F6)

„Was sicherlich ein Problem ist, ist die Luftfeuchtigkeit. Und aus meiner Sicht, aus meiner Erfahrung, im Sommer wirklich die Abschattungen, da ist teilweise das Problem, dass es wirklich zu warm wird in der Wohnung. Also man bekommt die Hitze, vor allem wenn man viel Sonne in die Wohnung bekommt, kriegt man die schwer raus, das ist meine Erfahrung damit.“ (F7).

„Also wir kommen da mit unserer Temperatur nicht richtig in den Griff. Wir haben ein Messgerät aufgestellt, sind eingezogen, hatten im Winter Luftfeuchtigkeiten von 18%, das ist gemessen, das war so. Der Vorteil ist, wir können unsere Wäsche schnell trocknen. Wir haben sie abends hingestellt und nach ein paar Stunden war sie staubtrocken, das ist toll.“ (F4)

„Bei mir messen sie auch jeden Tag und ich habe z.B. einen Luftbefeuchter aufgestellt. Da wird regelmäßig gemessen, weil meine Tochter eben Asthma hat und da ist das wirklich 20, 25%.“ (F3)

Erwähnt werden (wie in den Interviews) auch Probleme mit der Staubbelastung in der Wohnung.

„Also ich hab das Gefühl, dass ich staubwische und nach ein paar Stunden habe ich wieder so viel Staub.“ (F3)

„Der Staub ist furchtbar, das haben wir auch.“ (F1)

Es wird auch erwähnt, dass es die Lüftungsanlage nicht mehr schafft, für ausreichend gute Luft und Belüftung zu sorgen, wenn viele Personen in der Wohnung anwesend sind und auch noch gekocht wird.

„Genau, mit den Kindern. Wenn dann da noch gekocht wird, und auch gemeinsam gegessen wird dann wird's schon, also im Sommer war's schon so, dass es merkbar wärmer wird in der Wohnung, da hilft dann die Schaltung im Endeffekt auch nicht so viel. Da muss man dann wirklich aufmachen, dass man den Hitzestau rauskriegt, was ja auch nicht im Sinne des Erfinders liegt.“ (F7)

Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die Komfortlüftung das wahrscheinlich gar nicht schaffen kann.

„Auf das ist sie nicht ausgerichtet. Also die Lüftung ist auf das ausgerichtet, dass der hygienische Luftwechsel für die normale Benutzung der Wohnung, sprich für das, was man zum Atmen braucht, ausgetauscht wird. Wenn man ein bisschen eine Party hat, dann geht's grad noch, aber wenn man kocht und Leute da hat, auf das ist sie nicht ausgelegt.“ (F8)

Wie wichtig die richtige Informationsvermittlung ist, zeigt sich an einem Beispiel, in dem eine Bewohnerin darauf hingewiesen wurde, dass sie die Fenster in der Wohnung gar nicht öffnen dürfe.

„Also grad wegen dem Fenster, als ich eingezogen bin hat mich der eingewiesen und gemeint, ja nicht die Fenster aufmachen, die bleiben immer zu. Da hab ich mir noch gedacht, die soll ich nie aufmachen?“ (F3)

Ansonsten zeigen sich die TeilnehmerInnen mit der Informationspolitik des Wohnbauträgers durchaus zufrieden.

„Naja es hat schon ein bisschen gedauert, bis da jemand gekommen ist, aber dann hat man sich schon sicher 20 Minuten, halbe Stunde zusammengesetzt.“ (F6)

„Als wir den Schlüssel bekommen haben, hat es auch so einen Vortrag gegeben, wo das alles erklärt wurde, die Heizung und Lüftung, die ganze Anlage.“ (F4)

Bei Fragen zur Lüftung wird der Hausmeister der Siedlung kontaktiert, der überhaupt sehr engagiert sein dürfte. Auch die Hausverwaltung wird gelobt.

„Also bei der Neuen Heimat sind sie schon super, wenn man da was braucht, erreicht man telefonisch wen und so. Also grad im Lüftungsbereich, also das ist ideal. Wenn man irgendwas braucht sind sie immer sehr hilfsbereit.“ (F3)

Themen, die nicht mit der Lüftungsanlage oder mit der Heizung zusammen hängen, aber die BewohnerInnen bewegen, werden auch diskutiert, z.B. die Lärmentwicklung durch spielende Kinder im Innenhof oder auch die Mülltrennung.

„Naja können Sie angenommen normal Fernsehen? Bei uns sind scheinbar die lautesten Kinder im ganzen Komplex. Mein Mann hat immer gesagt, ab drei Uhr nachmittags hört man überhaupt nichts mehr. Das ist furchtbar eigentlich.“ (F1)

„Darf ich was einbringen, man regt sich öfters über die Kinder auf. Die brauchen aber auch Platz, wenn man sich da drauf einstellt, also ich meine so generationenmäßig wird's immer Konflikte geben, aber wie gesagt, die Kinder müssen auch irgendwo sein können.“ (F3)

„Das sind verschiedene Interessensanlagen. Wenn die Kinder insgesamt am Tag zwischen 8 und 9 Stunden spielen können am Platz, dann kann der Bewohner seinen Balkon wohl drei Stunden nutzen, das ist wohl ausgewogen. Am Abend kann ich ihn eh nicht mehr nutzen. Über die Mittagszeit wollen wir es schon nutzen.“ (F6)

7.4 Zusammenfassung und Resümee

Prinzipiell kann in der Passivhauswohnanlage Lodenareal von einer sehr hohen Zufriedenheit der BewohnerInnen gesprochen werden. Die Wohnsituation wird sowohl in den schriftlichen Befragungen als auch in den persönlichen Interviews als sehr angenehm und schön eingeschätzt, sowohl was die Wohnungen selbst betrifft als auch die Außenanlagen. Die technischen Einrichtungen (vor allem Lüftung und Heizung) funktionieren gut, die Regelungen für diese Technologien werden als verständlich eingeschätzt und sind gut bedienbar bzw. werden gar nicht benutzt, da die Voreinstellungen für die Komfortlüftung und die Fußbodenheizung sehr passend gewählt wurden.

Geäußert werden Probleme mit zu trockener Luft in den Wohnungen und vereinzelt auch Probleme mit zu hohen Temperaturen im Winter (dies ist allerdings sehr von der Situation der Wohnung im Gebäude abhängig). Die Temperaturen im Winter sind in den Wohnungen angenehm.

Interessant ist das Phänomen einer höheren Staubentwicklung in den Wohnungen, das auch in Befragungen in anderen Passivhausanlagen manchmal berichtet wurde. Ungeklärt ist noch immer, ob dies wirklich mit der Lüftungsanlage zusammen hängen kann oder andere Ursachen hat.

Die Information zur Passivhaustechnologie und zur Lüftungsanlage ist beim Einzug gut vermittelt worden und auch gut angekommen. Persönliche Erörterungen und Broschüren bzw. Informationsblätter wurden gut angenommen. Die Hausverwaltung hat ein sehr gutes Image, am wichtigsten ist aber der sehr bemühte und engagierte Hausmeister, der bei Problemen sofort zur Stelle ist.

Interessant ist der Befund, dass doch ein Großteil der BewohnerInnen zusätzlich zur Komfortlüftung manuell lüftet – vorwiegend aus Gewohnheitsgründen oder weil beim Kochen Gerüche entstehen, die nicht abziehen.

Die Zufriedenheit ist sehr hoch, das äußert sich in der guten Zufriedenheitsskala bei der Bewertung der Wohnung, der Lüftung und der Heizung sowie bei den guten vergebenen Schulnoten und der Frage, ob die BewohnerInnen wieder in eine Wohnung mit Komfortlüftung einziehen würden.

Von der Regelung her passt auch alles, vom Wunsch der BewohnerInnen her sollte es eine drei-oder mehrstufige Regelung sein. Die Einstellung zur Komfortlüftung ist fast bei allen Befragten positiv oder hat sich zum Positiven gewandelt oder ist zumindest neutral.

60% der BewohnerInnen wollen es genau wissen und messen Temperatur und Luftfeuchtigkeit selbst in der Wohnung.

Die abschließenden Fragen zu Smart Metering zeigen, dass nur 20% der Befragten etwas mit diesem Begriff anfangen können. Eine monatliche Stromabrechnung, die über Smart Meter möglich wäre, wünscht sich allerdings fast die Hälfte der Befragten.

Die Ergebnisse der schriftlichen Befragung werden durch die Ergebnisse der qualitativen Interviews und der Fokusgruppe unterstützt und bestätigt. Leichte Unterschiede entstehen dadurch, dass bei den schriftlichen Befragungen doch BewohnerInnen aus der ganzen Siedlung geantwortet haben, während bei den Interviews nur die BewohnerInnen des Wohnblocks befragt wurden, in dem die Messungen stattgefunden haben.

Die Fokusgruppe (bei der auch Vertreter der Hausverwaltung anwesend waren) bot darüber hinaus eine gute Gelegenheit, miteinander in Austausch und Kontakt zu kommen sowie Themen und Probleme an die Hausverwaltung weitergeben zu können.

Im Großen und Ganzen kann das Lodenareal aus Sicht der BewohnerInnen als gelungene nachhaltige Wohnanlage bezeichnet werden.

8 ANHANG

ANHANG 1: Untersuchung von Raumlufte auf Formaldehyd und flüchtige organische Verbindungen

LODENAREAL INNSBRUCK
GENERAL-ECKER-STRASSE / HAUS 33
A-6020 INNSBRUCK

Aussteller:

Innenraum Mess- & Beratungsservice
Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH
A-1090 Wien, Alserbachstraße 5/8
☐ 01 - 319 20 05 Fax: 01 - 319 20 05-50



Analytische Untersuchung:

IBO Innenraumanalytik OG
Chemisches Laboratorium – Technisches Büro für Physik
A-1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/2
☐ 01 - 983 80 80 Fax: 01 - 983 80 80-15
email: office@innenraumanalytik.at
<http://www.innenraumanalytik.at>

Dipl. Ing. Peter Tappler
Dipl. Ing. Bernhard Damberger
Dipl. Ing. Claudia Schmöger

Aufgabenstellung und Vorgangsweise

Es soll die Raumlufte in ausgewählten Räumen eines neu erbauten, mit einer Lüftungsanlage ausgestatteten Objektes im Lodenareal Innsbruck, General Eccher Straße/ Haus 33 auf flüchtige organische Verbindungen (VOC) untersucht werden.

Die Ergebnisse der Messungen sollen in Hinblick auf bestehende Grenz-, Richt- und Referenzwerte bewertet werden.

Die untersuchten Räume hatten keine Einrichtung und wurden über einen Zeitraum von etwa 6 bis 8 Wochen vor der Messung mechanisch be- und entlüftet.

Probenahme und Analytik der VOC-Untersuchung

Laut Angaben des Auftraggebers wurden die untersuchten Räume mindestens acht Stunden vor der Probenahme verschlossen und anschließend nicht gelüftet. Messplanung und Probenahmestrategie folgten den ÖNORM EN ISO 16000-1 1 und

ÖNORM EN ISO 16000-5 2. Die Sammlung der flüchtigen organischen Verbindungen erfolgte laut ÖNORM M 5700-2 3 durch Adsorption an ein Adsorbens, wobei ein definiertes

¹ ÖNORM EN ISO 16000-1 (2006): Innenraumlufteverunreinigungen, Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie - 2006 06 01

² ÖNORM EN ISO 16000-5 (2007): Innenraumlufteverunreinigungen, Teil 5: Probenahmestrategie flüchtige organische Verbindungen (VOC) - 2007 06 01

Luftvolumen durch ein Adsorptionsröhrchen [SKC, Anasorb 747] gesaugt wurde. Das Sammelvolumen ist auf die bei der Messung herrschenden Temperatur- und Luftdruckbedingungen bezogen. Die Probenahme erfolgte in Raummitte in einer Höhe zwischen 1,2 und 1,5 m.

Die chemische Untersuchung erfolgte nach ÖNORM M 5700-2. Die Aktivkohle wurde aus dem Adsorptionsröhrchen entnommen und mit Schwefelkohlenstoff (CS₂) eluiert. Der gewonnene CS₂-Extrakt gelangte direkt zur quantitativen Analyse. Die einzelnen flüchtigen organischen Verbindungen wurden mittels Kapillargaschromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer [Shimadzu QP 5000] unter Verwendung einer Kapillarsäule [HP-VOC Fa. HEWLETT PACKARD] gegen externe und interne Standards bestimmt. Die Ergebnisse werden in µg/m³ (Mikrogramm pro Kubikmeter) angegeben und sind auf die bei der Messung herrschende Temperatur bzw. den Luftdruck bezogen. Die Messunsicherheit wird mit +/-20 % abgeschätzt. Die angegebenen Konzentrationen der Einzelverbindungen sowie die Summenwerte wurden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

Die Messung der Raumlufttemperatur sowie der relativen Luftfeuchtigkeit erfolgte mittels eines kalibrierten elektronischen Messgerätes (E+E Humiport 20), wobei die Daten in der Raummitte erfasst wurden.

Beschreibung der Proben zur VOC-Untersuchung

Tabelle 13: Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 174 (EG)	
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	13:50	
Probenahmeende	[hh:mm]	14:20	
Sammelvolumen	[m ³]	0,112	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,8	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	39	
Luftdruck	[hPa]	957	

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Gang bei Top 174 (EG)	
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	14:25	
Probenahmeende	[hh:mm]	15:05	
Sammelvolumen	[m ³]	0,102	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	19,9	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	49	
Luftdruck	[hPa]	957	

³ ÖNORM M 5700-2 (2002): Messen von Innenraumluft-Verunreinigungen - Gaschromatographische Bestimmung organischer Verbindungen - Teil 2: Aktive Probenahme durch Anreicherung auf Aktivkohle - Lösemittelextraktion - 2002 08 01

Tabelle 13: Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen (Fortsetzung)

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 177 (1.OG) 1. Messung	
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	14:00	
Probenahmeende	[hh:mm]	14:25	
Sammelvolumen	[m³]	0,100	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,8	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	38	
Luftdruck	[hPa]	957	

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 177 (1.OG) 2. Messung	Die Probenahme erfolgte über einen Teflonschlauch im Keller
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:40	
Probenahmeende	[hh:mm]	16:10	
Sammelvolumen	[m³]	0,100	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	23,8	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	38	
Luftdruck	[hPa]	957	

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 180 (2.OG)	
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	13:55	
Probenahmeende	[hh:mm]	14:20	
Sammelvolumen	[m³]	0,100	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,3	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	39	
Luftdruck	[hPa]	957	

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 183 (3.OG)	Die Probenahme erfolgte über einen Teflonschlauch im Keller
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:30	
Probenahmeende	[hh:mm]	16:00	
Sammelvolumen	[m³]	0,100	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	22,1	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	40	
Luftdruck	[hPa]	957	

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 186 (4.OG)	Die Probenahme erfolgte über einen Teflonschlauch im Keller
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	14:55	
Probenahmeende	[hh:mm]	15:25	
Sammelvolumen	[m³]	0,102	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,0	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	41	
Luftdruck	[hPa]	957	

Tabelle 13: Daten der Innenraumluftprobenahmen flüchtige organische Verbindungen (Fortsetzung)

	Einheit	Daten	Anmerkungen
Raum / Messstelle		Top 189 (5.OG)	Die Probenahme erfolgte über einen Teflonschlauch im Keller
Datum der Probenahme		27.10.2009	
Probenahmebeginn	[hh:mm]	15:00	
Probenahmeende	[hh:mm]	15:40	
Sammelvolumen	[m³]	0,091	
Mittlere Raumtemperatur	[°C]	21,1	
Mittlere rel. Luftfeuchte	[%]	42	
Luftdruck	[hPa]	957	

Ergebnisse der Untersuchung auf VOC

Tabelle 14: Ergebnisse (1)

Raum / Messstelle		Top 174 (EG)		
Datum d. Probenahme		27.10.2009		
Substanz	Einheit	Konz.	BG	
Aliphaten u. Alicyclen				
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	3	
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	3	
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	3	
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	3	
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	5	
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	3	
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	5	
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	7	
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	7	
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	3	
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	3	
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	5	
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	3	
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	3	
Aromaten				
Benzol	[µg/m³]	n.b.	3	
Toluol	[µg/m³]	4	3	
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	3	
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4	
Styrol	[µg/m³]	n.b.	7	
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	3	
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	3	
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	
Chlorierte Substanzen				
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	7	
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	3	
Substanz	Einheit	Konz.	BG	
Ester				
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	10	
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	10	
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	8	
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	8	
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	3	
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	7	
Aldehyde				
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	8	
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	7	
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	7	
Octanal	[µg/m³]	n.b.	10	
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	10	
Decanal	[µg/m³]	n.b.	10	
Ketone				
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	10	
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	4	
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	5	
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	5	
Terpene				
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	4	
Limonen	[µg/m³]	n.b.	3	
Sonstige				
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6	
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	7	
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	7	
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4		
Summe VOC ident.	[µg/m³]	4		
Gesamt VOC	[µg/m³]	< 20		

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (2)

Raum / Messstelle	Gang bei Top 174 (EG)						
Datum d. Probenahme	27.10.2009						
Substanz	Einheit	Konz.	BG	Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen				Ester			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4	Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4	iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4	iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4	n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5	1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6	Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	7
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4	Aldehyde			
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6	Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	7	Hexanal	[µg/m³]	n.b.	7
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	7	Heptanal	[µg/m³]	n.b.	7
Cyclohexan	[µg/m³]	6	4	Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4	Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6	Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4	Ketone			
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4	4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Aromaten				Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4	Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Toluol	[µg/m³]	50	4	Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Ethylbenzol	[µg/m³]	4	4	Terpene			
m,p-Xylol	[µg/m³]	6	4	Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5	Limonen	[µg/m³]	5	4
Styrol	[µg/m³]	n.b.	7	Sonstige			
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	19	4	Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	9	7
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	5	4	Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	7
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	11	5				
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	21	5				
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4				
Chlorierte Substanzen				Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	115	
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	7	Summe VOC ident.	[µg/m³]	135	
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	Gesamt VOC	[µg/m³]	155	

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (3)

Raum / Messstelle		Top 177 (1.OG) 1. Messung		
Datum d. Probenahme		27.10.2009		
Substanz	Einheit	Konz	BG	
Aliphaten u. Alicyclen				
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5	
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6	
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4	
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6	
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8	
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8	
Cyclohexan	[µg/m³]	4	4	
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4	
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6	
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4	
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4	
Aromaten				
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4	
Toluol	[µg/m³]	4	4	
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4	
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5	
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8	
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4	
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5	
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
Chlorierte Substanzen				
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8	
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4	
Ester				
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11	
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11	
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9	
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9	
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4	
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8	
Aldehyde				
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9	
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8	
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8	
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11	
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11	
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11	
Ketone				
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11	
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5	
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6	
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6	
Terpene				
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5	
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4	
Sonstige				
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6	
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8	
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8	
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4		
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	8		
Gesamt VOC	[µg/m³]	20		

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (4)

Raum / Messstelle		Top 177 (1.OG)	
Datum d. Probenahme		2. Messung	
		27.10.2009	
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4	
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	4	
Gesamt VOC	[µg/m³]	< 20	

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (5)

Raum / Messstelle		Top 180 (2.OG)	
Datum d. Probenahme		27.10.2009	
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	4	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4	
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	8	
Gesamt VOC	[µg/m³]	20	

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (6)

Raum / Messstelle		Top 183 (3.OG)	
Datum d. Probenahme		27.10.2009	
Substanz	Einheit	Konz	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Substanz	Einheit	Konz	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	11
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	9
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	9
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	11
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	11
Decanal	[µg/m³]	n.b.	11
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	11
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	6
Octamethyltetra-cyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.	[µg/m³]	4	
SUMME VOC ident.	[µg/m³]	4	
Gesamt VOC	[µg/m³]	< 20	

BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

Tabelle 14: Ergebnisse (8)

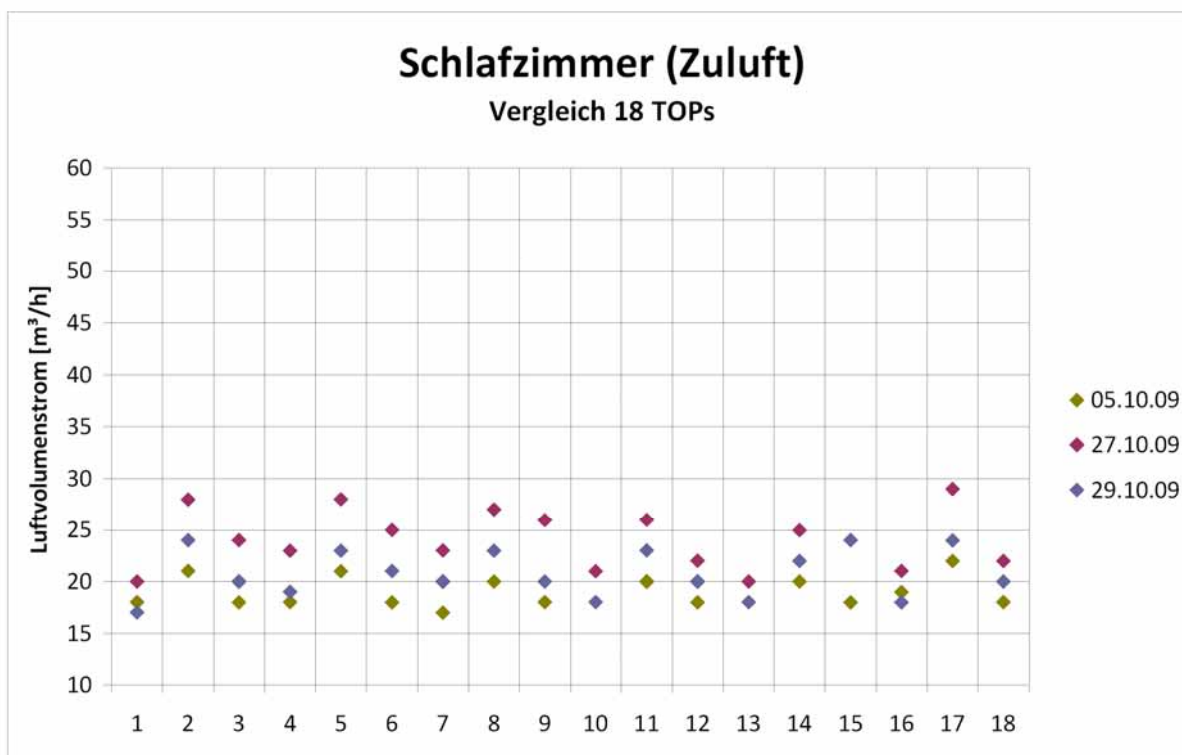
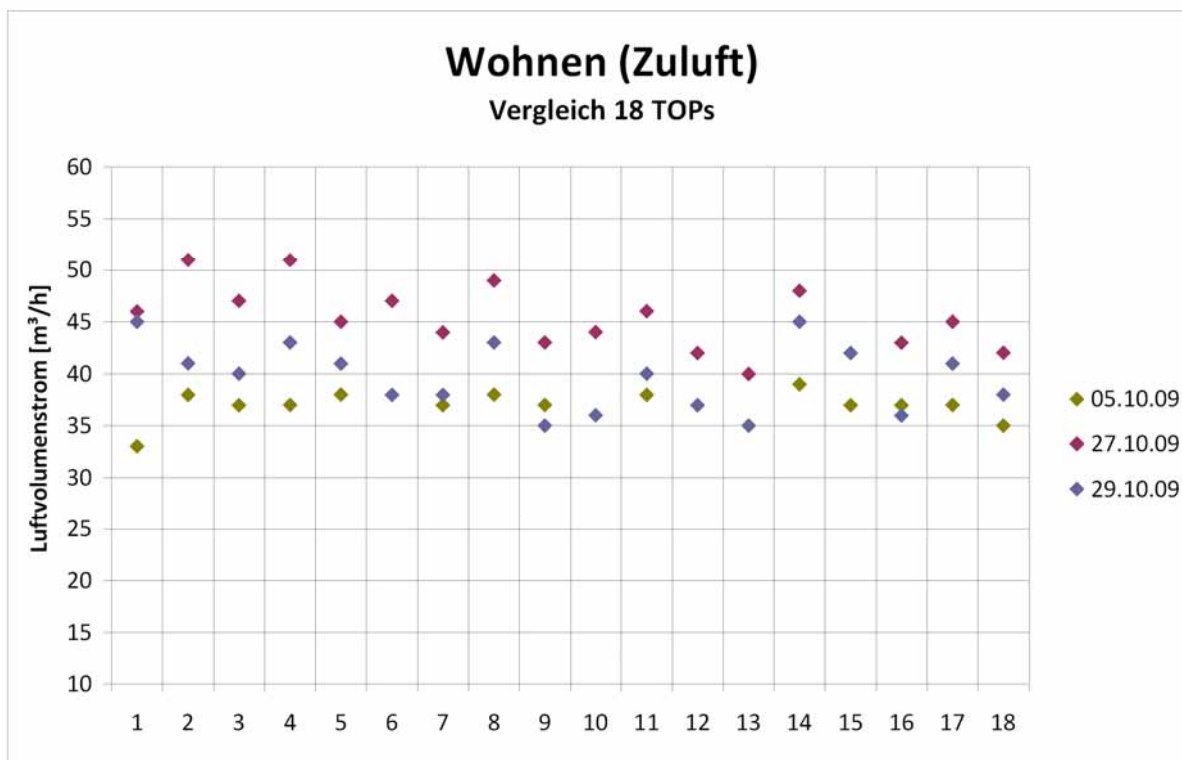
Raum / Messstelle		Top 189 (5.OG)	
Datum d. Probenahme		27.10.09	
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Aliphaten u. Alicyclen			
n-Heptan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Octan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Nonan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Decan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Undecan	[µg/m³]	n.b.	5
n-Dodecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Tridecan	[µg/m³]	n.b.	4
n-Tetradecan	[µg/m³]	n.b.	6
n-Pentadecan	[µg/m³]	n.b.	8
n-Hexadecan	[µg/m³]	n.b.	8
Cyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
Methylcyclohexan	[µg/m³]	n.b.	4
2.2.4.6.6-Pentamethylheptan	[µg/m³]	n.b.	6
Trimeres Isobuten I + II	[µg/m³]	n.b.	4
4-Phenylcyclohexen	[µg/m³]	n.b.	4
Aromaten			
Benzol	[µg/m³]	n.b.	4
Toluol	[µg/m³]	4	4
Ethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
m,p-Xylol	[µg/m³]	n.b.	4
o-Xylol	[µg/m³]	n.b.	5
Styrol	[µg/m³]	n.b.	8
Propylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
2-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
3-Ethyltoluol	[µg/m³]	n.b.	4
1,3,5-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,4-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	5
1,2,3-Trimethylbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Chlorierte Substanzen			
Tetrachlorethen (PER)	[µg/m³]	n.b.	8
Chlorbenzol	[µg/m³]	n.b.	4
Substanz	Einheit	Konz.	BG
Ester			
Ethylacetat	[µg/m³]	n.b.	12
iso-Propylacetat	[µg/m³]	n.b.	12
iso-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
n-Butylacetat	[µg/m³]	n.b.	10
1-Methoxy-2-Propylacetat (MPA)	[µg/m³]	n.b.	4
Texanoldiisobutytrat (TXIB)	[µg/m³]	n.b.	8
Aldehyde			
Pentanal	[µg/m³]	n.b.	10
Hexanal	[µg/m³]	n.b.	8
Heptanal	[µg/m³]	n.b.	8
Octanal	[µg/m³]	n.b.	12
Nonanal	[µg/m³]	n.b.	12
Decanal	[µg/m³]	n.b.	12
Ketone			
4-Methyl-2-pentanon (MIBK)	[µg/m³]	n.b.	12
Cyclohexanon	[µg/m³]	n.b.	5
Acetophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Benzophenon	[µg/m³]	n.b.	6
Terpene			
Alpha Pinen	[µg/m³]	n.b.	5
Limonen	[µg/m³]	n.b.	4
Sonstige			
1-Butanol	[µg/m³]	n.b.	7
Octamethyltetracyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Decamethylpentacyclosiloxan	[µg/m³]	n.b.	8
Summe Aromaten ident.			
		[µg/m³]	4
SUMME VOC ident.			
		[µg/m³]	4
Gesamt VOC			
		[µg/m³]	< 20

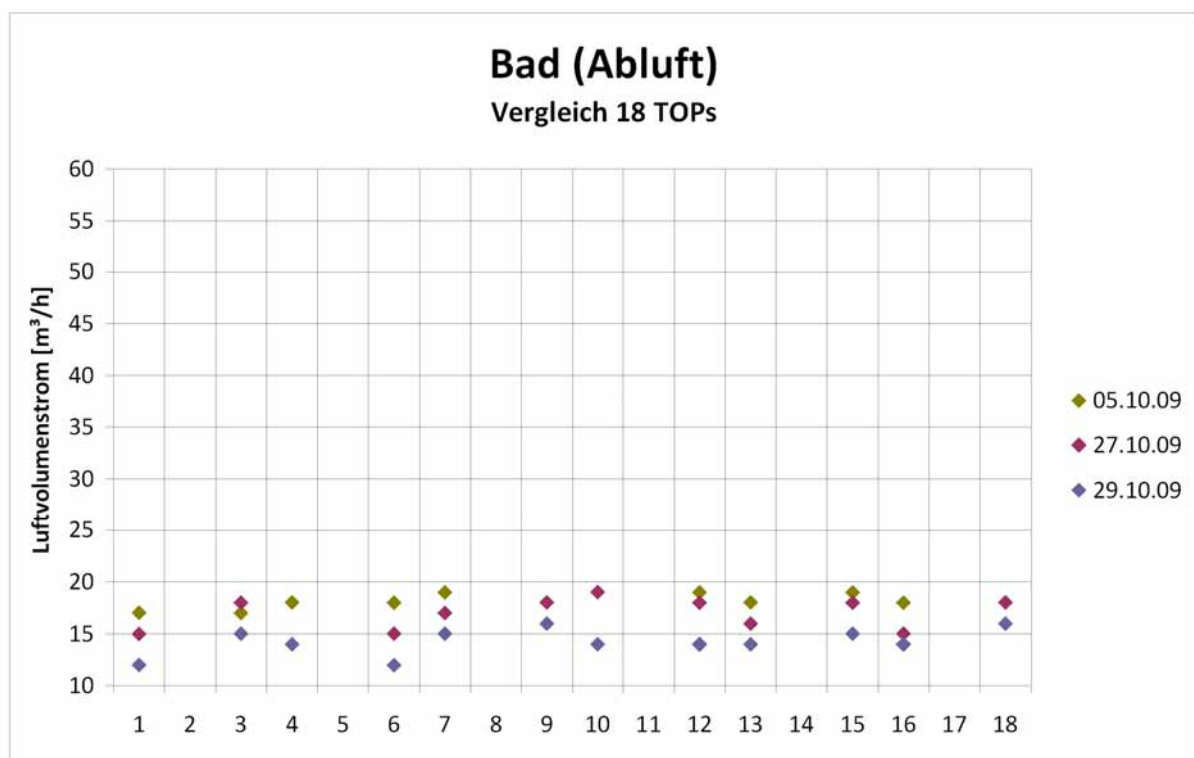
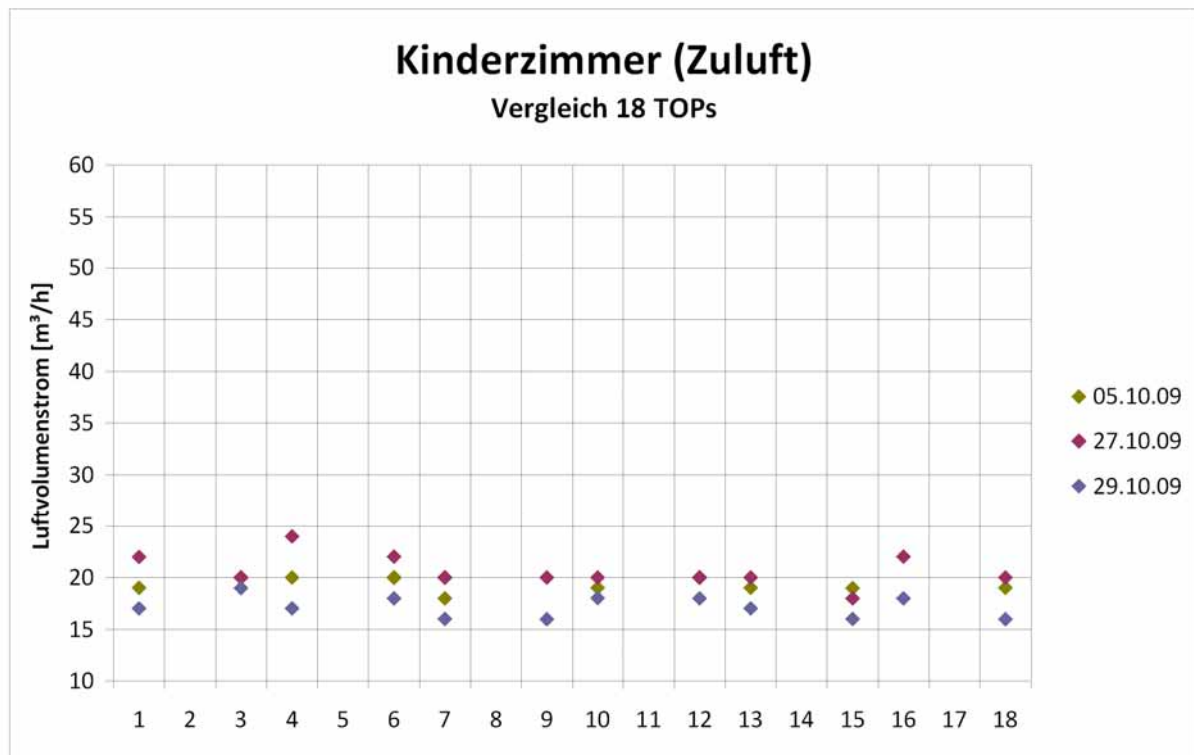
BG Bestimmungsgrenze (ist methodenbedingt die kleinste mit Sicherheit bestimmbare Konzentration und bezieht sich nicht auf das gesundheitliche Risiko der Verbindung)

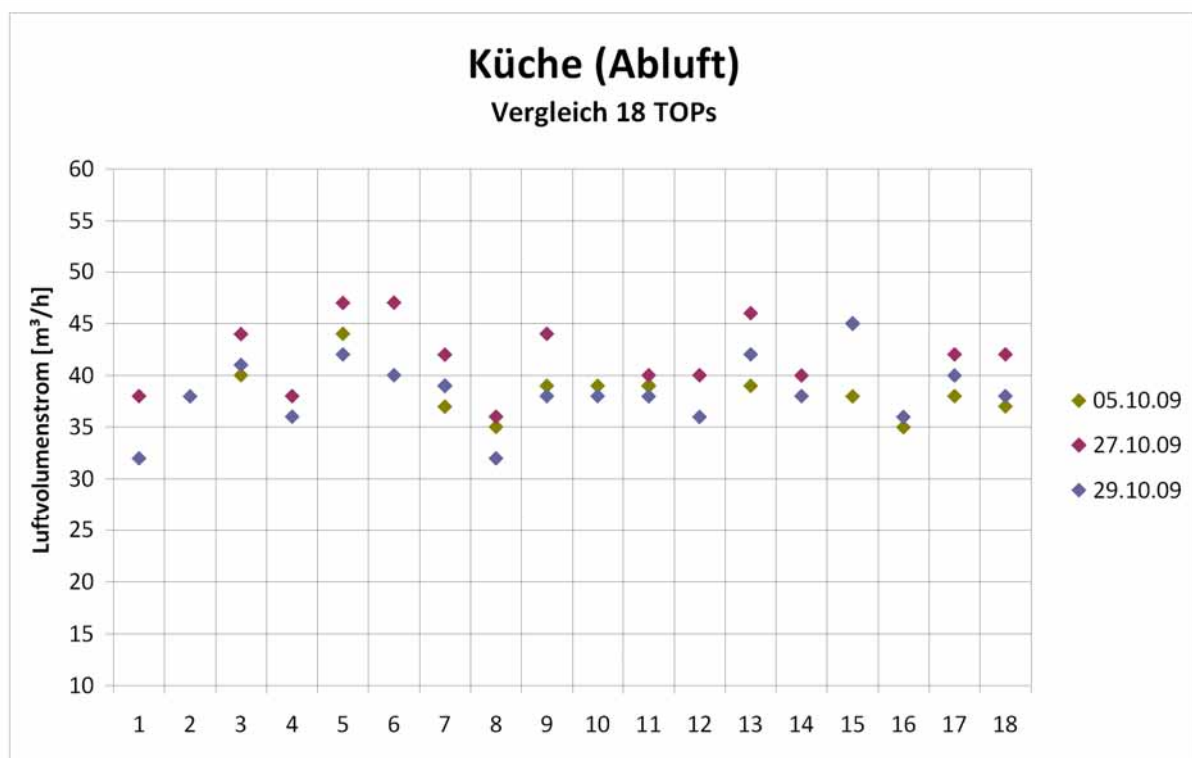
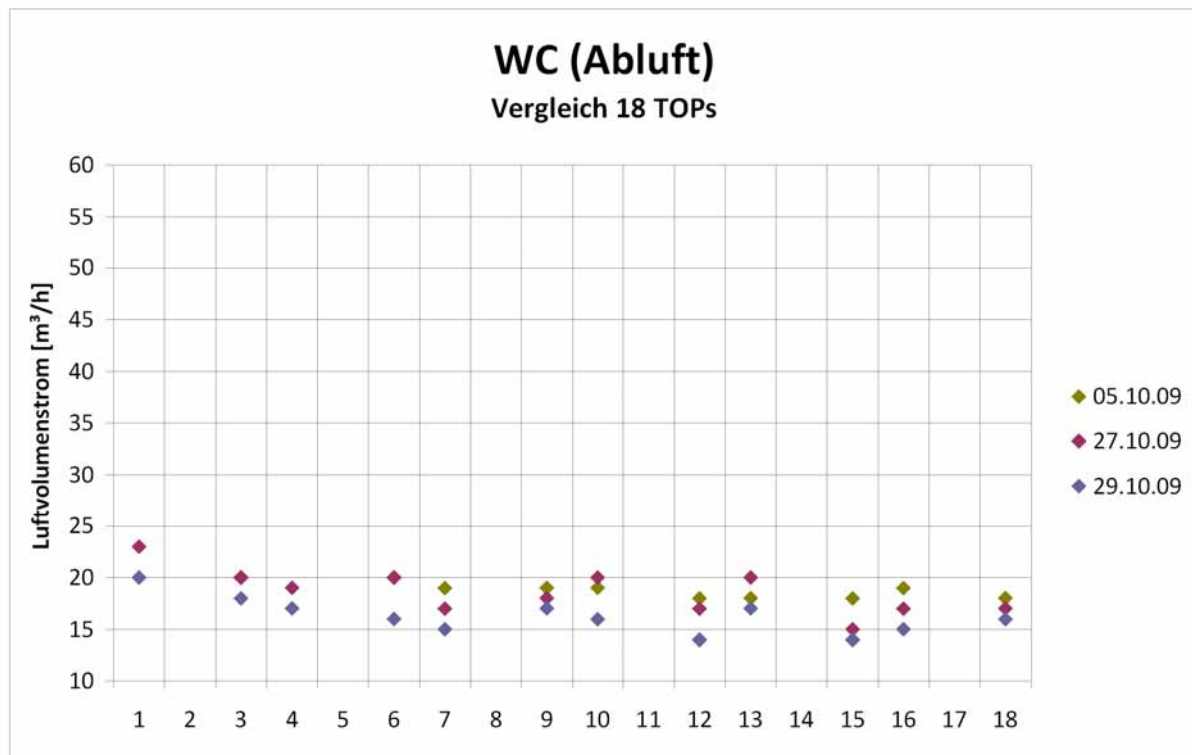
n.b. Bestimmungsgrenze unterschritten

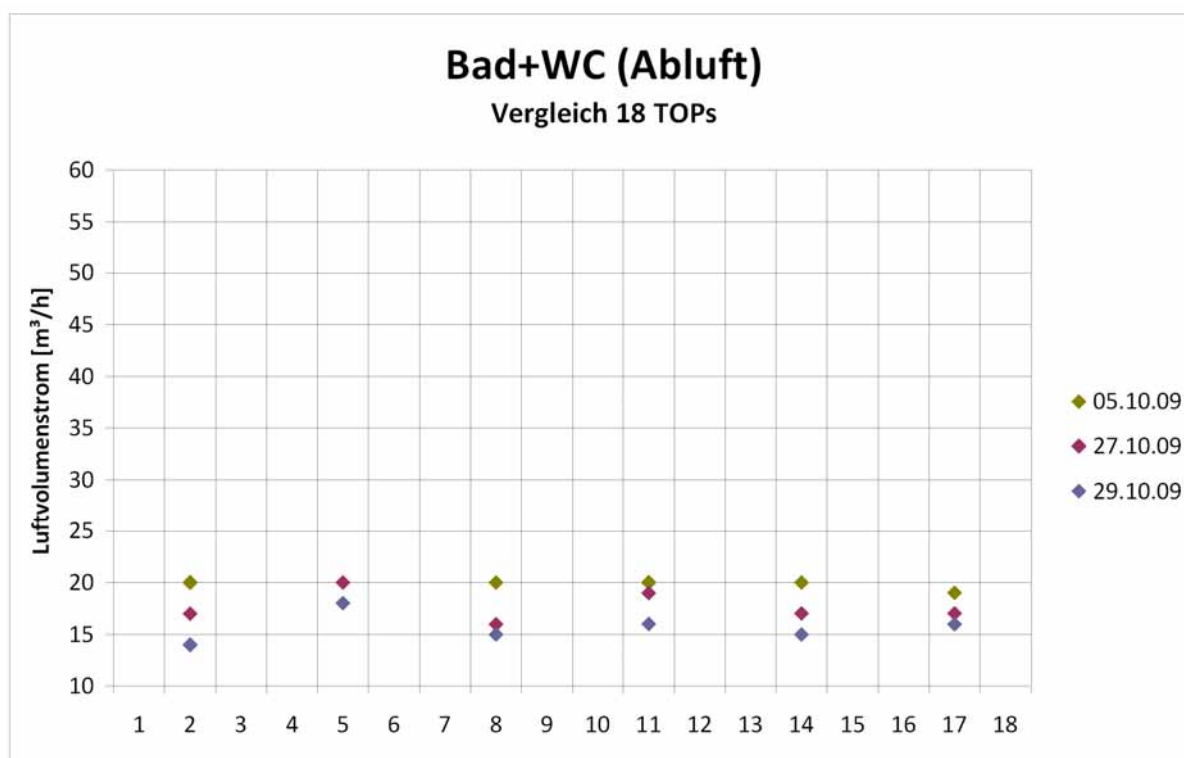
Der Parameter SUMME VOC ident. bezeichnet die Summe der identifizierten Einzelverbindungen und wurde auf zwei signifikante Stellen gerundet. Der Parameter Gesamt VOC bezeichnet die Summe sämtlicher Verbindungen im Siedebereich C 6 bis C 15, wobei sowohl die eindeutig identifizierten als auch die Signale der nicht identifizierten Verbindungen über den Kalibrierstandard Toluol quantifiziert wurden.

ANHANG 2: Messergebnisse zu den Volumenströmen in den einzelnen Räumen









ANHANG 3: Veranstaltungsspiegel und Links Messprojekt Lodenareal

Datum	Titel Veranstaltung/ Link	Ort	Veranstalter	Referenten
21.04.2009	Startworkshop: Begehung Projektteam KU35 und IN144/145 mit NHT (vor Ort, beide)	Innsbruck, Kufstein		Projektteam
13.04.2010	Präsentation Messprojekt bei NHT	NHT - Innsbruck		Projektteam
26.04.2010	Präsentation Messprojekt und Messergebnisse 01.-03.2010 bei IKB	IKB - Innsbruck		Projektteam
14.06.2010	Präsentation Messprojekt bei NHT	NHT - Innsbruck		Projektteam
07.12.2010	Präsentation Messergebnisse 12.2009-11.2010 für IKB	ET - Innsbruck		Projektteam
18.08.2011	Großer Workshop bei NHT	NHT - Innsbruck		Projektteam
28.09.2012	Projektteam; Besprechung Endbericht sowie Ideen für IKB	ET - Innsbruck		Projektteam
12.08.2010	Pressegespräch Lodenareal vor Ort	Innsbruck		Projektteam
21.01.2010	Passivhaus Lodenareal – die größte Passivhausanlage Österreichs auf dem Prüfstand	Bozen	KlimaHaus Agentur	Bruno Oberhuber (ET)
20.05.2010	Funktionieren Passivhäuser in Tirol?	Schwaz	Rotary Club Schwaz	Bruno Oberhuber (ET)
17.05.2011	Komfortlüftung im Mehrfamilienwohnhaus - Neues zu Gesundheit, Technik & Wirtschaftlichkeit	Innsbruck	Energie Tirol	Roland Kapferer (ET)
27./28.05.2011	15. Internationale Passivhaustagung	Innsbruck	Passivhaus Institut - Dr. Wolfgang Feist	Roland Kapferer (ET)
26.11.2010	zeba 2010: 2. Tiroler Wohnbausymposium und 5. Passivhausforum	Innsbruck	IG Passivhaus Tirol	Roland Kapferer (ET)
07.11.2011	Komfortlüftung im Mehrfamilienwohnhaus - Neues zu Gesundheit, Technik & Wirtschaftlichkeit	Dornbirn	Energieinstitut Vorarlberg	Roland Kapferer (ET)
14.11.2011	Innenraumtagung 2011: Komfortlüftung – Energieeffizienz und Gesundheit in Gebäuden	Wien	Arbeitskreis Innenraumluft	Roland Kapferer (ET)
16./17.02.2012	LÜFT! 2012 - Lüftungs- und Haustechniksysteme, Energieeffizienz, Innenraumluftqualität, Behaglichkeit	Wien	IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie	Rainer Pfluger (Uni IBK)
14.04.2012	Sozialwissenschaftliche Evaluation der Passivhauswohnanlage Lodenareal/Innsbruck	Graz	Österreichische Gesellschaft für Psychologie	Jürgen Suschek-Berger (IFZ Graz)
16.04.2012	PH2.0 - Passivhäuser der 2. Generation	Graz	AEE INTEC	Jürgen Suschek-Berger (IFZ Graz)
29.03.2012	CEP – Clean Energy Power 2012	Stuttgart	REECO GmbH	Elmar Draxl (NHT)
09.05.2012	Lüftungsanlagen im Mehrfamilienwohnhaus – Neues zu Gesundheit, Technik und Wirtschaftlichkeit	Klagenfurt	energie:bewusst Kärnten	Roland Kapferer (ET)
19.09.2012	Themenworkshop „Plusenergiegebäude – die Sicht der Bauträger“	Wien	Haus der Zukunft	Elmar Draxl (NHT)
---	Homepage von Energie Tirol - https://www.energie-tirol.at/index.php?id=2293	---		---
---	Tagungsband 15. Passivhaus-Tagung - bestellbar unter www.passiv.de	---		---

9 Quellenverzeichnis

[geografische Lage]	http://de.wikipedia.org/wiki/Innsbruck#Geografische_Lage (18.6.2012)
[Baubeschreibung]	http://www.neueheimattirool.at/material/assets/pdf/Lodenareal%20Folder.pdf Baubeschreibung (18.6.2012)
[DIN 1946-2]	Raumlufttechnik- Gesundheitstechnische Anforderungen, April 1999
[HLS]	http://www.neueheimattirool.at/material/assets/pdf/Lodenareal%20Technische%20Beschreibung%20Haustechnik.pdf (18.6.2012)
[Klima]	
[Leusden und Freymark]	Pels Leusden, F. Freymark, H.: Darstellung der Raumbehaglichkeit für den einfachen praktischen Gebrauch, Gesundheitsingenieur 72, Nr.16, 271 bis 273, 1951 zitiert aus http://fzarchiv.sachon.de/index.php?pdf=Fachzeitschriften/Maler-und_Lackierermeister/2008/09_08/ML_09-08_12-16_Aспект_der_Pufferung.pdf (3.11.2010)
[PEP]	Projekt "Promotion of European Passiv Houses" (PEP) 2005-2007, PEP-Website http://erg.ucd.ie/pep/
[PHPP-Berechnung]	Herz - Lang GmbH, Weitnau
[PHPP 2007]	Passivhausprojektierungspaket (PHPP) des Passivhausinstituts Darmstadt, Tabellenblatt Primärenergiefaktoren
[Klimadaten]	^a http://www.ifea.tugraz.at/hp_old/heizlast/wertetab2.htm (Seehöhe, Heizgradtage, Normaußentemperatur) ^b http://de.wikipedia.org/wiki/Heiztag Strahlungsdaten aus den Standardklimadaten Innsbruck (PHPP)
[komfortlüftung.at]	http://www.komfortlüftung.at/index.php?id=1638 60 Qualitätskriterien im Mehrfamilienhaus
[Doppelnutzen]	www.hausderzukunt.at/results.html/id6370