

Technische Universität Wien

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Risk Assessment bei Passivhaussystemen im sozialen Wohnbau

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen
Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter Anleitung von

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. DDr. Jürgen DREYER
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Thomas BEDNAR
Dipl.-Ing. Christian JACHAN

Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz
Abteilung Bauphysik
E 206

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Christoph DESEYVE

Mat.Nr. E615 / 9625810
3340 Waidhofen/Ybbs, Riedmüllerstraße 6

Wien im Juni 2002

DANKSAGUNG

Mein besonderer Dank gebührt meinen Eltern. Sie sind und waren für mich die beste Unterstützung die ich mir wünschen kann. Ohne Sie wäre ein erfolgreicher Studienabschluss kaum möglich gewesen.

Außerordentlicher Dank gebührt O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. DDr. Jürgen Dreyer, Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Bednar und Dipl.-Ing. Christian Jachan, welche durch Ihre gute Betreuung und zahllose kritische Anregungen einen maßgeblichen Anteil zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Für viele schöne Stunden und Erlebnisse möchte ich mich bei meinen Studienkollegen sehr herzlich bedanken.

KURZFASSUNG

Das Ziel jeder Planung im sozialen Passivhaus - Wohnbau muss es sein, den zukünftigen Nutzern bestmögliche Performance zu im sozialen Wohnbau üblichen Kosten zu bieten.

Passivhäuser zeichnen sich durch sehr guten Wärmeschutz und hocheffiziente Lüftungswärmerückgewinnung aus. Die maximale Heizlast ist mit 10 W/m^2 so gering, dass eine Beheizung allein durch Erwärmung des Außenluftstromes der Lüftungsanlagen ausreicht. Der Heizwärmeverbrauch liegt unter $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ und der benötigte Primärenergiekennwert liegt bei unter $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurden Berechnungen zum „risk assessment“ bei Passivhaussystemen zur Sicherstellung der Erreichung bauphysikalischer Performancekriterien und thermischer Passivhausanforderungen durchgeführt.

Dabei wurden thermische Klimazustände in den einzelnen Wohneinheiten unter Berücksichtigung verschiedener Risikoszenarien errechnet.

Dies zielt darauf ab, einerseits die Behaglichkeit für die Bewohner auch in Extremsituationen bzw. bei extremen Nutzerverhalten sicherzustellen und andererseits zu klären, welche baulichen Maßnahmen zur Risikominimierung notwendig sind.

Das Kapitel 1 beinhaltet Grundlagen zum „risk assessment“, zu Passivhaussystemen, zu sozialem Wohnbau, zu den Performancekriterien und zur Berechnung. Die Konfiguration der Grund- und der Risikovarianten sind im darauf folgenden Kapitel beschrieben.

Abschließend zeigt Kapitel 3 die Ergebnisse der mittels eines computergestützten Simulationsprogramms durchgeführten Variantenberechnungen in Bezug auf die thermischen Zustände im Inneren der Wohneinheiten und den Heizwärmebedarf, sowie die jeweilige Risikoquantifizierung.

ABSTRACT

The aim of each planning is to offer the user the best performance as possible according to usual costs at social housing.

Passive houses have excellent thermal insulation levels and highly efficient ventilation heat recovery systems. At 10 W/m^2 , the maximum heat load is so low that raising the temperature of fresh air mass flow of the ventilation systems suffices the deliver space heat. The heat consumption level is beneath $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ and the characteristic primary energy value is less than $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

This master's thesis contains calculations about risk assessment for passive houses to ensure to meet physical requirements referring to passive house standards and performance criterion.

To do this, climate conditions of different risk scenarios were calculated.

Chapter 1 contains theoretical bases for risk assessment, passive houses, social housing and performance requirements. The configuration of the examined variation is explained in the following chapter.

Chapter 3 shows the results of thermal conditions and heat loads in the dwelling units, calculated with a computer aided simulation program as well as the risk quantification.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Grundlagen	8
1.1 Grundlagen zum Risk assessment	8
1.1.1 Begriffsdefinitionen	8
1.1.2 Aufbau eines Risk assessment Systems	9
1.1.2.1 Allgemeine Vorgangsweise	9
1.1.2.2 Systemansatz theoretisch	11
1.2 Grundlagen zu Passivhaussystemen	12
1.2.1 Passivhausstandard	12
1.2.1.1 Definition	12
1.2.1.2 Hintergrundinformation	13
1.2.1.3 Komponenten	15
1.3 Grundlagen zum sozialen Wohnbau	18
1.3.1 Definition – Allgemeines	18
1.3.2 Benutzerverhalten	20
1.3.2.1 Allgemeines	20
1.3.2.2 Typisches Benutzerverhalten im Sozialen Wohnbau	20
1.3.2.3 Psychologische Aspekte des Nutzerverhaltens	21
1.3.2.4 Integration psychologischer Aspekte in die Technikgestaltung	24
1.3.2.5 Besonderheiten im sozialen Wohnbau	25
1.3.2.6 Interventionsmöglichkeiten	26
1.4 Bauphysikalische Grundlagen – Performancekriterien [DRE02]	26
1.4.1 Behaglichkeit und Gesundheit im Innenraum	26
1.4.2 Raumluftqualität	27
1.4.2.1 Luftverunreinigungen	27
1.4.2.2 Luftwechsel	27
1.4.2.3 Personenbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom	28
1.4.2.4 Schadstoffbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom	29
1.4.2.5 Wirksamkeit der Lüftung [REC00]	29
1.4.2.6 Wirkungsgrad des Luftaustausches	30
1.4.2.7 Wirkungsgrad der Schadstoffabfuhr	31

1.4.3	Thermisch - hygrische Komfortkriterien	31
1.4.3.1	Wärmebilanz des Menschen	31
1.4.3.2	Oberflächentemperaturen	33
1.4.3.3	Raumlufttemperatur	33
1.4.3.4	Empfundene Temperatur	33
1.4.3.5	Luftgeschwindigkeit	34
1.4.3.6	Luftfeuchtigkeit	35
1.4.4	Bewertungskriterien	37
1.4.4.1	PMV-Index	37
1.4.4.2	PPD-Index	37
1.4.5	Oberflächenklima	37
1.4.5.1	Tauwasserfreiheit, Schimmelpilzfreiheit	37
1.5	Grundlagen der Berechnung	38
1.5.1	Klimasimulationsprogramm BSIM 2000	38
2	<i>Varianten und Szenarien</i>	40
2.1	Beschreibung der Grundvariante	40
2.1.1	Allgemeines	40
2.1.2	Lagesituation – Umgebungsverschattung	40
2.1.2.1	Allgemeine Lage	40
2.1.2.2	Horizont	40
2.1.2.3	Lokaler Bewuchs	40
2.1.3	Grafische Darstellung und Beschreibung des Gebäudes	41
2.1.3.1	Kurzbeschreibung	41
2.1.3.2	3D – Ansicht Bsim2000	42
2.1.3.3	Grundriss	42
2.1.3.4	Schnitt	43
2.1.3.5	Ansichten	44
2.1.3.6	Öffnungen	44
2.1.3.7	Verschattung	45
2.1.4	Aufbauten	45
2.1.4.1	Außenhaut	45
2.1.4.2	Innenbauteile	48
2.1.5	Thermische Hülle - Zonenfestlegung	49

2.1.6	Lüftungsanlage	50
2.1.6.1	Lüftung	50
2.1.6.2	Heizung (Heizregister)	51
2.1.7	Personenlast (people load)	51
2.1.8	Beleuchtung (Lightning)	52
2.1.9	Technische Wärmequellen (Equipment)	53
2.1.10	Feuchtelast (moisture load)	54
2.1.11	Natürliche Lüftung (Venting)	55
2.1.12	Restinfiltration (infiltration)	55
2.1.13	Wetterdaten	56
2.2	Spezifikation der untersuchten Risiko - Varianten	56
2.2.1	Allgemeines – Grundlagen	56
2.2.2	Risikoanalyse und Variantenfestlegung	56
2.2.3	Variante A	58
2.2.4	Variante B	58
2.2.5	Variante C	59
2.2.6	Variante D	59
2.2.7	Variante E	60
2.2.8	Variante F	60
3	Berechnung und Ergebnisdarstellung	62
3.1	Ergebnis der Standardvariante	62
3.2	Ergebnisse der Risikovarianten	66
3.2.1	Allgemeines, Definitionen	66
3.2.1.1	Raumlufttemperatur	66
3.2.1.2	Resultierende (empfundene) Temperaturen	66
3.2.2	Variante A	66
3.2.2.1	Temperaturverläufe	67
3.2.2.2	Statistische Verteilung der Temperatur	68
3.2.2.3	Heizwärmebedarf	70
3.2.2.4	Risikoquantifizierung	73

3.2.3	Variante B	74
3.2.3.1	Temperaturverläufe	74
3.2.3.2	Statistische Verteilung der Temperatur	77
3.2.3.3	Heizwärmebedarf	78
3.2.3.4	Risikoquantifizierung	82
3.2.4	Variante C	83
3.2.4.1	Temperaturverläufe	84
3.2.4.2	Statistische Verteilung der Temperatur	87
3.2.4.3	Heizwärmebedarf	89
3.2.4.4	Risikoquantifizierung	91
3.2.5	Variante D	91
3.2.5.1	Temperaturverläufe	92
3.2.5.2	Statistische Verteilung der Temperatur	95
3.2.5.3	Heizwärmebedarf	96
3.2.5.4	Risikoquantifizierung	100
3.2.6	Variante E	101
3.2.6.1	Temperaturverläufe	101
3.2.6.2	Statistische Verteilung der Temperatur	105
3.2.6.3	Heizwärmebedarf	108
3.2.6.4	Risikoquantifizierung	111
3.2.7	Variante F	112
3.2.7.1	Temperaturverläufe	112
3.2.7.2	Statistische Verteilung der Temperatur	113
3.2.7.3	Risikoquantifizierung	115
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	116
	LITERATURVERZEICHNIS	118

1 GRUNDLAGEN

1.1 GRUNDLAGEN ZUM RISK ASSESSMENT

1.1.1 Begriffsdefinitionen

1.1.1.1 Risk (Risiko)

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

1.1.1.2 Risk analysis (Risikoanalyse)

Eine detaillierte Untersuchung einschließlich Risikofestsetzung, -einschätzung und -management, durchgeführt um die Natur der negativen, unerwünschten Konsequenzen in Bezug auf Leben und Gesundheit des Menschen, Vermögen und der Umwelt zu verstehen.

Ein analytischer Prozess um Information im Hinblick auf unerwünschte Auswirkungen eines Ereignisses zu erhalten. Die Quantifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit von identifizierten Risiken und deren Auswirkungen. [SRA02]

Das heißt, die Fragen Wo? Wie? Wann? Warum? Wer oder was? müssen beantwortet werden.

1.1.1.3 Risk Assessment (Risikofestsetzung)

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

1.1.1.4 Risk estimation (Risikoeinschätzung)

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

1.1.1.5 Risk evaluation (Risikobewertung)

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

1.1.1.6 Risk identification (Risikoidentifizierung)

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

1.1.2 Aufbau eines Risk assessment Systems

1.1.2.1 Allgemeine Vorgangsweise

Die einfachste Möglichkeit der Sicherheitsprognose ist das Übertragen von Störfallhäufigkeiten und -arten aus der Vergangenheit auf die Zukunft ohne auf die Zusammenhänge bedacht zu nehmen, welche zum jeweiligen Störfall geführt haben. In einem qualitativen Modell lassen sich jedoch bereits Ursachen von Störfällen erkennen.

Ein wirklich geeignetes Prognoseinstrument ist eine Risikoanalyse, die alle Ursachen-Wirkungsbeziehungen qualitativ und quantitativ erfasst.

Der Vorteil der einfachen Übernahme der Störfallauswertung aus der Vergangenheit liegt mit Sicherheit im vergleichsweise geringen Aufwand der Anwendung.

Im Gegensatz dazu steht die quantitative Modellrechnung, welche umfangreiche Erhebungen und statistische Auswertungen erfordert (siehe auch nachstehende Abbildung).

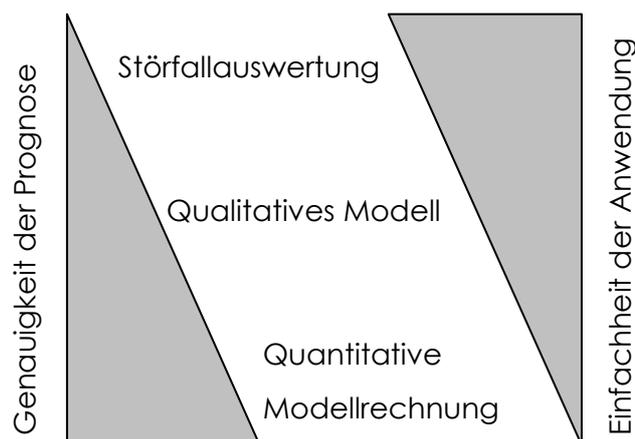


Abbildung 1 - Prognoseansätze

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

„Ein Störfall im Passivhaussystem liegt dann vor, wenn durch ein bestimmtes Verhaltensmuster der Benutzer oder durch den Ausfall oder die Fehlfunktion von kritischen Anlagenteilen (z.B. Lüftung) die Behaglichkeitsgrenzen in einer Wohneinheit oder im gesamten System über- bzw. unterschritten werden.“

Nicht jedes Fehlverhalten oder jede Fehlfunktion führt zu einem „Störfall“, d.h. das System reagiert auf diese Fehler nicht sensitiv und kann sie daher ohne jede Auswirkung für die Behaglichkeit der Nutzer abfedern.

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

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

Alle Teilsysteme stehen untereinander in Wechselwirkung. Änderungen in einem Teilsystem bewirken im Allgemeinen Änderungen in den anderen Teilsystemen.

Beispielsweise wirkt sich eine Änderung im Nutzerverhalten (z.B. Raucher) auf das Bauteil „Fenster“ (geöffnet), dieses sich wiederum auf die technische Anlage „Lüftung“ aus, und dies hat wiederum Folgen auf das Behaglichkeitsgefühl der Nutzer (geschlossener Regelkreis – außer wenn andere Nutzer als die „Raucher“ betroffen sind).

Dagegen hat eine Änderung im Teilsystem Gesellschaft z.B. eine allgemein schlechte Wirtschaftslage mit hoher Arbeitslosigkeit, nicht sofort zur Folge, dass alle Benutzer versuchen möglichst wenig Energie zu verbrauchen um Betriebskosten zu sparen oder auch umgekehrt.

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

Die Modellierung wird also umso schwieriger, je spezieller das Systemverhalten dargestellt werden soll.

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

1.1.2.2 Systemansatz theoretisch

Nach [LIP94] besteht eine Risikoanalyse aus 3 Phasen:

1.1.2.2.1 Qualitative Modellbildung

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

1.1.2.2.2 Quantifizierung

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

1.1.2.2.3 Auswertung

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

1.2 GRUNDLAGEN ZU PASSIVHAUSSYSTEMEN

1.2.1 Passivhausstandard

1.2.1.1 Definition

Passivhausstandard bedeutet einen **Energiekennwert Heizwärme** nicht größer als **15 kWh/(m²a)** und einen **Primärenergie – Kennwert** für die Summe aller Anwendungen (Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom) nicht größer als **120 kWh/(m²a)**. [FEI00]

1.2.1.1.1 Passivhaus – Qualitätsnachweis nach Feist

Der gesamte Passivhaus – Qualitätsnachweis enthält: [FEI00]

- alle Regel – Bauteilaufbauten und deren U-Werte ($U_{\text{außen}} \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- die Dokumentation der wärmebrückenfreien Details
- das Drucktest-Protokoll (Luftwechsel bei Druckdifferenz 50 Pa - $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$)
- die Berechnung des Heizwärme-Kennwertes nach PHPP
- Berechnung der maximal auftretenden Heizlasten
- die Lüftungsprojektierung
- den Nachweis der effizienten Stromnutzung
- die Berechnung des Jahresnutzungsgrades der Versorgungstechnik
- den Nachweis des Primärenergie-Kennwertes $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

1.2.1.1.2 Herleitung der Passivhausbedingungen laut Feist

Eine kontrollierte Wohnungslüftung ist aus hygienischen Gründen erforderlich.

Hygienebedingung Zuluft: $V > 30 \text{ m}^3/(\text{h und Person})$

unter der Annahme 30 m² Wohnfläche je Person: $> 1 \text{ m}^3/(\text{h und m}^2)$

Temperaturbegrenzung (Staubverschwellung): $< 50 \text{ °C}$ im Nachheizregister (30K)

Wärmekapazität der Luft: $0,33 \text{ Wh}/(\text{K und m}^3)$

Max. Heizleistung $P_{\text{Hz}} = 1 \text{ m}^3/(\text{hm}^2) \times 0,33 \text{ Wh}/(\text{Km}^3) \times 30 \text{ K} = 10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{Wohnfläche})$

1.2.1.2 Hintergrundinformation

1.2.1.2.1 Warum Passivhäuser ?

Die Reduzierung des Energieverbrauchs ist ein wesentlicher Zielbeitrag zu einer ganzen Reihe von Herausforderungen unserer Zeit. Neben gesellschaftspolitischen Punkten wie

- Schonung von Ressourcen
- Reduzierung der Umweltbelastung
- Beitrag zum Klimaschutz durch Verminderung der CO₂ Emissionen

muss gerade im Kontext mit sozialem Wohnbau aber auch ein gesamtwirtschaftlicher Nutzen bezüglich folgender Punkte gesehen werden:

- Verringerung der außenwirtschaftlichen Abhängigkeit (fossile Brennstoffe, usw.)
- Verbesserung der Krisensicherheit (Leitindexbeeinflussung durch knappe Güter)
- Verringerung von laufenden Kosten (monetäre Mittel aus Einsparungen als Kaufkraft verfügbar)

Der derzeitige Mittelwert des spezifischen Endenergieverbrauchs [kWh/(m²a)] im Gebäudebestand liegt bei ca. 220 kWh/(m²a). Mit einem entsprechenden Passivhaussystem kann ein Einsparungspotential von mehr als 90% auf unter 120 kWh/(m²a) erreicht werden [FEI01]. Der Heizenergieverbrauch sinkt auf unter 15 kWh/(m²a). Die Passivhaussysteme, auch angewandt auf den sozialen Wohnbau, tragen zur Erfüllung oben genannter Punkte bei und sind heute außerdem auch wirtschaftlich machbar.

Siehe dazu auch den Vergleich von verschiedenen Bautypen in nachstehender Abbildung:

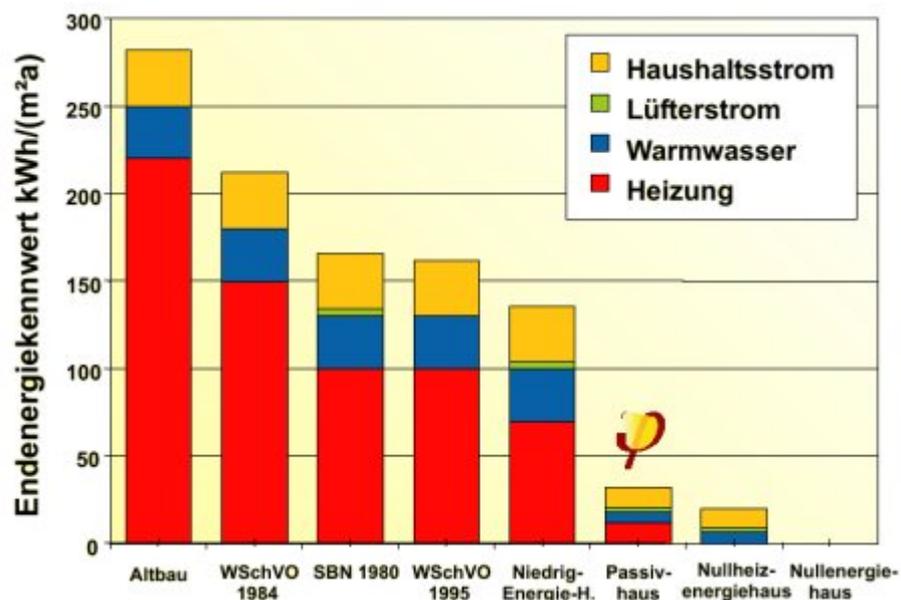


Abbildung 2 – Endenergiekennwerte [PAI02]

1.2.1.2.2 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Technische Verbesserungen im Allgemeinen erfordern in den meisten Fällen auch zusätzliche Investitionsmittel. Hier gilt das Gesetz des schwindenden Grenznutzens [FEI01]:

Je niedriger der Energieverbrauch, desto höher wird die Investition für eine weitergehende Verbesserung der Effizienz. (z.B.: Erhöhung der Dämmstoffstärke, usw.)

Lange war man davon überzeugt, dass dadurch keine einzelwirtschaftlich relevanten Energieeffizienzverbesserungen über das Niveau des Niedrigenergiehauses erzielt werden können.

Passivhäuser, als neuer Ansatz, verbrauchen nun so wenig Heizwärme (Heizenergieverbrauch nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ dessen eines Niedrigenergiehauses), dass ein gesondertes Heizverteilersystem überflüssig wird und Heizwärme allein mit der ohnehin erforderlichen Zuluft in die Wohnräume gebracht werden kann. [FEI01]

Die Wettbewerbsfähigkeit der Passivhäuser, auch im Bereich des sozialen Wohnbaus, im Kontext der kapitalisierten Gesamtkosten (Gebäudeerstinvestition samt Betriebs- und Erhaltungskosten für eine Lebensdauer von 30 Jahren) stützt sich im Wesentlichen auf zwei Grundphilosophien:

1. Grundphilosophie [FEI01]: Optimierung des ohnehin Erforderlichen

Die Effizienz der Gebäudehülle, der Fenster und der aus hygienischen Gründen ohnehin erforderliche kontrollierten Lüftung wird derart verbessert, dass auf ein zusätzliches Wärmeabgabesystem verzichtet werden kann. Daraus resultieren Einsparungen, welche den Mehraufwand für die Effizienzsteigerung mitfinanzieren.

2. Grundphilosophie [FEI01]: Verlustminimierung vor Gewinnmaximierung

Die vorhandene Wärme wird konsequent am Entweichen gehindert. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen ist dies effizienter als vorrangig passive und aktive Solarenergienutzung einzusetzen.

Die Mehrkosten der Komponenten in Passivhaus geeigneter Qualität werden mit zunehmender Stückzahl und einer wachsenden Zahl von Anbietern weiter sinken. Die über die Lebensdauer eines Hauses gemittelten Energiepreise sind schwer vorherzusagen. Mit einiger Sicherheit kann man jedoch annehmen, dass Energie auf lange Sicht nicht billiger werden wird. In einigen Jahren wird somit der Passivhausstandard die Bauart mit den eindeutig niedrigsten Gesamtkosten werden.

In der überwiegenden Zahl der Fälle lässt sich schon auf der Basis der heutigen Rahmenbedingungen eine einzelwirtschaftlich vertretbare Amortisation erreichen.

Siehe dazu auch nachstehende Abbildung:

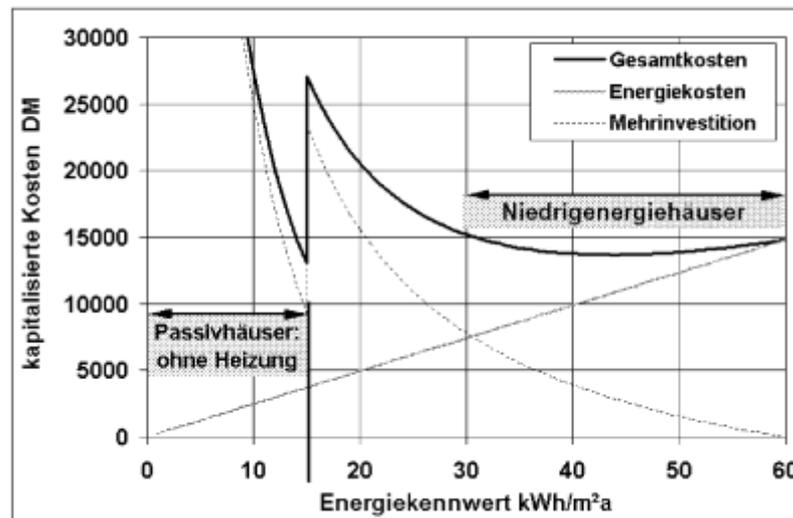


Abbildung 3 - kapitalisierte Kosten [PAI02]

1.2.1.3 Komponenten

1.2.1.3.1 Wärmeschutzmaßnahmen

Ein bewährtes Konzept ist die Verbesserung der Wärmedämmung der opaken Bauteile. Eine entsprechende Dämmung der Außenflächen ($U\text{-Wert} < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) ist notwendig, aber vor allem auch eine wärmebrückenfreie Konstruktion ($\Psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$) und eine annähernd luftdichte Gebäudehülle ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$). [FEI01]

Den überwiegenden Anteil an Wärmeverlusten im Passivhaus machen die Transmissionswärmeverluste über die Regelbauteile (Wand, Dach, Decke, Boden) und über geometrische (Kanten, Anschlüsse) oder stoffliche (Durchdringungen) Wärmebrücken aus.

Es ist dabei jedoch nicht notwendig sämtliche Wärmebrücken mittels mehrdimensionaler Wärmestromberechnung zu analysieren. Ob ein Detail eine gravierende Wärmebrücke darstellt kann man durch sorgfältige geometrische Analyse erörtern [FEI93].

Bei der Verminderung von Wärmeverlusten helfen die folgenden 4 Regeln [FEI01]:

1. Vermeidungsregel: Wo möglich, die dämmende Hülle nicht durchbrechen.
2. Durchstoßregel: Wenn eine Unterbrechung unvermeidbar ist, sollte der Wärmedurchgangswiderstand in der Dämmebene möglichst hoch sein.
3. Anschlussregel: Dämmlagen an Bauteilen lückenlos ineinander überführen und in der vollen Fläche anschließen.
4. Geometrieregeln: Kanten mit möglichst stumpfen Winkel wählen.

1.2.1.3.2 Passivhausfenster/türen

An sämtliche Fenster- und Türkonstruktionen werden im Passivhaus besonders hohe Qualitätsanforderungen gestellt. An die genannten Konstruktionen werden, vor allem begründet durch die Notwendigkeit der Nutzung als passive Energiequelle (Sonnenenergie im Raum) und eines geringen Energieverlustes, welcher eine hohe innere Oberflächentemperatur und damit Behaglichkeit ohne Heizkörper garantiert, folgende Qualitätsanforderungen gestellt [FEI01]:

- Verglasung: in der Regel 3-Scheiben Wärmeschutzglas
- Fensterrahmen: thermisch getrennte Konstruktionen mind. zweiteilig
- Glasrandverbund: wärmedämmend, durch hohen Glaseinstand dämmend abgedeckt
- Fenstereinbau: entsprechender Anschluss in wärmedämmte Hüllflächenbauteile

Entscheidend für die Einhaltung der Komfortbedingungen, auch in unmittelbarer Nähe des Fensters ohne Wärmequellen in diesem Bereich, ist, dass die mittlere Oberflächentemperatur der Fensterfläche bei Auslegungsaußentemperatur maximal 3 K (Zielwert der Strahlungsasymmetrie 2,5 K) unter der Außentemperatur liegt. Unter diesen Bedingungen bleibt die Geschwindigkeit der an der Fensterfläche abfallenden Kaltluft unter 0,2 m/s (Grenzwerte DIN 1946 0,2 bis 0,3 m/s), und die minimale Lufttemperatur am Fußboden ist höchstens 1 K niedriger als die Raumlufttemperatur. Aus dieser Behaglichkeitsbedingung folgt für Mitteleuropa (Auslegungsaußentemperatur -10°C) ein maximaler Fenster – U-Wert von 0,8 W/(m²K). [FEI01]

FENSTER	Charakterisierung	Spezifikation
Passive Solarenergienutzung	Optimierung der verglasten Flächenanteile	ca. 40% solarer Deckungsgrad des Raumwärmebedarfs
Verglasung	3-Scheiben-Wärmeschutzglas mit entspr. Randverbund	U_g -Wert $\leq 0,7$ W/(m²K) g-Wert ≥ 50 %
Fensterrahmen	Fensterrahmen (erhöhter Glaseinstand)	U_f -Wert $\leq 0,8$ W/(m²K)

Tabelle 1 – Fensterspezifikation [FEI01]

1.2.1.3.3 Wärmerückgewinnung

Die Komfortlüftung bildet einen Eckpfeiler der Passivhaustechnologie. Eine gesicherte Wohnraumlüftung mit ausreichend hohem Luftwechsel ist Voraussetzung für hygienische Innenluftverhältnisse. Laut [FEI02] sind dabei balancierte Zu/Abluftanlagen vorzuziehen. Die dabei verwendeten Wärmerückgewinnungsgeräte müssen eine sehr hohe Effizienz aufweisen.

LÜFTUNG	Charakterisierung	Spezifikation
Hygienische Komfortlüftung	Gerichtete Durchströmung der Wohnung: Zuluft im Wohnbereich, Abluft aus Feuchträumen	ca. 30 m ³ /(h Person)
Wärmerückgewinnung	Gegenstrom Luft/Luft - Wärmetauscher	$\eta_{WRG} \geq 75 \%$
Latentwärmerückgewinnung aus Abluft	Kompaktaggregate zur Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung	Max. Heizlast 1 – 1,5 kW Jahresheizzahl > 3 monovalentes System
Erdreichwärmetauscher	Vorheizen der Frischluft	Frischlufttemperatur > 5 °C

Tabelle 2 - Lüftungsspezifikation

Eine Möglichkeit für eine solche Lösung ist im nachfolgenden Prinzipbild dargestellt:

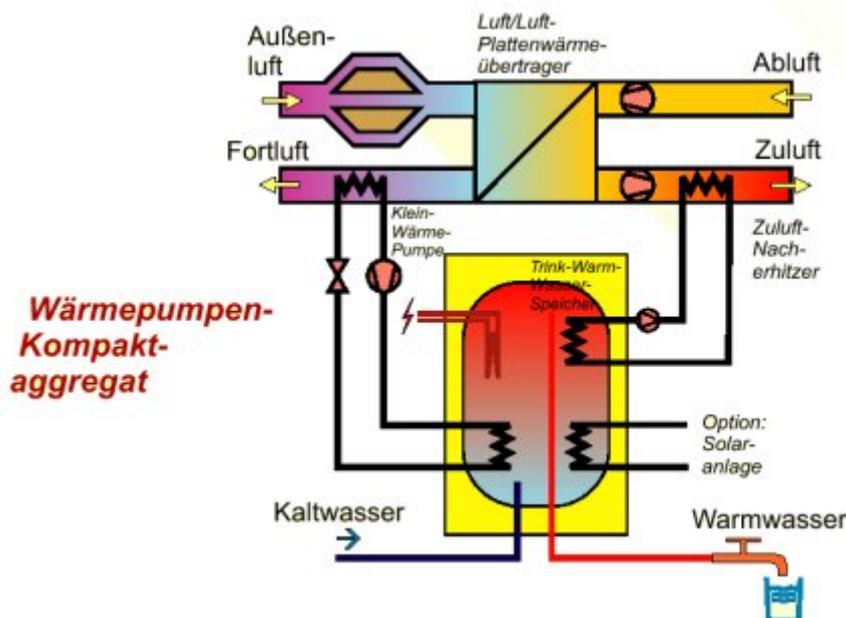


Abbildung 4 – Beispiel Heizsystem – Wärmepumpenkompaktaggregate [PAI02]

Eine Kleinstwärmepumpe (ca. 1000 W Verflüssigerleistung, ein Kompressor aus der Kühlgeräteserie) entnimmt Quellwärme aus der Fortluft des Luft/Luft Wärmetauschers. Diese enthält die gesamte Latentwärme des im Haus freigesetzten Wasserdampfs.

Wenn, wie oben dargestellt, ein Erdwärmetauscher in der Frischluft vorgeschaltet ist, fällt die Fortlufttemperatur in der Regel nicht unter 10 °C. Kühlt man die Fortluft nun auf 0 °C bis 2 °C ab, lässt sich ein Wärmestrom von 500 bis 800 W am Verdampfer entnehmen. [PAI02]

Ein äußerst einfaches Kompaktsystem kann hier die gesamte Lüftung, Heizung und Warmwasserbereitung in einer Passivwohneinheit übernehmen.

1.2.1.3.4 Effiziente Nutzung von elektrischer Energie

Den mit Abstand höchsten Anteil am noch bestehenden Energieverbrauch im Passivhaus hat der „normale“ Haushaltsstrom. Wodurch auch hier der Einsatz von stromeffizienten Geräten Sinn macht.

STROMEFFIZIENZ	Charakterisierung	Spezifikation
Haushaltsgeräte	Hocheffiziente Stromspargeräte	angestrebte Einsparung ca. 50 %

Tabelle 3 - Stromspezifikation

1.2.1.3.5 Erneuerbare Energien

Durch den niedrigen Energiebedarf werden hier hohe Deckungsanteile durch erneuerbare Energiequellen möglich.

ERNEUERBARE ENERGIE	Charakterisierung	Spezifikation
Thermische Solarkollektoren	Flachkollektoren zur Warmwasserbereitung	> 50 % Deckungsgrad für die Warmwasserbereitung
Energieversorgung aus erneuerbaren Energiequellen	Windkraftanlage	Ausgleich des Verbrauchs durch erzeugten Windstrom
	Photovoltaikanlage Holz Pellets Ofen, Holzofen, ...	100 % Deckung des Restwärmebedarfs

Tabelle 4 – Erneuerbare Energiequellen - Spezifikation

1.3 GRUNDLAGEN ZUM SOZIALEN WOHNBAU

1.3.1 Definition – Allgemeines

Sozialer Wohnbau ist

- mehrgeschossiger Wohnbau in städtischem Gebiet
- günstig in Errichtung bzw. Miete und Betrieb
- ein durch öffentliche Mittel geförderter Bau
- für jedermann leistbar
- die Möglichkeit zur Schaffung von kostengünstigem Wohneigentum

Die öffentlichen Fördermittel können in Form von günstigen oder zinslosen Darlehen, Zuschüssen, Bürgschaften oder Steuervergünstigungen gewährt werden. Auch die Bereitstellung von günstigem Bauland gehört dazu.

Sozialer Wohnbau ist in Österreich meist getragen von gemeinnützigen Siedlungsgenossenschaften bzw. Bauträgern.

Der Bezug einer Sozialwohnung, wie auch der durch Sonderkonditionen erleichterte Erwerb von Wohneigentum, ist an den Nachweis der sozialen Bedürftigkeit gebunden. Hierzu muss von den Interessenten ein Antrag gestellt und das Haushaltseinkommen offen gelegt werden.

Verbessert sich das angegebene Haushaltseinkommen im Lauf der Zeit (nach erfolgtem Bezug der Wohnung) und überschreitet es demnach einen definierten Betrag, so wird z.B. in Deutschland nach dem *Gesetz zum Abbau der Fehlsubventionierung und der Mietverzerrung im öffentlichen Wohnungswesen* von 1981 eine so genannte Fehlbelegungsabgabe erhoben.

Besonders in den großen Städten kommt aufgrund der Mietpreisentwicklung der letzten Jahre ein hoher Prozentsatz der Haushalte als Mieter von Sozialwohnungen in Betracht.

Sozialwohnungen unterliegen einer Mietpreisbindung, nach der die Miete die Kostenmiete – laufende Kosten einschließlich eines Betrags für die Verzinsung der eingesetzten Eigenmittel – oder die so genannte ortsübliche Vergleichsmiete nicht übersteigen darf. Die Höhe der Miete soll ausdrücklich für sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen geeignet sein. Obwohl Größe und Ausstattung der Wohnung einfachen Bedürfnissen gerecht werden sollen, sehen die Richtlinien des sozialen Wohnungsbaus gewisse Mindeststandards vor, die sich durchaus an dem allgemein üblichen Niveau des freien Wohnungsbaus orientieren. [MSE01]

Sozialer Wohnbau ist die Schaffung von leistbarem (typisch für Jungfamilien mit Durchschnittseinkommen) Wohnraum, ohne dass dadurch für die Nutzer überdurchschnittliche ökonomische Einschränkungen notwendig werden.

Derzeit kommt es im Bereich des sozialen Wohnungsbaus, welcher nicht zuletzt auch als Konjunkturstütze der einheimischen Bauwirtschaft und damit der gesamten inländischen Wirtschaft herangezogen wird, zu einem Überangebot an sozialem Wohnraum. Die teilweise leer stehenden Wohnungen sind meist in verhältnismäßig ungünstiger Lage (öffentliche Verkehrsanbindung, Naherholung, usw.) und haben meist nur die Mindestausstattung.

1.3.2 Benutzerverhalten

1.3.2.1 Allgemeines

Für jede Art der Simulation wird um plausible vergleichbare Ergebnisse zu erhalten ein Standardnutzerverhalten vorausgesetzt. Das reale Verhalten der einzelnen Nutzer kann nun mehr oder weniger vom Standardbenutzerverhalten abweichen. Der quantitative Einfluss solcher Standardabweichungen im Nutzerverhalten wird durch die Reaktionssensitivität des Gebäudesystems bestimmt.

So stellt sich vor allem die Frage, ob das Fehlverhalten eines oder mehrerer Nutzer das System überdurchschnittlich beansprucht, bzw. der gewünschte Passivhausstandard dadurch nicht mehr zu erreichen ist.

Folgende Menschen können unter anderem Nutzer bzw. Bewohner eines Sozialen Wohnbaues sein:

- Jungfamilie
- Zuwanderer
- Behinderte
- ältere Menschen
- Arbeitslose
- Alleinerzieher

Aus dem Spektrum der Nutzer ergeben sich unter anderem folgende Anforderungen:

Aufgrund ihrer Einkommenssituation kann für Bewohner von Bauten dieser Klasse eine Minimierung der Ausgaben notwendig bzw. wünschenswert sein. Barrierefreies Bauen von Stiegen, Rampen, Liften, Postkästen, Schaltern, etc. ist erforderlich, um den Bedürfnissen von Behinderten gerecht zu werden. Ein Aufzug ist für Behinderte und anderen Bewohner, z.B. Jungfamilien oder ältere Bewohner, notwendig. Auf Bewohner nicht deutscher Muttersprache ist Rücksicht zu nehmen. Unterschiede in Gewohnheiten und Verhaltensweisen, wie z.B. Besucherverhalten oder Gruppenbildungen, sind zu beachten. Es ergeben sich Rückwirkungen auf z.B. Anleitungen für den Gebrauch der Wohnung, Mitteilungen der Hausverwaltung etc.

1.3.2.2 Typisches Benutzerverhalten im Sozialen Wohnbau

1.3.2.2.1 Belegungsdichte

Durchschnittlich bewohnen in Wien 2,3 Menschen eine Wohnung. Das Verhältnis von Bewohner zu Fläche kann im sozialen Wohnbau überdurchschnittlich hoch sein. Es wird von einer Belegungsdichte von 25 m² pro Bewohner ausgegangen.

Nachts wird mit voller Belegung der Wohnungen gerechnet. Unter tags ist jede Belegung möglich. Wohnungen von Berufstätigen stehen leer, während andere von z. B. Kinder oder Arbeitslosen bewohnt sind.

1.3.2.2.2 Verhaltensmuster

Typische Verhaltensmuster von Bewohnern im sozialen Wohnbau können sein:

- Rauchen in der Wohnung
- Verursachen von Lärm: Radio, Fernseher, etc.
- Haltung von Tieren: Hunde, Katzen, etc.
- Sparsames Verhalten, um Betriebskosten zu reduzieren
- wenig Lüften, wenig Heizen
- Produktion großer Feuchtelast durch Wäschetrocknen, etc.
- Zugang für Reparatur und Service in die Wohnung nicht gewünscht

1.3.2.2.3 Nutzerklassenmodell

Parameter	Klasse		
	Atypisch - Niedrig	Normal	Atypisch - Hoch
Temperatur	18°C	20 - 22°C	24 – 26°C
Feuchteproduktion	1,5 kg/d·Person	3 kg/d·Person	4,5 kg/d·Person
Lüftungsverhalten	n = 0,3 /h	n = 0,5 /h	n = 1 /h
Schallproduktion	Normal		Hoch
Rauchen	Nein		Ja

Tabelle 5 - Nutzerklassenmodelle

1.3.2.3 Psychologische Aspekte des Nutzerverhaltens

Durch den Einsatz ressourcenschonender Technologie kann der Energieverbrauch bereits wirksam reduziert werden. Es stellt sich also die Frage, warum nicht die sparsamsten Technologien beim Kauf bevorzugt werden und warum oft durch unsachgemäße Nutzung oder mangelnde Wartung die Energiespareffekte dieser Technologie geschmälert werden?

Es gibt grundsätzlich zwei psychologische Ansätze. Der erste Ansatz beschäftigt sich in erster Linie mit Verhaltensmodifikation (Intervention) und der zweite Ansatz geht in Richtung der Erforschung der individuellen, sozialen und kulturellen Verhaltensursachen.

1.3.2.3.1 Verhaltensmodifikation

Verhaltensmodifikation meint die Veränderung eines bestehenden Verhaltens in eine gewünschte Richtung. Es gibt sechs Verhaltensmodifikationsansätze bezüglich des Themas Energiesparen laut nachfolgender Tabelle. [FEI97]

Ansatz Verhaltensmodifikation	Kurzbeschreibung	Änderung gewünschtes Ausmaß
Preis	Die „wahrgenommene finanzielle Situation“ zeigt keine Wirkung. [SEL79] Reaktion auf Energiekostensteigerung in erster Linie durch ökonomische Einschränkungen.	Nein
Information	Wissen ist eine notwendige – keinesfalls aber hinreichende Bedingung für einen verantwortungsvollen Energieverbrauch. Informationsarten: Promts (Aufkleber verhaltensnah formuliert) Persuasive Kommunikation (glaubwürdige Quelle) Modellvorgabe (stellvertretendes Lernen der angestrebten Verhaltensweise)	ca. 17 % [WIN82]
Verbraucher- Rückmeldung	Konfrontation mit den Konsequenzen des Nutzerverhaltens Voraussetzungen: Grundsätzliche Motivation zum Energiesparen Wissen über effektive Sparmaßnahmen (Strategiewissen)	Nein (nur in Komb.)
Anreiz	Belohnung für konsequentes Verhalten meist keine Langzeiteffekte, Ausbleibender Anreiz resultiert wieder in altem Verhalten	Nein
Induktion freiwilliger Verhaltensänderung	„Foot in the door – Technik“ Über zunächst wenig einstellungsdiskrepante Verhaltensweisen tastet man sich an stark einstellungsdiskrepante Verhaltensweisen heran.	Nein
Selbstverpflichtung	Durch eine Unterschrift oder eine öffentliche Bekundung verpflichtet sich eine Person zu einem bestimmten Verhalten (z.B. Sparergebnisse namentlich veröffentlichen).	Ja

Tabelle 6: Verhaltensmodifikationsansätze

Alle Strategien zeigen für sich allein stehend keine wirklich zufriedenstellende Erfolgsquote. Eine Kombination scheint am sinnvollsten, deren Erfolg aber wiederum von Variablen der Situation (Einkommen, Wohnsituation, Freundeskreis, usw.) und der Personen (Lebenseinstellung, Alter, Familienstand, Gewohnheiten, usw.) abhängig ist.

1.3.2.3.2 Kontextfaktoren und Verhaltensursachen [FEI97]

Um effiziente Interventionsmaßnahmen ergreifen zu können, muss man sich nicht ausschließlich mit dem zu ändernden Verhalten beschäftigen, sondern auch mit dessen Ursachen. Nachfolgend werden die sozialen, persönlichkeitspezifischen und situativen Faktoren, welche das Nutzungsverhalten wesentlich beeinflussen abgebildet.

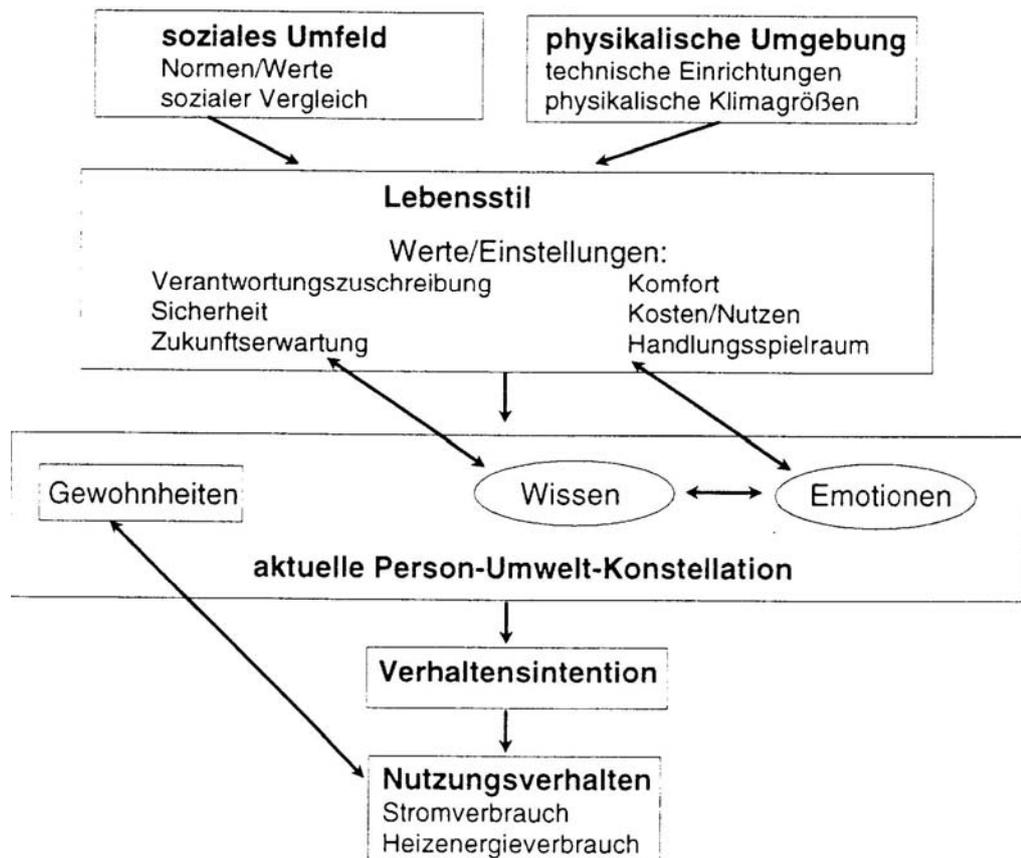


Abbildung 5: Modell zum Nutzungsverhalten [FEI97]

Warum kann umweltgerechtes Verhalten weder durch das Wissen über die Zusammenhänge zwischen dem eigenen Verhalten und dem Ressourcenverbrauch noch durch Umweltbewusstsein garantiert werden?

Für das Nutzungsverhalten ist das Strategiewissen (Zusammenhang z.B. zwischen kontrollierter Lüftung und Fensterlüftung) besonders wichtig. Meist besteht das durch eine Bedienungsanleitung und/oder Einschulung angeeignete Wissen jedoch nur aus Faktenwissen (Bedienungselemente und -möglichkeiten).

Grundlage für Fakten- und Strategiewissen ist ein mentales Modell, das sich jede Person durch Information und eigene Erfahrung mit der Technologie gebildet hat. Das Wissen über eine ressourcenschonende Regulation wird durch eine negative emotionale Färbung, z.B. begründet durch eine sehr aufwendige, nicht zielführende Bedienung, durch ein Wissen wie man das System übergehen kann, leicht verdrängt.

Im Bereich des Nutzerverhaltens im Passivhaus gilt es auch Gewohnheiten, das sind automatisch ablaufende Handlungen, welche nicht hinterfragt werden, wie z.B. nachts mit offenem Fenster zu schlafen, entgegen zu wirken.

1.3.2.4 Integration psychologischer Aspekte in die Technikgestaltung

Um zu vermeiden, dass sich als Bevormundung verstandene Verhaltensanweisungen oder starre technische Vorgaben kontraproduktiv auswirken, muss der Nutzer durch nutzungsorientiertes Systemdesign und zufriedenstellenden Informationsfluss unterstützt werden.

Bereits im Planungsstadium sollten folgende Bedienungsfälle vermieden werden:

- Maßnahmen, welche den Handlungsspielraum und die Kontrollmöglichkeiten empfindlich einschränken
- Maßnahmen, welche vom sozialen Umfeld nicht akzeptiert werden
- Maßnahmen, die den Komfort mindern
- Technologien, welche nur ressourcenschonend bedient werden können, wenn man sich sehr lange mit den Bedienungsmöglichkeiten auseinandersetzen muss (Ärgernis = Emotion siehe auch Punkt 1.3.2.2.2).

Grundsätzlich lassen sich hier zwei Ansätze zur Lösung einer etwaigen Fehlbedienung unterscheiden:

- Zusätzliche technische Maßnahmen, welche eine Fehlbedienung verhindern, das heißt eine Anlage, die weder durch Fehlverhalten beeinflusst werden kann (eher kostenintensiv) noch an Lernprozesse oder Verhaltensänderungen geknüpft ist
- Interaktive Systeme, charakterisiert durch die aktive Mitwirkung des Nutzers, welche auf der Gegenüberstellung von Ergebnissen des Handelns mit Zielgrößen beruhen.

Richtlinien für ansprechendes Systemdesign könnten also wie folgt lauten: [FEI97]

- ausreichende Freiräume für eigenes Handeln
- Durchschaubarkeit des Gesamtsystems (d.h. Vereinfachung für den Nutzer)
- Eindeutig handhabbare Eingriffsmöglichkeiten
- Interaktion und Kommunikation
- Ergonomische Schnittstellengestaltung (angepasst an die physischen und psychischen Möglichkeiten siehe auch nachfolgende Abbildung)



Abbildung 6 – Design der Kommunikationsschnittstelle [FEI97]

1.3.2.5 Besonderheiten im sozialen Wohnbau

Die Besonderheiten können sich vor allem durch die Belegung mit eher einkommensschwachen Personengruppen ergeben. Ein zusätzliches Erschwernis ergibt sich durch einen gewissen Prozentsatz der Wohnungen, der seitens der Förderungsstellen direkt als Sozialwohnungen vergeben wird, wodurch sich die Möglichkeit der Einflussnahme auf die zukünftigen Nutzer weiter reduziert. Denkbar wären hier zum Beispiel folgende Probleme (wobei der freie Wohnbau hier keinesfalls den Anspruch erheben darf, von diesen Problemen nicht auch eventuell betroffen zu sein):

- Der Zugang für Reparatur und Service in den Wohnungen ist seitens der Bewohner nicht erwünscht – keine Möglichkeit zur Systemkontrolle
- Bewohner nicht deutscher Muttersprache – Problem der Unverständlichkeit der Anlagenbedienungsanleitung und –unterweisung
- Verhältnis Bewohner zur Fläche unangemessen hoch (in Wien im Schnitt 2,3 Personen/Wohnung bzw. 0,04 Personen je m² Wohnnutzfläche)
- Raucherwohnung (6-facher Luftwechsel lt. Önorm, resultiert auch in zusätzlicher Fensterlüftung)
- Raumsolltemperatur 18 °C (möglicherweise aus falschem Sparwillen) oder 26 °C (möglicherweise ältere Personen)
- Erhöhte Feuchteproduktion im Wohnbereich durch z.B. Wäschetrocknen, usw.

1.3.2.6 Interventionsmöglichkeiten

Für den sozialen Wohnungsbau können leichter als im freien Wohnungsbau sinnvolle Interventionsmöglichkeiten als verbindlich erklärt werden. Hiervon sollte gerade auch bei Passivhaussystemen Gebrauch gemacht werden.

Wie im Punkt 1.3.2.2.1 auch ersichtlich, wird durch Selbstverpflichtung (im Vertrag eventuell auch mit Sanktionsmöglichkeiten) in Kombination mit entsprechender Wissensvermittlung und Unterweisung sicherlich ein zumeist vernünftiges Verhalten der Nutzer erzielt werden können.

Solche Interventionsmöglichkeiten können z.B. sein: [auch FEI97]

- Information über die verwendeten Technologien muss für die Verbraucher jederzeit verfügbar sein.
- Die energiesparenden Maßnahmen müssen mit dem jeweiligen Lebensstil vereinbar sein (Raucher).
- Information über die Technologien muss neben dem Faktenwissen auch das Strategiewissen vermitteln.
- Besonders sorgfältige Einschulungs- und Übungsmaßnahmen für Bedienungsverhalten, welches z.B. alten Gewohnheiten widerspricht, müssen durchgeführt werden.

1.4 BAUPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN – PERFORMANCEKRITERIEN [DRE02]

1.4.1 Behaglichkeit und Gesundheit im Innenraum

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

"Gesundheit ist nicht nur das Freisein von Krankheiten und Gebrechen, sondern der Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens". [RIET94]

Die WHO hat damit auch die Behaglichkeit entsprechend gewichtet.

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

1.4.2 Raumlufthqualität

Der Raumnutzer hat zwei Forderungen an die Raumlufth: Erstens soll die Luft als frisch und angenehm und nicht abgestanden und muffig empfunden werden. Zweitens darf das Einatmen der Luft kein Gesundheitsrisiko darstellen. [REC00]

1.4.2.1 Luftverunreinigungen

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

Verunreinigungen der Luft bestehen aus unbelebten Stoffen und lebenden Organismen wie: [DIN94]

- Gase und Dämpfe (z.B. CO, CO₂, SO₂, NO₂, NO_x, O₃, Radon, Formaldehyd, Kohlenwasserstoffe)
- Geruchsstoffe (z.B. mikrobielle Abbauprodukte von organischem Material, durch Fäulnisbakterien, menschliche Geruchsstoffe, Ausdünstungen von Baumaterialien)
- Aerosole (z.B. anorganische Stäube wie Fasern oder Schwermetalle, organische Stäube wie Kohlenwasserstoffe und Pollen)
- Bakterien und ihre Sporen (Legionellen, Gasbranderreger)
- Pilze und Sporen

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

1.4.2.2 Luftwechsel

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

Der Luftwechsel wird entweder als Volumenstrom in m³/h oder mit einer Luftwechselzahl angegeben, welche sich folgendermaßen errechnet:

$$n = \frac{\dot{V}_Z}{V_R}$$

Formel 1

Dabei bedeuten:

- n Luftwechselzahl in h^{-1}
 \dot{V}_Z Zuluftvolumenstrom in m^3/h
 V_R Gesamtes Raumluftvolumen in m^3

1.4.2.3 Personenbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom

Bei Räumen, die vorwiegend zum Aufenthalt von Personen bestimmt sind, stellt das Kohlendioxid eine Luftverunreinigung dar, die proportional zur Raumbesetzung ist. ÖNORM H 6000-3 benutzt die CO_2 -Konzentration zur Bemessung der hygienischen Luftwechselrate. In Wohnräumen mit Rauchverbot ergeben sich bei einem CO_2 -Volumenanteil in der Außenluft von 350 ppm (parts per million, entspricht Milliliter je Kubikmeter) und bei einer zulässigen CO_2 -Konzentration in Räumen von 1000 ppm folgende Anforderungen in Abhängigkeit von der Gesamtwärmeabgabe: [ÖNO89]

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

Tabelle 7 – Mindest-Außenluftvolumenstrom personenbezogen

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

[ÖNO83] verlangt für die Mindestdauerlüftung einen Wert von $\geq 0,5$ /h in Wohnräumen. Als Grundlüftung in Küchen sind $\geq 0,5$ m^3/hm^2 und in Bädern und WCs sind $\geq 0,4$ m^3/hm^2 gefordert, wobei diese Werte auf die Nettogrundrissfläche der gesamten Wohnung bezogen sind. Die erforderliche Betriebslüftung wird für die Küche mit 120 m^3/h , für das Bad mit 70 m^3/h und für das WC mit 50 m^3/h festgelegt.

1.4.2.4 Schadstoffbezogener Mindest-Außenluftvolumenstrom

Gelangen aus Produktionsprozessen gesundheitsgefährdende oder luftverunreinigende Stoffe in den Aufenthaltsbereich von Personen (Arbeitsplatz), so ist für jeden dieser Stoffe der Mindest-Außenluftvolumenstrom wie folgt zu berechnen:

$$\dot{V}_{AUL} = \frac{1000 \cdot \dot{m}_s}{C_{MAK} - C_{AUL}}$$

Formel 2

Dabei bedeuten:

\dot{V}_{AUL} Zuluftvolumenstrom in l/s

\dot{m}_s Schadstoffanfall in mg/s

C_{MAK} maximale Arbeitsplatz-Konzentration des gesundheitsgefährdenden Stoffes in mg/m³

C_{AUL} Konzentration des Stoffes in der Außenluft in mg/m³

In Aufenthaltsräumen (Wohnräumen) ist in der Formel (2) C_{MAK} durch $0,1 \cdot C_{MAK}$ zu ersetzen. Für die Bemessung ist der jeweils größere Mindest-Außenluftvolumenstrom maßgeblich. [ÖNO89]

1.4.2.5 Wirksamkeit der Lüftung [REC00]

Die Wirksamkeit der Lüftung wird gemessen an ihrer Fähigkeit alte Raumlufte durch frische Außenluft zu ersetzen und Schadstoffe abzuführen. Dabei sind Kurzschlussströmungen außerhalb der Aufenthaltszone zu vermeiden und die Luftführung soll in Bezug auf Schadstoffquellen sicherstellen, dass Schadstoffe schnellstmöglich in die Abluft gelangen ohne den Menschen zu belästigen.

Die Gütegrade für Luftaustausch und Schadstoffabfuhr hängen im Wesentlichen von der Verweilzeit der Luft und der Verweilzeit der Schadstoffe im Raum ab.

Die nominale Zeitkonstante ist die kürzeste durchschnittliche Verweilzeit der Luft im Raum und errechnet sich aus:

$$\tau_n = \frac{1}{n}$$

Formel 3

Dabei bedeuten:

- τ nominale Zeitkonstante in h
- n Luftwechselzahl in h^{-1}

Die tatsächliche durchschnittliche Verweilzeit der Luft im Raum ist von Raumluftrömungen abhängig, die in drei Extremfälle klassifiziert sind:

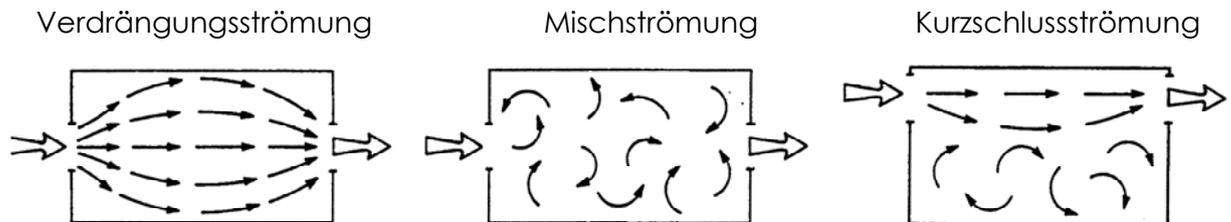


Abbildung 7 – Extremfälle von Raumluftrömungen [REC00]

Bei idealer Verdrängungsströmung vermischt sich die eingeblasene Luft nicht mit der Raumluft. Die tatsächliche Verweilzeit ist gleich der nominalen Zeitkonstante. Mischströmung ist eine weit verbreitete Lüftungsart, die nach dem Verdünnungsprinzip arbeitet. Bei vollständiger Durchmischung der in den Raum eintretenden Luft ist die tatsächliche Verweilzeit doppelt so lang. Bei Kurzschlussströmungen verlässt die Zuluft den Raum ohne die Aufenthaltszone durchspülen zu haben. Die tatsächliche Verweilzeit erhöht sich auf ein Vielfaches der nominalen Zeitkonstante. [SAN82]

1.4.2.6 Wirkungsgrad des Luftaustausches

Das Verhältnis der idealen zur tatsächlichen Zeit zwischen Ein- und Austritt der Luft in den Raum ist als der Luftaustauschwirkungsgrad definiert. Das durchschnittliche Alter der Luft ist immer ihre halbe durchschnittliche Verweilzeit. [SKA85]

$$\eta_a = \frac{\tau_n}{\tau_{r,v}} = \frac{\tau_n}{2 \cdot \tau_v}$$

Formel 4

Dabei bedeuten:

- η_a Luftaustauschwirkungsgrad
- τ_n nominale Zeitkonstante in h
- $\tau_{r,v}$ tatsächliche durchschnittliche Verweilzeit der Luft im Raum in h
- τ_v durchschnittliches Alter der Luft im Raum in h

1.4.2.7 Wirkungsgrad der Schadstoffabfuhr

Die Lüftungswirksamkeit beschreibt die Güte der Schadstoffabfuhr. Sie ist das Verhältnis von Schadstoffkonzentration in der Abluft zu Schadstoffkonzentration im betrachteten Raumpunkt. [DIN94]

$$\varepsilon_V = \frac{1}{\mu_{RA}} = \frac{C_{AB} - C_{ZL}}{C_{AZ} - C_{ZL}}$$

Formel 5

Dabei bedeuten:

ε_V	Lüftungswirksamkeit
C_{AB}	durchschnittliche Schadstoffkonzentration in der Abluft in g/m^3
C_{ZL}	durchschnittliche Schadstoffkonzentration in der Zuluft in g/m^3
C_{AZ}	durchschnittliche Schadstoffkonzentration im betrachteten Raumpunkt (z.B. Aufenthaltszone) in g/m^3
μ_{RA}	Raumluftbelastungsgrad nach DIN 1964-2

Für den Luftaustauschwirkungsgrad bzw. für die Lüftungswirksamkeit stellen sich folgende Werte ein:

$\eta_a = 1$	bzw. $\varepsilon_V = 1$	bei idealer Verdrängungsströmung
$1 > \eta_a > 0,5$	bzw. $1 > \varepsilon_V > 0,5$	bei praktischer Verdrängungslüftung
$1 > \eta_a > 0,5$	bzw. $1 > \varepsilon_V > 0,5$	bei vollständiger Durchmischung
$0,5 > \eta_a > 0$	bzw. $0,5 > \varepsilon_V > 0$	bei Kurzschlussströmungen

Kurzschlussströmungen sind konstruktiv zu vermeiden, um die erforderliche Luftqualität sicherzustellen.

1.4.3 Thermisch - hygrische Komfortkriterien

1.4.3.1 Wärmebilanz des Menschen

Die Körpertemperatur des Menschen wird durch Stoffwechselprozesse auf einem Niveau von ca. 37 °C gehalten. Bei völliger Ruhe im Behaglichkeitszustand beträgt die zur Aufrechterhaltung des Lebens erforderliche Mindestwärmebildung, der sogenannte Grundumsatz, rund 80 W. [REC00]

Da die Umgebungstemperatur meist niedriger ist, gibt der Mensch stetig Wärme an seine Umgebung ab. Im Wesentlichen wird sensible Wärme durch

- Wärmeübertragung von der Haut an die Umgebung durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung
- Entwärmung durch Atmung

und latente Wärme durch

- Ausatmen von Wasserdampf
- Verdunstung von Wasser auf der Haut (Schwitzen)

abgegeben. [ASH97]

In der folgenden Abbildung ist die Zusammensetzung der Wärmeabgabe durch Strahlung, Konvektion und latente Wärmeabgabe in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur dargestellt.

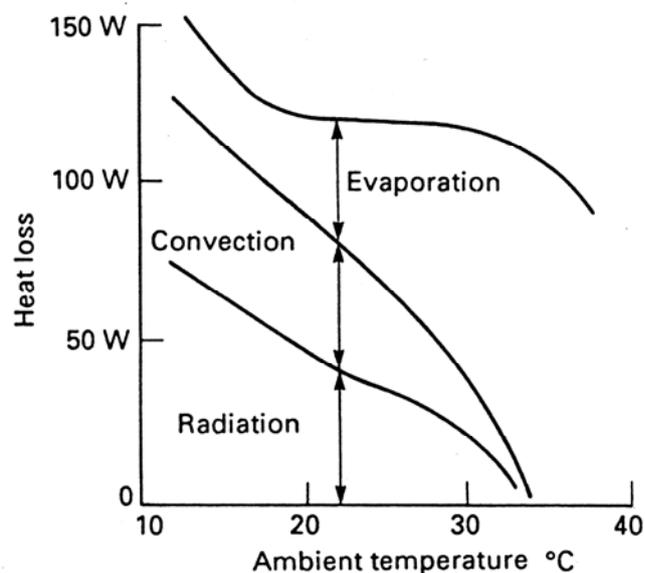


Abbildung 8 - Zusammensetzung der Wärmeabgabe durch Strahlung, Konvektion und latente Wärmeabgabe in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur [BRU90]

Das Verhältnis zwischen sensibler und latenter Wärme ist maßgeblich von den Umgebungsbedingungen und von der Tätigkeit abhängig. Mit zunehmender Umgebungstemperatur steigt der Anteil der latenten Wärmeabgabe.

Besonderen Einfluss auf den Wärmehaushalt des Menschen haben neben den thermisch – hygrischen Umgebungsparametern die Bekleidung und die körperliche Betätigung. Zwischen den Menschen sind weitere Unterschiede durch Größe, Alter, Geschlecht, Konstitution usw. bedingt.

1.4.3.2 Oberflächentemperaturen

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

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

1.4.3.3 Raumlufttemperatur

Die Raumlufttemperatur ist die mit einem strahlungsgeschützten Thermometer gemessene Temperatur der Luft.

Die Körperoberfläche des Menschen steht im konvektiven Wärmeaustausch mit der Raumluft. Richtwerte abhängig von der Tätigkeit sind: [RICC88]

sitzende geistige Arbeit	ca. 21 - 23 °C
stehende leichte Arbeit	ca. 18 - 20 °C
schwere körperliche Arbeit	ca. 16 - 18 °C

Wird die Frischluftversorgung über eine Lüftungsanlage vorgenommen, muss die Zulufttemperatur über 16,5 °C und unter 50 °C liegen. [FEI99a]

1.4.3.4 Empfundene Temperatur

Die empfundene oder operative Temperatur berücksichtigt die Raumlufttemperatur, die mittlere Strahlungstemperatur der Umgebung und die kurzwellige Strahlung. Sie hat unmittelbare Wirkung auf den Wärmehaushalt des Menschen und ist maßgebend für dessen thermische Behaglichkeit. In guter Näherung gilt:

$$t_{empf} = \frac{t_l + t_u}{2} + \frac{a_{abs} \cdot I}{\alpha}$$

Formel 6

Dabei bedeuten:

t_{empf}	Empfundene Temperatur in °C
t_l	Raumlufttemperatur in °C
t_u	Oberflächentemperatur der Umgebung in °C
a_{abs}	Absorptionsgrad der strahlungsempfangenden Fläche
I	Kurzwellige Strahlung in W/m ²
α	Wärmeübergangskoeffizient in W/m ² K

Durch kurzweilige Strahlung, z.B. Sonnenstrahlung, erhöht sich die empfundene Temperatur des Menschen. In der Gleichung (6) wurde die Asymmetrie der Einstrahlung vernachlässigt.

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

Der Unterschied Lufttemperatur zu Temperatur der Umfassungsflächen darf maximal 3 K betragen. [REC00] Bei zu großen Unterschieden kommt es zu Zugerscheinungen.

Nach DIN ISO 7730 muss die Temperaturdifferenz zwischen 1,1 m und 0,1 m über dem Boden < 3 K sein.

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

1.4.3.5 Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit hat wesentlichen Einfluss auf das Wohlbefinden des Menschen. Sie beeinflusst über den konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten den Wärmeaustausch des Menschen mit der Umgebung. Zu hohe Geschwindigkeiten machen sich als Zugerscheinungen bemerkbar. Am meisten wird das Wohlbefinden gestört, wenn die bewegte Luft eine geringere Temperatur als die Raumlufte hat und vorwiegend aus bestimmter Richtung auf einen Körperteil trifft.

Die Luftbewegung im Raum ist durch regellose örtliche und zeitliche Schwankungen der Luftgeschwindigkeit nach Richtung und Größe gekennzeichnet.

Daher hat der Turbulenzgrad der Geschwindigkeit einen erheblichen Einfluss auf das Komfortgefühl des Menschen. Dieser wird mit einer Normalverteilung beschrieben und als Standardabweichung gebrochen durch Mittelwert definiert. [REC00]

In der folgenden Abbildung sind die Grenzwerte der mittleren Luftgeschwindigkeit als Funktion von Lufttemperatur und Turbulenzgrad, die für 10 % und 15 % Unzufriedene (siehe PPD-Index) durch Zug zu erwarten sind, dargestellt.

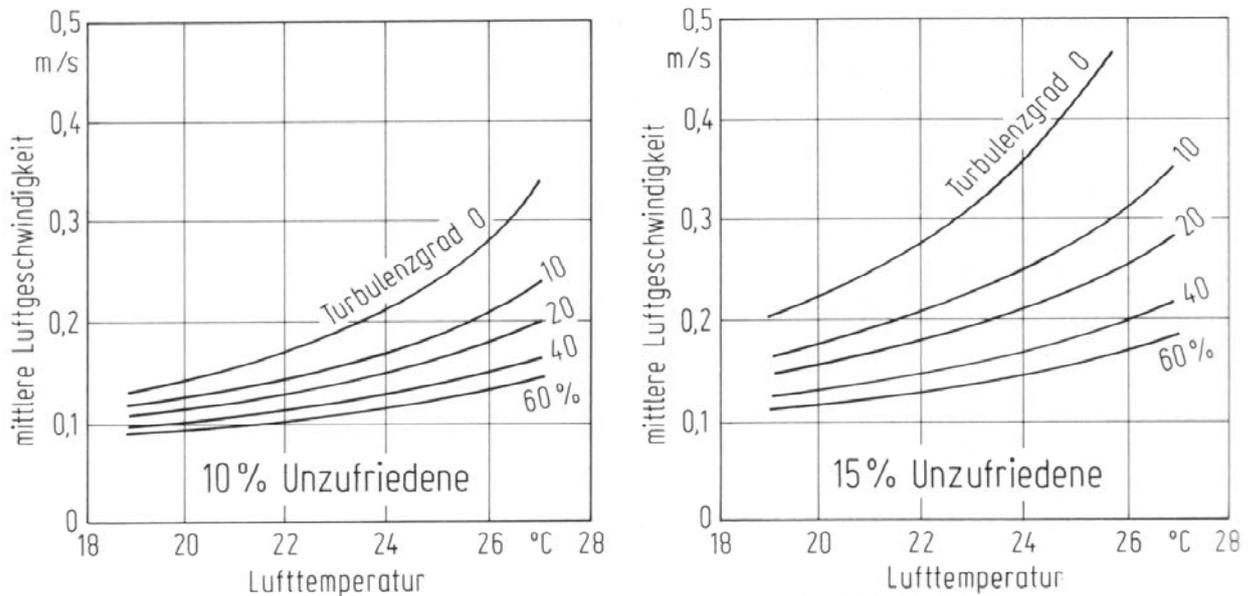


Abbildung 9 - Grenzwerte der mittleren Luftgeschwindigkeit als Funktion von Lufttemperatur und Turbulenzgrad, für 10 und 15 % Unzufriedene [RIE94]

DIN ISO 7730 empfiehlt eine mittlere Luftgeschwindigkeit bei leichter sitzender Tätigkeit in der Heizperiode von unter 0,15 m/s und in der Kühlperiode unter 0,25 m/s. [DIN95] Diese Anforderungen entsprechen in etwa den Werten bei Turbulenzgrad 0 und 20 °C Lufttemperatur. Steigt der Turbulenzgrad an, dann muss die zulässige mittlere Luftgeschwindigkeit sinken, um das Komfortniveau zu halten.

1.4.3.6 Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit φ gibt den Prozentsatz der vorhandenen Wasserdampfmenge vom Sättigungsgehalt der Luft bei einer bestimmten Temperatur an.

Aus hygienischen Gründen sollen 80 % nicht überschritten werden. Ab dieser Grenze wird das Wachstum der Hausstaubmilbe und von Schimmelpilz stark begünstigt. [DREY97b]

Bereiche von 40 - 70 % relativer Luftfeuchtigkeit haben sich als günstig für Wohnbereiche erwiesen.

In der folgenden Abbildung ist der Komfortbereich in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit angegeben.

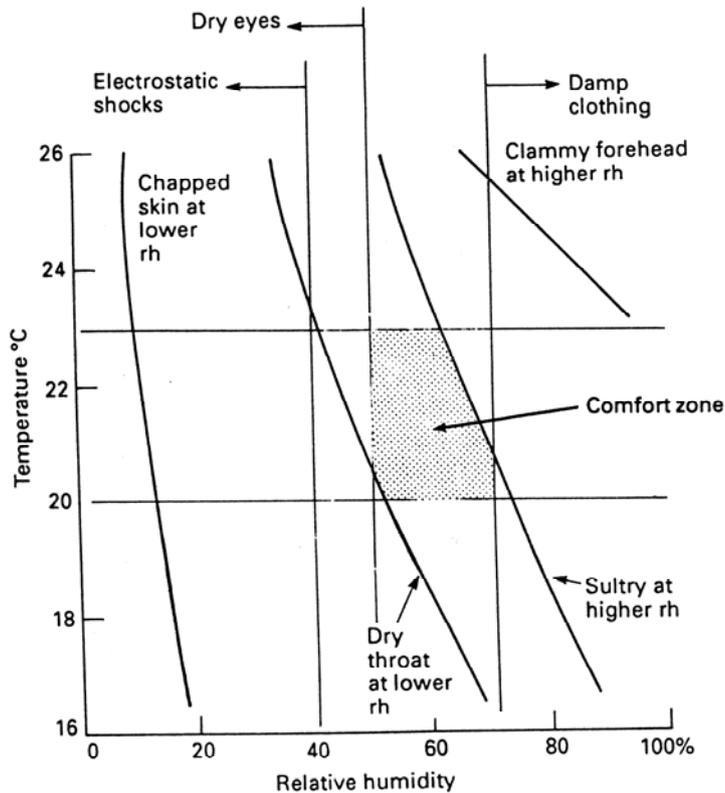


Abbildung 10 - Komfortbereich in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit [BRU90]

Die Kernzone des komfortablen Bereichs liegt innerhalb der thermischen Grenzen von 20 und 23 °C. Im Bereich unter 20 % Luftfeuchtigkeit wird die Haut spröde. Unter 40 % Luftfeuchte kommt es vermehrt zu elektrostatischen Entladungen und unter 50 % trocknen die Augen aus. Unterhalb der Grenzlinie „Dry throat at lower rh“ trocknet der Hals aus. Nach einiger Zeit kann man ein trockenes Gefühl in der Nase, auf den Lippen und in der Luftröhre spüren.

Über ca. 72 % Luftfeuchte wird die Kleidung unangenehm feucht. Oberhalb der Grenzlinie „Sultry at higher rh“ ist die Umgebung zu schwül und über der Grenze „Clammy forehead at higher rh“ beginnt man an der Stirn zu schwitzen.

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

- obere Grenze: 11,5 g Wasserdampf je kg trockener Luft bzw. 65 % relative Luftfeuchtigkeit
- untere Grenze: 6,5 g Wasserdampf je kg trockener Luft bzw. 35 % relative Luftfeuchtigkeit

1.4.4 Bewertungskriterien

1.4.4.1 PMV-Index

P. O. Fanger gibt in einer Behaglichkeitsgleichung für jedes Aktivitätsniveau und jede Bekleidung die Kombination von Lufttemperatur, mittlerer Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Dampfdruck an, die für die meisten Menschen das Gefühl thermischer Neutralität vermittelt. Mit dem PMV-Index („Predicted Mean Vote“, erwartete mittlere Beurteilung) wird die Abweichung eines realen Raumklimas vom Idealklima beurteilt. [FAN72]

Der PMV-Index gibt die erwartete durchschnittliche Beurteilung des Raumklimas anhand einer 7-Punkte-Skala an.

+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Heiß	warm	leicht warm	neutral	leicht kühl	kühl	kalt

Tabelle 8 – PMV-Index

Der PMV-Index sagt voraus, wie die mittlere Beurteilung des Raumklimas durch eine größere Personengruppe erfolgen wird, die Beurteilung der Einzelpersonen wird jedoch um diesen Mittelwert streuen.

1.4.4.2 PPD-Index

Die Analyse der Beurteilung des Raumklimas von Versuchspersonen ermöglichte eine Zuordnung von PMV-Index und der Anzahl der mit den thermischen Bedingungen Unzufriedenen. Dabei wurde Unzufriedenheit immer dann angenommen, wenn die Versuchspersonen mit ± 2 oder ± 3 werteten. Deren prozentueller Anteil wird als PPD-Index („Predicted Percentage of Dissatisfied“, Prozentsatz erwarteter Unzufriedener) bezeichnet. Der minimale Anteil liegt bei 5 %. DIN ISO 7730 empfiehlt einen PPD-Index von ca. 10 %. [DIN95]

1.4.5 Oberflächenklima

1.4.5.1 Tauwasserfreiheit, Schimmelpilzfreiheit

Die Tauwasser- und Schimmelpilzfreiheit muss an den Innenoberflächen, insbesondere an den Schwachstellen der thermischen Hülle, wie Fenster und Wärmebrücken, gegeben sein. ÖNORM EN ISO 13788 gibt die zulässige relative Luftfeuchtigkeit der Oberfläche mit $< 80\%$ an. [ÖNO02]

Viitanen hat in seiner Dissertation gezeigt, dass es unter der Grenze von 67 % auf Fichtenholz kein Schimmelpilzwachstum gibt. [VII96]

1.5 GRUNDLAGEN DER BERECHNUNG

1.5.1 Klimasimulationsprogramm BSIM 2000

Das für die Simulationen verwendete Programm BSim2000 (update 2002) ist vom Statens Byggeforskningsinstitut, Danish Building and Urban Research, P.O.Box 119, DK-2970 Hørsholm, entwickelt worden.

Das Simulationsprogramm BSim2000 ist fähig, haustechnische Anlagen, sowie Energie- und Massenströme (thermisch als auch hygrisch) in Gebäuden zu simulieren, insbesondere thermisches Innenklima, Tageslichtzustand, Luftfeuchtigkeit, Energieverbrauch, Kontrollfaktoren und Nutzung von passiver Solarenergie.

BSim2000 weist eine modulartige Struktur auf. Die wichtigsten Komponenten sind:

- SimView Eingabeoberfläche und 3D – Ansicht
- XSun Schatten- und Strahlungsanalyse
- SimLight Simulation des Tageslichtzustandes
- SimDxf Übernahmemodul von CAD – Zeichnungen im DXF Format
- Tsbj 5 Thermische und hygrische Gebäudesimulation
- SimDB Konstruktionsdatenbank (building element & building material)

Ein Bauwerk wird als Einzonen- oder Mehrzonenmodell abgebildet. Beim Einzonenmodell unterscheidet man nur zwischen Innen- und Außenbereich. Die Zonen des Mehrzonenmodells entsprechen in unserem Fall den Wohnungen bzw. dem Stiegenhaus des Bauwerkes.

Die Zonen eines Gebäudes werden durch Geometrie, Konstruktion und Nutzerprofile, die das Verhalten der Benutzer idealisieren, beschrieben.

Folgende Berechnungen können mit BSim2000 durchgeführt werden:

- Energiegewinne durch Solarstrahlung, Personen, Licht, Equipment
- Solarstrahlung durch die Fenster
- Heizen, Kühlen, Klimatisieren
- Energiebilanzen
- Feuchtebilanzen
- Temperaturverläufe
- Wärmefluss und Luftaustausch zwischen den Zonen
- Verschattung
- Infiltration und manuelle Lüftung
- mechanische Lüftung
- Oberflächentemperaturen und Kondensationsrisiken
- Wärme- und Kälterückgewinnung
- Stromverbrauch von Kühl- oder Heizspiralen in der Lüftungsanlage
- Luftbefeuchtung in Lüftungsanlagen

2 VARIANTEN UND SZENARIEN

2.1 BESCHREIBUNG DER GRUNDVARIANTE

2.1.1 Allgemeines

Im Rahmen des Impulsprogramms „Nachhaltig Wirtschaften“ des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie wird das Projekt „Kostenneutrale Optimierung der bauphysikalischen Performance von Passivbauten“ [DRE02] durchgeführt. Die gegenständlichen Untersuchungen und Berechnungen sind Bestandteil des Gesamtprojektes.

2.1.2 Lagesituation – Umgebungsverschattung

2.1.2.1 Allgemeine Lage

Das Grundstück für die gegenständlich untersuchte Bebauung liegt in Wien und wird nördlich durch die Utendorfgasse, südlich und östlich durch die Lindenheimgasse begrenzt.

Der Grundriss des Nordgebäudes ist um 11° nach Osten verschwenkt, der des Südgebäudes weist eine Verschwenkung von 4° auf. Die beiden Gebäude sind 13,90 m voneinander entfernt.

2.1.2.2 Horizont

Der Horizont wurde mittels Höhenwinkelmessung direkt vom Grundstück aus aufgenommen (Standpunkt im Bezug zu Norden - 232° von der südlichen EG Außenkante des südlichen im Osten gelegenen Nachbargebäudes und 312° von der nördlichen EG Außenkante des nördlich im Osten gelegenen Nachbargebäudes).

Der Horizont wird durch einen Bergrücken gebildet welcher sich von 232° bis 138° mit nördlichem Bezug erstreckt. Bei einer Standhöhe von 1,50 m wurde ein mittlerer Höhenwinkel von 10° gemessen (lt. Städteatlas Großraum Wien ca. 325 m über Adria). Die horizontale Entfernung wurde mit 1000 m festgelegt.

2.1.2.3 Lokaler Bewuchs

Die lokal umgebenden Bäume wurden aufgenommen, in die Berechnung jedoch aus folgenden Gründen nicht miteinbezogen:

1. Etwaig maßgebende Bäume am Standort sind Laubbäume und wirken daher im Sommer als Schattenelement kühlend, im Winter ohne Blätter ist eine Verschattung in der vorgefundenen Lagesituation praktisch nicht gegeben und die Berechnung befindet sich daher auf der sicheren Seite.
2. Im Südbereich befindet sich direkt gegenüber der Bebauung in ca. 30 m Entfernung ein Bahndamm, welcher keinen nennenswerten Bewuchs, insbesondere keine Bäume, aufweist.

2.1.3 Grafische Darstellung und Beschreibung des Gebäudes

2.1.3.1 Kurzbeschreibung

Das Nord- wie auch das Südgebäude schließen im Westen in geschlossener Bebauung an das jeweilige Nachbargebäude an und nehmen auch deren Form auf. Die Gebäude bestehen aus EG, 1. – 3. OG und DG. Die zwei Stiegenhäuser (STG 1 westlich, STG 2 östlich) im Nordgebäude erschließen je 15 Wohnungen mit Wohnnutzflächen zwischen 88,53 m² und 27,10 m². Das Stiegenhaus (STG 3) im Südgebäude erschließt 15 vergleichbare Wohnungen.

Für das Nordgebäude im Ausmaß von ca. L/B/H = 38,00/13,90/14,00 m ergibt sich eine Wohnnutzfläche von $A_{\text{ges,nord}} = 1.996,72 \text{ m}^2$.

Für das Südgebäude im Ausmaß von ca. L/B/H = 20,00/13,90/14,00 m ergibt sich eine Wohnnutzfläche von $A_{\text{ges,süd}} = 998,36 \text{ m}^2$.

Im Süden und teilw. im Osten sind Balkonelemente vorgesetzt mit einer Breite von 1,10 m – 2,00 m (durchschnittlich 1,55 m) und ca. 0,40 m über den Fensterstürzen.

Um eine Vereinfachung des Simulationsmodells zu erreichen sind die einzelnen Räume innerhalb der Wohnungen nicht berücksichtigt worden, sodass eine Wohnung dort eine ungestörte Zone bildet.

2.1.3.2 3D – Ansicht Bsim2000

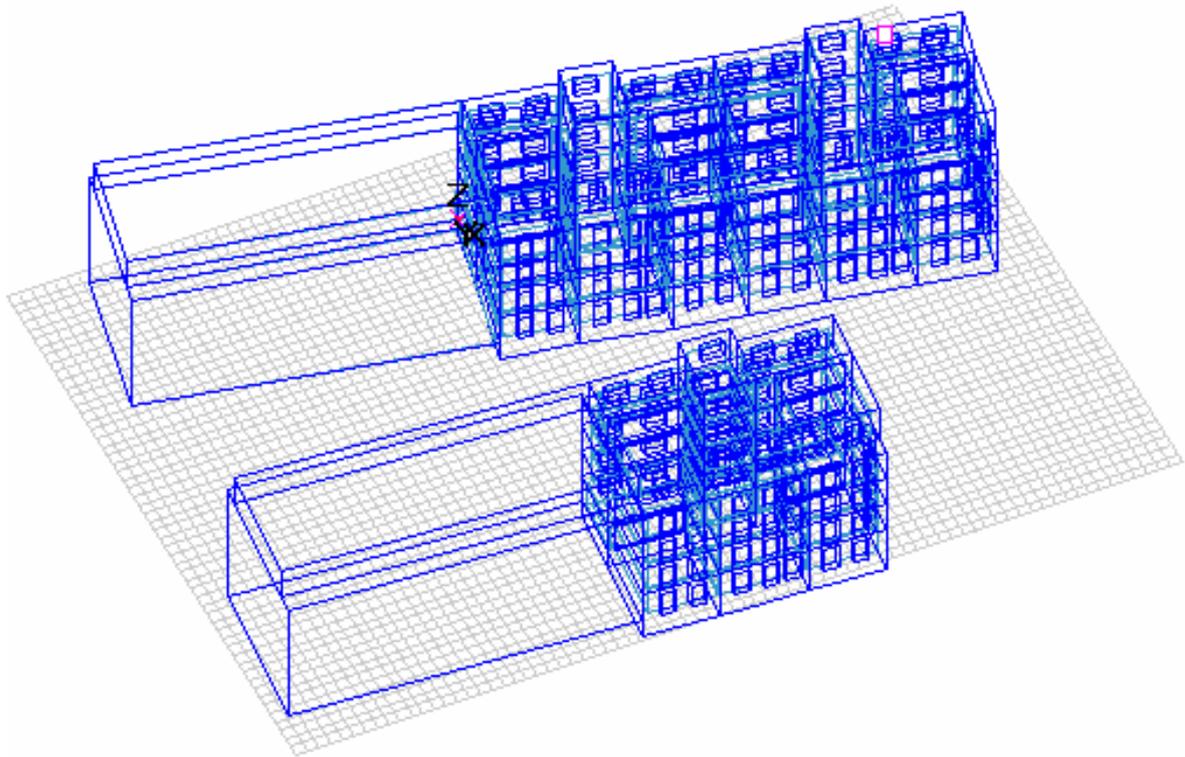


Abbildung 11 – BSim2000 SimView Ansicht

2.1.3.3 Grundriss

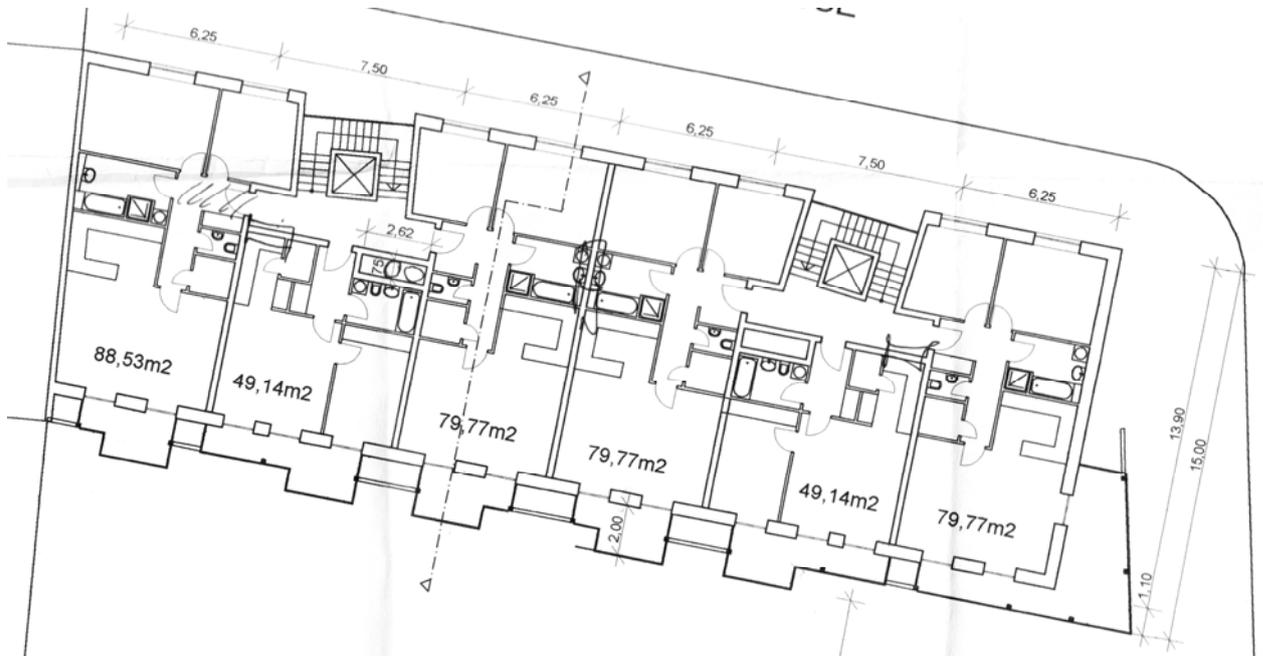


Abbildung 12 – Grundriss Nordgebäude [KUZ02]

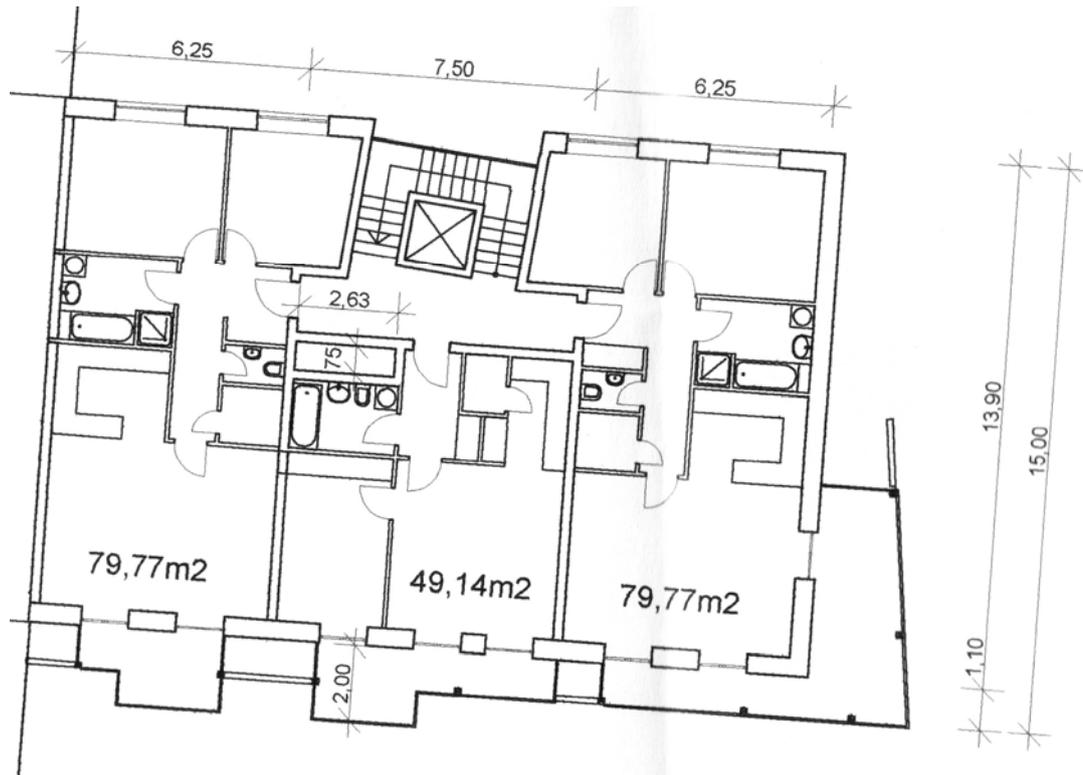


Abbildung 13 – Grundriss Südgebäude [KUZ02]

2.1.3.4 Schnitt

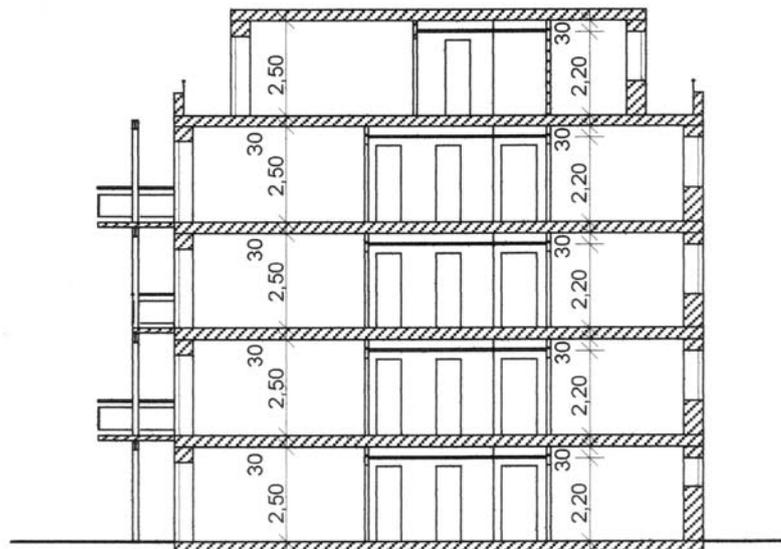


Abbildung 14 – Regelschnitt [KUZ02]

2.1.3.5 Ansichten

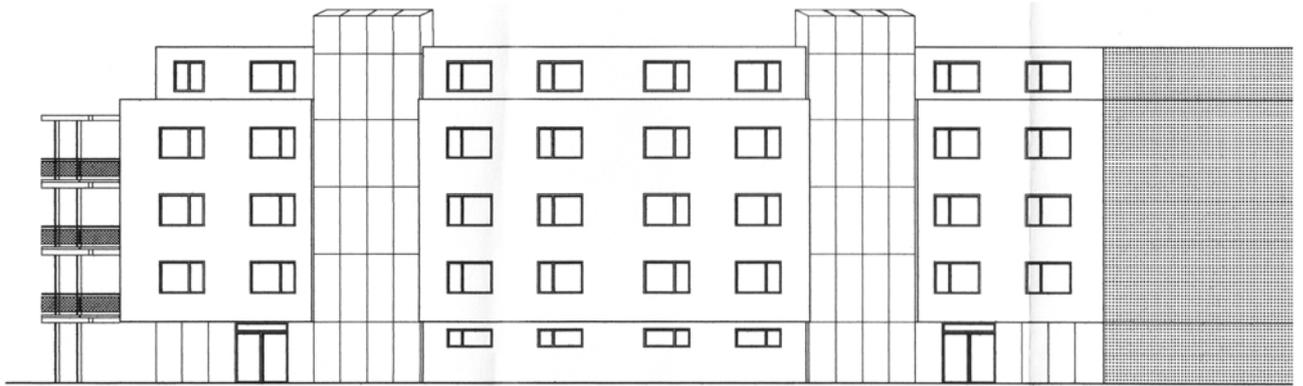


Abbildung 15 – Nordansicht [KUZ02]



Abbildung 16 – Südansicht [KUZ02]

2.1.3.6 Öffnungen

Sämtliche Fensteröffnungen wurden an der Nordseite mit einer Größe von $B/H = 1,85/1,35$ m, sowie an der Süd- und Ostseite mit einer Fenstertürgröße von $B/H = 1,25/2,20$ m angenommen. Das Stiegenhaus wurde in die thermische Gebäudehülle mit einbezogen, und erhält daher ebenso je Geschoß ein Fenster mit einem Ausmaß von $B/H = 1,85/1,35$ m, und im EG eine Tür mit einem Ausmaß von $B/H = 1,85/2,20$ m.

Die Leibungen wurden mit 0,30 m angenommen, d.h. die Fenster sind innenbündig mit der Wärmedämmung situiert, wodurch eine wärmebrückenfreie Konstruktion ermöglicht wird.

2.1.3.7 Verschattung

2.1.3.7.1 Verschattung durch Bauwerke

Die Fenster werden im Süden und Ost durch eine vorgelagerte, im Schnitt 1,55 m breite, und 0,40 m über dem Fenstersturz situierte Balkonkonstruktion verschattet. Da die Sonne im Winter nur „flach“ über den Horizont läuft, ist die Wirksamkeit der Verschattung wesentlich geringer als im Sommer. Steht die Sonne hoch über dem Horizont, ist die horizontale Verschattung besonders effektiv.

Die Nachbargebäude wurden ebenfalls als Schattengebäude berücksichtigt. Ebenso die gegenseitige Verschattung der beiden Gebäude.

2.1.3.7.2 Verschattung Außenjalousie

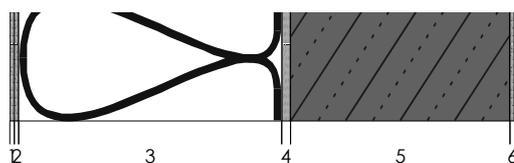
Sämtliche Fenster wurden mit Außenjalousien mit einem Abminderungsfaktor $z = 0,27$ [DRE01] ausgestattet. Die Jalousien werden hochgezogen, wenn eine Windgeschwindigkeit von 30 m/s überschritten wird. Die Jalousien werden als Verschattung genutzt, wenn die Wohnraumtemperatur mehr als 23 °C beträgt.

2.1.4 Aufbauten

2.1.4.1 Außenhaut

2.1.4.1.1 Außenwände

Gewählt wurde ein massiver Standardaufbau laut nachfolgender Zusammenstellung für alle Wohnungs- und Stiegenhausaußenwände, sowie für die Trennwände zu den Nachbarbauten.



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m ²]	Ra.gew. [kg/m ³]	Lambda a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m ² *K/W]
1.	0,005	Capatect SH-Strukturputz	0,2	50	0,750	50,0	0,25	0,007
2.	0,005	Capatect VWS Klebspachtel 160	0,2	50	1,000	50,0	0,25	0,005
3.	0,300	Capatect PS-Fassadendämmplatte (EPS-F)	15,0	50	0,040	50,0	15,00	7,500
4.	0,010	Capatect Klebemörtel 177	0,4	35	1,000	35,0	0,35	0,010
5.	0,250	1.1 Schwerbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	600,0	2,400	1,630	90,0	22,50	0,153
6.	0,005	Capatect ZF-Spachtel	3,5	700	1,000	700,0	3,50	0,005
	0,575		619,4	1.077				7,68

Wärmeübergangswiderstand Aussen: 0,04 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Innen: 0,13 m²K/W

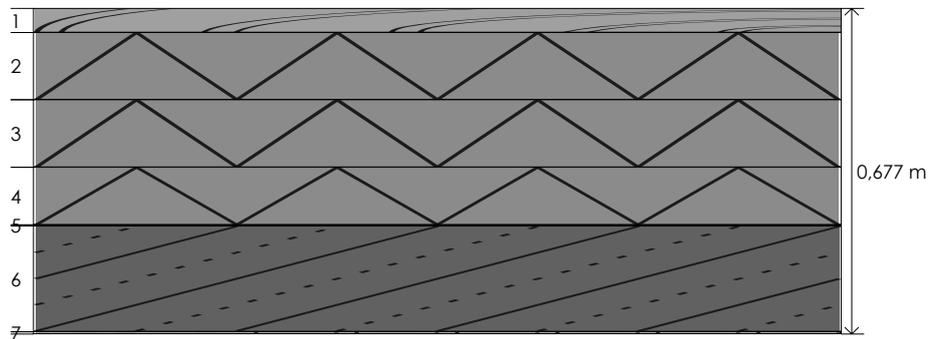
R-Wert: $0,04 + 7,68 + 0,13 = 7,85$ m²K/W

U-Wert (k-Wert): 0,13 W/m²K

Abbildung 17 – Aufbau Außenwand [ECO01]

2.1.4.1.2 Letzte Geschoßdecke

Gewählt wurde hier ein massiver Standardaufbau in etwas vereinfachter Form, ohne Rücksicht auf die tatsächliche Lage der Abdichtung (PVC-Folie samt Schutzschicht).



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m ²]	Ra.gew. [kg/m ³]	Lambda a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m ² *K/W]
1.	0,050	5.3 Betonwerksteinplatten	120,0	2.400	1,630	80,0	4,00	0,031
2.	0,140	Styrodur 3035 CS CO2 mit Stufenfalz [140]	4,6	33	0,042	80,0	11,20	3,333
3.	0,140	Styrodur 3035 CS CO2 mit Stufenfalz [140]	4,6	33	0,042	80,0	11,20	3,333
4.	0,120	Styrodur 3035 CS CO2 mit Stufenfalz [120]	4,0	33	0,040	80,0	9,60	3,000
5.	0,002	7.2.4.3 Kunststoff-Dachbahnen (PIB)	0,0		1,000	1750000, 0	3500, 00	0,002
6.	0,220	1.1 Schwerbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	528,0	2.400	1,630	90,0	19,80	0,135
7.	0,005	Capatect ZF-Spachtel	3,5	700	1,000	700,0	3,50	0,005
	0,677		664,7	982				9,839

Wärmeübergangswiderstand Aussen: 0,04 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Innen: 0,13 m²K/W

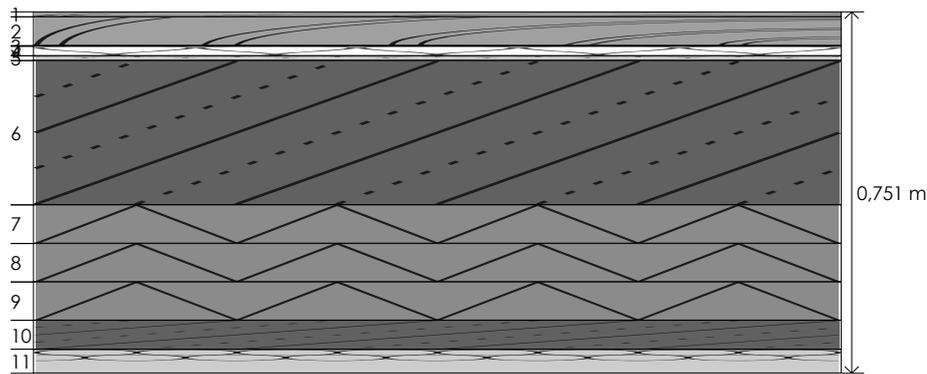
R-Wert: $0,04 + 9,84 + 0,13 = 10,01$ m²K/W

U-Wert (k-Wert): **0,10 W/m²K**

Abbildung 18 – Aufbau letzte Geschoßdecke [ECO01]

2.1.4.1.3 Bodenplatte

Gewählt wurde der nachfolgend genannte Aufbau zuzüglich einer 1,0 m dicken Lage sandigem Bodenmaterials um den richtigen Wärmeübergang der Konstruktion in den Boden zu gewährleisten [BSI02].



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m²]	Ra.gew. [kg/m³]	Lambd a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m²*K/W]
1.	0,010	5.3 Parkett, Dielung	6,0	600	0,160	15,0	0,15	0,062
2.	0,060	5.3 Zementestrich 2100	126,0	2.100	1,280	38,0	2,28	0,047
3.	0,001	7.2.5.4 PA-Folien Dicke d >= 0,05mm	0,0		1,000	50000,0	50,00	0,001
4.	0,020	ISOVER-TDP 25/20 Trittschalldämmplatte [20]	1,6	78	0,035	1,0	0,02	0,571
5.	0,010	7.1 Sand	17,0	1.700	0,540	8,0	0,08	0,019
6.	0,300	1.1 Schwebbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	720,0	2.400	1,630	90,0	27,00	0,184
7.	0,080	Styrodur 4000 CS CO2 mit Stufenfalz [80]	2,8	35	0,038	100,0	8,00	2,105
8.	0,080	Styrodur 4000 CS CO2 mit Stufenfalz [80]	2,8	35	0,038	100,0	8,00	2,105
9.	0,080	Styrodur 4000 CS CO2 mit Stufenfalz [80]	2,8	35	0,038	100,0	8,00	2,105
10.	0,060	1.1 Schwebbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	144,0	2.400	1,630	90,0	5,40	0,037
11.	0,050	7.1 Sand	85,0	1.700	0,540	8,0	0,40	0,093
	0,751		1.108,0	1.475				7,33

Wärmeübergangswiderstand Aussen: 0,00 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Innen: 0,17 m²K/W

R-Wert: 0,00 + 7,33 + 0,17 = **7,50 m²K/W**

U-Wert (k-Wert): 0,13 W/m²K

Abbildung 19 – Aufbau Bodenplatte [ECO01]

2.1.4.1.4 Fenster- und Türelemente

Für die Eingabe in BSim2000 wurde ein neues Fensterelement „Fa. Winter“ mit folgenden Werten definiert [WIN02]:

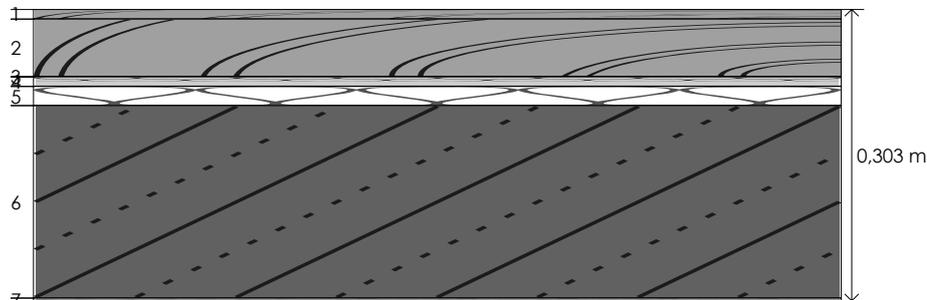
FENSTERELEMENT „Fa. WINTER 0,8“	
U _w – Wert	0,74 (W/m²K)
Glas Unitop 0.6 U _v – Wert	0,70 (W/m²K)
Rahmen 2x Korkdämmung U _f – Wert	0,75 (W/m²K)
Glasrand Thermix Ψ _{Glasrand} – Wert	0,035 W/(mK)
Lichttransmission	69,0 %
g-Wert	53,0 %
Blendrahmenstärke	99 mm

Tabelle 9 – FensterTür - Kennwerte

2.1.4.2 Innenbauteile

2.1.4.2.1 Wohnungstrenndecken

Der Fußbodenaufbau der Wohnungstrenndecken wurde seitens des Planers mit 10 cm begrenzt. Daraus ergibt sich der nachfolgende Aufbau:



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m ²]	Ra.gew. [kg/m ³]	Lambda a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m ² *K/W]
1.	0,010	5.3 Parkett, Dielung	6,0	600	0,160	15,0	0,15	0,062
2.	0,060	5.3 Zementestrich 2100	126,0	2.100	1,280	38,0	2,28	0,047
3.	0,000	7.2.5.4 PA-Folien Dicke d >= 0,05mm	0,0		1,000	50000,0	5,00	0,000
4.	0,010	7.1 Sand	17,0	1.700	0,540	8,0	0,08	0,019
5.	0,020	ISOVER-TDP 25/20 Trittschalldämmplatte [20]	1,6	78	0,035	1,0	0,02	0,571
6.	0,200	1.1 Schwerbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	480,0	2.400	1,630	90,0	18,00	0,123
7.	0,003	Capatect Glättspachtel 05	0,1	25	1,000	25,0	0,08	0,003
	0,303		630,6	2.081				0,825

Wärmeübergangswiderstand Oben: 0,10 m²K/W

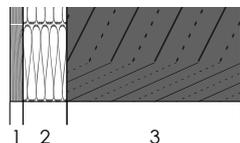
Wärmeübergangswiderstand Unten: 0,10 m²K/W

R-Wert: 0,10 + 0,83 + 0,10 = **1,03 m²K/W**

U-Wert (k-Wert): **0,98 W/m²K**

Abbildung 20 – Aufbau Wohnungstrenndecke [ECO01]

2.1.4.2.2 Wohnungstrennwand



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m ²]	Ra.gew. [kg/m ³]	Lambda a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m ² *K/W]
1.	0,015	5.2 Bauplatten aus Gipskarton (bis 18mm)	15,0	1.000	0,340	16,5	0,25	0,044
2.	0,050	ISOVER-Piano-Trennwand-Klemmfalz TW-KF 50	0,8	16	0,041	1,0	0,05	1,220
3.	0,200	1.1 Schwerbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	480,0	2.400	1,630	90,0	18,00	0,123
	0,265		495,8	1.871				1,386

Wärmeübergangswiderstand Aussen: 0,13 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Innen: 0,13 m²K/W

R-Wert: 0,13 + 1,39 + 0,13 = **1,65 m²K/W**

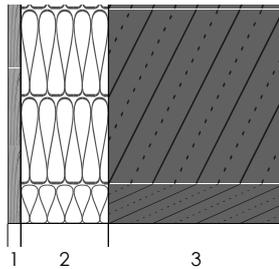
U-Wert (k-Wert): **0,61 W/m²K**

Abbildung 21 – Aufbau Wohnungstrennwand [ECO01]

Bei der Wohnungstrennwand wurde einseitig eine Vorsatzschale als Installationsebene angenommen.

2.1.4.2.3 Stiegenhaustrennwand

Die Trennwand zwischen Wohnungen und Stiegenhaus hat wohnungsseitig eine stärkere Vorsatzschale mit 10 cm Dämmung, um den Querwärmestrom zu vermindern, da das Stiegenhaus eine unbeheizte Zone darstellt.



Aufbau des Bauteils

	Dick e [m]	Bezeichnung	Fl.gew. [kg/m ²]	Ra.gew. [kg/m ³]	Lambda a [W/m K]	mue -	sd [m]	D-Wert [m ² *K/W]
1.	0,015	5.2 Bauplatten aus Gipskarton (bis 18mm)	15,0	1.000	0,340	16,5	0,25	0,044
2.	0,100	ISOVER-Piano-Trennwand-Klemmfalz TW-KF 100	1,6	16	0,041	1,0	0,10	2,439
3.	0,200	1.1 Schwerbetone, Ortbetone, Rohdichte 2400	480,0	2.400	1,630	90,0	18,00	0,123
	0,315		496,6	1.577				2,606

Wärmeübergangswiderstand Aussen: 0,13 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Innen: 0,13 m²K/W

R-Wert: 0,13 + 2,61 + 0,13 = **2,87 m²K/W**

U-Wert (k-Wert): 0,35 W/m²K

Abbildung 22 – Aufbau Stiegenhaus [ECO01]

2.1.5 Thermische Hülle - Zonenfestlegung

Die thermische Hülle wurde gleich der Außenhülle des jeweiligen Gebäudes festgelegt. Einzelne thermische Zonen werden durch die Wohnungen (3 x 15 = 45 Tops) und durch das jeweilige Stiegenhaus (3 Stk.) gebildet. Jede thermische Zone „Top XY“ ist über eine Wohnungseingangstür mit dem jeweiligen Stiegenhaus verbunden. Dies wird in der Simulation durch den Punkt „Mixing“, als genau abgegrenzter Luftwechsel zwischen den Zonen wie folgt simuliert:

Annahme	Wert	Begründung
Air Flow	0,001 m ³ /s	= 3,6 m ³ /h x 3 Std. = 10,8 m ³ je Tag und Wohnung entspricht 0,001 m ³ /s
Time	06.00 - 07.00 12.00 - 13.00 17.00 - 18.00	Zeiten, in welchen Wohnungen hauptsächlich verlassen und betreten werden 3 Stunden/Tag

Tabelle 10 – Mixing Einstellungen

2.1.6 Lüftungsanlage

Hohe Effizienz wird hier nur dann erreicht, wenn die Reduktion der Lüftungswärmeverluste nicht mit einem hohen Einsatz an Strom erkauft wird. Voraussetzung hierfür sind sowohl stromsparende Ventilatoren, als auch geringe Druckverluste in der Anlage. Unter diesen Voraussetzungen kann eine Jahresarbeitszahl von 10 bis 15 erreicht werden (Verhältnis von eingesetzter Heizwärme zu eingesetztem Strom) [FEI02].

2.1.6.1 Lüftung

Die Volumenstrom gesteuerte Lüftungsanlage wurde nach den Passivhauskriterien wie folgt definiert:

Bezeichnung	Wert	Begründung
Supply Input & Output	0,03 m ³ /s	0,5/h lt. Vorgabe, d.h. 0,5 x 200 m ³ = 100 m ³ /h 100 m ³ /h / 3.600 s/h = ca. 0,03 m ³ /s
Pressure Rise	400 Pa	$W = m^3/s \times \Delta P \times 1/\eta$ $0,03 \times \Delta P \times 1/0,7 = 0,4 \times 0,03$, d.h. $\Delta P = (0,4 \times 0,7)/(0,03 \times 0,03) = \text{mind. } 311 \text{ Pa}$
Total Effectiveness	0,7	lt. Haustechnik, Wirkungsgrad: 70%
Part to air	0,9	direkter Übergang, sowie Wärmeabgabe in der thermischen Zone
Recovery Unit Max. Heat Recovery	0,8	Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung: 80% Gegenstromwärmeübertrager [FEI02]

Tabelle 11 – Lüftungsanlage Einstellungen für Standardwohnung 80 m²

Bezeichnung	Wert	Begründung
Supply Input & Output	0,02 m ³ /s	0,5/h lt. Vorgabe, d.h. 0,5 x 125 m ³ = 62,5 m ³ /h 62,50 m ³ /h / 3.600 s/h = ca. 0,02 m ³ /s
Pressure Rise	400 Pa	$W = m^3/s \times \Delta P \times 1/\eta$ mind. 311 Pa
Total Effectiveness	0,7	lt. Haustechnik, Wirkungsgrad: 70%
Part to air	0,9	direkter Übergang, sowie Wärmeabgabe in der thermischen Zone
Recovery Unit Max. Heat Recovery	0,8	Wirkungsgrad Wärmerückgewinnung: 80% Gegenstromwärmeübertrager [FEI02]

Tabelle 12 - Lüftungsanlage Einstellungen für Standardwohnung 50 m²

2.1.6.2 Heizung (Heizregister)

In [FEI02] wird bestätigt, dass das Maximum der Heizleistung (Heizlast - Auslegungskriterium für die Leistung des Heizsystems) bei Häusern mit nennenswerter passiver Solarnutzung nicht bei der minimalen Außentemperatur erreicht wird, sondern bei bewölktem Wetter mit moderaten Außentemperaturen um 0 °C.

Feist belegt hier auch, dass eine radikale Leistungsbegrenzung auf 10 W/m² im mitteleuropäischen Klima eine volle Funktionalität der Haustechnik ermöglicht.

Daraus begründet sich auch die nachstehend vorgenommene Begrenzung der Heizleistung des Heizregisters für die Zuluft im Lüftungssystem je nach Wohnungstyp.

Bezeichnung	Wert	Begründung
Heating Coil Max Power	0,8 kW	Standardwohnungen zwischen 88 und 80 m ² =10 W/m ² x 80 m ² = 800 W entspricht ca. 0,8 kW
Heating Set point	22 °C	Standardwohnraumtemperatur [IEA96] Statistische Abdeckung der Performanceanforderung der Bevölkerung im europäischen Schnitt: 85%

Tabelle 13 – Lüftungsanlage Heizung Einstellungen für Standardwohnung groß (80-88m²)

Bezeichnung	Wert	Begründung
Heating Coil Max Power	0,5 kW	Standardwohnungen 50 m ² =10 W/m ² x 50 m ² = 500 W entspricht ca. 0,5 kW
Heating Set point	22 °C	Standardwohnraumtemperatur [IEA96] Statistische Abdeckung der Performanceanforderung der Bevölkerung im europäischen Schnitt: 85%

Tabelle 14 - Lüftungsanlage Heizung Einstellungen für Standardwohnung klein (50 m²)

2.1.7 Personenlast (people load)

Hier wurde von einer für den sozialen Wohnbau üblichen Standardbelegung ausgegangen, wodurch es zu einer etwas über dem Durchschnitt liegenden Belegung kommt. Der Grenzwert von mindestens 20 m² Wohnnutzfläche je Person bleibt aber unberührt. Hierbei wurde von Standardpersonen mit einer Feuchteproduktion von 0,06 kg/h und einer Wärmeproduktion von 0,1 kW ausgegangen. Kinder wurden als 75 prozentige Belastungspersonen dargestellt. Daraus ergibt sich für die größeren Wohnungen eine Standardbelegung von 3,5 Personen und für die kleineren Wohnungen eine Belegung von 2 Personen.

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Belastung - Nacht	3,5 Personen	Standardfamilie – 2 Erwachsene (je 100 %), 2 Kinder (je 75 %)
1.2 Zeitlicher Rahmen	20.00-07.00 Uhr	Abend und Nacht
2.1 Belastung - Mo - Fr 01	1 Person	z.B. Hausfrau, oder Kinder
2.2 Zeitlicher Rahmen	17.00-20.00 Uhr	Grundbelastung der Wohnung durch eine verbleibende Person
3.1 Belastung – Mo - Fr 02	2,5 Personen	1 Erwachsener, 2 Kinder
3.2 Zeitlicher Rahmen	13.00-15.00 Uhr	Hausübung, usw.
4.1 Belastung - Sa, So 01	2,5 Personen	1 Erwachsener, 2 Kinder
4.2 Zeitlicher Rahmen	07.00-10.00 Uhr 12.00-13.00 Uhr	Sportliche oder sonstige Aktivitäten einer Person
5.1 Belastung - Sa, So 02	3,5 Personen	2 Erwachsene, 2 Kinder
5.2 Zeitlicher Rahmen	19.00-20.00 Uhr	z.B. Abendgestaltung

Tabelle 15 – Personenlast Standardwohnung groß

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Belastung - Nacht	2 Personen	Standardfamilie – 2 Erwachsene
1.2 Zeitlicher Rahmen	20.00-07.00 Uhr	Abend und Nacht
2.1 Belastung - Mo - Fr 01	1 Person	z.B. Hausfrau
2.2 Zeitlicher Rahmen	17.00-20.00 Uhr	Grundbelastung der Wohnung durch eine verbleibende Person
3.1 Belastung – Mo - Fr 02	2 Personen	2 Erwachsene
3.2 Zeitlicher Rahmen	12.00-13.00 Uhr	Mittagspause, usw.
4.1 Belastung - Sa, So 01	1 Personen	1 Erwachsener
4.2 Zeitlicher Rahmen	07.00-13.00 Uhr	Sportliche oder sonstige Aktivitäten einer Person
5.1 Belastung - Sa, So 02	2 Personen	2 Erwachsene
5.2 Zeitlicher Rahmen	19.00-20.00 Uhr	z.B. Abendgestaltung

Tabelle 16 – Personenlast Standardwohnung klein

2.1.8 Beleuchtung (Lightning)

Die Einstellung der Beleuchtung (Glühbirnen) im Stiegenhausbereich und in den Wohnungen wurde abhängig von der Tageslichteinstrahlung (solar limit 0,2 kW) vorgenommen.

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Grundbelastung	0,06 kW	Task Lightning – Grundbeleuchtung 1 x 60W Glühbirnen (Vorraum)
1.2 Zusätzliche Belastung	0,12 kW	General Lightning – Tageslicht gesteuert 3 x 60W und 2 x 40W Glühbirnen (Wohnzimmer, Bad, WC, Schlafzimmer, Kinderzimmer), Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,5
1.3 Zeitlicher Rahmen	Mo – Fr 06.00-08.00 Uhr 19.00-23.00 Uhr Sa, So 08.00-09.00 Uhr 19.00-23.00 Uhr	Wochentags Frühbelegung Nachmittagsbelegung Wochenende Belegung nur Vormittag und Abend

Tabelle 17 – Licht Standardwohnung groß

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Grundbelastung	0,06 kW	Task Lightning – Grundbeleuchtung 1 x 60W Glühbirnen (Vorraum)
1.2 Zusätzliche Belastung	0,06 kW	General Lightning – Tageslicht gesteuert 3 x 60W und 2 x 40W Glühbirnen (Wohnzimmer, Bad, WC, Schlafzimmer, Kinderzimmer), Gleichzeitigkeitsfaktor: 0,5
1.3 Zeitlicher Rahmen	Mo – Fr 06.00-08.00 Uhr 19.00-23.00 Uhr Sa, So 08.00-09.00 Uhr 19.00-23.00 Uhr	Wochentags Frühbelegung Nachmittagsbelegung Wochenende Belegung nur Vormittag und Abend

Tabelle 18 – Licht Standardwohnung klein

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Belastung	0,40 kW	General Lightning – Tageslicht gesteuert 10 Podeste mit je 40 W Glühbirnen
1.2 Zeitlicher Rahmen	06.00-08.00 Uhr 20.00-21.00 Uhr 22.00-23.00 Uhr	Stiegenhauslicht muss immer zur Verfügung stehen, vereinfacht brennt es ca. 4 Std./Tag

Tabelle 19 – Licht Stiegenhaus

2.1.9 Technische Wärmequellen (Equipment)

Hier wurde der Betrieb von Standcomputer, TV und Kochstelle simuliert. Folgende Definitionen wurden verwendet.

Bezeichnung	Wert	Begründung
Belastung	0,045 kW	TV: 50W Kochstelle: 105W
Zeitlicher Rahmen	07.00-08.00 Uhr 16.00-18.00 Uhr	Früh: TV (14 min.), Kochstelle kurz (15 min.) Nachmittag: TV (108 min.)
Belastung	0,105 kW	Kochstelle: 105W
Zeitlicher Rahmen	12.00-13.00 Uhr	Mittagspause: Kochstelle, TV
Belastung	0,12 kW	TV: 50W, PC: 70 W [DRE02]
Zeitlicher Rahmen	19.00-22.00 Uhr	Abendprogramm: Standcomputer, TV

Tabelle 20 – Technische Wärmequellen

2.1.10 Feuchtelast (moisture load)

Für das Stiegenhaus und die Wohnungen wurde jeweils eine Reinigungsbelastung festgelegt. Für die Wohnungen wurde zusätzliche Belastungen wie Pflanzen und Wäsche trocknen definiert.

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Wasseranfall - Reinigung	0,5 kg/h	[BSI02]
1.2 Zeitlicher Rahmen	Mo, Mi, Sa 06.00-07.00 Uhr	Annahme: beauftragte Reinigungsfirma Standardputzzeiten, 3 mal pro Woche

Tabelle 21 – Feuchtelast Stiegenhaus

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Pflanzenbelastung	50g/h	4 Zimmerpflanzen (5-10g/h) und ein mittelgroßer Gummibaum (10-20 g/h) [DRE02]
1.2 Zeitlicher Rahmen	immer	Pflanzen verbleiben im Stadtbereich üblicherweise das ganze Jahr in den Wohnungen
2.1 Reinigungsbelastung	450 g/h	[BSI02]
2.2 Zeitlicher Rahmen	Mo, Mi, Fr 18.00-19.00 Uhr	Standardputzzeiten, 3 mal pro Woche
3.1 Wäsche trocknen	150 g/h	[DRE01] 50g/(h und kg Wäsche)
3.2 Zeitlicher Rahmen	Mo – Sa 08.00-12.00 Uhr	tägliche eine Wäschetrommel mit ca. 3,0 kg zum Trocknen

Tabelle 22 – Feuchtelast Standardwohnung groß

Bezeichnung	Wert	Begründung
1.1 Pflanzenbelastung	50 g/h	4 Zimmerpflanzen (5-10 g/h) und ein mittelgroßer Gummibaum (10-20 g/h) [DRE01]
1.2 Zeitlicher Rahmen	immer	Pflanzen verbleiben im Stadtbereich üblicherweise das ganze Jahr in den Wohnungen
2.1 Reinigungsbelastung	450 g/h	[BSI02]
2.2 Zeitlicher Rahmen	Mo, Mi, Fr 18.00-19.00 Uhr	Standardputzzeiten, 3 mal pro Woche
3.1 Wäsche trocknen	150 g/h	[DRE01] 50 g/(h und kg Wäsche)
3.2 Zeitlicher Rahmen	Mo, Mi, Sa 08.00-12.00 Uhr	3 x / Woche eine Wäschetrommel mit ca. 3,0 kg zum Trocknen

Tabelle 23 – Feuchtelast Standardwohnung klein

2.1.11 Natürliche Lüftung (Venting)

Die Lüftung erfolgt über gekippte Fenster bzw. Fenstertüren in den Wohnungen und im Stiegenhaus in Abhängigkeit von der Raumtemperatur ($> 24\text{ °C}$). Um sicherzustellen, dass keine wärmere Luft im Sommer eingebracht wird als in der Wohnung vorhanden ist, wurde die Lüftungszeit auf die Nachtstunden begrenzt.

Bezeichnung	Wert	Begründung
Set Point	$> 24\text{ °C}$	Erreichen der Behaglichkeitsobergrenze im Sommer
Luftwechsel (BAC)	2,0/h	[DRE01], zwei Fassadenebenen der Lüftungsöffnungen, alle Lüftungsflügel gekippt
Zeit	April – September 20.00 – 07.00 Uhr	Zeitlicher Abschnitt der Überwärmung im Sommer (durch Simulation ohne Lüften ermittelt) Nachtlüftung zum Abkühlen der Raumtemperaturen

Tabelle 24 – natürliche Lüftung Einstellungen

2.1.12 Restinfiltration (infiltration)

Aufgrund der Annahme der luftdichten Projektierung von Passivhaussystemen wird hier im Bereich der **Wohnungen** von einem minimalen Restwert ($0,000001/h$) ausgegangen, der praktisch **Null** darstellt.

Im **Stiegenhaus** wurde die Infiltration mit einer Luftwechselzahl (Basic Air Change) von **0,2/h** festgelegt. Diese Festlegung erfolgt aufgrund der häufig verwendeten Hauseingangstüren und möglicherweise zwischendurch geöffneten oder gekippten Fenster im Stiegenhaus.

2.1.13 Wetterdaten

Die Wetterdaten werden durch die im Jahr 1997 durch die Hohe Warte stündlich gemessenen Werte wie nachfolgend angeführt gebildet.

Bezeichnung	M	D	H	Direkte Strahlung	Diffuse Strahlung	Trocken Temp.	Relative Luftfeuchte	Wind Geschw.	Wind Richtung
Einheit				W/m ²	W/m ²	°C	-	m/s	deg

Tabelle 25 - Wetterdatenformat

Die Bodentemperatur in Wien im Anschlussbereich zum Fußbodenaufbau (= -1,75 m unter Niveau) wurde als Sinuswelle mit einem Maximalwert von 12 °C am 10.08.1997 und einem Minimalwert von 9 °C definiert.

2.2 SPEZIFIKATION DER UNTERSUCHTEN RISIKO - VARIANTEN

2.2.1 Allgemeines – Grundlagen

Um aussagekräftige Ergebnisse der Risikovarianten zu erhalten, war grundlegend die Fragestellung zu beantworten, inwiefern eine Bewertung mit Simulationsverfahren bei Passivhäusern dabei zulässig ist. Feist stellt in [FEI02] dazu wie folgt fest:

1. Simulation und Messung stimmen in Bezug auf die für Passivhäuser entscheidenden Eigenschaften überein: Sowohl die langen Zeitkonstanten für Temperaturveränderungen als auch die nahezu räumlich isothermen Verhältnisse innerhalb der Hülle (einschließlich aller Oberflächen) werden durch Messungen bestätigt.
2. Berücksichtigt man den inneren Wärmeaustausch zwischen den Wohnungen mit einem Mehrzonenmodell (hier gegeben), so steigt das Bestimmtheitsmaß (Quadrat des Korrelationskoeffizienten) auf 0,42 (hoch signifikant).

2.2.2 Risikoanalyse und Variantenfestlegung

Risikoanalysen betreffend des Nutzerverhaltens in Passivhaussystemen, vor allem in Bezug auf den Energieverbrauch und Primärenergiekennwerte insbesondere durch Auswirkungen von Vorhängen an der Südseite, Fensterverschmutzung, geöffneten Fenstern (nur täglich), der Raum – Soll – Temperatur und des Stromverbrauches wurden in [FEI97] vorgenommen. Vor allem zeigt sich hier, dass das Kippen eines Fensters für mehr als eine Stunde pro Tag in der Heizperiode wesentlich über dem Passivhausniveau liegende Heizenergiekennwerte verursacht.

Die Risiken, die durch die Analysen aufgezeigt wurden, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst und werden hier nicht näher behandelt.

Nutzerverhalten	Beschreibung	Auswirkungen	Bewertung
Vorhänge innen	heller und dunkler Stoff mit unterschiedlichem Lochanteil	Keinen entscheidenden Einfluss auf den Heizwärmebedarf. [+0,6 bis - 0,4 kWh/(m ² a)] Eventuell erhöhte thermische Spannungen in den Verglasungen durch Reflexion an den Verschattungselementen.	kein überdurchschnittliches Risiko
Verschmutzung Fenster	nach DIN 5034	Übliche Verschmutzungsgrade haben keinen starken Einfluss. Starke Verschmutzung kann zu einem Anstieg des spezifischen Heizwärmebedarfs um bis zu 2,5 kWh/(m ² a) führen. Praktisch keine Beeinflussung der Heizlast.	Kein überdurchschnittliches Risiko
Lüftungsverhalten	Gekippte und geöffnete Fenster	Eine Stunde Kippen führt zu einem Anstieg des Heizwärmebedarfs um 2 kWh/(m ² a). Bei ständigem Lüften kommt es zu einer erhöhten Heizleistung und dadurch gegebenenfalls zu Komforteinbußen.	Risiko einer Komforteinschränkung bei einer täglichen Lüftung über 1 Stunde.
Raumluft Solltemperatur -	Variationen der Solltemperatur	Erhöhung um 1 K erhöht den Heizwärmebedarf um bis zu 20%. Verschiebung des Heizwärmebedarfes zwischen den Wohneinheiten, beeinflusst kaum den Gesamtenergiebedarf.	Risiko einer Komforteinschränkung beim Überschreiten der vorhandenen Heizlast.

Tabelle 26 – Risikobewertung Nutzerverhalten laut [FEI97]

Die nachfolgenden Varianten wurden als mit besonderem Risiko behaftet festgelegt und genauer spezifiziert. Die dahingehenden Simulationen wurden wegen des modulartigen Aufbaus der Wohnanlage, an nur einem Modul vorgenommen (Südgebäude = 1 Modul = 1 Stiegenhaus & 15 Wohnungen).

2.2.3 Variante A (leer stehende Wohnungen U-Wert $Trennwand = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Variante A stellt das Risiko von unbewohnten Wohnungen und deren Auswirkungen auf eine dazwischen situierte bewohnte Wohnung dar. Im Sinne der Risikoanalyse wurde hier von einem „worst case – Szenario“ ausgegangen und sämtliche Wohnungen, welche an die untersuchte Wohnung angrenzen, als unbewohnt angenommen. Dabei wurde die Standardbelegung für die unbelegten Wohnungen wie folgt verändert:

- keine Verschattung durch Jalousien
- kein Licht, keine Personenlasten, keine technischen Wärmequellen, keine Feuchtelasten, kein natürliches oder mechanisches Lüften
- keine Zonenvermischung über Luftmassen

Variante	Untersuchte Wohnung	Beschreibung	Unbelegte Wohnungen
A 1	Top 0302 (50 m ² Wohnung)	EG, Mitte	Top 0301, 0303, 0304, 0305, 0306
A 2	Top 0314 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
A 3	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
A 4	Top 0315 (80 m ² Wohnung)	DG, östlich	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0314

Tabelle 27 – Variantenspezifikation A

2.2.4 Variante B (Raucher Wohnung – zeitweise 6-facher Normluftwechsel)

Variante B behandelt das Risiko der Beeinflussung des Heizwärmebedarfs und der Heizlast durch die erhöhte Lüftung einer Raucherwohnung. Gemäß ÖN H 6000 – 3 ist bei Raucherwohnungen der 6 – fache Mindestluftwechsel anzusetzen, das heißt $n = 3$. Nach der Befragung mehrerer Raucher wurde folgendes Verhalten als Standard angenommen:

Lüftungsart: Stoßlüftung (Infiltration)

Luftwechselzahl: 2,5

Darauf begründet, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit im Vorraum, Schlafzimmer, WC und Bad nicht geraucht wird, die Luftwechselzahl aber auf die ganze Wohnung bezogen ist und dadurch ein effektiver Luftwechsel von $n = 4$ ($200 \text{ m}^3 \times 2,5 / 125 \text{ m}^3$) in Bezug auf den Wohnraum und Küche gegeben ist.

Zeitliche Abfolge: Mo – Fr 8., 21. Stunde

Sa, So 9., 14., 21. Stunde

Variante	Untersuchte Wohnung	Beschreibung	Einfluss auf die Wohnungen
B 1	Top 0302 (50 m ² Wohnung)	EG, Mitte natürliche Lüftung	Top 0301, 0303, 0304, 0305, 0306
B 2	Top 0314 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte natürliche Lüftung	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
B 3	Top 0315 (80 m ² Wohnung)	DG, östlich natürliche Lüftung	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
B 4	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich natürliche Lüftung	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0314

Tabelle 28 – Variantenspezifikation B

2.2.5 Variante C (erhöhter „Heizungssetpoint“ 24 °C bzw. 26 °C)

Untersuchung des Risikos der Überschreitung der gegebenen Heizlast und dadurch bedingte Komforteinbußen, sowie massive Erhöhung des Heizwärmebedarfs, durch erhöhte Querwärmeströme zu angrenzenden Wohnungen, bei Erhöhung der Raumsolltemperatur auf 24 °C bzw. 26 °C (Δt zur Nachbarwohnung 2 K bzw. 4 K) während der Heizperiode (Woche 39 – 19).

Variante	Untersuchte Wohnung	Beschreibung	Auswirkungen auf Wohnungen
C 1	Top 0314 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte Set point: 24°C	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
C 2	Top 0314 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte Set point: 26°C	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
C 3	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich Set point: 24°C	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
C 4	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich Set point: 26°C	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
C 5	Top 0315 (80 m ² Wohnung)	DG, östlich Set point: 24°C	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0314

Tabelle 29 – Variantenspezifikation C

2.2.6 Variante D (10 Tage Winterurlaub mit offenem Fenster)

Hier wird folgendes Risiko – Szenario als „worst-case“ angenommen:

Die Wohnung steht in der Zeit vom 30.12. – 06.01. leer. Die Bewohner lassen alle Jalousien in Verschattungsposition und die Fenster bleiben gekippt. Untersucht werden hier der Anstieg des Heizwärmeverbrauchs und etwaige Komforteinbußen durch Überschreitung der Heizlast in sämtlichen angrenzenden Wohnungen. In der gegenständlichen Wohnung gibt es in dieser Zeit auch keine inneren Wärmegewinne durch technische Wärmequellen, Personen oder Licht. Der setpoint der Lüftungsanlage wurde einmal bei 24 °C belassen und für die weiteren Fälle auf 5 °C, das heißt auf Frostschutz, gestellt.

Variante	Untersuchte Wohnung	Beschreibung	Auswirkungen auf Wohnungen
D 1	Top 0302 (50 m ² Wohnung)	EG, Mitte Heizung normal	Top 0301, 0303, 0304, 0305, 0306
D 2	Top 03014 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte Heizung Frostschutz	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
D 3	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich Heizung Frostschutz	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
D 4	Top 0315 (80 m ² Wohnung)	DG, östlich Heizung Frostschutz	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0314

Tabelle 30 – Variantenspezifikation D

2.2.7 Variante E (leer stehende Wohnungen U-Wert $Trennwand = 2,61 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Hier werden die Angaben der Variante A wieder aufgenommen, jedoch wird der Aufbau der Wohnungstrennwand verändert. Die Wohnungstrennwand wird hier nur durch eine 20 cm starke Betonwand mit beidseitiger Spachtelung gebildet ($U = 2,61 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Dies soll zeigen inwieweit die Dämmung zwischen den Wohnungen für das Erreichen der Komfortkriterien maßgeblich ist.

Variante	Untersuchte Wohnung	Beschreibung	Unbelegte Wohnungen
E 1	Top 0302 (50 m ² Wohnung)	EG, Mitte	Top 0301, 0303, 0304, 0305, 0306
E 2	Top 03014 (50 m ² Wohnung)	DG, Mitte	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0315
E 3	Top 0303 (80 m ² Wohnung)	EG, östlich	Top 0301, 0302, 0304, 0305, 0306
E 4	Top 0315 (80 m ² Wohnung)	DG, östlich	Top 0310, 0311, 0312, 0313, 0314

Tabelle 31 – Variantenspezifikation E

2.2.8 Variante F (Leerlaufemperatur, Temperaturverlauf ohne Stromversorgung)

Im Fall F1 wurde für ein vollständig leer stehendes Gebäude die Leerlaufemperatur errechnet, insbesondere in Bezug auf das Risiko von Temperaturen unter 0 °C im Gebäude (unwahrscheinlich aber nicht gesichert).

Um abwägen zu können inwiefern Notkammine in diesem Gebäude notwendig erscheinen, wurde im Fall F2 errechnet welche Temperaturen sich bei einem kompletten Stromausfall über ein Jahr einstellen. Das heißt, hier wurden keine mechanische Lüftungsanlagen, keine technischen Wärmequellen und keine Wärmegewinne aus künstlichem Licht berücksichtigt.

Das Kochen ohne Einzelofen und zugehörigem Notkamin stellt ein Problem dar, welches bei weiteren allgemeinen Untersuchungen zu Notkaminen zu berücksichtigen wäre. Da dieses Problem jedoch bauphysikalisch nicht relevant ist, wurde es in der gegenständlichen Untersuchung nicht weiter behandelt.

Variante	Untersuchte Wohnungen	Beschreibung	Risiko
F 1	Alle	Temperaturverlauf bei Stromausfall nur mit Personenlasten und natürlicher Lüftung, sowie Verschattung. Stoßlüftung: n=1 Zeit: Stunde 7,13,18,22	Bauen ohne Notkamin
F 2	Alle	Leerlauftemperatur ohne Lasten, ohne Verschattung	Temperaturen < 0°C

Tabelle 32 – Variantenspezifikation F

3 BERECHNUNG UND ERGEBNISDARSTELLUNG

Mit Hilfe von BSim2000 wurde für jede thermische Zone die Raumlufttemperatur, die Oberflächentemperatur und die empfundene Temperatur (T_{opt}) sowie der Heizwärmebedarf errechnet. Die Gebäudesimulation wurde mit 2 Zeitschritten pro Stunde durchgeführt. Simuliert wurde das Jahr 1997 (Startzeitpunkt Mai), wobei ein Monat vorsimuliert wurde, um das System zu stabilisieren und akzeptable Anfangsbedingungen für die Simulation sicherzustellen. Im Nachbargebäude wurde eine konstante Temperatur von 10 °C angenommen.

3.1 ERGEBNIS DER STANDARDVARIANTE

Simuliert wurden hier das Nord- und das Südgebäude, wobei die Passivhauskriterien gesamt erfüllt und in jeder Wohnung die Performancekriterien eingehalten wurden (siehe auch nachstehende Tabelle).

Gebäude	Stiege	Top	WNF [m ²]	Heizwärme- bedarf [kWh/a]	Heizwärme- bedarf [kWh/(m ² a)]	Stunden [% von 8760 Std.]			
						< 20 °C	> 21°C	> 24 °C	>27°C
Süd	03	01	88,53	1.234	13,94	0,00%	100,00%	2,10%	0,00%
		02	49,14	514	10,46	0,00%	100,00%	5,70%	0,00%
		03	79,77	1.130	14,17	0,00%	100,00%	4,90%	0,00%
		04	88,53	568	6,42	0,00%	100,00%	10,80%	0,00%
		05	49,14	242	4,92	0,00%	100,00%	13,50%	0,00%
		06	79,77	623	7,81	0,00%	100,00%	12,40%	0,00%
		07	88,53	581	6,56	0,00%	100,00%	13,10%	0,00%
		08	49,14	244	4,96	0,00%	100,00%	14,60%	0,00%
		09	79,77	632	7,92	0,00%	100,00%	13,60%	0,00%
		10	88,53	572	6,46	0,00%	100,00%	14,30%	0,00%
		11	49,14	247	5,03	0,00%	100,00%	15,60%	0,00%
		12	79,77	648	8,12	0,00%	100,00%	14,50%	0,00%
		13	52,36	993	18,96	0,00%	100,00%	16,60%	0,00%
		14	27,10	542	20,02	0,00%	100,00%	19,10%	0,00%
		15	49,14	967	19,69	0,00%	100,00%	16,90%	0,00%
		STG03				52,20%	45,30%	17,90%	0,00%
Südgebäude gesamt			998,36	9.848	9,86				

Tabelle 33 – Südgebäude Standardbelegung

Gebäude	Stiege	Top	WNF [m ²]	Heizwärme- bedarf [kWh/a]	Heizwärme- bedarf [kWh/(m ² a)]	Stunden [% von 8760 Std.]				
						< 20 °C	> 21 °C	> 24 °C	>27 °C	
Nord	01	01	88,53	2.312	26,12	0,00%	88,00%	5,80%	0,00%	
		02	49,14	1.785	36,33	13,30%	75,00%	7,40%	0,00%	
		03	79,77	1.586	19,89	0,00%	100,00%	7,30%	0,00%	
		04	88,53	802	9,05	0,00%	100,00%	12,50%	0,00%	
		05	49,14	607	12,35	0,00%	100,00%	11,20%	0,00%	
		06	79,77	344	4,32	0,00%	100,00%	14,30%	0,00%	
		07	88,53	570	6,43	0,00%	100,00%	14,00%	0,00%	
		08	49,14	263	5,35	0,00%	100,00%	15,10%	0,00%	
		09	79,77	337	4,22	0,00%	100,00%	15,40%	0,00%	
		10	88,53	517	5,84	0,00%	100,00%	16,70%	0,00%	
		11	49,14	272	5,53	0,00%	100,00%	17,30%	0,00%	
		12	79,77	354	4,44	0,00%	100,00%	16,60%	0,00%	
		13	52,36	946	18,07	0,00%	100,00%	17,80%	0,00%	
		14	27,10	528	19,50	0,00%	100,00%	20,10%	0,00%	
		15	49,14	700	14,25	0,00%	100,00%	19,20%	0,00%	
	STG01					59,50%	36,90%	12,40%	0,00%	
	02	01	88,53	340	3,84	0,00%	100,00%	39,20%	3,30%	
		02	49,14	616	12,53	0,00%	100,00%	9,90%	0,00%	
		03	79,77	1.240	15,55	0,00%	100,00%	6,50%	0,00%	
		04	88,53	311	3,52	0,00%	100,00%	20,70%	0,00%	
		05	49,14	259	5,27	0,00%	100,00%	15,10%	0,00%	
		06	79,77	592	7,42	0,00%	100,00%	14,20%	0,00%	
		07	88,53	338	3,82	0,00%	100,00%	16,20%	0,00%	
		08	49,14	261	5,32	0,00%	100,00%	16,00%	0,00%	
		09	79,77	593	7,44	0,00%	100,00%	15,30%	0,00%	
		10	88,53	366	4,14	0,00%	100,00%	16,60%	0,00%	
		11	49,14	261	5,32	0,00%	100,00%	17,30%	0,00%	
		12	79,77	608	7,62	0,00%	100,00%	16,40%	0,00%	
		13	52,36	704	13,45	0,00%	100,00%	19,40%	0,00%	
		14	27,10	518	19,12	0,00%	100,00%	20,20%	0,00%	
		15	49,14	876	17,83	0,00%	100,00%	18,90%	0,00%	
		STG 02					66,70%	30,00%	6,80%	0,00%
		Nordgebäude gesamt			1.996,72	19.809	9,92			

Tabelle 34 – Nordgebäude Standardbelegung

Aufgrund der gegebenen Temperatursbewertungen wurde ebenfalls sichergestellt, dass die gewünschte resultierende Temperatur von 22 °C mit der gegebenen Heizleistung von 10 W/m² erreicht wird. Somit genügt das Gebäude den Komfortansprüchen. Das Nordgebäude weist aufgrund der Verschattung durch das Südgebäude einen minimal erhöhten Heizwärmebedarf auf. Das liegt vor allem daran, dass in der Simulation auch der Wärmegewinn aus diffuser Solarstrahlung berechnet wird und sich Unterschiede im solaren Energiegewinn nur an Tagen mit direkter Solarstrahlung ergeben.

In nachfolgender Tabelle ist der Vergleich Heizwärmebedarf zu verbrauchter Energie (Strom) des Ventilators der Lüftungsanlage dargestellt. Wobei hier jeweils Ganzjahressummen dargestellt sind.

Für den direkten Vergleich über die Heizperiode müssten die Stromverbräuche der Ventilatoren auf annähernd die Hälfte reduziert werden, da es aufgrund der bedingten Leerlauftemperatur (Fall F2) möglich ist auf eine Frischluftbeheizung zu verzichten und die mechanische Lüftungsanlage zumindest für den Zeitraum Mai bis Oktober (6 Monate) auszuschalten.

Gebäude	Stiege	Top	WNF [m ²]	Heizwärme- bedarf [kWh/a]	Heizwärme- bedarf [kWh/(m ² a)]	Ventilator Stromverbrauch ganzjährig [kWh/a]	Ventilator Stromverbrauch [kWh/(m ² a)]	Ventilator / Heizwärme [%]
Nord	01	01	88,53	2.312	26,12	300	3,39	13%
		02	49,14	1.785	36,33	200	4,07	11%
		03	79,77	1.586	19,89	300	3,77	19%
		04	88,53	802	9,05	300	3,39	37%
		05	49,14	607	12,35	200	4,07	33%
		06	79,77	344	4,32	300	3,77	87%
		07	88,53	570	6,43	300	3,39	53%
		08	49,14	263	5,35	200	4,07	76%
		09	79,77	337	4,22	300	3,77	89%
		10	88,53	517	5,84	300	3,39	58%
		11	49,14	272	5,53	200	4,07	74%
		12	79,77	354	4,44	300	3,77	85%
		13	52,36	946	18,07	300	5,74	32%
		14	27,10	528	19,50	200	7,39	38%
		15	49,14	700	14,25	300	6,11	43%
	02	01	88,53	340	3,84	300	3,39	88%
		02	49,14	616	12,53	200	4,07	33%
		03	79,77	1.240	15,55	300	3,77	24%
		04	88,53	311	3,52	300	3,39	96%
		05	49,14	259	5,27	200	4,07	77%
		06	79,77	592	7,42	300	3,77	51%
		07	88,53	338	3,82	300	3,39	89%
		08	49,14	261	5,32	200	4,07	77%
		09	79,77	593	7,44	300	3,77	51%
		10	88,53	366	4,14	300	3,39	82%
		11	49,14	261	5,32	200	4,07	77%
		12	79,77	608	7,62	300	3,77	49%
		13	52,36	704	13,45	300	5,74	43%
		14	27,10	518	19,12	200	7,39	39%
		15	49,14	876	17,83	300	6,11	34%
Nordgebäude gesamt			1.996,72	19.809	9,92	8.009	4,01	

Tabelle 35 – Vergleich Energieverbrauch Heizspirale/Ventilator Lüftung - Nordgebäude

Gebäude	Stiege	Top	WNF	Heizwärme- bedarf	Heizwärme- bedarf	Ventilator Stromverbrauch ganzjährig	Ventilator Stromverbrauch	Ventilator / Heizwärme
			[m ²]	[kWh/a]	[kWh/(m ² a)]	[kWh/a]	[kWh/(m ² a)]	[%]
Süd	03	01	88,53	1.234	13,94	300	3,39	24%
		02	49,14	514	10,46	200	4,07	39%
		03	79,77	1.130	14,17	300	3,77	27%
		04	88,53	568	6,42	300	3,39	53%
		05	49,14	242	4,92	200	4,07	83%
		06	79,77	623	7,81	300	3,77	48%
		07	88,53	581	6,56	300	3,39	52%
		08	49,14	244	4,96	200	4,07	82%
		09	79,77	632	7,92	300	3,77	48%
		10	88,53	572	6,46	300	3,39	53%
		11	49,14	247	5,03	200	4,07	81%
		12	79,77	648	8,12	300	3,77	46%
		13	52,36	993	18,96	300	5,74	30%
		14	27,10	542	20,02	20023%	7,39	37%
		15	49,14	967	19,69	300	6,11	31%
STG 03								
Südgebäude gesamt			998,36	9.848	9,86	4.005	4,01	49%

Tabelle 36 - Vergleich Energieverbrauch Heizspirale/Ventilator Lüftung - Südgebäude

Der Energiebedarf des Ventilators beträgt im Referenzgebäude Süd zwischen 23 und 82 % des Verbrauches der Heizspirale. Durchschnittlich liegt der Stromverbrauch des Ventilators bei 49 % des Stromverbrauches der Heizspirale und bildet damit einen nicht unerheblichen Teil der Betriebskosten.

3.2 ERGEBNISSE DER RISIKOVARIENTEN

3.2.1 Allgemeines, Definitionen

Die Risikoanalyse und Variantenbildung erfolgt ausschließlich am Südgebäude. Die Referenztauglichkeit des Südgebäudes beruht auf einer größeren Übersicht über die Wohnungstypen, dem schlechteren Verhältnis Gebäudevolumen (bzw. Außenfläche) / Nutzfläche im Vergleich zum Nordgebäude und der Tatsache, dass die Verschattung, aufgrund der diffusen Solargewinne, den Heizwärmebedarf des Nordgebäudes bezogen auf einen m² Wohnnutzfläche nur um 0,6 % verschlechtert.

3.2.1.1 Raumlufftemperatur

Auf eine explizite Darstellung der Raumlufftemperaturen wurde verzichtet, da die Erfüllung der Performancekriterien (Verbleiben der Konstruktion im behaglichen Bereich) in erster Linie von der empfundenen Temperatur abhängt.

3.2.1.2 Resultierende (empfundene) Temperaturen

Die Ergebnisse der resultierenden Temperaturen sind ähnlich den Raumlufftemperaturen. Die Temperaturabfälle sind hier allerdings, aufgrund des trägeren Verhaltens der Oberflächentemperaturen der Räume (Beton – massiger Bauteil), gedämpfter. In weitere Folge werden ausschließlich resultierende Temperaturen (T_{opt}) behandelt. Eine Abweichung zur Solltemperatur (22 °C) von bis zu 2 °C gilt als erweiterter Komfortbereich.

3.2.2 Variante A (leer stehende Wohnungen U-Wert Trennwand = 0,6 W/(m²K))

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

 unbeheizte Zone

Tabelle 37 – Variantenübersicht Fall A – Systemlängsschnitt mit Blickrichtung Norden

3.2.2.1 Temperaturverläufe

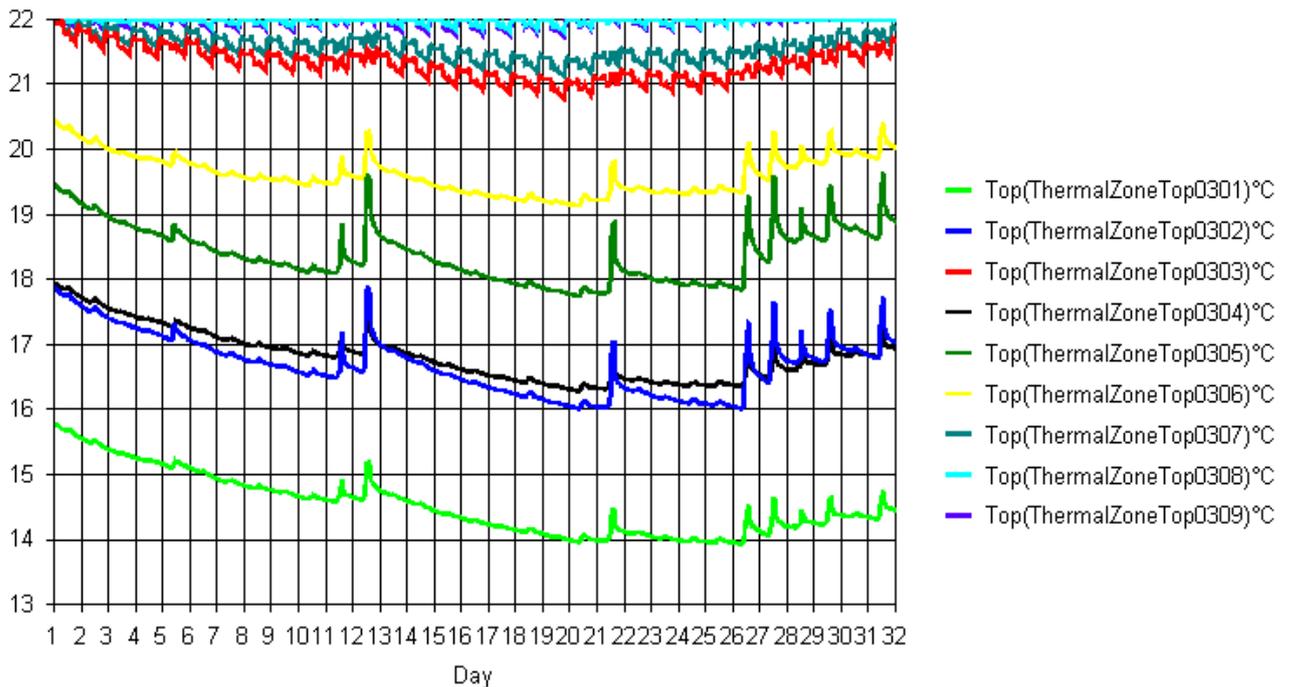


Abbildung 23 – Temperaturverlauf - Fall A3 – Jänner 1997

Beispielhaft wurde hier der Temperaturverlauf der Variante A3 gewählt, da sich die Temperaturverläufe der anderen Varianten (A1, A2, A4) vergleichbar verhalten.

Die Kurve Top 01 stellt die vergleichsweise (Fall F) gegebene Leerlauftemperatur dar. Das angrenzende Top 02 wird bereits durch Querwärmeströme vom Top 03 mitgeheizt ($\Delta T=2^{\circ}\text{C}$ zu Top 01). Ebenso verhalten sich die Temperaturverläufe der Tops 04 und 05, wobei diese höhere solare Wärmegewinne aufweisen als die darunter liegenden.

Festzuhalten ist, dass die größten Querwärmeströme nach oben zum unbeheizten Top 06 auftreten. Top 06 weist eine verhältnismäßig hohe Mindesttemperatur von $19,1^{\circ}\text{C}$ auf und eine Jahresdurchschnittstemperatur von $22,5^{\circ}\text{C}$. Im kältesten Monat Jänner pendelt sich die Monatsdurchschnittstemperatur bei $19,8^{\circ}\text{C}$ ein.

Top 07 liegt über 2 unbeheizten Tops und weist daher leicht erhöhte Wärmeverluste im Vergleich zu Top 09 auf, welche sich im Temperaturverlauf widerspiegeln (Mindesttemperatur: $21,1^{\circ}\text{C}$, Durchschnittstemperatur: $22,7^{\circ}\text{C}$). Das beheizte Top 03 weist eine Mindesttemperatur von $20,8^{\circ}\text{C}$ auf und eine marginal veränderte Jahresdurchschnittstemperatur von $22,6^{\circ}\text{C}$. Im dargestellten kältesten Monat ist der Abfall der Temperatur um bis zu $1,2^{\circ}\text{C}$ ersichtlich. Die empfundene Temperatur liegt dabei aber noch im akzeptablen Bereich zwischen 20°C und 22°C .

3.2.2.2 Statistische Verteilung der Temperatur

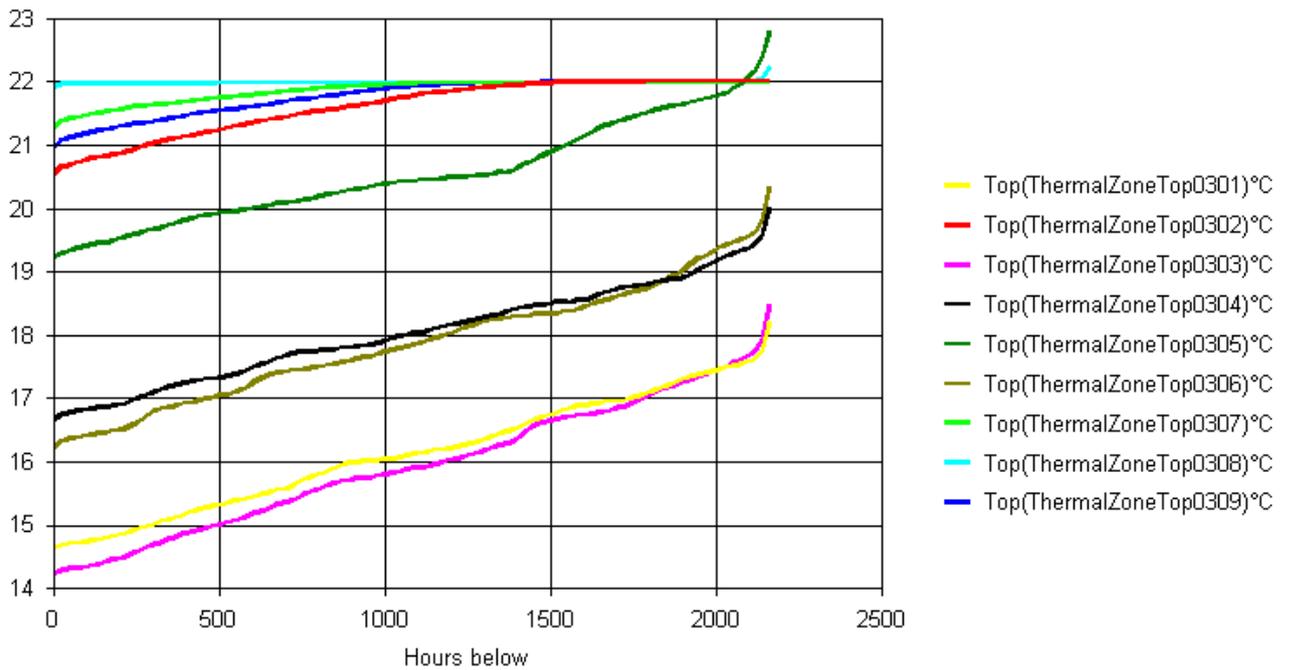


Abbildung 24 – Hours below - Fall A1 – Dezember – Februar Referenzjahr 1997

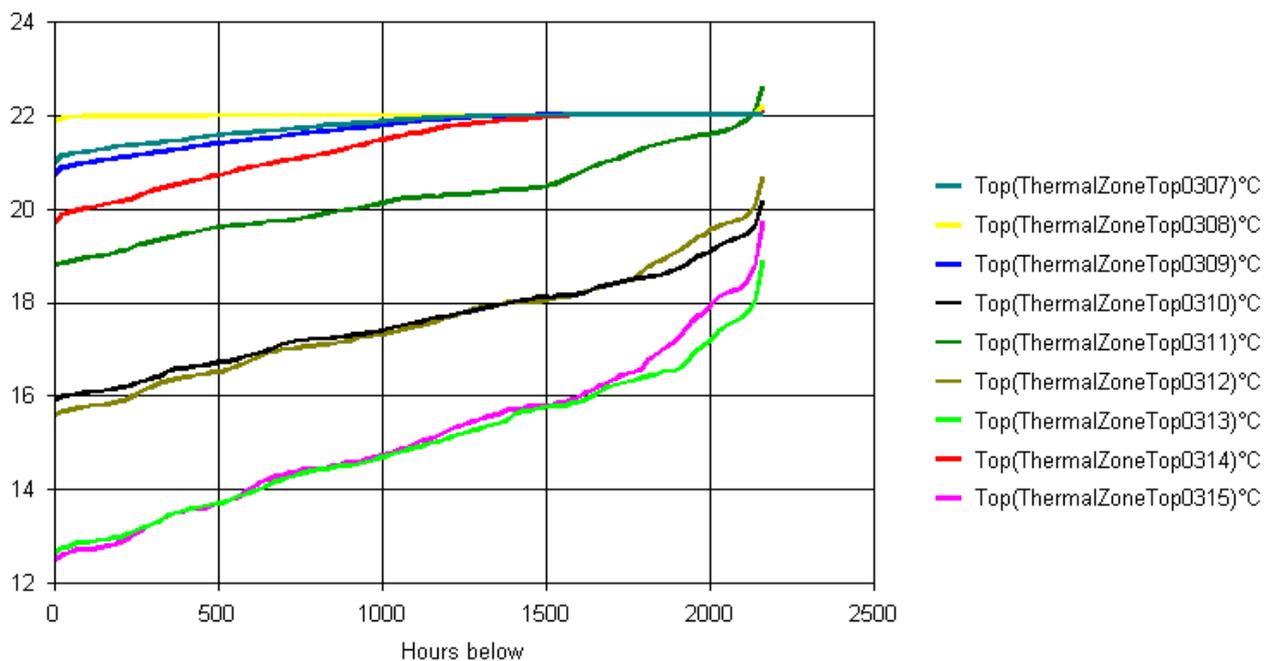


Abbildung 25 - Hours below - Fall A2 – Dezember – Februar Referenzjahr 1997

Hier ist zu erkennen, dass die durch eine unbeheizte Zone (z.B. A1 Top 05) getrennte, über der beheizten Zone (z.B. A1 Top 02) liegende Wohnung Top 08 nicht im thermischen Komfort beeinträchtigt ist. Die im selben Geschöß angrenzenden Wohnungen liegen aber schon mit bis zu 1000 Stunden unter der gewünschten Temperatur von 22 °C. Dies jedoch mit einer verhältnismäßig hohen Mindesttemperatur von 21,0 °C. Das beheizte Top 14 (A1) entspricht für ca. 1500 Stunden mit einer Mindesttemperatur von 20,6 °C nicht den Performanceanforderungen von 22 °C, liegt aber noch im akzeptablen Bereich von 20 - 22 °C.

Die etwas schlechteren Werte im Fall A2 – Top 14 sind durch den höheren Anteil an Transmissionswärmeverlusten nach außen begründet (absinken auf unter 22 °C für bis zu 1500 Stunden und Mindesttemperatur von 19,7 °C).

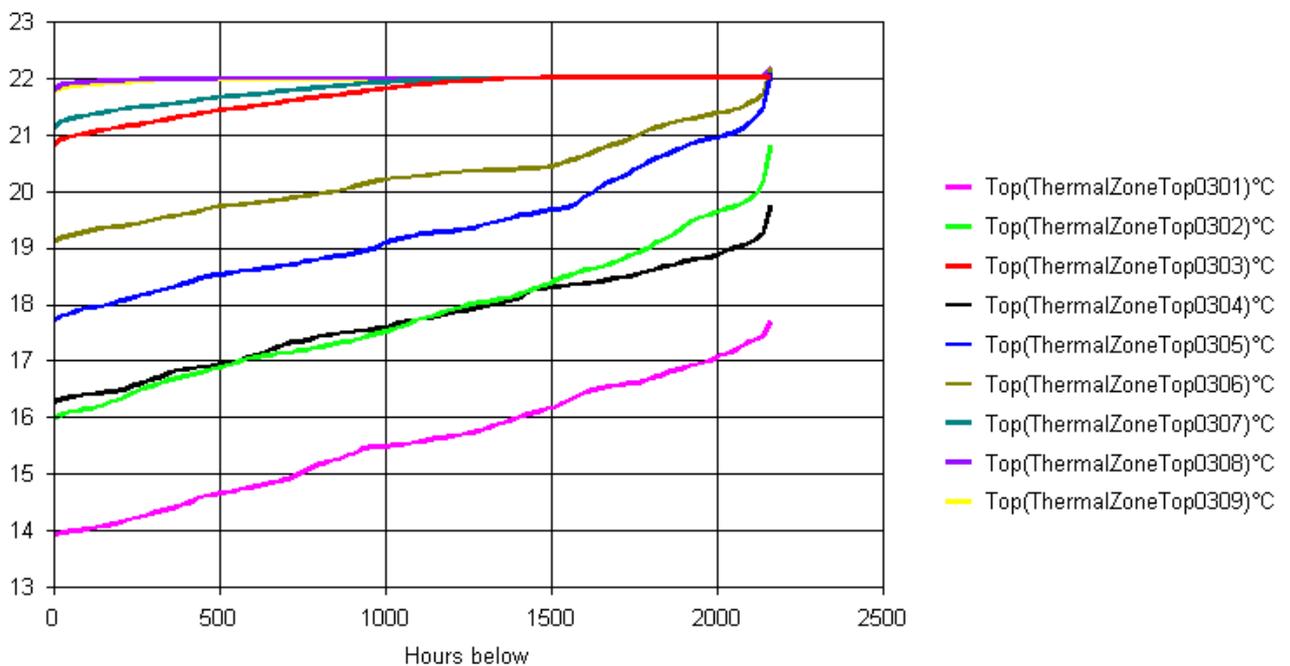


Abbildung 26 - Hours below - Fall A3 – Dezember – Februar – Referenzjahr 1997

Die im Verhältnis gleich situierten Wohnungen verhalten sich hier genauso wie in Fall A1 bzw. A2. Das beheizte Top 03 weist eine Abweichung zur Solltemperatur von maximal 1,2 °C für bis zu 1500 Stunden (ca. 17 % der Gesamtzeit) auf. Dies liegt aufgrund der kleinen Abweichung im tolerierbaren Bereich.

Im Fall A4 zeichnet sich dasselbe Verhalten wie in den restlichen A – Fällen ab. Die Temperatur bleibt zum großen Teil im Komfortbereich. Die unter zwei unbeheizten Zonen liegende Wohnung Top 06 weist zum Beispiel dieselben Abweichungen auf, wie die exponiert liegende Wohnung Top 15. Das heißt, dass seitlich angrenzende leer stehende Wohnungen den Komfort wesentlich weniger beeinflussen als oben oder unten angrenzende.

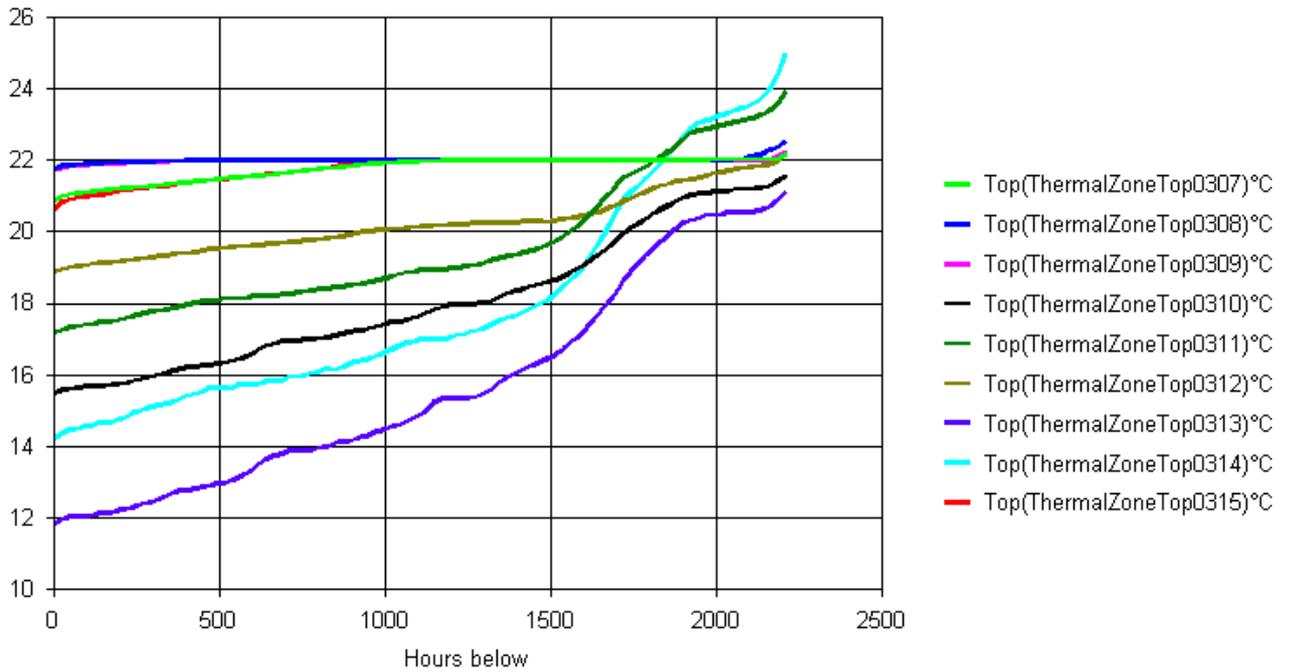


Abbildung 27 - Hours below - Fall A4 - Dezember - Februar - Referenzjahr 1997

3.2.2.3 Heizwärmebedarf

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

Tabelle 38 – Heizwärmebedarf Variante A

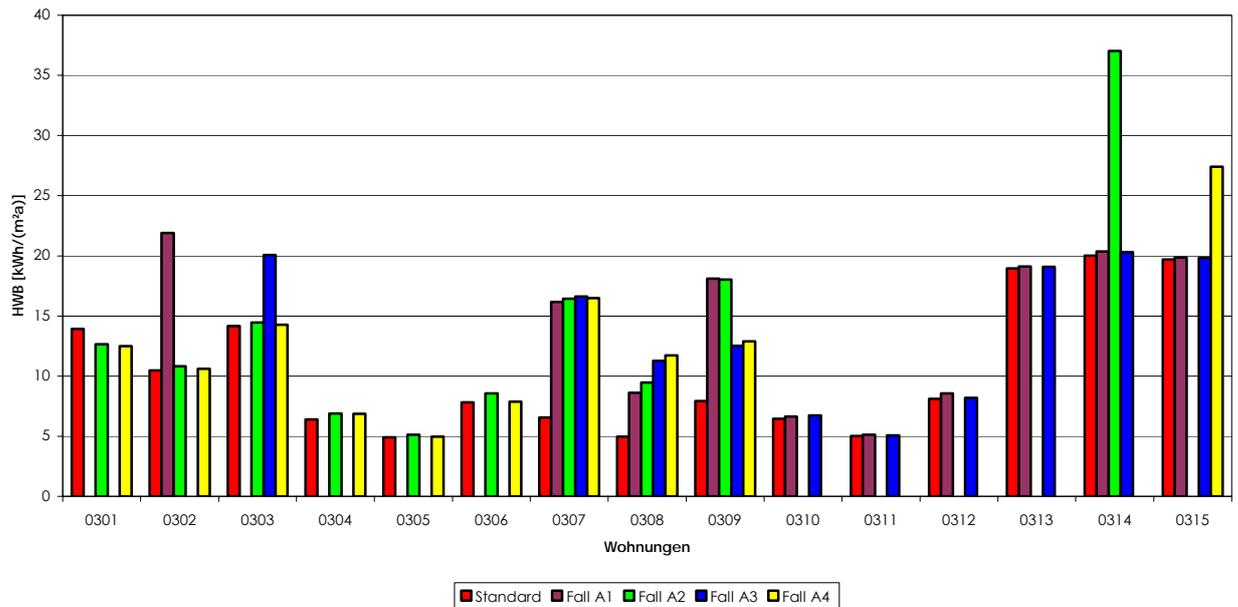


Abbildung 28 - Heizwärmebedarf - Variante A – Grafik

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

Im Fall A1 erhöht sich der Heizwärmebedarf in Top 02 um 109 % (563 kWh/a entspricht € 80), d.h. von 10,46 W/(m²a) auf 21,9 W/(m²a).

Durch die leer stehenden Wohnungen 04, 05, und 06 erhöht sich der Heizwärmebedarf der darüber liegenden Wohnungen mehr als der HWB des von leer stehenden Wohnungen umgebenen Top 2. Die Erhöhung beträgt in Top 07 152 % (848 kWh/a entspricht € 121), in Top 08 73 % (179 kWh/a entspricht € 26) und in Top 09 129 % (813 kWh/a entspricht € 116).

Im Fall A2 ist das Ergebnisszenario vergleichbar. Zu erkennen ist, dass sich hier die unter den unbeheizten Zonen liegenden Wohnungen genauso verhalten, wie in Fall A1 die darüber liegenden, d.h. dass die Wärmestromrichtung hier eine untergeordnete Rolle spielt und die Wärmedämmung maßgeblich ist (höherer Wärmestrom durch Decke mit größerem U-Wert).

Im Fall A3 erhöht sich der Heizwärmebedarf in Top 03 um 39 % (445 kWh/a entspricht € 63), d.h. von 14,49 W/(m²a) auf 20,07 W/(m²a).

Die über den leer stehenden Zonen liegenden Wohnungen verhalten sich vergleichbar zur Entwicklung der selbigen im Fall A1.

Der Fall A4 ist gesamt wieder mit A3 bzw. A2 vergleichbar.

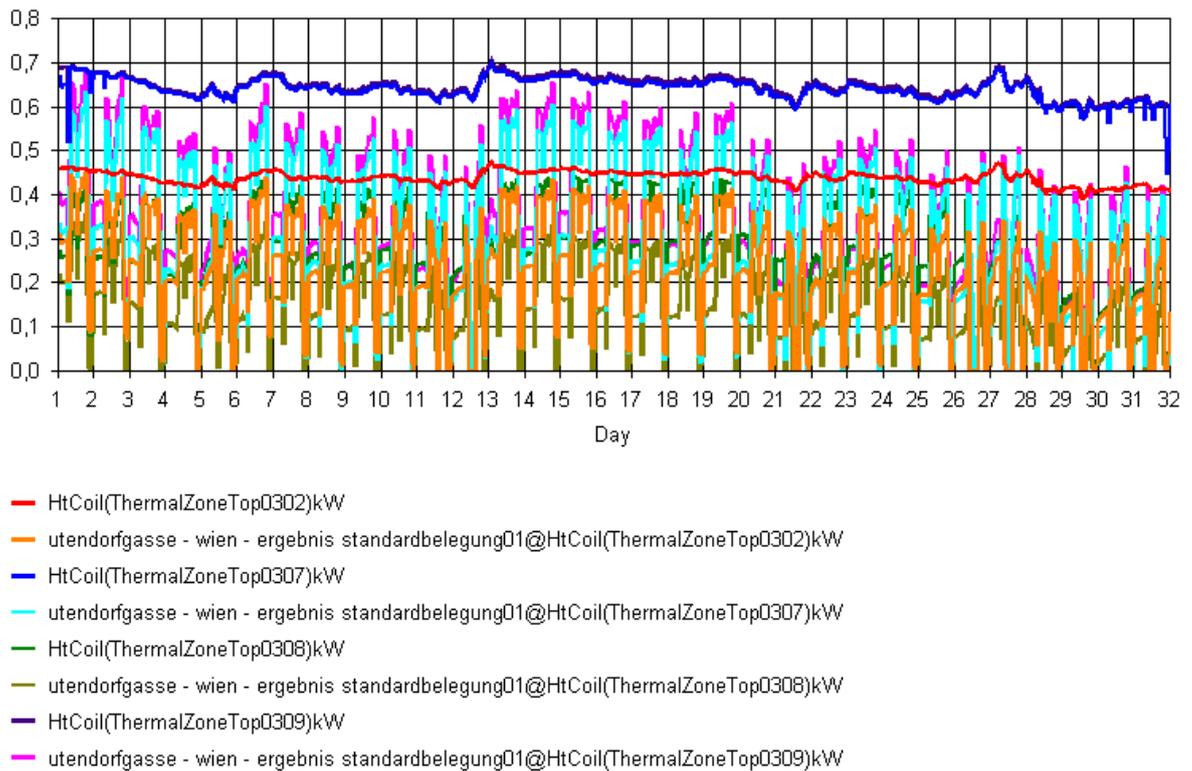


Abbildung 29 – Heizlast Jänner 1997 – Fall A1 – betroffene Wohnungen

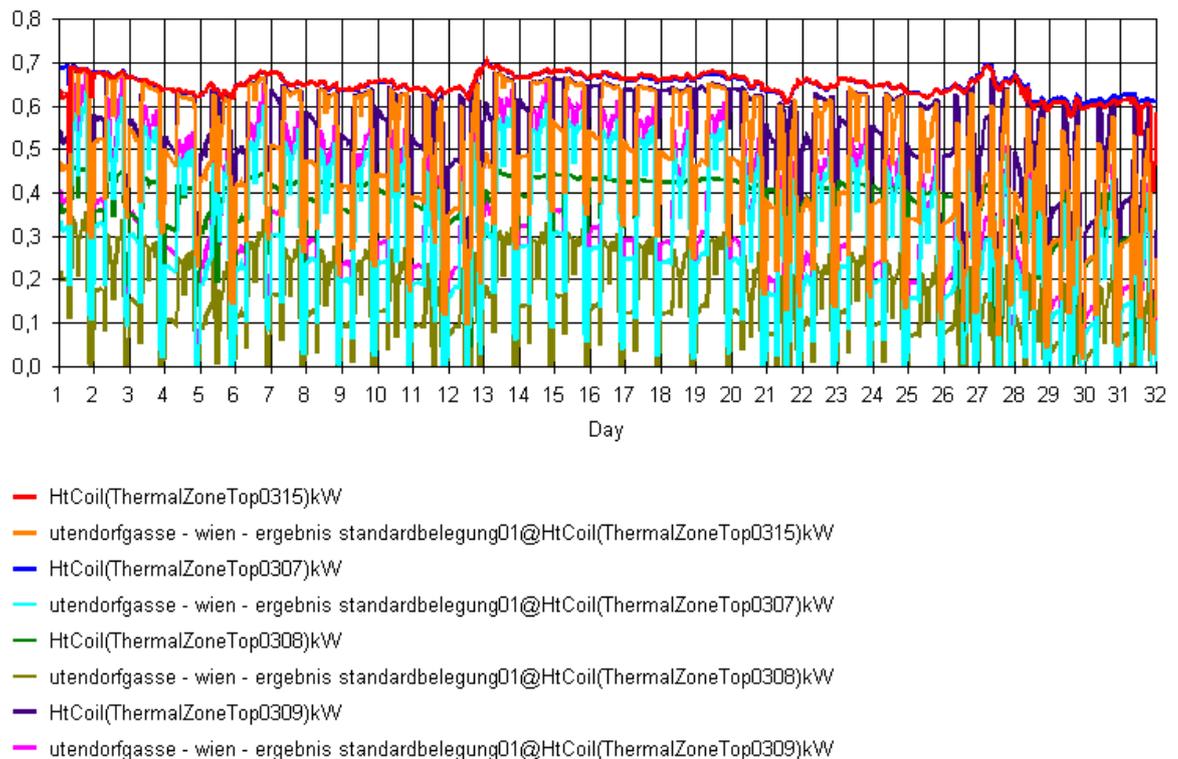


Abbildung 30 - Heizlast Jänner 1997 – Fall A4 – betroffene Wohnungen

In den vorstehenden Abbildungen ist bei den betroffenen Wohnungen eine gleichmäßige höhere Auslastung knapp an der Heizlastgrenze ersichtlich. Bei Berührung der

Heizlastgrenze kann die Temperatur nicht mehr am gewünschten Niveau gehalten werden kann.

3.2.2.4 Risikoquantifizierung

Bei jährlichen Heizkosten von ca. € 150 ist das Mitheizen der Nachbarwohnung ökonomisch nicht unbedingt bedeutsam, kann im sozialen Wohnbau und den damit einhergehenden Standardeinkommen aber bereits Auswirkungen haben.

Im Einzelfall könnte auch der Effekt, dass sich der Heizenergieverbrauch eines Bewohners verdoppelt, weil der Nachbar gar nicht heizt oder die Wohnung nicht belegt ist, durchaus ein psychisches Problem darstellen.

In den gegebenen Varianten kam es zu einer max. Erhöhung des Heizwärmebedarfs um ca. 151 % was dem 2,5 – fachen des Normalwerts entspricht. Der damit verbundene monetäre Verlust von ca. € 121 erscheint jedenfalls noch akzeptabel ($\Delta_{\text{Betriebskosten}} = \text{max. } 10 \text{ € / Monat}$).

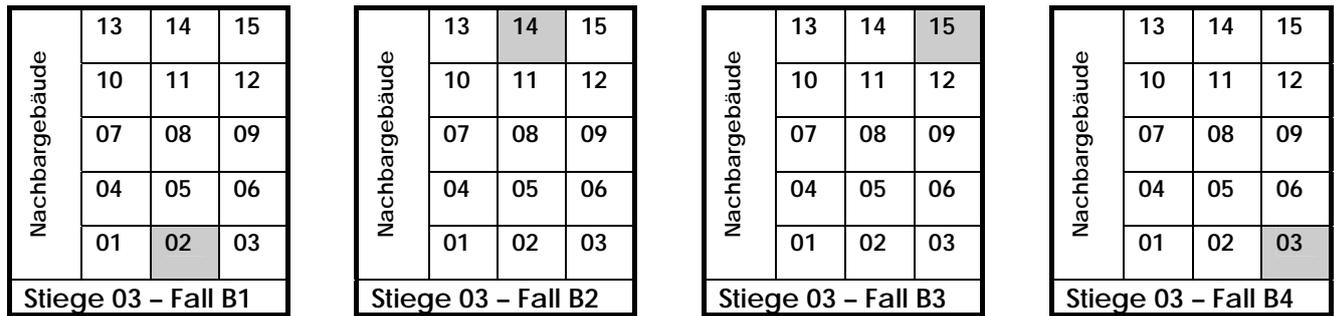
Wärmeströme zwischen den Wohneinheiten haben natürlich auch Konsequenzen für die Dimensionierung der Heizungsanlage. Unter Umständen reicht hier die Heizleistung nicht mehr aus. Würden für die Auslegung geringere Temperaturdifferenzen zwischen Nachbarn zugrunde gelegt, müsste auch eine entsprechende Mindestbeheizung der Wohnungen vertraglich vereinbart werden.

Die Abweichungen von der gewünschten Temperatur 22,0 °C liegen zwar mit bis zu 1500 Stunden (17 % gesamt, 34 % der Winterstunden) in einem nicht unerheblichen Bereich, die Standardabweichung ist jedoch mit maximal 1,4 °C bzw. 2,3 °C (Einzelfall) begrenzt. Die empfundene Temperatur liegt daher noch in einem akzeptablen Bereich von 20 - 22 °C.

Das Risiko des Einflusses von leer stehenden Wohnungen kann daher aus bauphysikalischer und wirtschaftlicher Sicht als unerheblich bezeichnet werden.

Das Risiko des Auftretens des psychologischen Problems, des z.B. 2,5 – fachen Heizwärmebedarfs ist gegeben. Diesem sollte durch Mindestbeheizung der Wohnungen oder etwaigen Ausgleichszahlungen entgegen gewirkt werden.

3.2.3 Variante B (Raucher Wohnung – zeitweise 6-facher Normluftwechsel)



Raucherwohnung

Tabelle 39 – Variantenvergleich Fall B – Systemlängsschnitt Blickrichtung Norden

3.2.3.1 Temperaturverläufe

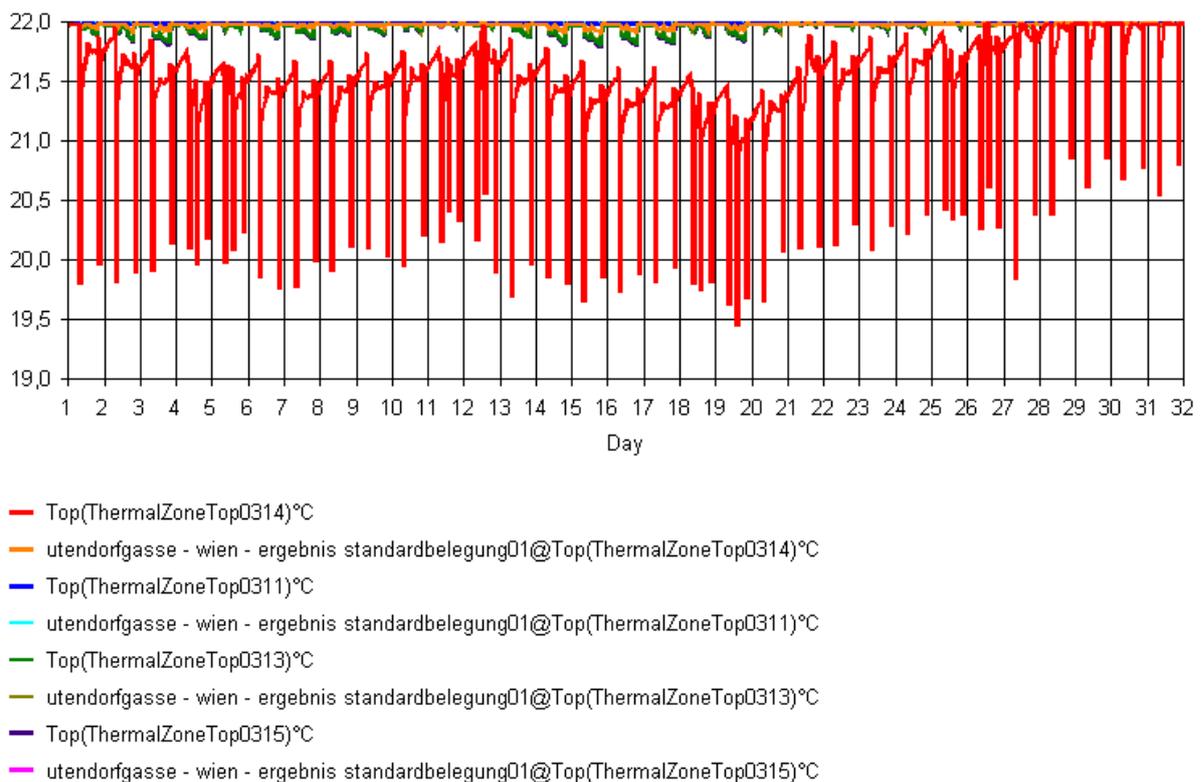


Abbildung 31 - Temperaturverlauf Jänner 1997 – Fall B2

Im Fall B2 liegt die Durchschnittstemperatur von Top 14 im Jänner bei 20,9 °C, also deutlich unter den gewünschten 22 °C, welche erst im März wieder voll erreicht werden. Die sich einstellende tiefste Temperatur liegt bei 18,8 °C. Der Einfluss auf den Temperaturverlauf der Nachbarwohnungen ist marginal. Zu sehen sind die Temperaturabfälle um bis zu 2 °C während der Stoßlüftung, wobei hier zwischen Wochentag (2 Lüftungen) und Wochenende (3 Lüftungen) deutlich unterschieden werden kann.

Der Temperaturverlauf im Fall B1 ist vergleichbar und hier nicht explizit dargestellt.

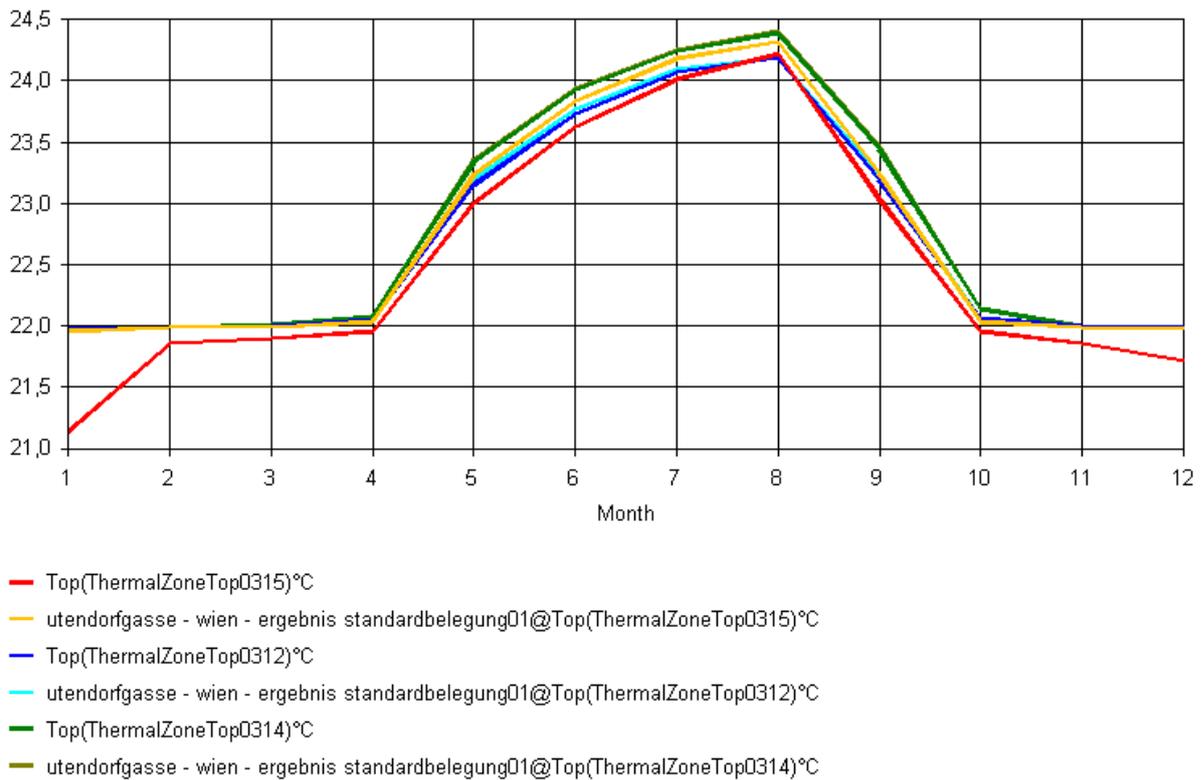


Abbildung 32 – Temperaturverlauf Monatsmitteltemperaturen – Jahr 1997 – Fall B3

Anhand des Jahrestemperaturverlaufes im Fall B3 ist erkennbar, dass eine merkliche Verschlechterung des Temperaturverlaufes Top 15 um bis zu 1 °C nur im kältesten Monat Jänner gegeben ist. Die Durchschnittstemperaturen im November, Dezember und Februar liegen bei etwa 21,8 °C. Die Abweichungen liegen daher im akzeptablen Bereich zwischen 20 - 22 °C.

Der Temperaturverlauf im Fall B4, dargestellt in der folgenden Grafik, stellt sich ähnlich den anderen Temperaturverläufen im Fall B dar. Die Mindesttemperatur von Top 03 liegt mit 18,8 °C deutlich unter der gewünschten Solltemperatur. Dieser Wert stellt jedoch nur die Spitzenabsenkung bei der Stoßlüftung dar, welche nach Beendigung der Lüftung sofort wieder ausgeglichen wird. Die Monatsdurchschnittstemperatur im Jänner liegt mit 20,9 °C im erweiterten Komfortbereich von 20 - 22 °C.

Es gibt keinen maßgeblichen Einfluss auf den Temperaturverlauf der Nachbarwohnungen.

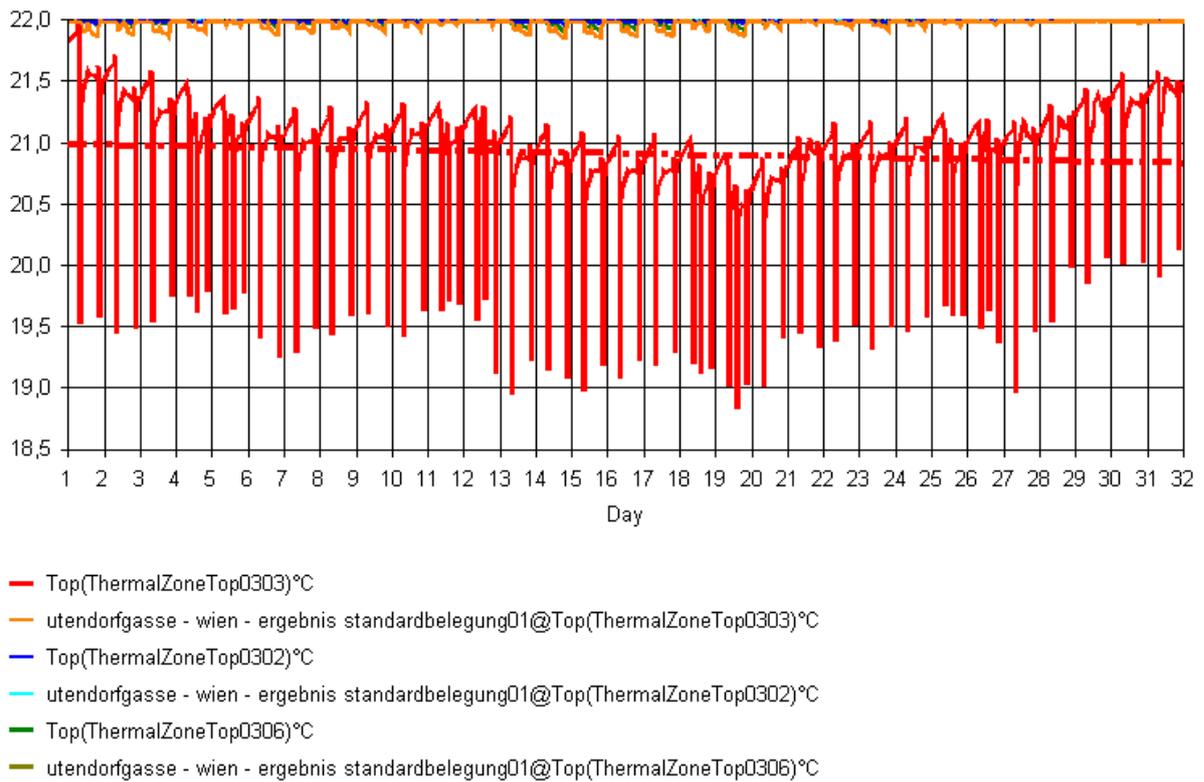


Abbildung 33 – Temperaturverlauf Jänner 1997 – Fall B4

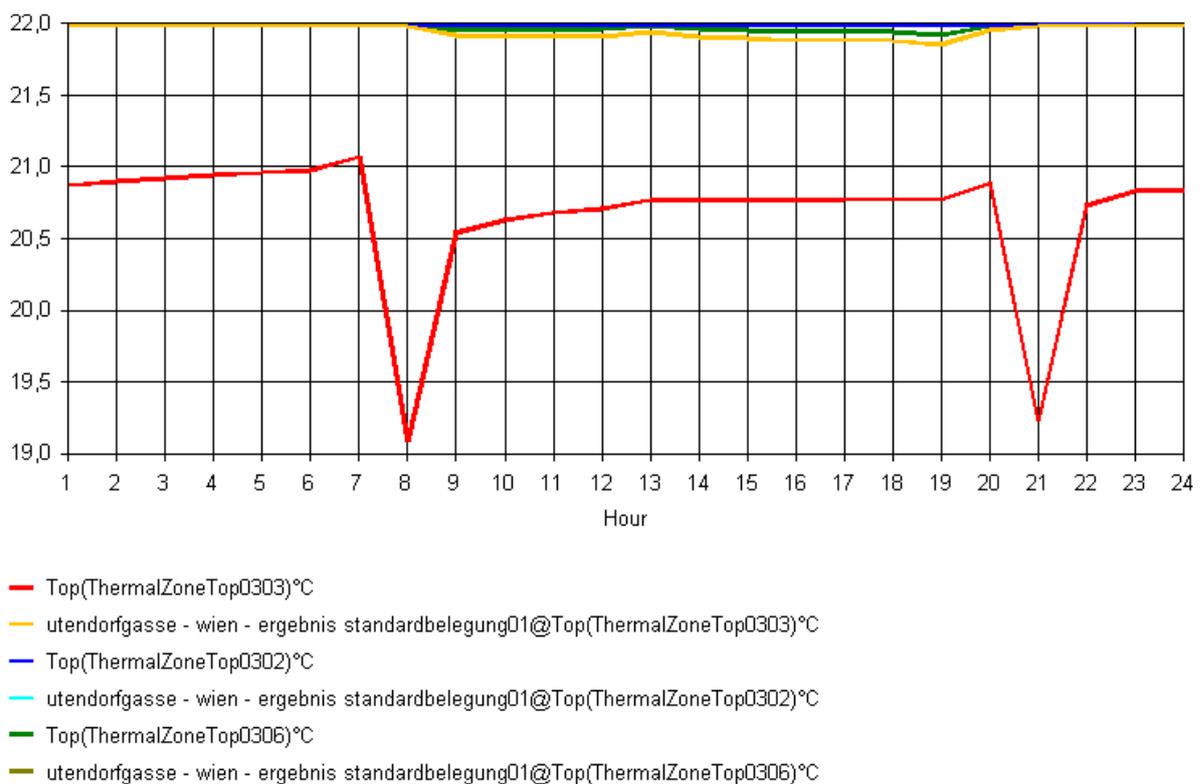


Abbildung 34 – Temperaturverlauf Donnerstag 16.01.1997 – Fall B4

An der Tagesganglinie der empfundenen Temperatur ist hier am kältesten Tag im Jahr die Temperaturabsenkung um je 2 °C bei der Stoßlüftung ersichtlich.

3.2.3.2 Statistische Verteilung der Temperatur

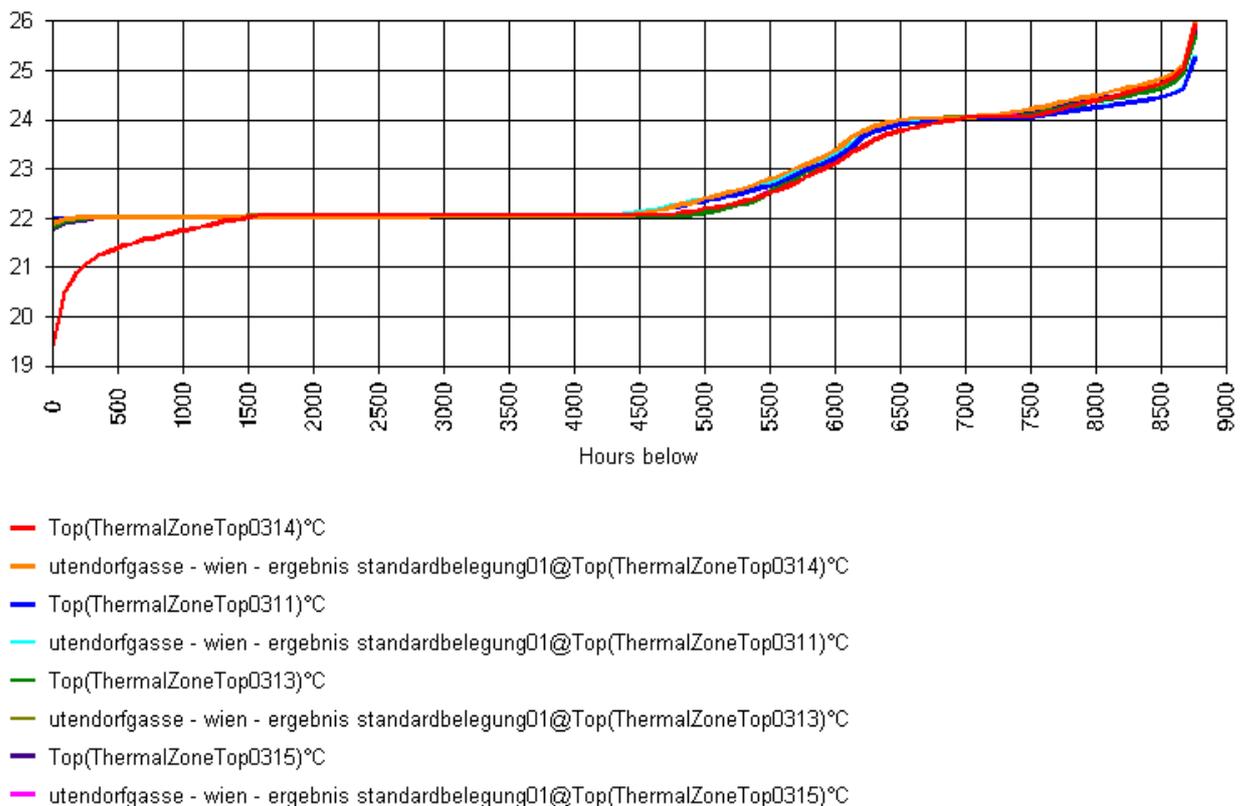


Abbildung 35 - Hours below - Fall B2 – 1997

Vorstehende Abbildung zeigt, dass es bei Top 14 - Fall B2 für ca. 1500 Stunden (17 %) im Jahr zu einer Unterschreitung der Solltemperatur von 22 °C kommt. Von einer Unterschreitung um mehr als 1 °C sind ca. 200 Stunden (2 %) betroffen. Zu einem Verlassen des erweiterten Komfortbereiches von 20 - 22 °C kommt es während eines geringen Stundenanteils von unter 100 Stunden.

Fall B 1 weist eine vergleichbare statistische Verteilung auf.

Nachstehende Abbildung zeigt für Top 03 - Fall B 4 eine Unterschreitung der Solltemperatur von 22 °C für eine Dauer von ca. 2000 Stunden (23 %). 500 Stunden (6 %) weisen eine Abweichung um mehr als 1 °C auf. Der erweiterte Performancebereich wird nur für ca. 100 Stunden verlassen. Dies liegt im Verhältnis in einem akzeptablen Bereich, da die Nachbarwohnungen bezüglich des Komforts nicht beeinträchtigt werden.

Im Fall B3 verhält sich der Temperaturverlauf Top 15 vergleichbar.

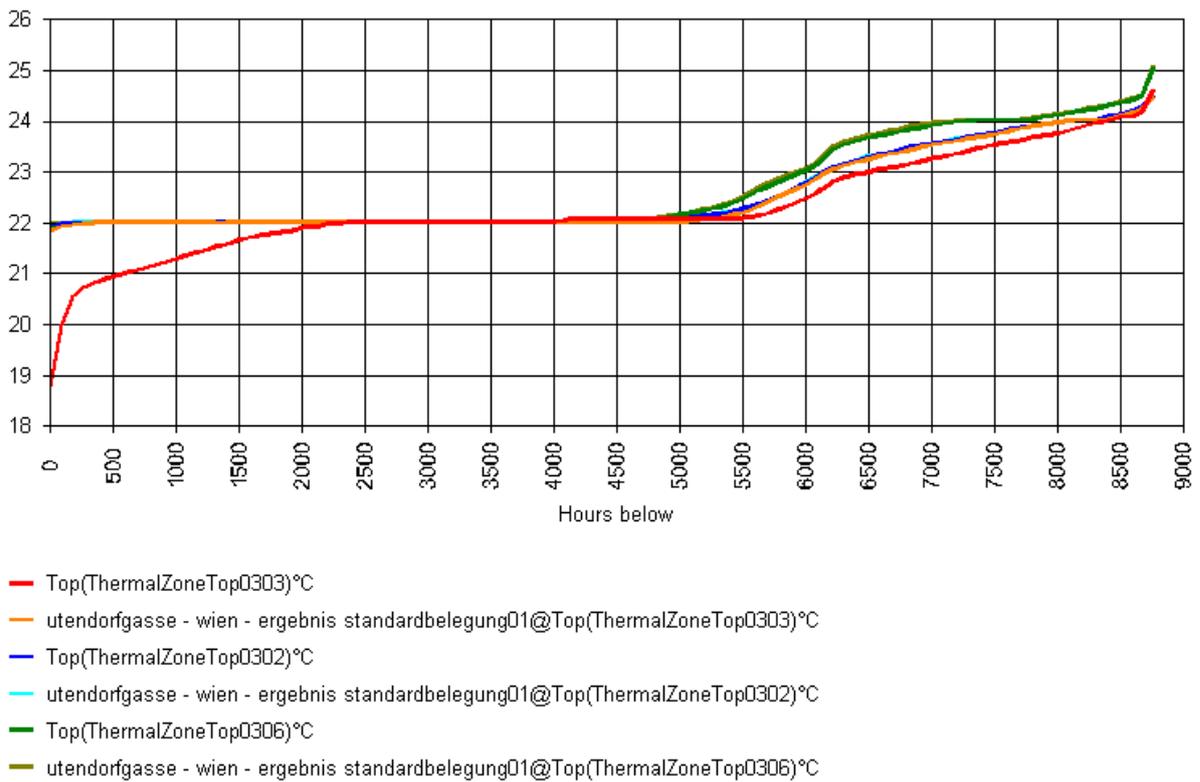


Abbildung 36 - Hours below - Fall B4 – 1997

3.2.3.3 Heizwärmebedarf

Variante / Stichwort	WNF [m ²]	Standard Normalbelegung		B 1 0302 natl.L.Raucher		B 2 0314 natl.L.Raucher		B 3 0315 natl.L.Raucher		B 4 0303 natl.L.Raucher	
		HWB [kWh/a]	HWB _{bez.} kWh/(m ² a)	HWB [kWh/a]	HWB _{bez.} kWh/(m ² a)	HWB [kWh/a]	HWB _{bez.} kWh/(m ² a)	HWB [kWh/a]	HWB _{bez.} kWh/(m ² a)	HWB [kWh/a]	HWB _{bez.} kWh/(m ² a)
0301	88,53	1.234	13,94	1.133	12,80	1.099	12,41	1.099	12,41	1.099	12,41
0302	49,14	514	10,46	1.183	24,08	514	10,46	514	10,46	533	10,85
0303	79,77	1.130	14,17	1.167	14,63	1.131	14,18	1.131	14,18	2.158	27,05
0304	88,53	568	6,42	582	6,58	566	6,40	566	6,40	567	6,40
0305	49,14	242	4,92	281	5,73	243	4,94	243	4,94	242	4,93
0306	79,77	623	7,81	642	8,05	624	7,83	624	7,83	739	9,27
0307	88,53	581	6,56	598	6,75	582	6,57	582	6,57	582	6,58
0308	49,14	244	4,96	252	5,13	244	4,96	244	4,97	244	4,97
0309	79,77	632	7,92	652	8,17	633	7,94	632	7,93	632	7,92
0310	88,53	572	6,46	588	6,64	572	6,47	573	6,47	573	6,47
0311	49,14	247	5,03	256	5,22	277	5,64	248	5,04	248	5,05
0312	79,77	648	8,12	668	8,37	649	8,14	720	9,02	649	8,14
0313	52,36	993	18,96	1.014	19,37	1.002	19,13	993	18,97	993	18,97
0314	27,10	542	20,02	557	20,54	1.025	37,83	554	20,46	543	20,05
0315	49,14	967	19,69	989	20,13	976	19,87	1.727	35,15	968	19,70
Süd	998,36	9.736	9,75	10.563	10,58	10.138	10,15	10.451	10,47	10.772	10,79

Tabelle 40 - Heizwärmebedarf – Fall B

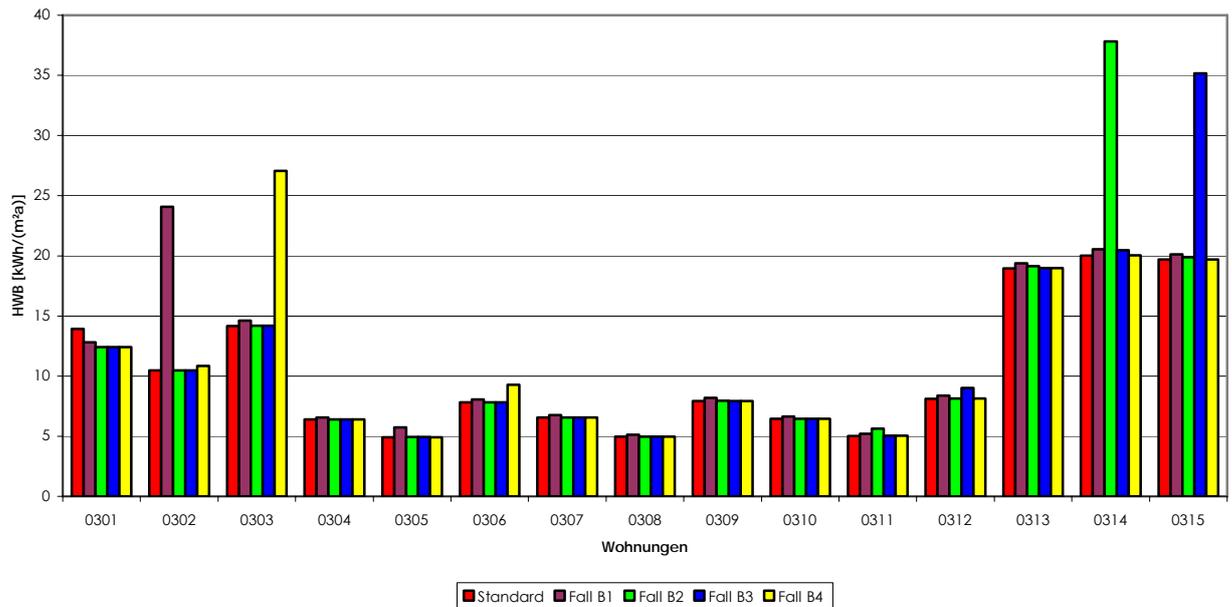


Abbildung 37 - Heizwärmebedarf – Fall B – Grafik

Der Heizwärmebedarf der seitlich an die Raucherwohnung angrenzenden Nachbarwohnungen verändert sich in einem Ausmaß von bis zu 4 % (Top 02 – B4). Der Heizwärmebedarf der darüber oder darunter befindlichen Wohnungen verändert sich um bis zu 18 % (Top 06 - B4), das würde Heizungskosten der Nachbarwohnung von € 16 bedeuten, was sich in einem akzeptablen Rahmen bewegt.

In den Raucherwohnungen selbst gibt es einen markanten Anstieg des Heizwärmebedarfs. In Top 02 um 130 % (669 kWh), in Top 14 um 89 % (483 kWh), in Top 15 um 79 % (760 kWh) und im Top 03 um 87 % (1002 kWh). Monetär bewertet liegt der maximale Mehraufwand also bei ca. € 145.

Nachstehende Abbildung zeigt die Jahresheizlastkurve Fall B1. Im Winterhalbjahr ist zu erkennen, dass die Heizlast in Top 02 im Schnitt das Doppelte der Standardheizlast beträgt.

Die Heizlastkurven der angrenzenden Wohneinheiten weisen keine signifikante Abweichung zum Standardfall auf.

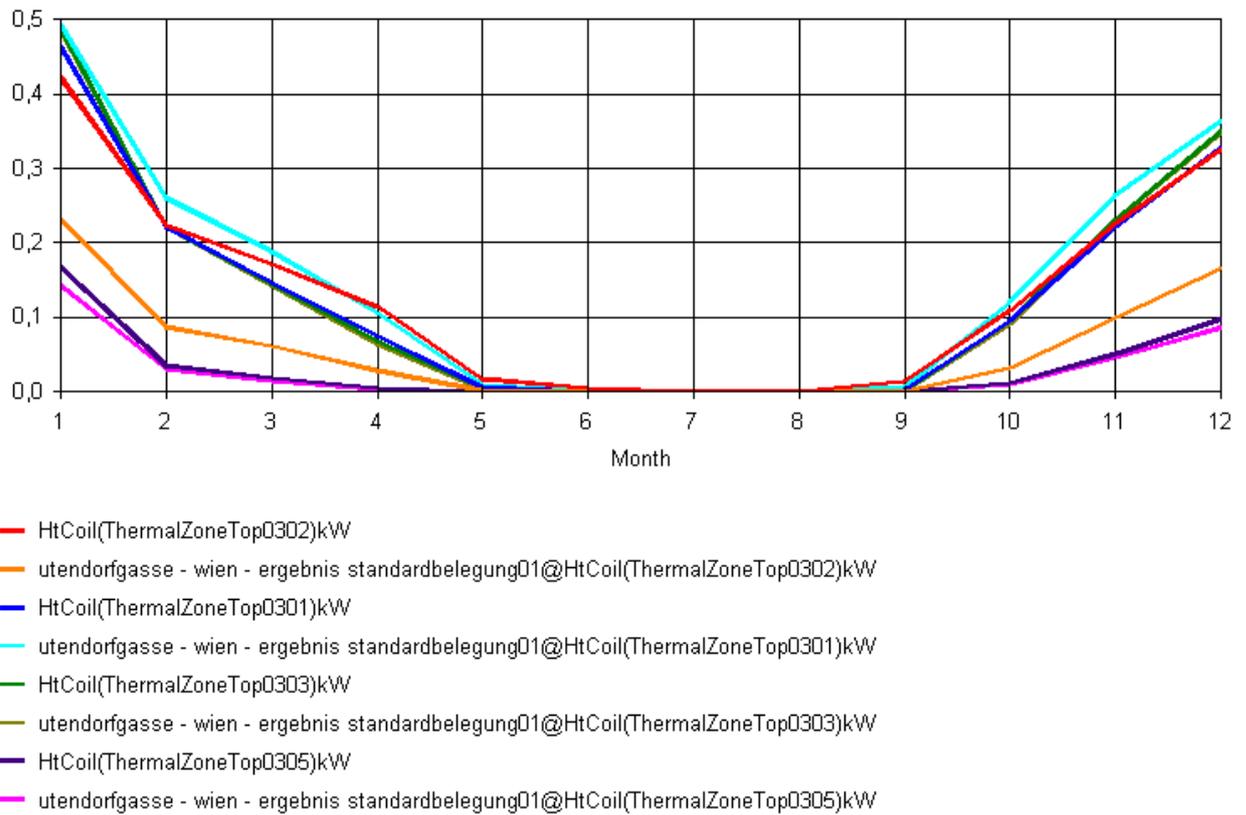


Abbildung 38 – Heizlastkurve – Monatsmittelwerte - Jahr 1997 – Fall B1

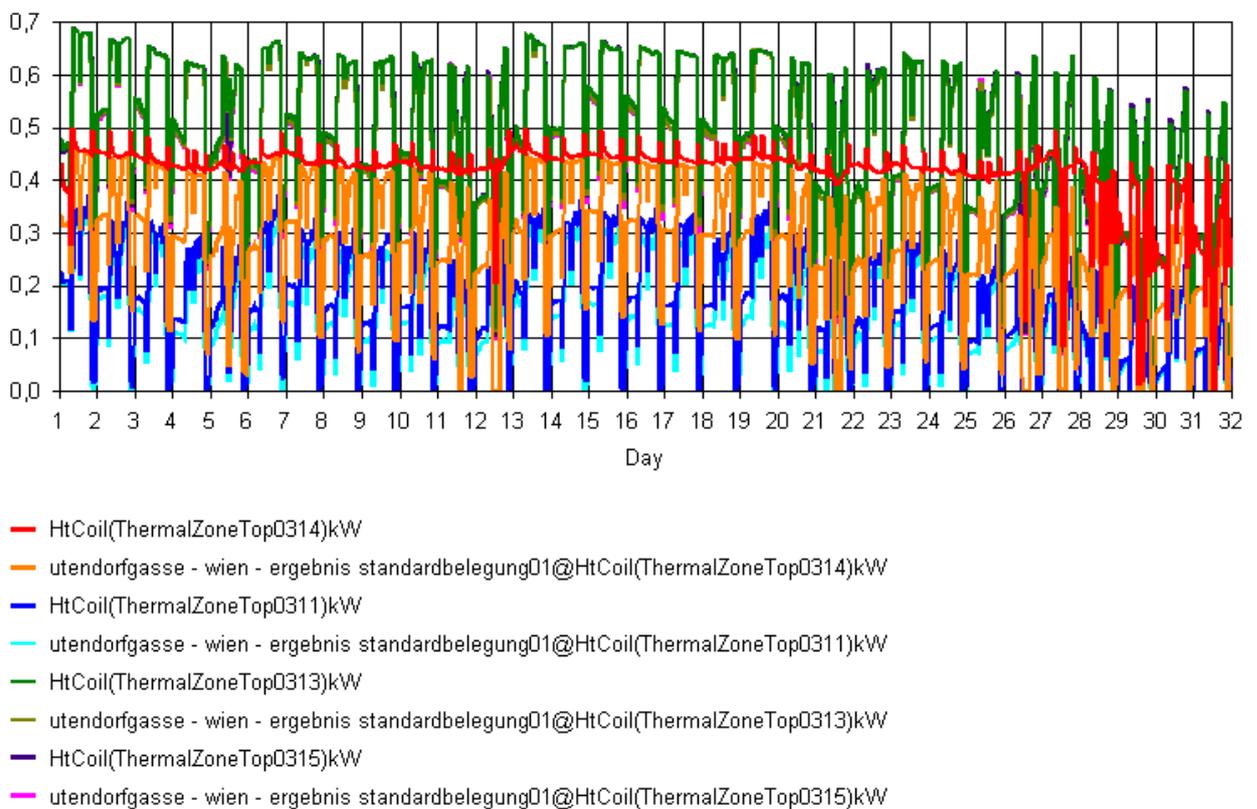


Abbildung 39 - Heizlast Jänner 1997 – Fall B2

Erkennbar ist hier die erhöhte Heizlastkurve von Top 14 am oberen Leistungsausschlag der Standardbelegung. Die angrenzenden Wohnungen weisen keine merkliche Mehrbelastung aus.

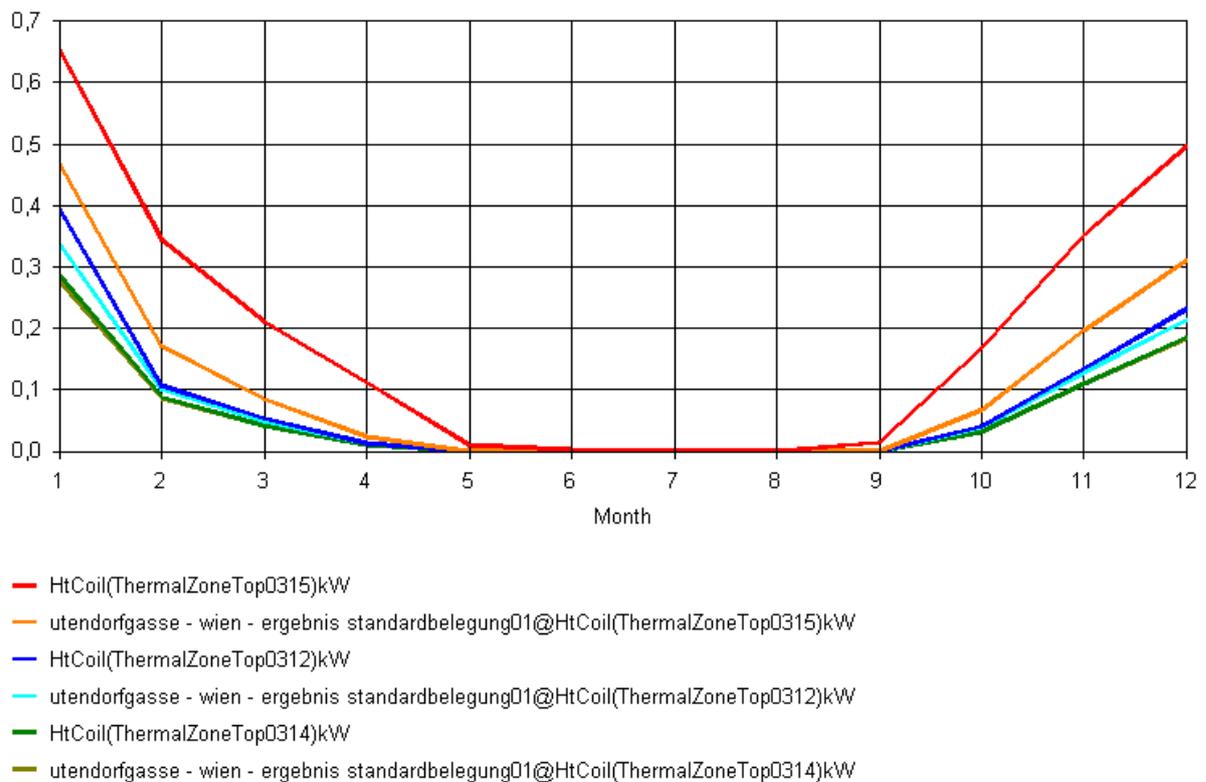


Abbildung 40 – Heizlast – Monatsmittelwerte - Jahresverlauf 1997 Fall B3

Die Jahressganglinien der Heizlast Top 15 zeigt hier ähnlich wie im Fall B1 eine in den Wintermonaten im Schnitt um 0,2 kW erhöhte Heizlast.

Die Heizlastkurven der angrenzenden Wohneinheiten unterscheiden sich kaum von der Standardbelegung und sind demnach nicht maßgeblich mehr belastet. Dies schlägt sich im nur geringfügig gestiegenen Heizwärmebedarf nieder.

Nachstehende Abbildung zeigt die Heizlast im Jänner 1997 für den Fall B4. Hier ist ebenfalls zu erkennen, dass sich die Heizlast der Raucherwohnung Top 03 am oberen Ende des Standardausschlags einpendelt und die angrenzenden Einheiten kaum merkliche Abweichungen aufweisen.

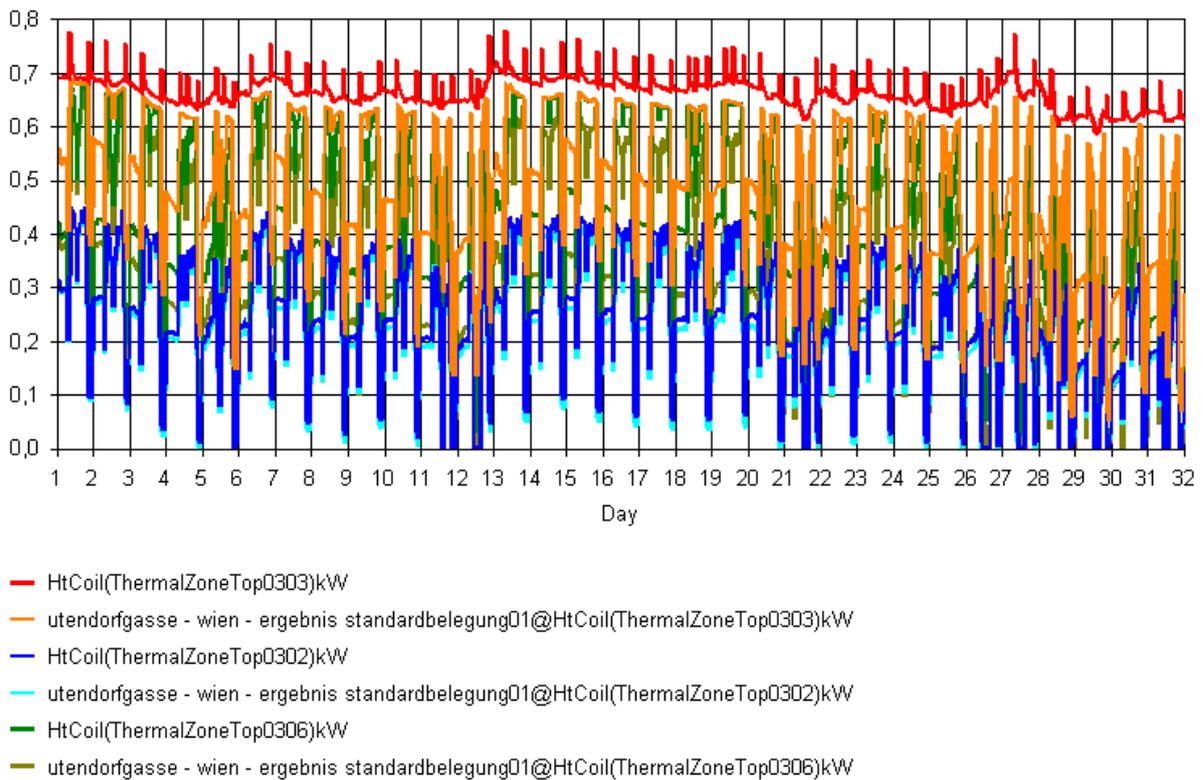


Abbildung 41 – Heizlast Jänner 1997 – Fall B4

3.2.3.4 Risikoquantifizierung

Die Temperaturverläufe sämtlicher Nachbarwohnungen weisen keine nennenswerten Differenzen zur Standardbelegung auf.

Der Heizwärmebedarf der seitlich angrenzenden Nachbarwohnungen bleibt praktisch unberührt.

Die darüber und darunter liegenden Wohneinheiten weisen mit einer maximalen Erhöhung des Heizwärmebedarfs um 18 %, das sind monetär bewertet 16 €, einen verträglichen Anstieg des Heizwärmebedarfs aus.

Es besteht dahingehend kein Risiko der überdurchschnittlichen negativen Beeinflussung von Nachbarwohnungen.

Ein normaler Raucherluftwechsel stellt keine Gefährdung des Komforts in Passivhaussystemen dar.

Der Temperaturverlauf in den Raucherwohnungen weist während der Stoßlüftungen Schwankungen nach unten von bis zu 3 °C, was aber durch die Bewohner selbst verursacht ist und direkt beeinflusst werden kann (Fenster schließen). Es stellt sich daher kein erhöhtes Risiko ein.

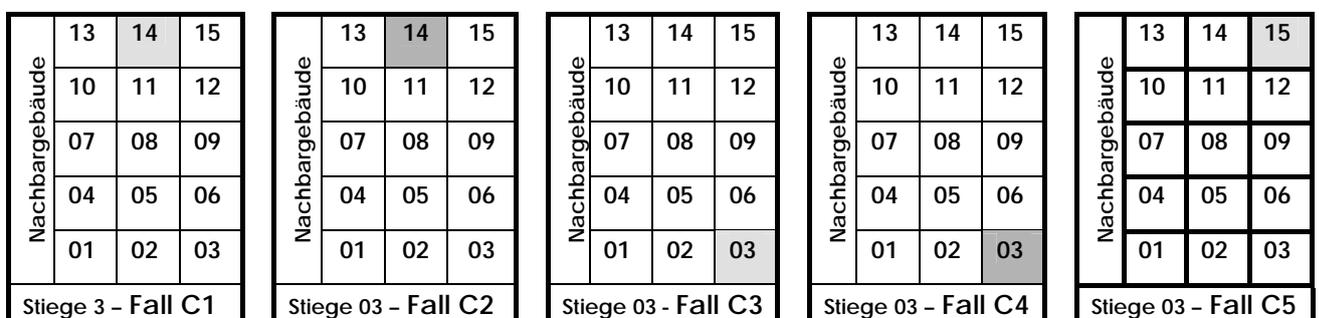
Der Heizwärmebedarf in den betroffenen Wohnungen selbst verändert sich um maximal 87 % (1002 kWh), das entspricht ca. € 145 was wiederum ca. 40 Standardpackungen Zigaretten/Jahr bzw. 0,8 Packungen/Woche entspricht und daher monetär im verträglichen Bereich liegt.

Um zu gewährleisten, dass kein erhöhter Luftwechsel notwendig ist, könnte zum Rauchen der Balkon aufgesucht werden. Der beim Aus- und Eintreten entstehende Luftwechsel kann vernachlässigt werden. Daher ergeben sich die selben Heizwärmeverbrauche wie bei der Standardbelegung.

Dies bedeutet nunmehr auch, dass die Nutzer jedenfalls auch im Winter zusätzlich die Fenster für kurze Zeit kippen können ohne, dass das Gesamtsystem maßgeblich beeinflusst wird.

Feist hat in [FEI97] vergleichbar festgestellt, dass es beim Kippen von Fenstern für die Dauer von 8 Stunden bei einem „1 – Zonen“ - Modell zu einer Verdopplung des Energiebedarfs kommt.

3.2.4 Variante C (erhöhter „Heizungssetpoint“ 24 °C bzw. 26 °C)



Wohnung mit setpoint 24 °C
 Wohnung mit setpoint 26 °C

Tabelle 41 – Variantenvergleich Fall C – Systemlängsschnitt Blickrichtung Norden

3.2.4.1 Temperaturverläufe

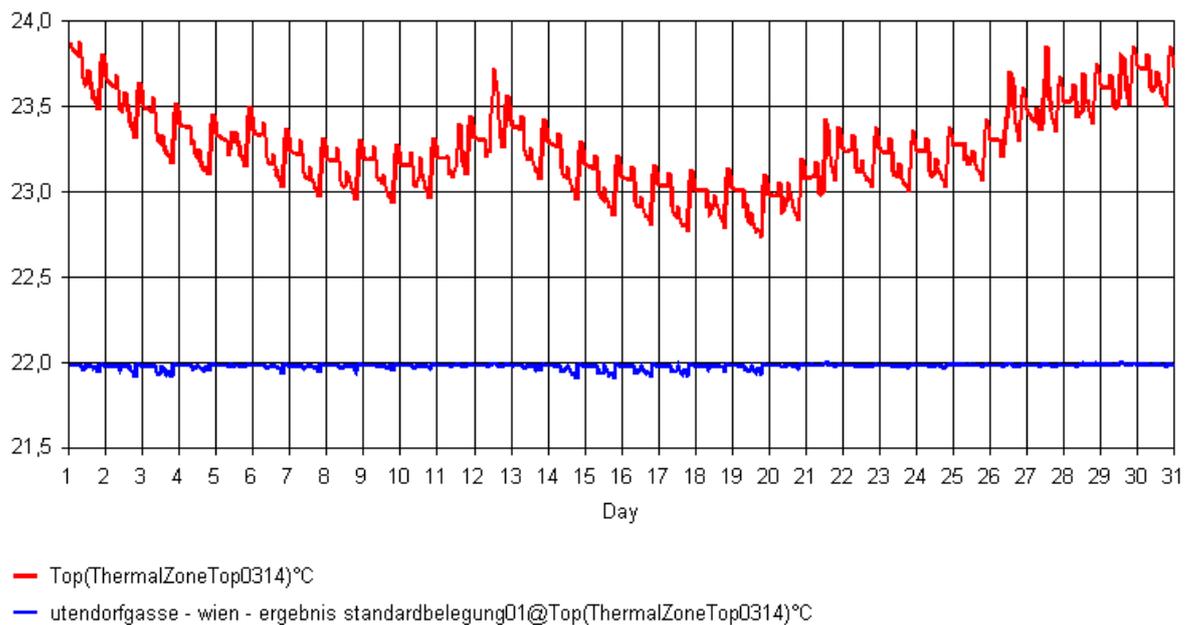


Abbildung 42 - Temperaturverlauf - Fall C1 - Jänner 1997

Anhand des Temperaturverlaufes im Fall C1 im Jänner ist ersichtlich, dass es nicht möglich ist mit der gegebenen maximalen Heizlast den gewünschten Wert zu halten. Die Jahresdurchschnittstemperatur erreicht zwar fast den gewünschten Wert mit 23,9 °C, dies jedoch nur aufgrund der sommerlichen Wärmeperiode. Die minimale Temperatur ist mit 22,2 °C klar unter dem setpoint von 24°C.

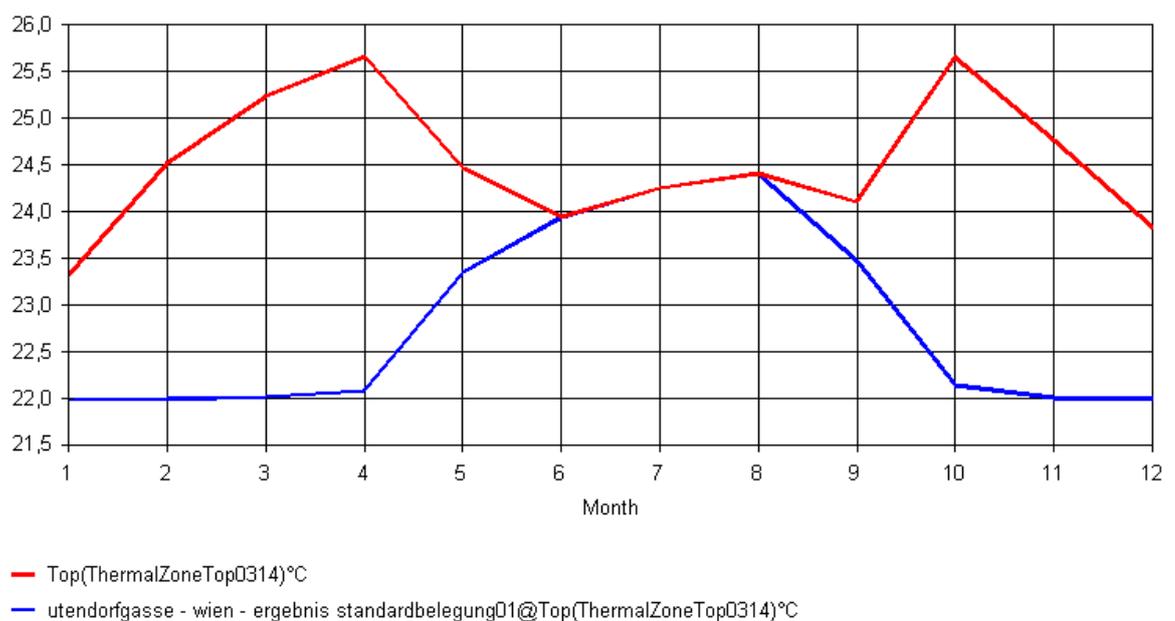


Abbildung 43 - Temperaturverlauf - Monatsmittelwerte - Fall C2 - 1997

Die Abbildung der Jahresganglinie der Temperatur im Fall C2 zeigt uns ein ähnliches Bild wie im Fall C1, jedoch ist hier die „setpoint“ – Temperatur, die nicht erreicht wird 26 °C. Hier zu sehen ist, dass mit dem Ansteigen der Außentemperatur auch die Innentemperatur steigt und mit dem Ende und am Anfang der Heizperiode jeweils den Höchstwert von ca. 25,5 °C erreicht.

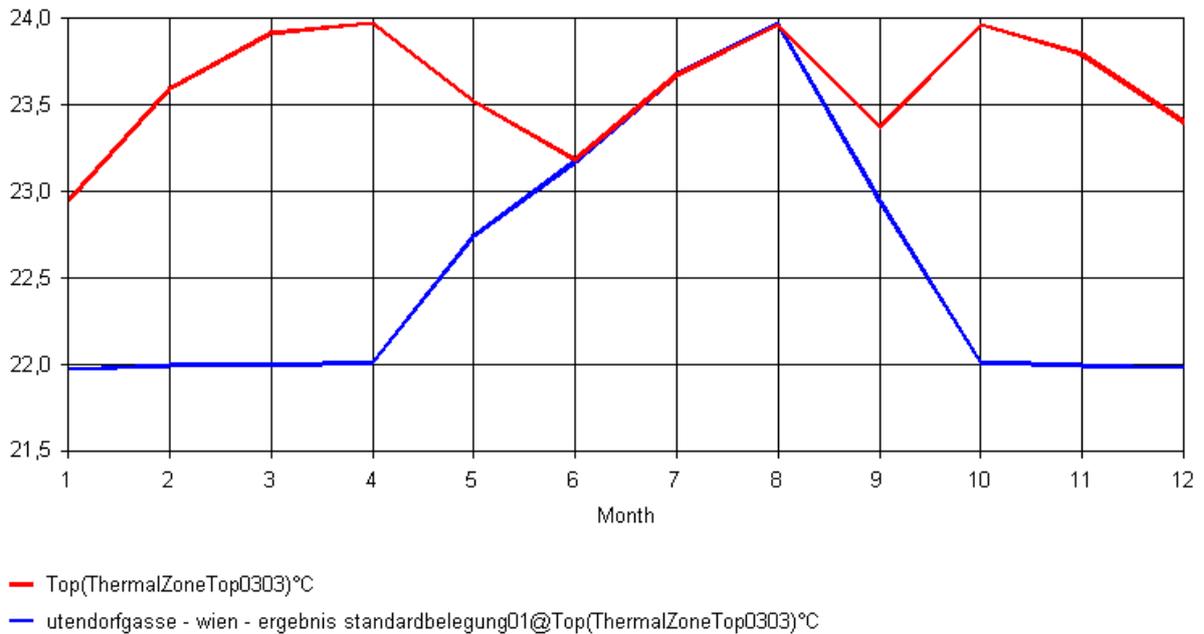


Abbildung 44 - Temperaturverlauf – Monatsmittelwerte - Fall C3 – 1997

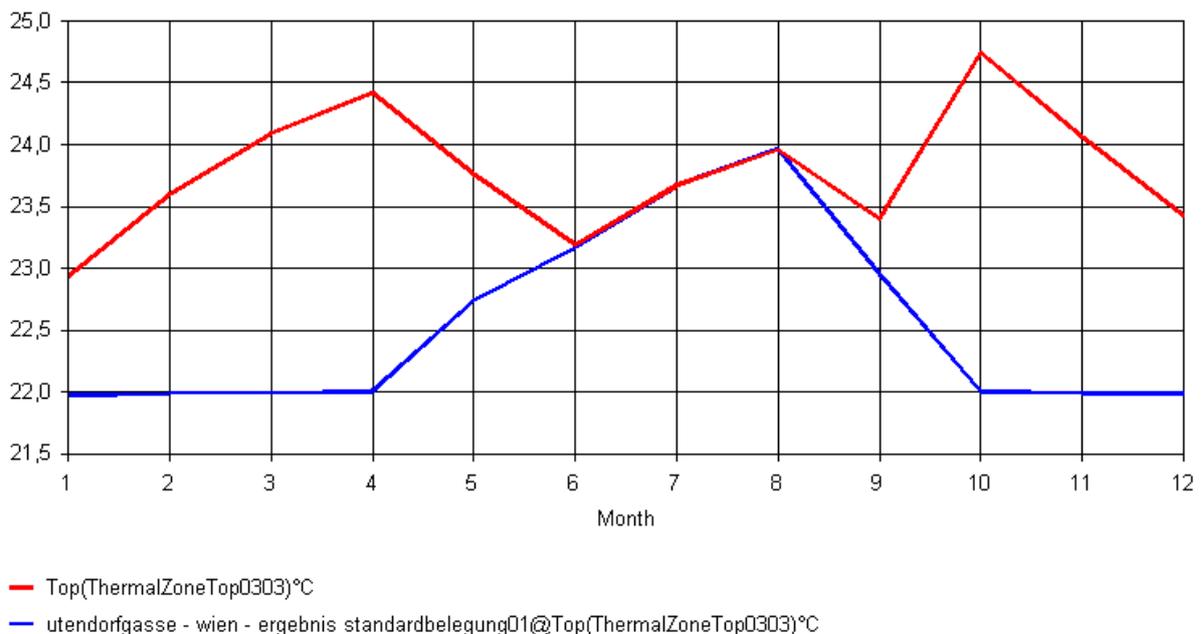


Abbildung 45 - Temperaturverlauf – Monatsmittelwerte - Fall C4 – 1997

Die Temperaturverläufe der Fälle C3 und C4 stellen sich vergleichbar den Fällen C1 und C2 dar. Die gewünschte Temperatur von 24 °C im Fall C3 wird aber zumindest mit einer Abweichung von max. 0,5 °C in allen Monaten außer im Jänner (max. Abw. 1 °C) erreicht. Die im Fall C4 gewünschte Temperatur von 26 °C wird bei weitem nicht erreicht. Die Standardabweichung ist hier 2 °C. Bei höheren Temperaturen kommt es vor allem bereits zu erhöhten Querwärmeströmen zu den Nachbarwohnungen.

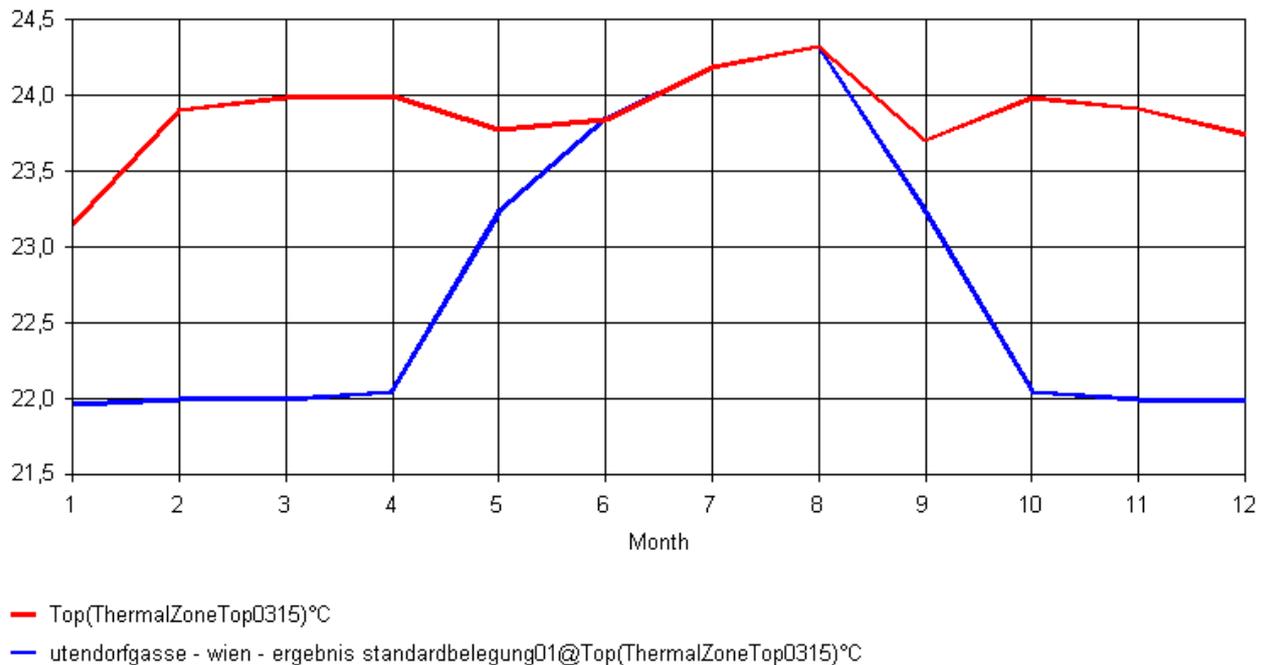


Abbildung 46 - Temperaturverlauf – Monatsmittelwerte - Fall C5 – 1997

Der Temperaturverlauf C5 zeigt, dass auch in exponierter Lage (Top 15) die gewünschte Temperatur von 24 °C in guter Annäherung (Jahresdurchschnittstemperatur 23,9 °C) noch erreicht werden kann. Die Standardabweichung liegt von Februar bis Dezember bei 0,3 °C, im kältesten Monat Jänner (Monatsdurchschnittsaußentemperatur -2,4 °C) bei 1,7 °C. Die Monatsdurchschnittstemperatur im Jänner liegt mit 23,1 °C jedoch wieder unter 1 °C Abweichung.

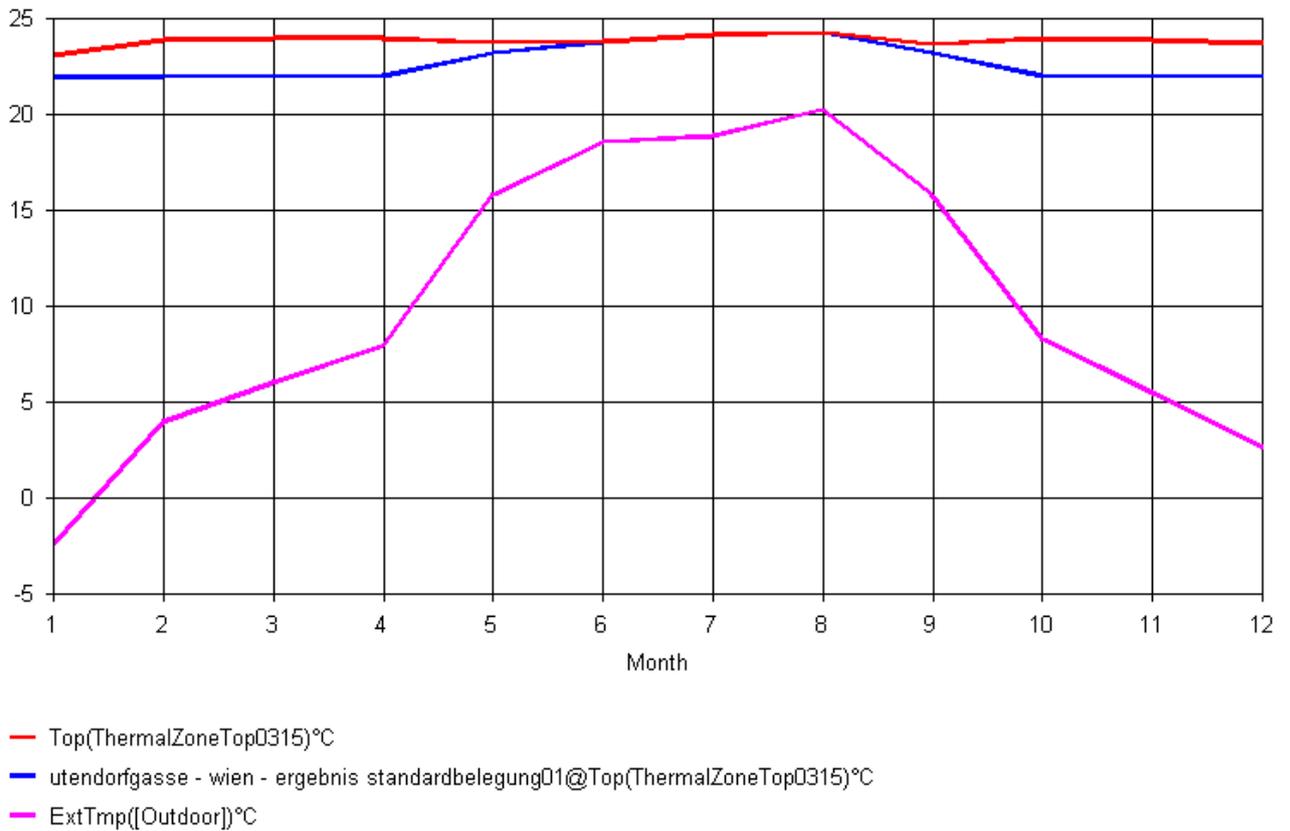


Abbildung 47 - Temperaturverlauf – Monatsmittelwerte - Fall C5 – 1997 mit Außentemperaturverlauf

3.2.4.2 Statistische Verteilung der Temperatur

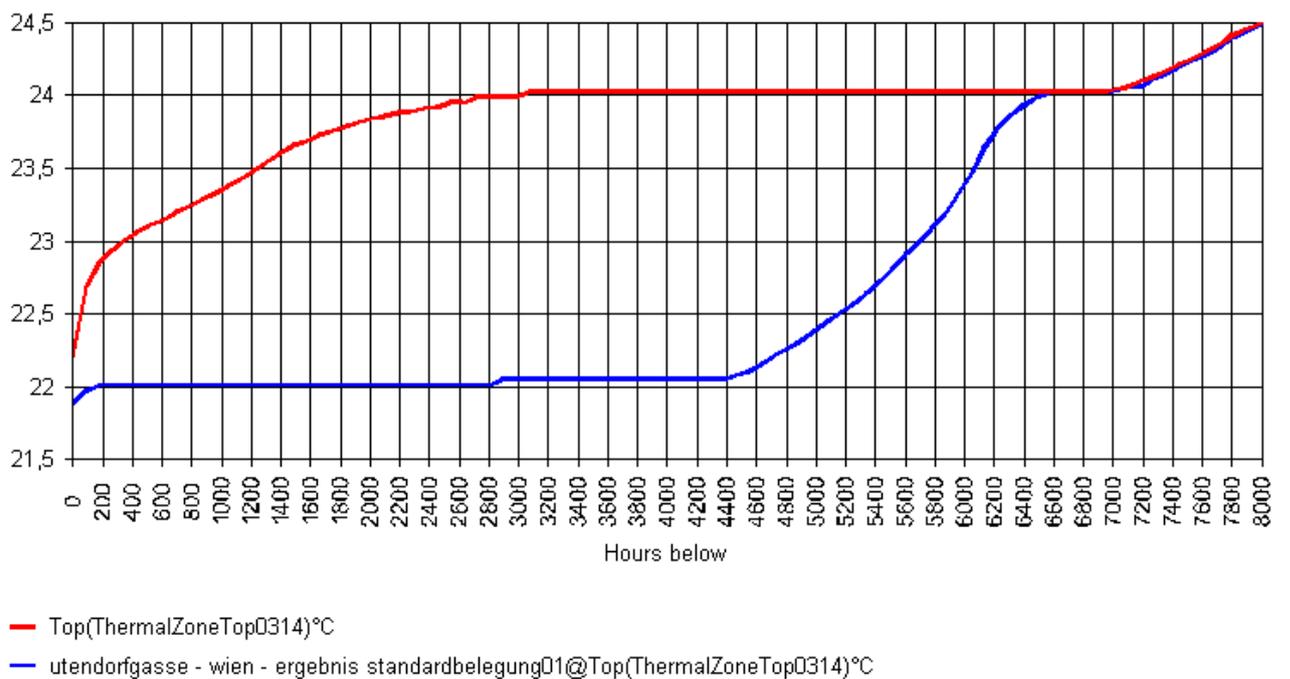


Abbildung 48 - Hours below - Fall C1 – 1997

Im Fall C1 erreichen gesamt ca. 2800 Stunden (32 %) nicht die gewünschte Temperatur von 24 °C. Davon 1600 Stunden (18 %) haben dabei eine Abweichung von 0,5 °C und sind damit jedenfalls im tolerierbaren Bereich. Die restlichen 1200 Stunden (13,5 %) haben eine Abweichung von max. 1,7 °C. Die gewünschte Temperatur wird also nicht erreicht, die Standardabweichungen sind aber größtenteils in einem akzeptablen Rahmen.

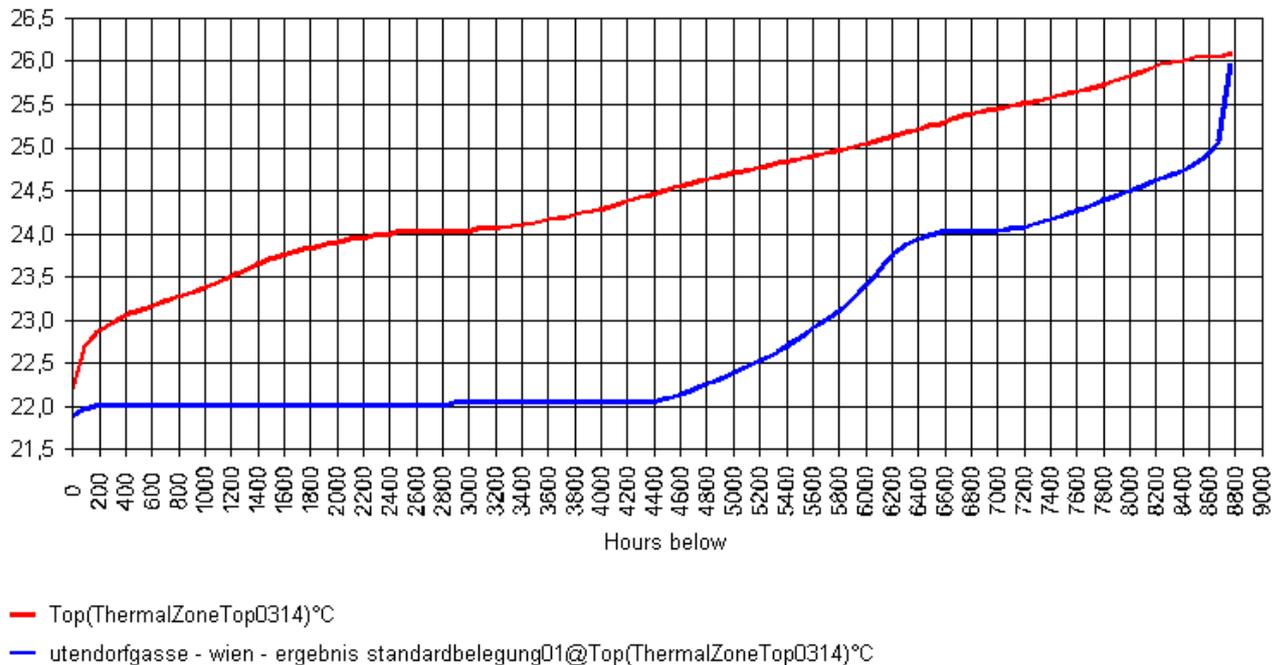


Abbildung 49 - Hours below - Fall C2 – 1997

Im Fall C2 mit einer gewünschten Temperatur von 26 °C, ist offensichtlich, dass das System nicht mehr in der Lage ist den gehobenen Komfortansprüchen zu genügen. Praktisch liegen nur ca. 350 Stunden (4 %) im geforderten Bereich. Mit einer Abweichung von 1 °C sind erst 2950 Stunden (33,7 %), mit einer Abweichung von 2 °C erst 6550 Stunden (75 %) abgedeckt.

Das Heizsystem mit der vorgegebenen Heizlast von 10 W/m² ist hier also keinesfalls ausreichend.

3.2.4.3 Heizwärmebedarf

Variante / Stichwort		C 1 setpoint 24°C 0314		C 2 setpoint 26°C 0314		C 3 setpoint 24°C 0303		C 4 setpoint 26°C 0303		C 5 setpoint 24°C 0315	
Top	WNF	HWB	HWB _{bez.}								
	[m ²]	[kWh/a]	kWh/(m ² a)								
0301	88,53	1.097	12,39	1.097	12,39	1.097	12,40	1.097	12,39	1.097	12,39
0302	49,14	513	10,44	513	10,43	444	9,03	438	8,91	513	10,44
0303	79,77	1.130	14,17	1.129	14,16	2.569	32,21	2.806	35,18	1.130	14,16
0304	88,53	565	6,39	565	6,38	565	6,39	565	6,39	565	6,39
0305	49,14	242	4,92	242	4,92	243	4,95	243	4,95	242	4,92
0306	79,77	623	7,81	623	7,81	347	4,36	339	4,25	623	7,81
0307	88,53	581	6,56	581	6,56	581	6,56	581	6,56	581	6,56
0308	49,14	247	5,02	246	5,00	244	4,96	244	4,96	244	4,96
0309	79,77	632	7,93	633	7,93	637	7,98	636	7,98	637	7,99
0310	88,53	573	6,47	573	6,47	572	6,46	572	6,46	572	6,46
0311	49,14	112	2,28	104	2,12	247	5,03	247	5,03	249	5,06
0312	79,77	650	8,15	649	8,14	648	8,12	648	8,12	363	4,55
0313	52,36	922	17,60	900	17,18	992	18,95	992	18,95	993	18,96
0314	27,10	1.307	48,23	1.733	63,94	542	20,01	542	20,01	483	17,83
0315	49,14	898	18,28	877	17,85	967	19,68	967	19,68	2.016	41,02
Süd	998,36	10.093	10,11	10.464	10,48	10.697	10,71	10.918	10,94	10.308	10,32

Tabelle 42 - Heizwärmebedarf Variante C

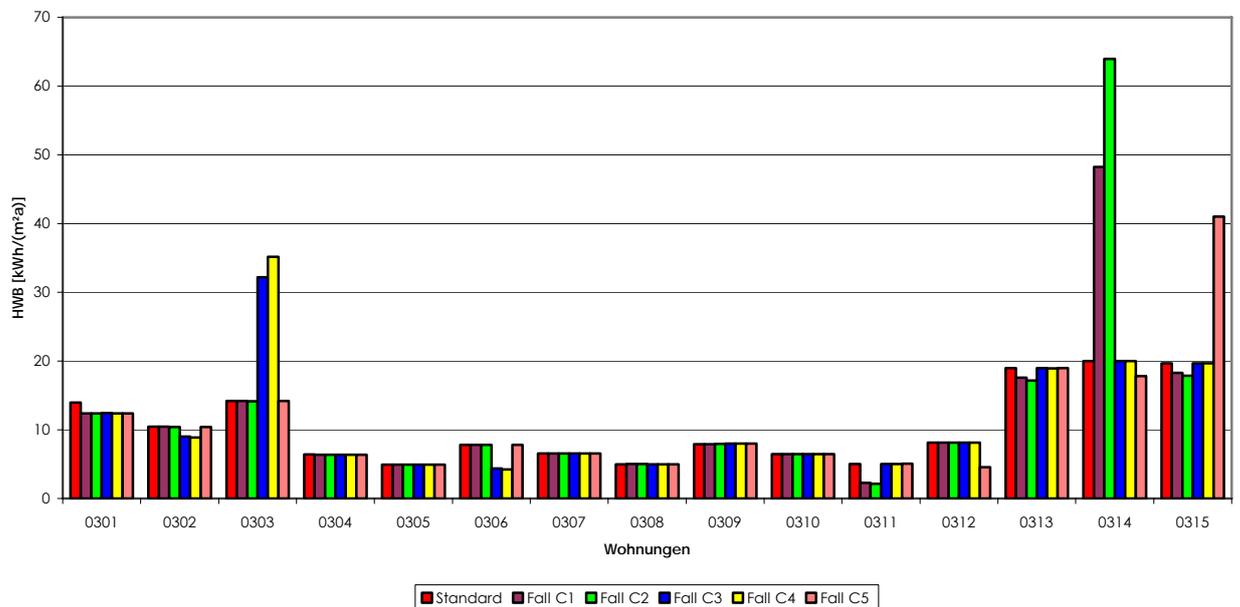


Abbildung 50 - Heizwärmebedarf Variante C – Grafik

Im Fall C1 steigt der Heizenergiebedarf Top 14 um 141 %, d.h. um 764 kWh bzw. 109 €. In den angrenzenden Wohnungen Top 13 und 15 fällt der Energiebedarf um 7 % (71 kWh bzw. 69 kWh). Im Bereich unter der erhöht beheizten Zone im Top 11 fällt der Heizwärmebedarf um 55 % (135 kWh). Es kommt also zu einem erhöhten Querwärmestrom zwischen der erhöht beheizten Zone und den Nachbarwohnungen besonders durch die Decke. Der Gesamtmehrverbrauch liegt also bei, in Bezug auf diese Wohnungen (Top 14, 13, 15, 11) bilanzierten, 489 kWh (€ 70) bzw. gesamt bilanzierten 244 kWh (€ 35). Nicht beheizt wird hier nur Juni, Juli und August. Im September und Mai sind nur je 40 kWh erforderlich.

Der Fall C2 verhält sich ähnlich dem Fall C1. Die Querwärmeströme und die Beeinflussung der Nachbarwohnungen können verglichen werden, der Heizwärmebedarf der erhöht beheizten Zone (setpoint 26 °C) Top 14 steigt um 220 % (1190 kWh), also um deutlich mehr als beim Fall C1. Trotzdem wird der gesetzte Komfortanspruch nicht erfüllt.

Im Fall C3 erhöht sich der Heizwärmebedarf der auf setpoint 24 °C beheizten Wohnung Top 03 um 122 %, d.h. um 1414 kWh bzw. € 201. In der seitlich angrenzenden Wohnung fällt der Energiebedarf um 14 % (88 kWh) und in der darüber liegenden um 44 % (275 kWh). Gesamt bilanziert ergibt sich ein Mehrverbrauch von 848,49 kWh, d.h. dass der erhöht beheizten Zone 565 kWh durch Querwärmeströme verloren gehen. Nicht geheizt wird hier ebenfalls nur im Juni, Juli und August. Im September und Mai besteht ein Heizwärmebedarf von je ca. 70 kWh.

Fall C4 stellt sich ähnlich dem Fall C3 dar. Der Heizwärmebedarf der erhöht beheizten Zone (setpoint 26°C) Top 03 steigt aber um 143 % (1650 kWh). Also um deutlich mehr als im Fall C3, jedoch wird auch hier (wie Fall C1) der gesetzte Komfortanspruch nicht erfüllt.

Fall C5 untersucht die exponiert liegende Wohnung Top 15, deren Heizwärmebedarf um 108 %, d.h. 1048 kWh bzw. € 150 steigt. Die Querwärmeströme sind vergleichbar und es gehen auf diesem Weg gesamt bilanzierte 460 kWh verloren.

3.2.4.4 Risikoquantifizierung

Grundsätzlich stellt die Erhöhung der Solltemperaturen kein Risiko dar. Der gesamte Passivhausstandard kann aber nur mit der Auslegungstemperatur (hier 22 °C) erreicht werden.

Erhöhten Solltemperaturen in wenigen Wohnungen (< 50 %) stellen noch keine Gefährdung des Passivhausstandards im Gesamtobjekt dar.

Jedenfalls verursacht aber eine erhöhte Solltemperatur in einer Zone erhöhte Querwärmeströme, welche in weiterer Folge auch zu erhöhten Transmissionswärmeverlusten an die Außenluft führen.

Erst wenn die Differenz der eingestellten Solltemperatur so groß wird, dass die Querwärmeströme von den Nachbarwohnungen schon allein zu einer höheren Ist – Temperatur in den Nachbarwohnungen führen, nimmt der Gesamtwärmebedarf in einem gewissen Ausmaß zu.

Diese Situation ist aber auch beim Passivhaus selten und daher nur von geringfügiger Bedeutung. [FEI02]

3.2.5 Variante D (10 Tage Winterurlaub mit offenem Fenster)

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall D1			

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall D2			

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall D3			

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall D4			

 Wohnung – Winterurlaub 10 Tage mit offenem Fenster

Tabelle 43 – Variantevergleich Fall D – Systemlängsschnitt Blickrichtung Norden

3.2.5.1 Temperaturverläufe

Im Fall D1 gibt es keine nennenswerte Differenz zwischen den Temperaturverläufen, da hier die Heizung auf Volllast weitergefahren wird. Aus diesem Grund wurde auf eine explizite Darstellung dieser Temperaturverläufe verzichtet.

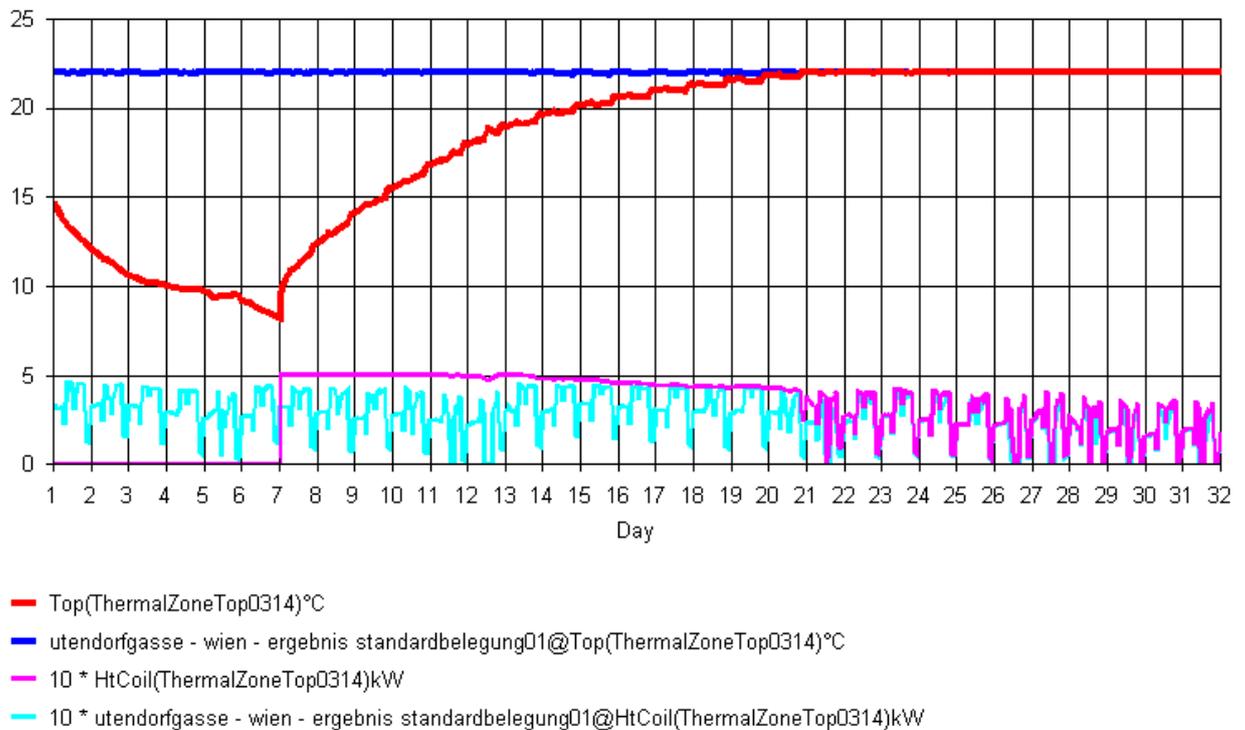


Abbildung 51 – Temperaturverlauf & Heizlast Jänner 1997 Vergleich – Fall D2

Nach Beginn des Urlaubs am 30.12. fällt die Temperatur kontinuierlich bis auf 8 °C. Mit Wiedereinschalten der Heizung steigt die Temperatur sofort auf 10 °C und dann kontinuierlich auf 22 °C bis 21. Jänner.

Die Durchschnittstemperatur im Jänner sinkt auf 18 °C.

Die thermische Erholungszeit der Wohnung beläuft sich also auf 14 Tage. Die Schwelle zum Komfortbereich 20 °C wird nach etwa 7 Tagen erreicht.

Dazu passend läuft die Heizung in den ersten 7 Tagen nach der Rückkehr unter voller Heizlast und schwenkt nach Erreichen der Solltemperatur wieder in die Standardheizkurve ein.

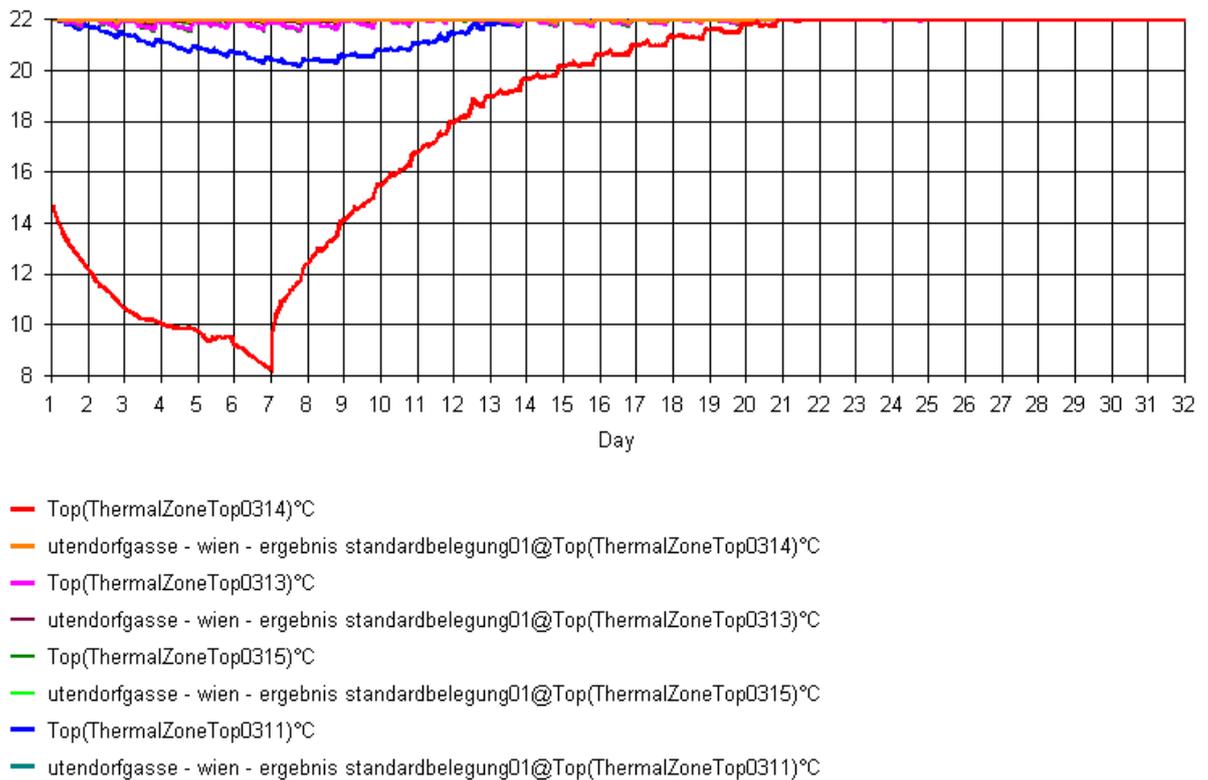


Abbildung 52 - Temperaturverlauf Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D2

Auswirkungen auf den Temperaturverlauf der Nachbarwohnungen sind nur im Bereich der direkt darunter liegenden Wohnung Top 11 mit einer Absenkung auf ca. 20 °C gegeben. Der Beginn der Absenkung in der Nachbarwohnung Top 11 ist um ca. 2 Tage Zeit verschoben (Trägheit der Konstruktion) mit dem Beginn des Winterurlaubs. Die Nachlaufzeit von Top 11 bis zur vollständigen Herstellung des thermischen Komforts liegt bei ca. 7 Tagen, das heißt wenn in der darüber liegenden Wohnung die Grenze von 20 °C erreicht ist, kann die darunter liegende Wohnung wieder normal beheizt werden.

Die nachfolgenden Grafiken veranschaulichen den Temperaturgang der Varianten D3 und D4, welcher sich vergleichbar verhält. Auch hier werden nur die darüber bzw. darunter liegenden Wohnungen in Bezug auf den Temperaturverlauf beeinflusst. Die Monatsdurchschnittstemperatur im Jänner fällt bei D3 auf 17,4 °C und bei D4 auf 19,3 °C.

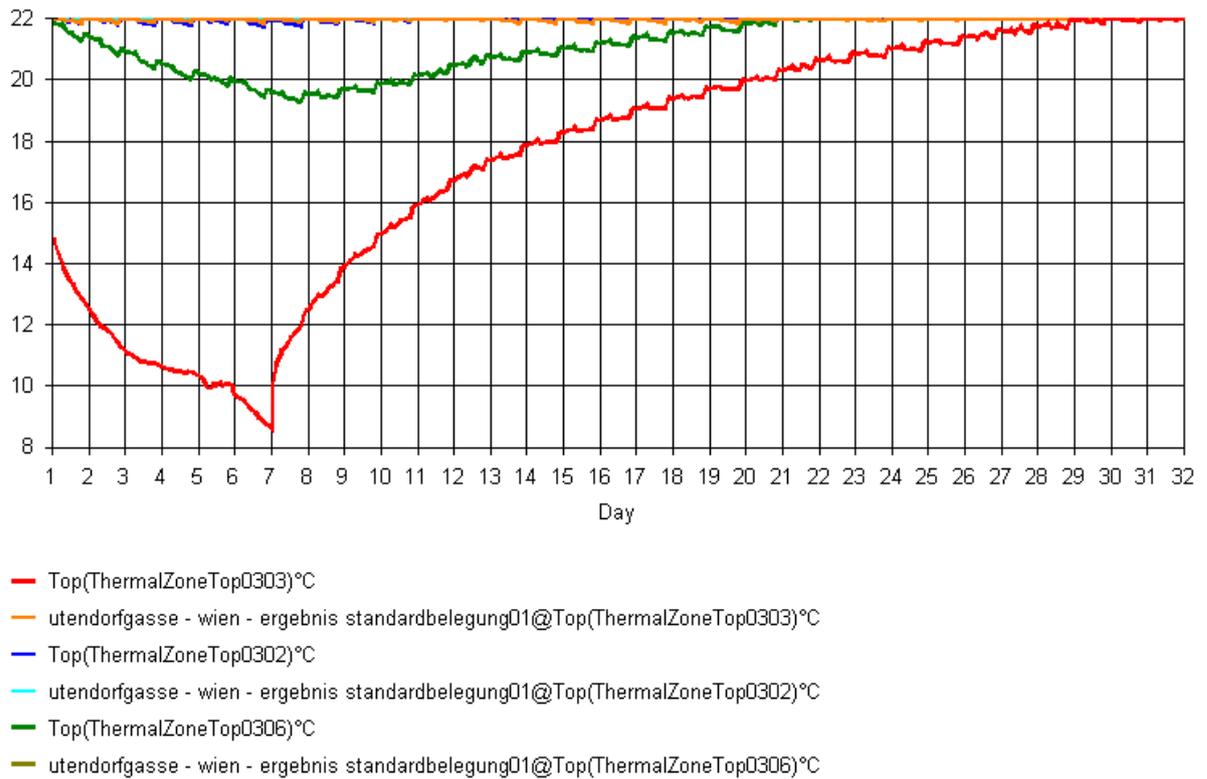


Abbildung 53 - Temperaturverlauf Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D3

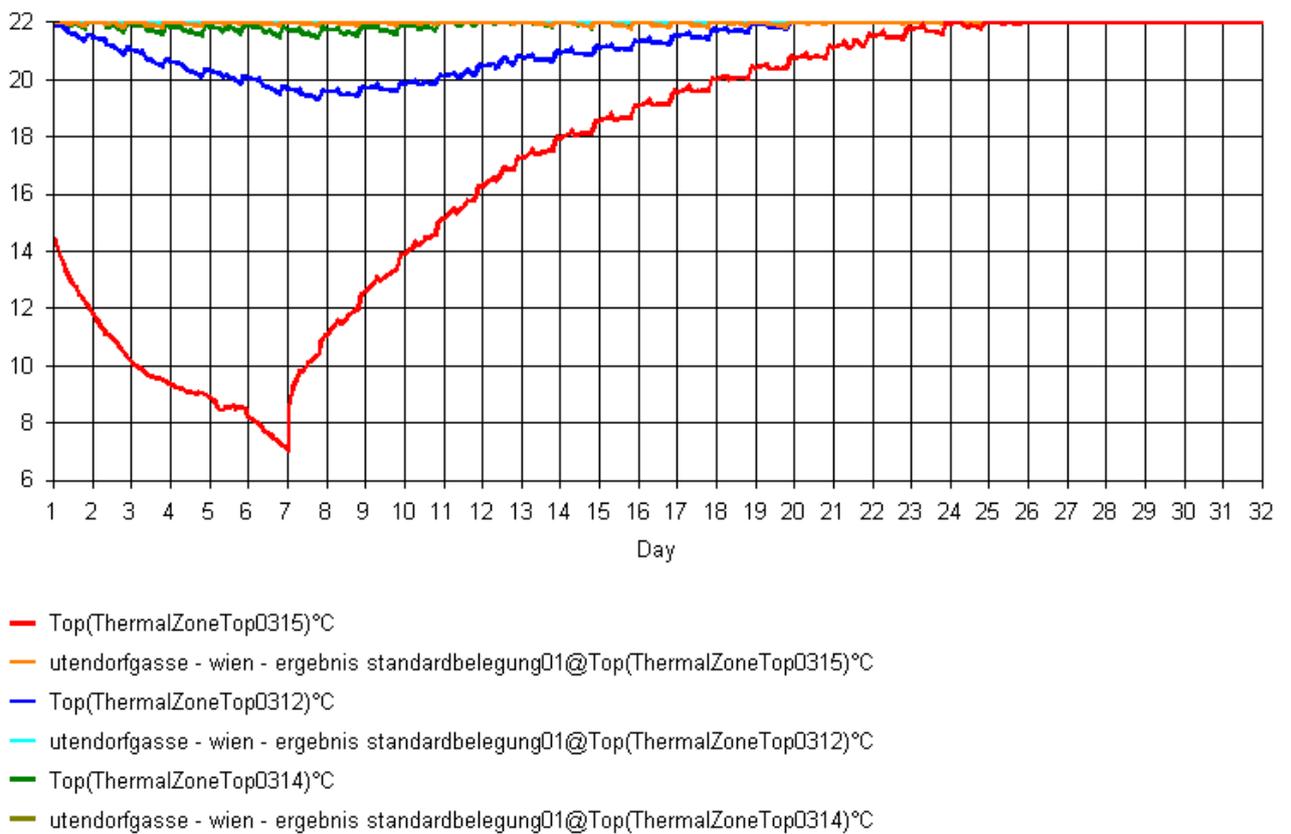


Abbildung 54 - Temperaturverlauf Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D4

3.2.5.2 Statistische Verteilung der Temperatur

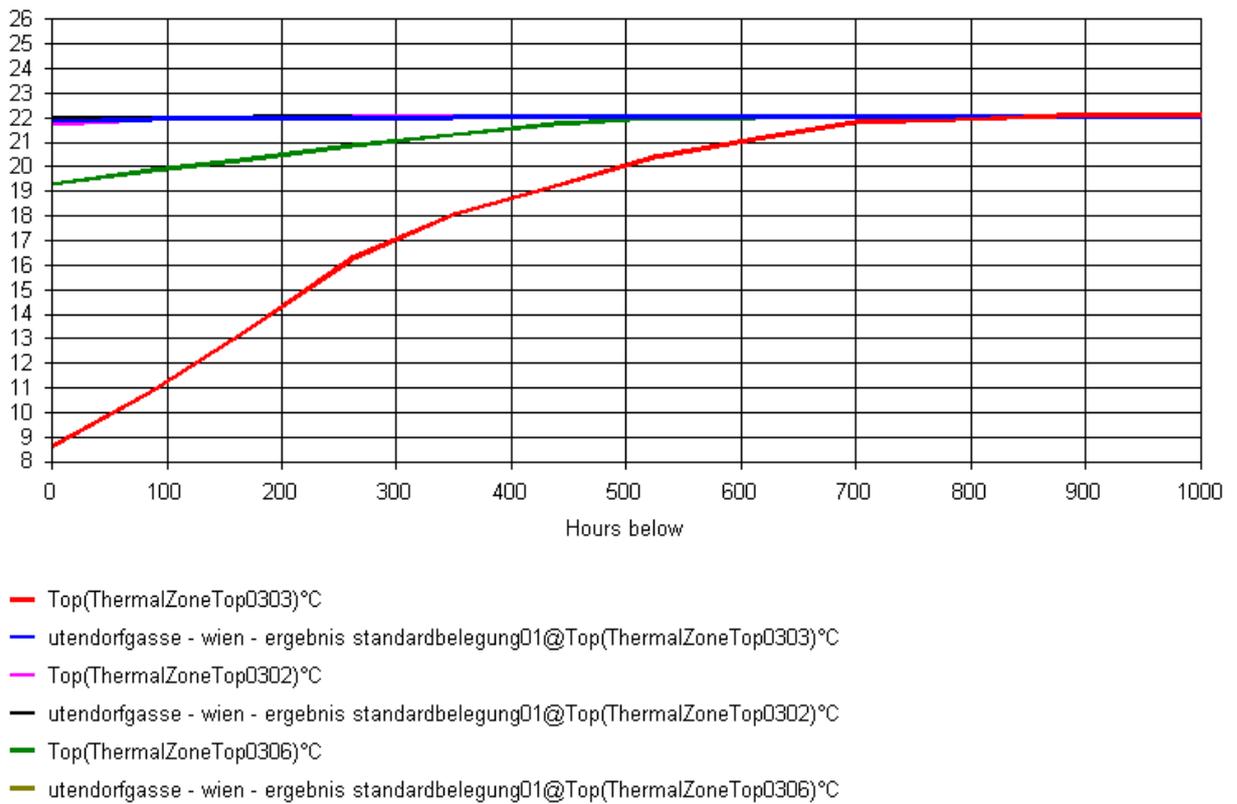


Abbildung 55 – Hours below – Fall D3 – Nachbarwohnungen

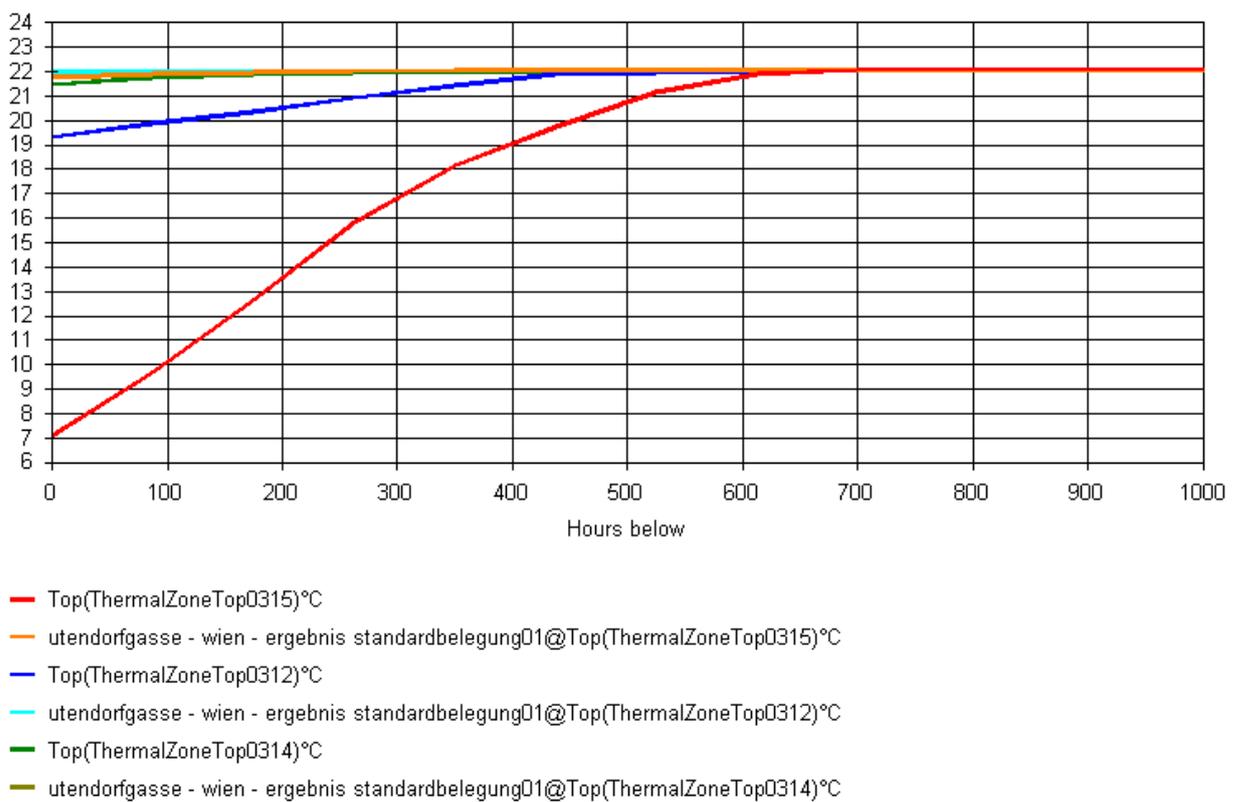


Abbildung 56 - Hours below – Fall D4 – Nachbarwohnungen

Behandelt wurden hier nur die Fälle D3 und D4 aufgrund der Ähnlichkeit der Varianten. Im betroffenen Top kommt es zu einer Unterschreitung der Solltemperatur für 700 Stunden. Davon sind 240 Stunden unbewohnte Urlaubszeit, das heißt tatsächlich ist der Komfort für 460 Stunden nicht gegeben.

Während einer Dauer von 450 Stunden sinkt die Temperatur unter den Komfortbereich von 20 °C.

Der thermische Komfort der darunter bzw. darüber liegenden Wohnung ist für ca. 450 Stunden nicht gegeben. Dabei sinkt die Temperatur für 300 Stunden unter 21 °C und für 100 Stunden unter 20 °C.

Der Temperaturverlauf der anderen Nachbarwohnungen ist durch das Urlaubsszenario nicht betroffen.

Den 350 Stunden unter 18 °C muss jedenfalls entgegengewirkt werden. Eventuell durch einen zusätzlichen Heizstrahler, wodurch auch gewährleistet wird, dass die betroffene Nachbarwohnung schneller wieder die Solltemperatur erreicht.

3.2.5.3 Heizwärmebedarf

Variante / Stichwort		Standard Normalbelegung		D 1 Winterurlaub 0302		D 2 Winterurlaub 0314		D 3 Winterurlaub 0303		D 4 Winterurlaub 0315	
Top	WNF	HWB	HWB _{bez.}	HWB	HWB _{bez.}	HWB	HWB _{bez.}	HWB	HWB _{bez.}	HWB	HWB _{bez.}
	[m ²]	[kWh/a]	kWh/(m ² a)	[kWh/a]	kWh/(m ² a)	[kWh/a]	kWh/(m ² a)	[kWh/a]	kWh/(m ² a)	[kWh/a]	kWh/(m ² a)
0301	88,53	1234	13,94	1100	12,42	1099	12,41	1099	12,42	1099	12,42
0302	49,14	514	10,46	671	13,64	514	10,47	563	11,45	515	10,47
0303	79,77	1130	14,17	1132	14,19	1132	14,19	1301	16,30	1132	14,19
0304	88,53	568	6,42	566	6,40	567	6,40	567	6,41	567	6,41
0305	49,14	242	4,92	246	5,01	243	4,94	250	5,10	243	4,95
0306	79,77	623	7,81	624	7,82	625	7,83	802	10,05	624	7,83
0307	88,53	581	6,56	582	6,57	582	6,58	583	6,58	583	6,58
0308	49,14	244	4,96	244	4,97	257	5,24	245	4,98	245	4,98
0309	79,77	632	7,92	633	7,94	634	7,94	682	8,55	680	8,52
0310	88,53	572	6,46	572	6,47	578	6,52	573	6,47	573	6,47
0311	49,14	247	5,03	248	5,04	356	7,24	249	5,06	257	5,23
0312	79,77	648	8,12	649	8,14	654	8,20	649	8,14	802	10,06
0313	52,36	993	18,96	993	18,97	1027	19,62	994	18,98	994	18,99
0314	27,10	542	20,02	543	20,04	656	24,21	544	20,07	583	21,50
0315	49,14	967	19,69	968	19,70	1002	20,39	969	19,71	1077	21,91
Süd	998,36	9736	9,75	9772	9,79	9927	9,94	10069	10,09	9973	9,99

Tabelle 44 - Heizwärmebedarf Variante D

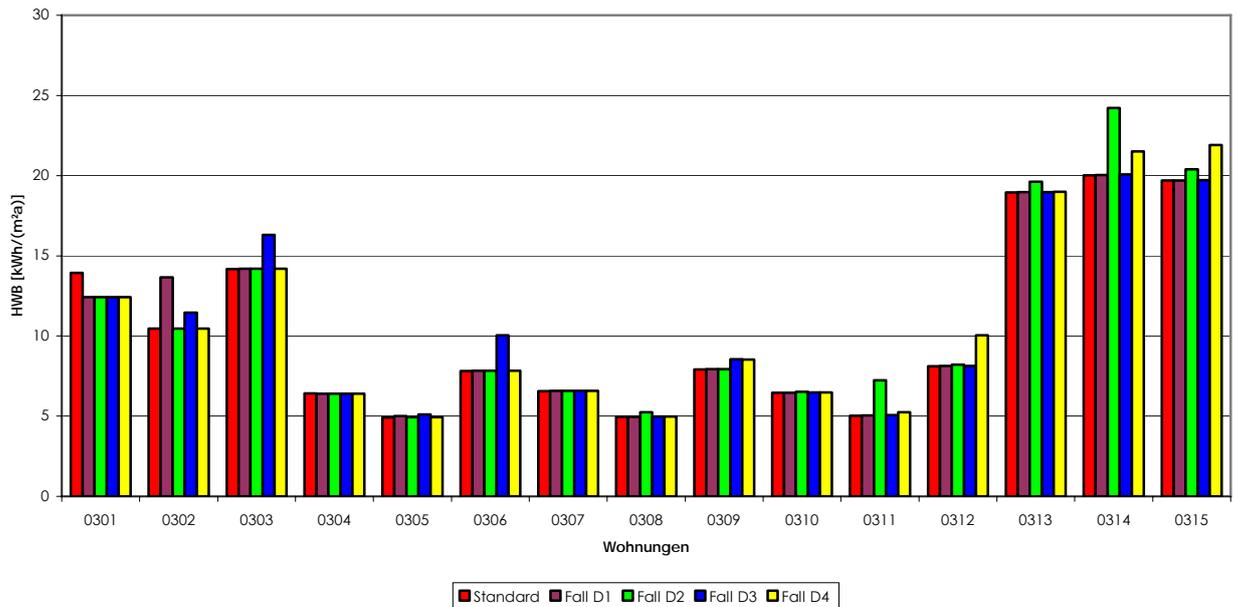


Abbildung 57 - Heizwärmebedarf Variante D – Grafik

Im Fall D1 wird die Heizung mit ihren Standardeinstellungen während des Urlaubs weiter betrieben. Der Heizwärmebedarf steigt hier im Top 02 um 30 % (157 kWh), das sind ca. € 2,3/Urlaubstag. Der Heizwärmebedarf der angrenzenden Wohnungen wird marginal beeinflusst (+ 2 % im Top darunter).

Im Fall D2 erfolgt die Umstellung der Heizung auf Frostschutz. Der Heizwärmebedarf Top 14 ist hier im Vergleich zum Standard um 21 % (114 kWh) höher. Die seitlich angrenzenden Wohnungen werden thermisch praktisch nicht beeinflusst (+ 4 kWh Heizwärmebedarf). Die unter Top 14 situierte Wohneinheit Top 11 hat einen um 44 % (109 kWh) erhöhten Bedarf. Dies bedeutet eine monetäre Belastung der Nachbarwohnung mit € 15.

Im Fall D3 weist die Wohnung Top 03 einen um 13 % (145 kWh) erhöhten Heizwärmebedarf auf. Die Beeinflussung der Nachbarwohnungen beschränkt sich auch hier auf die darüber liegende Wohneinheit Top 06 mit einer Erhöhung um 29 % (179 kWh). Der monetär bewertete Einfluss ist bei der Nachbarwohnung Top 06 mit € 26 höher als bei der eigentlich betroffenen Wohnung mit € 21.

Der Fall D4 verhält sich ähnlich den beschriebenen Varianten. Der Heizwärmebedarf von Top 15 steigt jedoch nur um 11 % (109 kWh). Die darunter liegende Wohnung Top 12 ist mit einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs um 24 % wiederum mehr betroffen als die eigentlich untersuchte Wohnung Top 15.

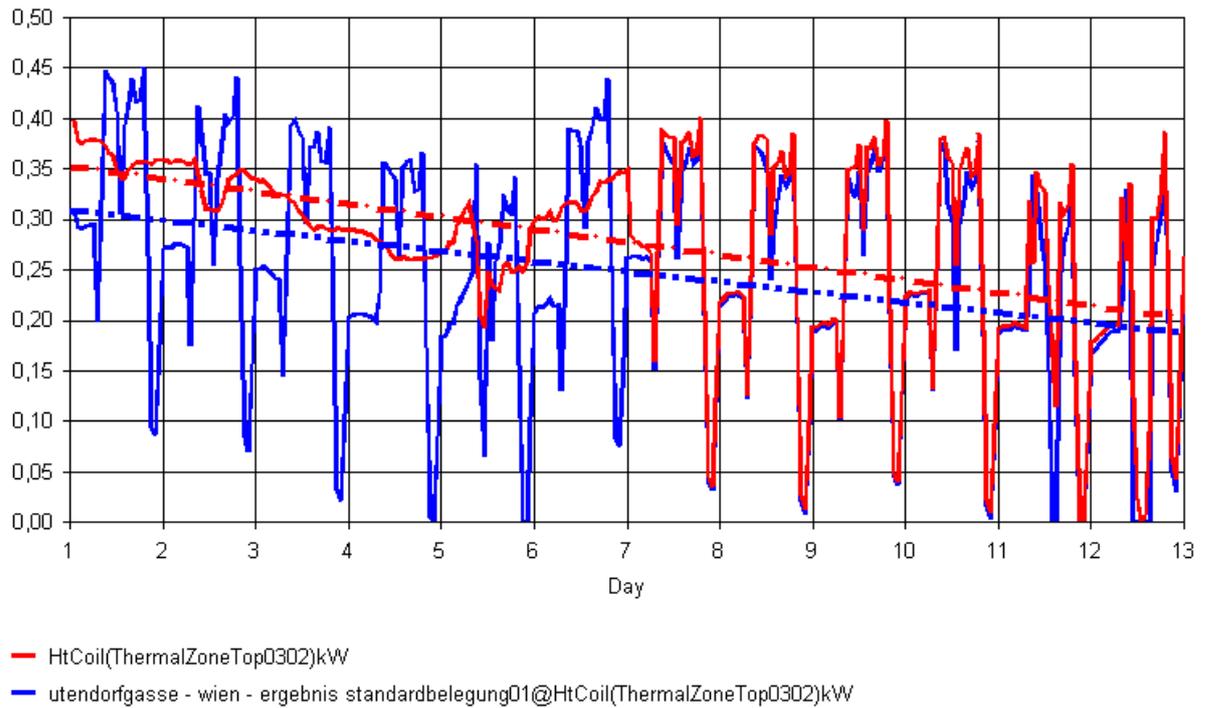


Abbildung 58 – Heizlast Jänner 1997 (01.01. – 13.01.) Vergleich – Fall D1

Oben ersichtlich sind die erhöhte Heizlast im Bereich der Urlaubstage und das sofortige Einpendeln auf die Standardkurve bei Urlaubsende, wenn die Heizung durchgehend betrieben wird, sowie den höher liegenden Mittelwert im Vergleich zum Standard.

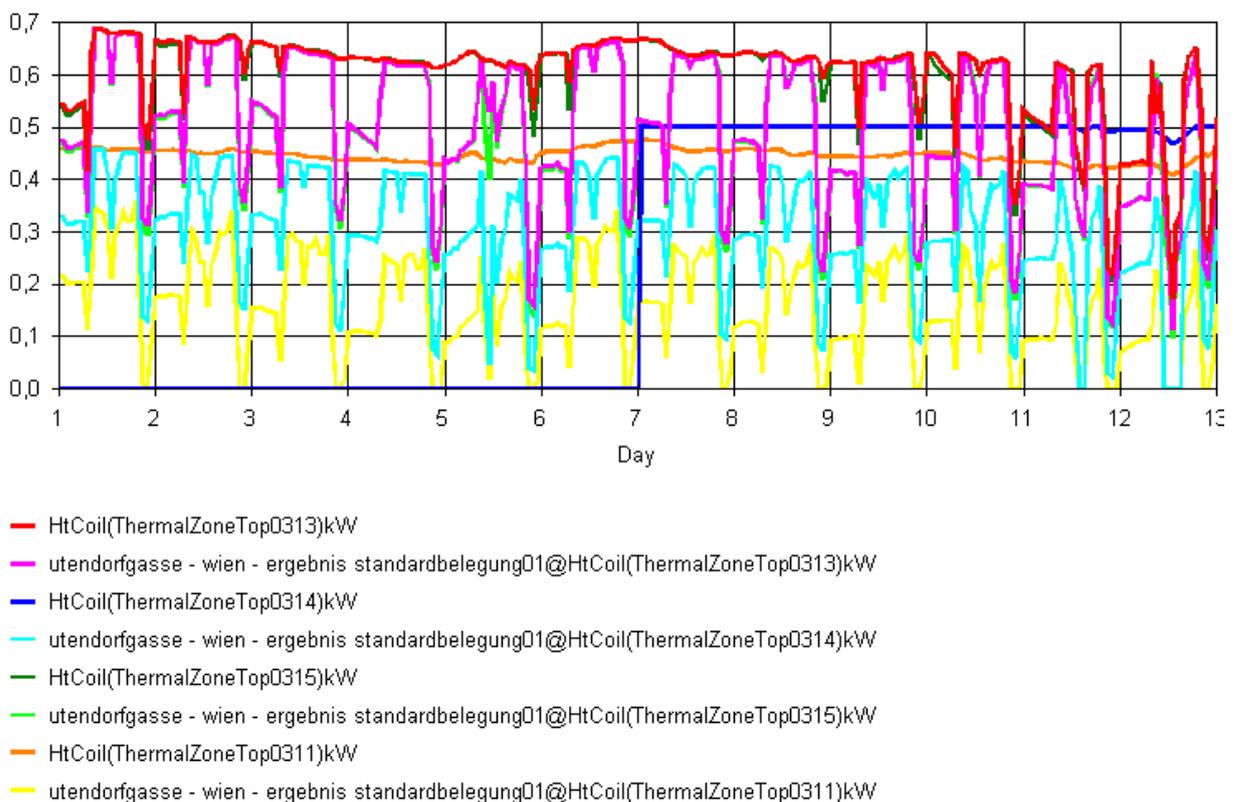


Abbildung 59 - Heizlast Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D2

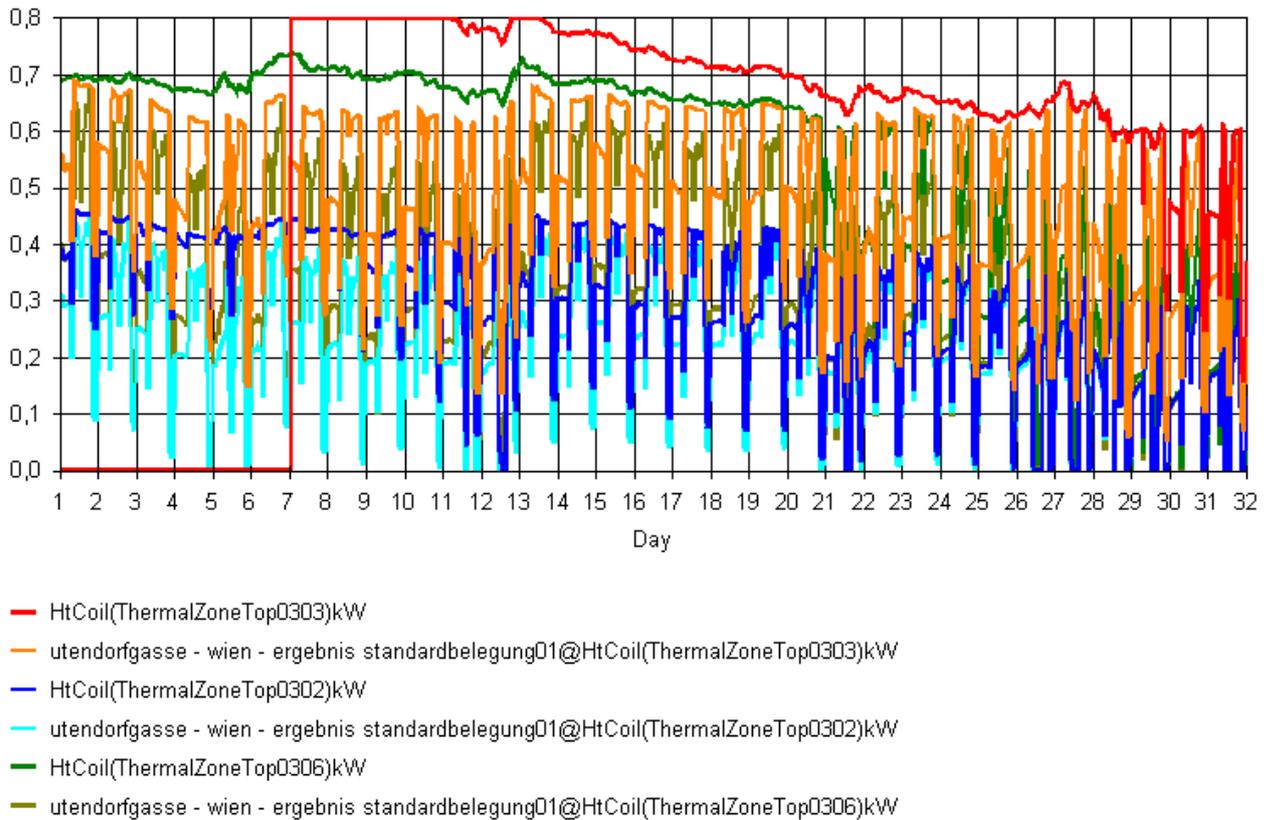


Abbildung 60 - Heizlast Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D3

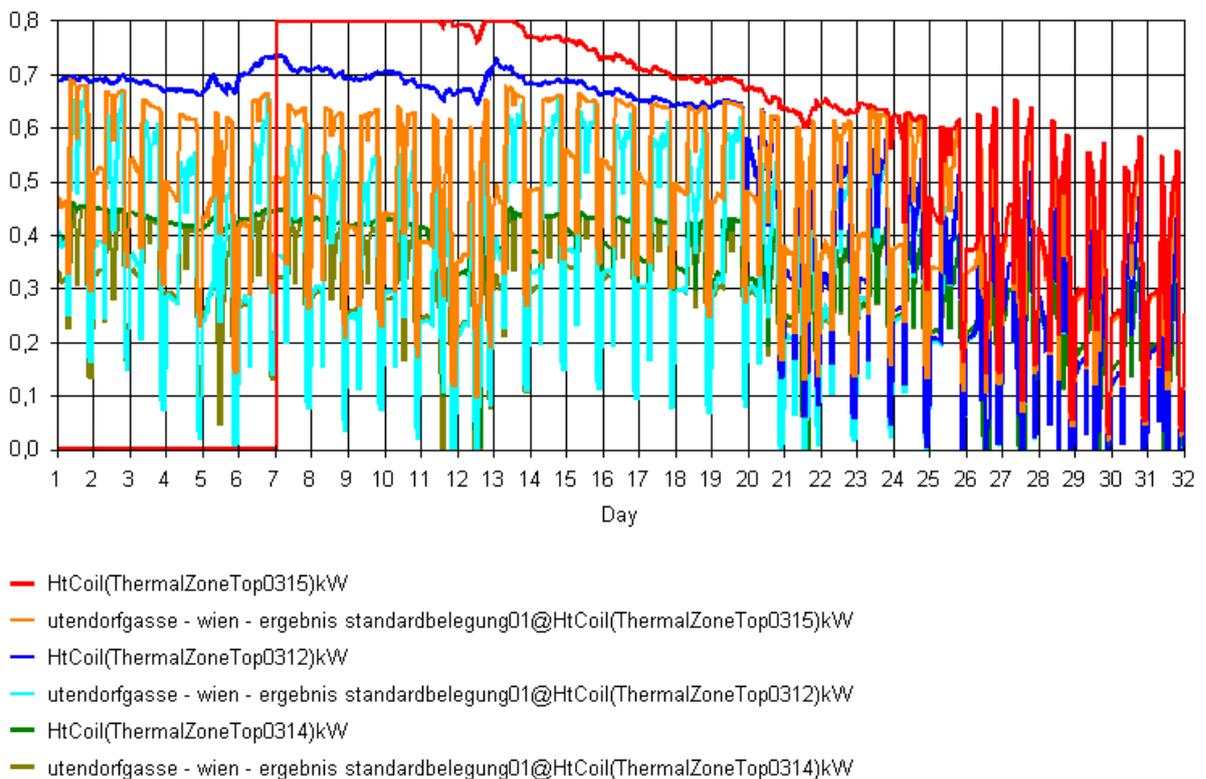


Abbildung 61 - Heizlast Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall D4

Bei den vorgehenden Darstellungen zur Heizlast ist die Ähnlichkeit der Heizlastkurven aller Fälle ersichtlich. Die Heizlast springt bei Urlaubsende von 0 auf den maximal zulässigen Wert und pendelt sich nach ca. 14 – 20 Tagen wieder in den Bereich der Standardkurve ein.

Die Heizlastkurven der darunter oder darüber liegenden Wohnungen sind während der Urlaubszeit und der Nachlaufzeit von ca. 7 Tagen auf konstant hohem Niveau und gehen danach wieder in die Standardkurve über.

Die Heizlasten der seitlich angrenzenden Wohnungen haben einen konstanten Level am oberen Ende des Standardausschlages.

Im Bereich der Ausnutzung der maximalen Heizlast (direkt nach dem Urlaub) ist ersichtlich, dass die Begrenzung der Heizlast (Staubverschwellung) ein schnelleres Erreichen der Solltemperaturen in den Wohnungen verhindert.

3.2.5.4 Risikoquantifizierung

Das hier untersuchte Risiko hat eine kleine Auftretswahrscheinlichkeit, jedoch eine verhältnismäßig lange (durchschnittlich 18 Tage) und massive Auswirkung auf den Komfortbereich der direkt betroffenen und der angrenzenden Wohneinheiten.

Sinnvoller Weise muss diesem Risiko, welches auch in einfacherer Form durch andere Szenarien, wie zum Beispiel durch das Nachlüften im Winter gebildet werden kann, entgegenwirkt werden.

Dies kann mittels konventionellen Backup Heizsystemen erfolgen, was in der Anfangsphase des Passivhausbaues auch ausgeführt wurde.

Die einfachste Lösung ist die vorhandene Steckdose. Somit hat der Nutzer die Möglichkeit, sich einen Heizlüfter zu kaufen und diesen als Zusatzheizung für solche Fälle zu betreiben.

Die elektrischen Heizlüfter können auch von der Hausverwaltung zur Verfügung gestellt werden. Entweder fix in jeder Wohnung eingebaut oder als Backup zum Beispiel einen für je 5 Wohnungen, aufbewahrt in einem allgemein zugänglichen Raum.

Jedenfalls ist zu empfehlen die Fenster während Zeiten längerer Abwesenheit unverschattet geschlossen zu halten.

Die Wahrscheinlichkeit von anderen Szenarien, wo Benutzer, während sie selbst in ihren Wohnungen anwesend sind mehrere Stunden im Winter lüften, ist so gering, dass sie im gegenständlichen Fall nicht als Risiko eingestuft wurde.

Feist stellt in [FEI 97] fest, dass die in Passivhäusern beobachteten Temperaturverläufe keine Anhaltspunkte dafür geben, dass in Zeiten, in denen tatsächlich Heizenergiebedarf besteht, Fenster oder Türen über längere Zeit offen gehalten wurden, was sich auch mit Beobachtungen deckt.

3.2.6 Variante E (leer stehende Wohnungen U-Wert Trennwand = 2,61 W/(m²K))

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall E1			

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall E2			

Nachbargebäude	13	14	15
	10	11	12
	07	08	09
	04	05	06
	01	02	03
Stiege 03 – Fall E3			

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

Leer stehende Wohnungen

Tabelle 45 – Variantenvergleich Fall E – Systemlängsschnitt Blickrichtung Norden

3.2.6.1 Temperaturverläufe

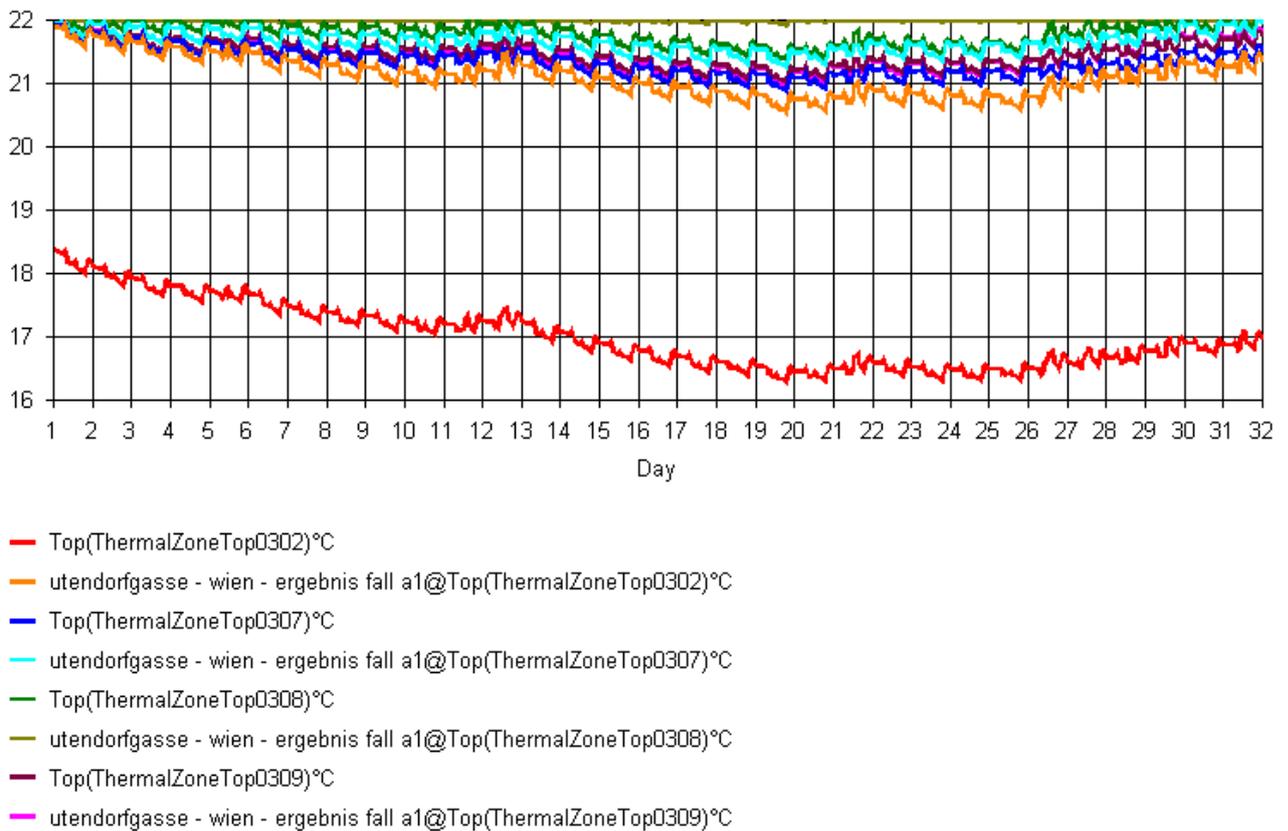


Abbildung 62 - Temperaturverlauf Jänner 1997 betroffene Wohnungen – Fall E1

Durch den wesentlich schlechteren U-Wert der Wohnungstrennwände ($U = 2,61 \text{ W/m}^2\text{K}$, d.h. um 326 % schlechter als in Variante A) wird der Temperaturverlauf der untersuchten Wohnung wesentlich mehr abhängig von den thermischen Zuständen in den Nachbarwohnungen. Die Wohnungstrenndecke bleibt gleich, und daher verhalten sich die Wohnungen über den unbeheizten Zonen (Top 07, 08, 09) genauso wie in Variante A.

Der Temperaturverlauf in der untersuchten Wohnung ist im dargestellten Monat Jänner mit einem Minimum am 20.01. von 16,3 °C und einer Monatsmitteltemperatur von 17,0 °C bei weitem unter den geforderten Komfortwerten.

Die Durchschnittstemperatur im Winterhalbjahr liegt bei 19,6 °C und damit auch außerhalb jeder Komfortgrenzen. Der Temperaturabfall beginnt am 25.10., der Temperaturanstieg endet mit Anfang März.

In der nachfolgenden Grafik ist die jeweilige Jahresganglinie der Temperaturen (Monatsmitteltemperaturen) dargestellt. Die Temperaturdifferenz zur Konstruktion mit dem besseren U-Wert (Fall A) wird hier sehr deutlich.

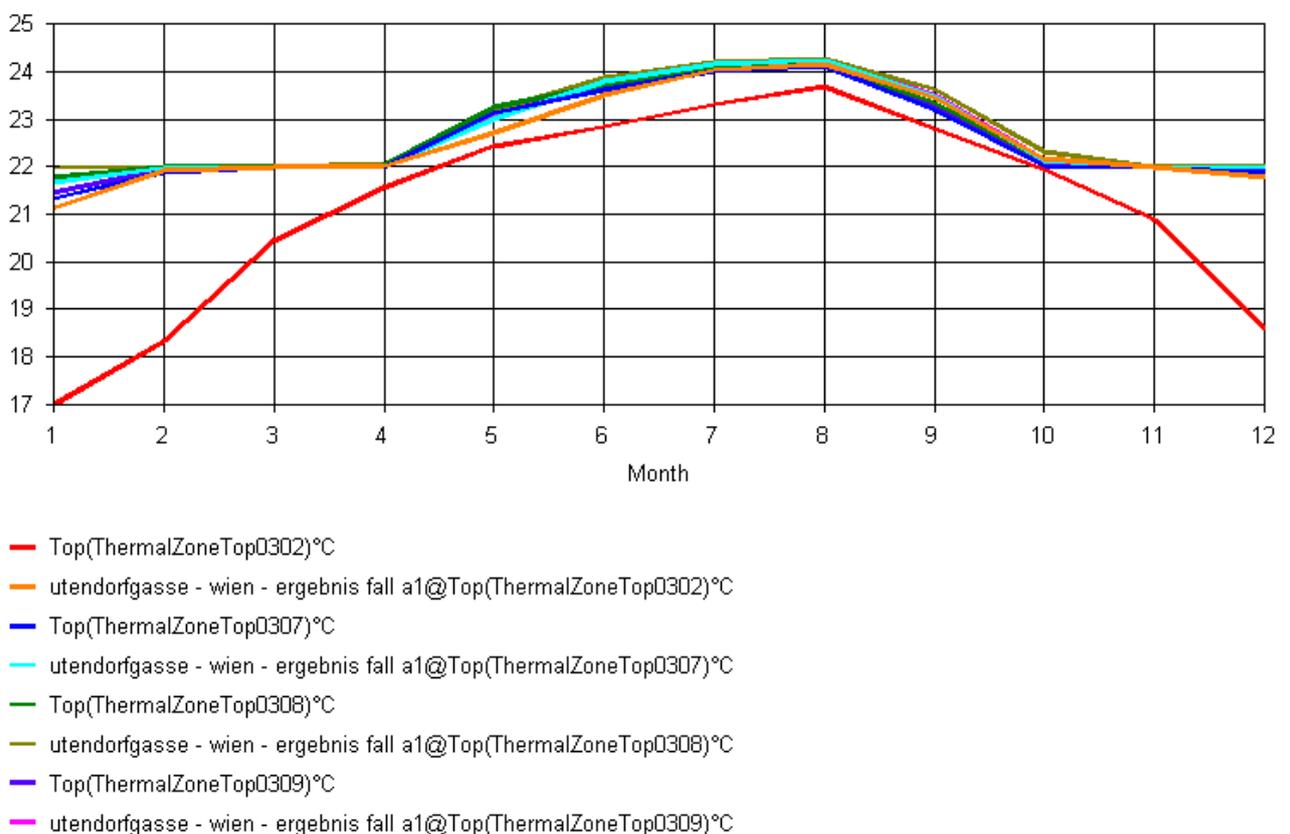


Abbildung 63 - Temperaturverlauf – Monatsmittelwerte - 1997 – Fall E1

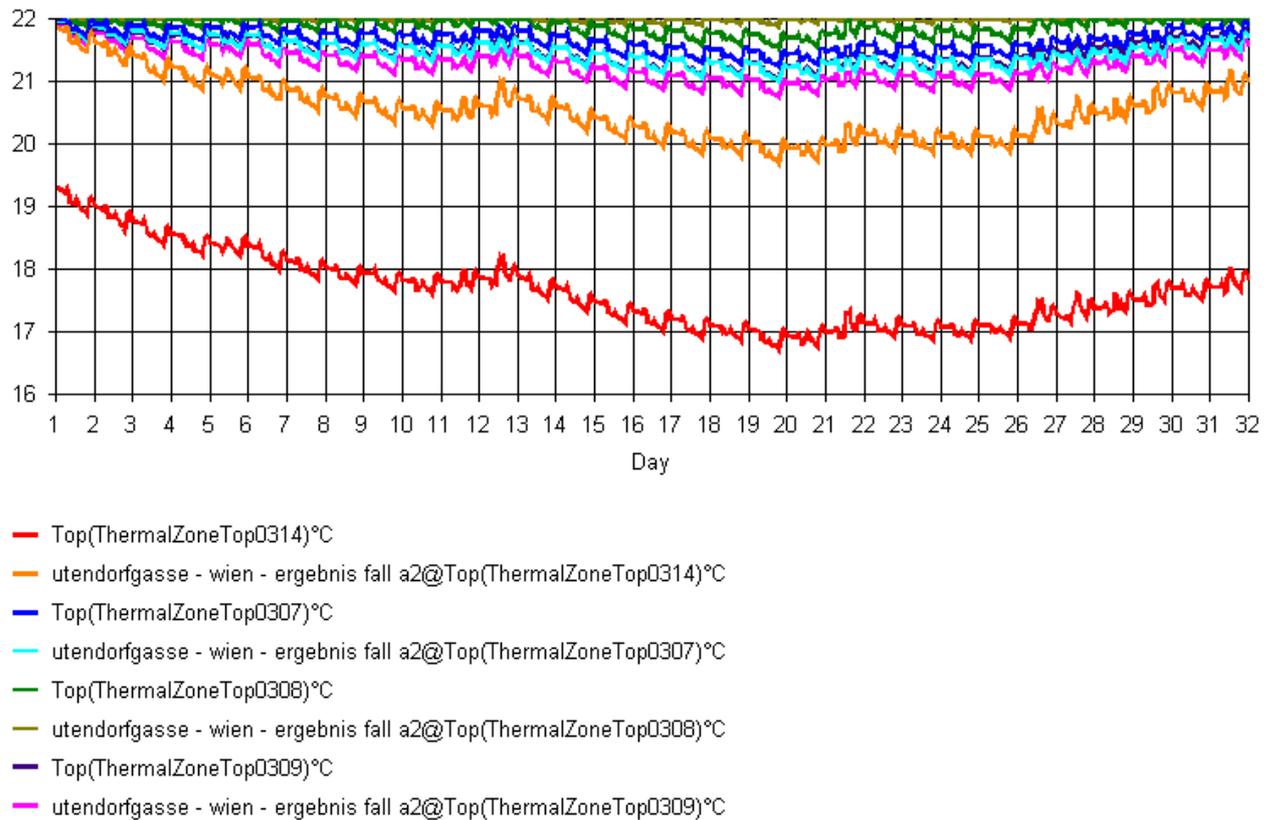


Abbildung 64 - Temperaturverlauf Jänner 1997 betroffene Wohnungen – Fall E2

Im Fall E2 erreicht die Temperatur ein Minimum von 16,7 °C. Die Durchschnittstemperatur im Jänner liegt bei 17,6 °C, und im Winterhalbjahr bei 20,4 °C, also weit außerhalb des Komfortbereiches. Von 17.11. bis 31.11. sinkt die Temperatur um 2 °C. Im Dezember erfolgt ein kurzer Einbruch auf 18,5 °C. Nach der tiefsten Temperatur am 20.01. wird ansteigend bis Ende Februar die 22 °C Marke wieder erreicht.

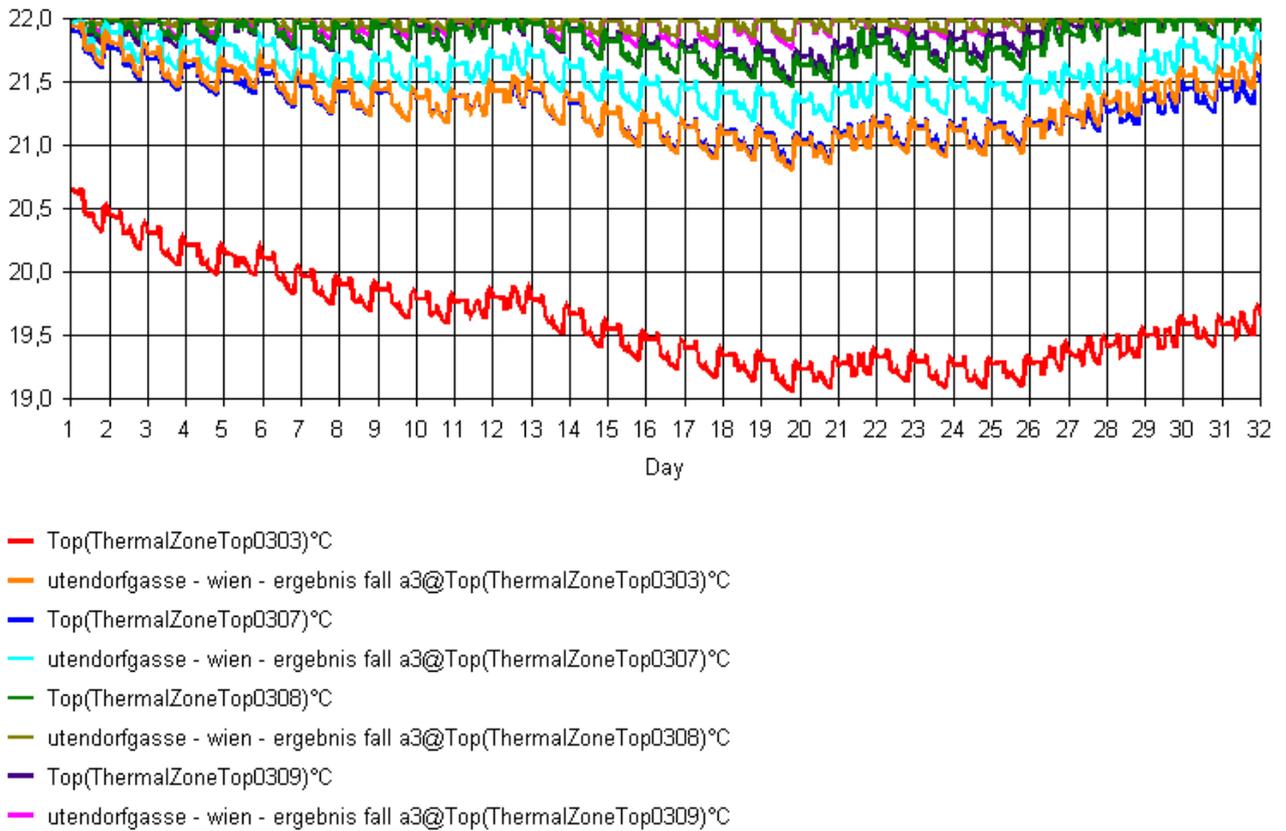


Abbildung 65 - Temperaturverlauf Jänner 1997 betroffene Wohnungen – Fall E3

Auch hier verhält sich der Temperaturverlauf der untersuchten Wohnungen vergleichbar zum vorhergehenden Fall. Die Durchschnittstemperatur im Jänner liegt bei 17,6 °C, und im Winterhalbjahr bei 20,4 °C, also außerhalb des Komfortbereichs. Die Mindesttemperatur liegt mit 19,5 °C besser als bei den kleinen Wohnungen; im Verhältnis aber schlechter als im Fall A3 (20,8 °C).

Im Fall E4, nachfolgend dargestellt, ergibt sich die Durchschnittstemperatur im Jänner zu, 20 °C, und im Winterhalbjahr zu 21,5 °C. Die Mindesttemperatur beträgt nur 19,2 °C im Verhältnis zu Fall A mit 20,7 °C.

Der Temperaturverlauf der Nachbarwohnungen ist vergleichbar mit Fall E3.

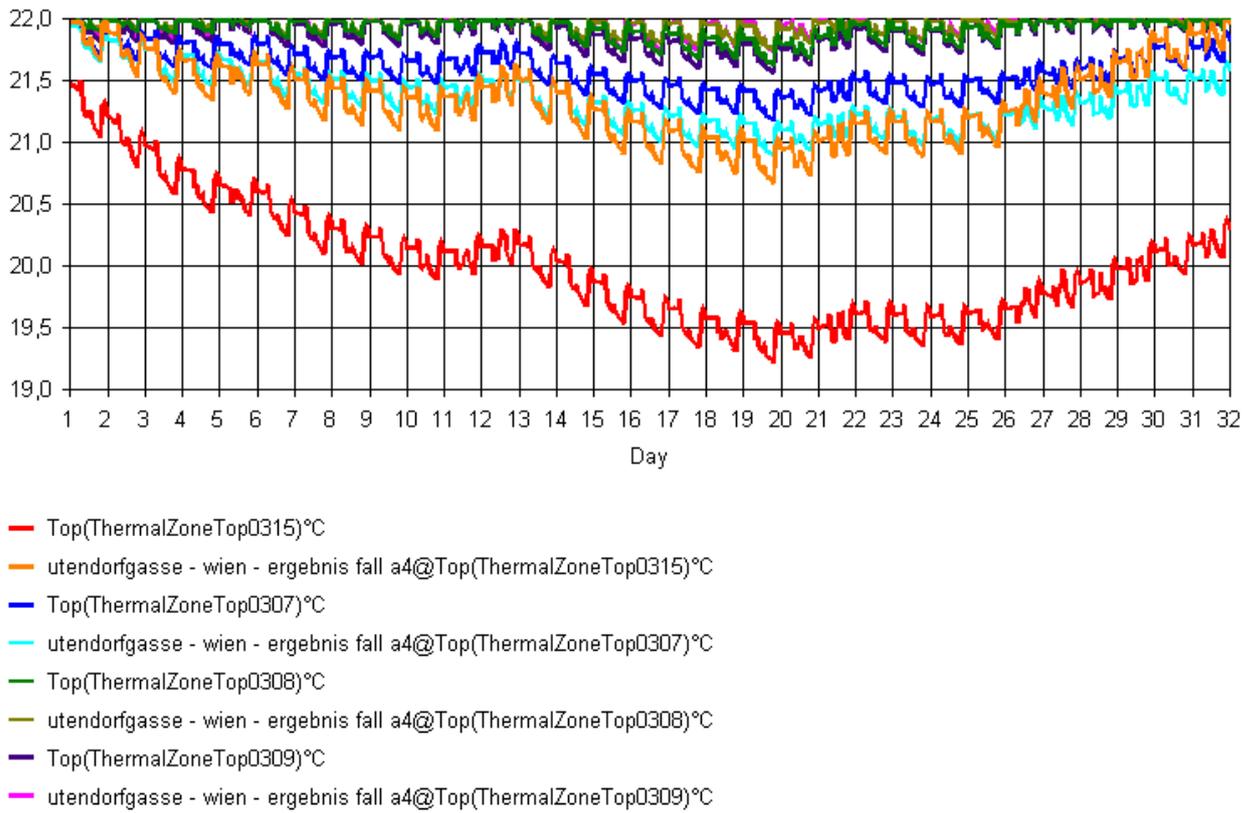


Abbildung 66 - Temperaturverlauf Jänner 1997 betroffene Wohnungen – Fall E4

3.2.6.2 Statistische Verteilung der Temperatur

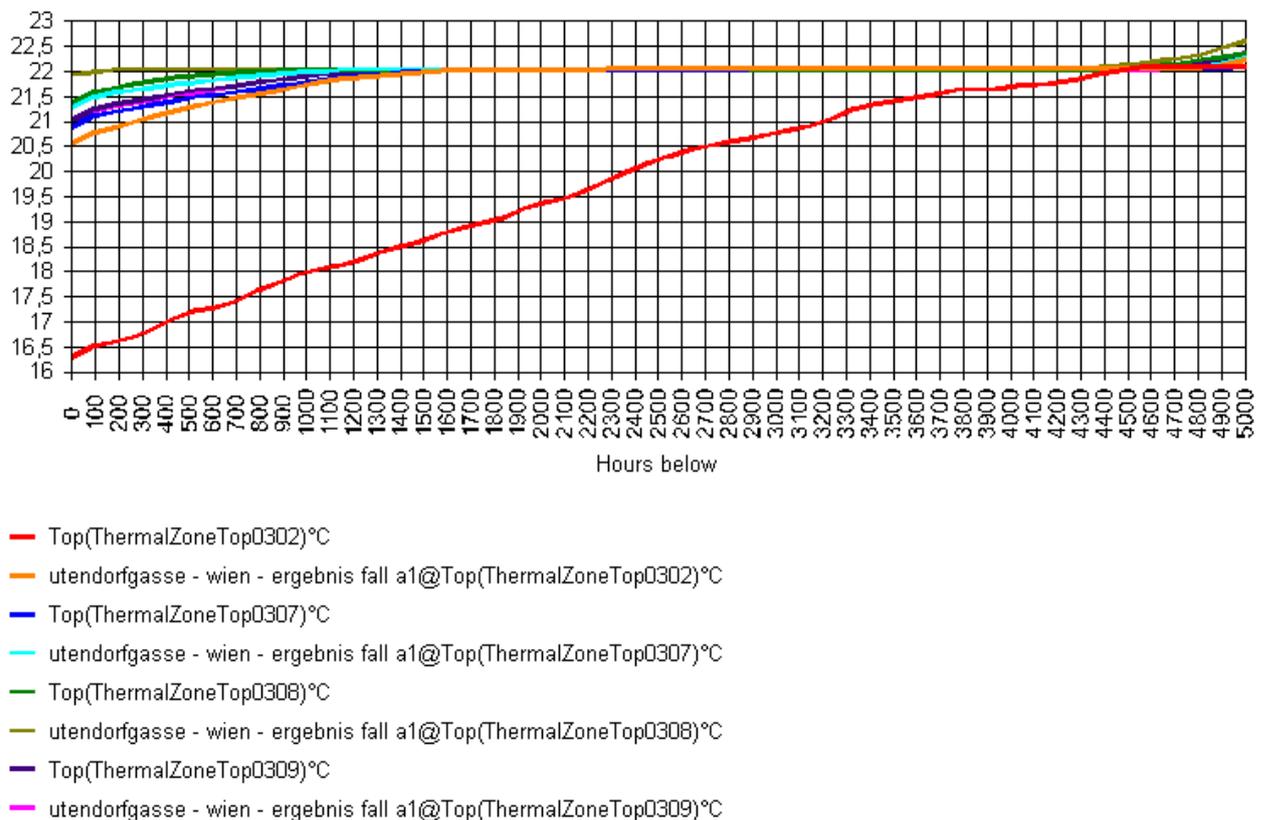


Abbildung 67 – Hours below – Jahr 1997 – Fall E1

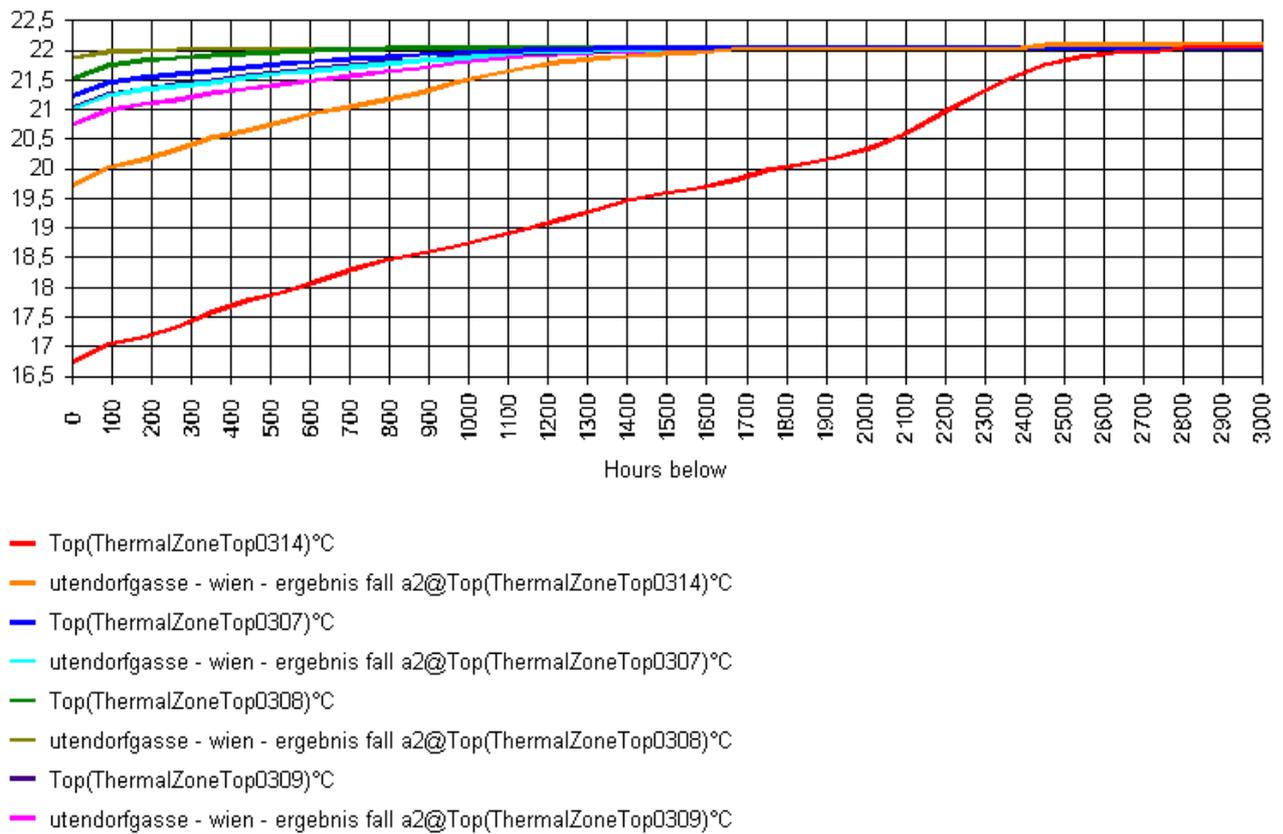


Abbildung 68 - Hours below – Jahr 1997 – Fall E2

Klar ersichtlich im Fall E1 und E2 ist die große Anzahl an Stunden mit Temperaturen unter den Komfortkriterien. Sind doch mit 2600 Stunden um 62,5 % mehr Stunden unter der Komfortgrenze als bei Fall A. Im Fall E1 sind 4400 Stunden betroffen.

In den nachfolgenden Grafiken sind die Temperaturverläufe der Fälle E3 und E4 dargestellt.

Im Fall E3 weisen 2500 Stunden (29 %) Temperaturen unter 22 °C auf. Nur 700 Stunden (8 %) haben Temperaturen unter 20 °C und damit weit außerhalb der Komfortkriterien.

Im Fall E4 haben 2200 Stunden (25 %) Temperaturen unter 22 °C. Die Temperatur bei 400 Stunden (5 %) davon liegt unter 20 °C. Die Komfortkriterien werden auch hier nicht erfüllt.

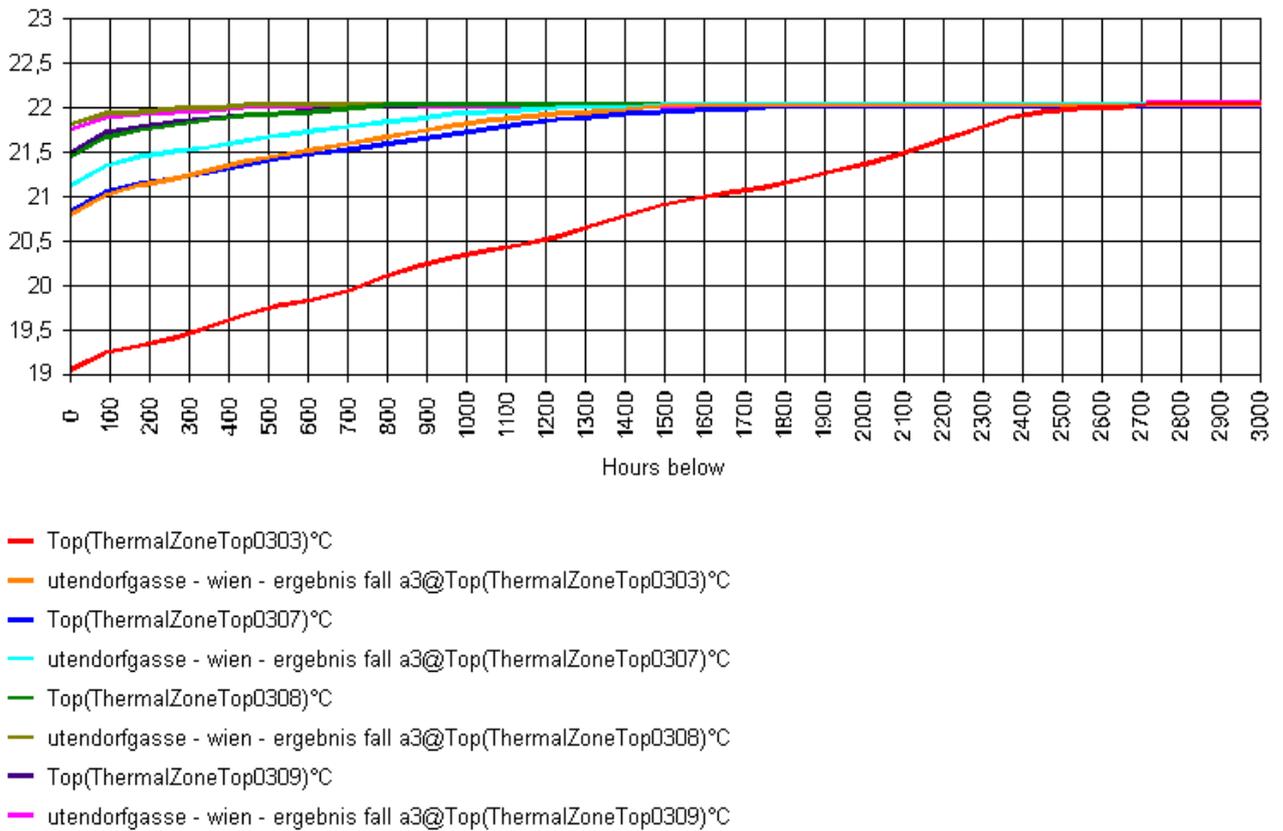


Abbildung 69 - Hours below – Jahr 1997 – Fall E3

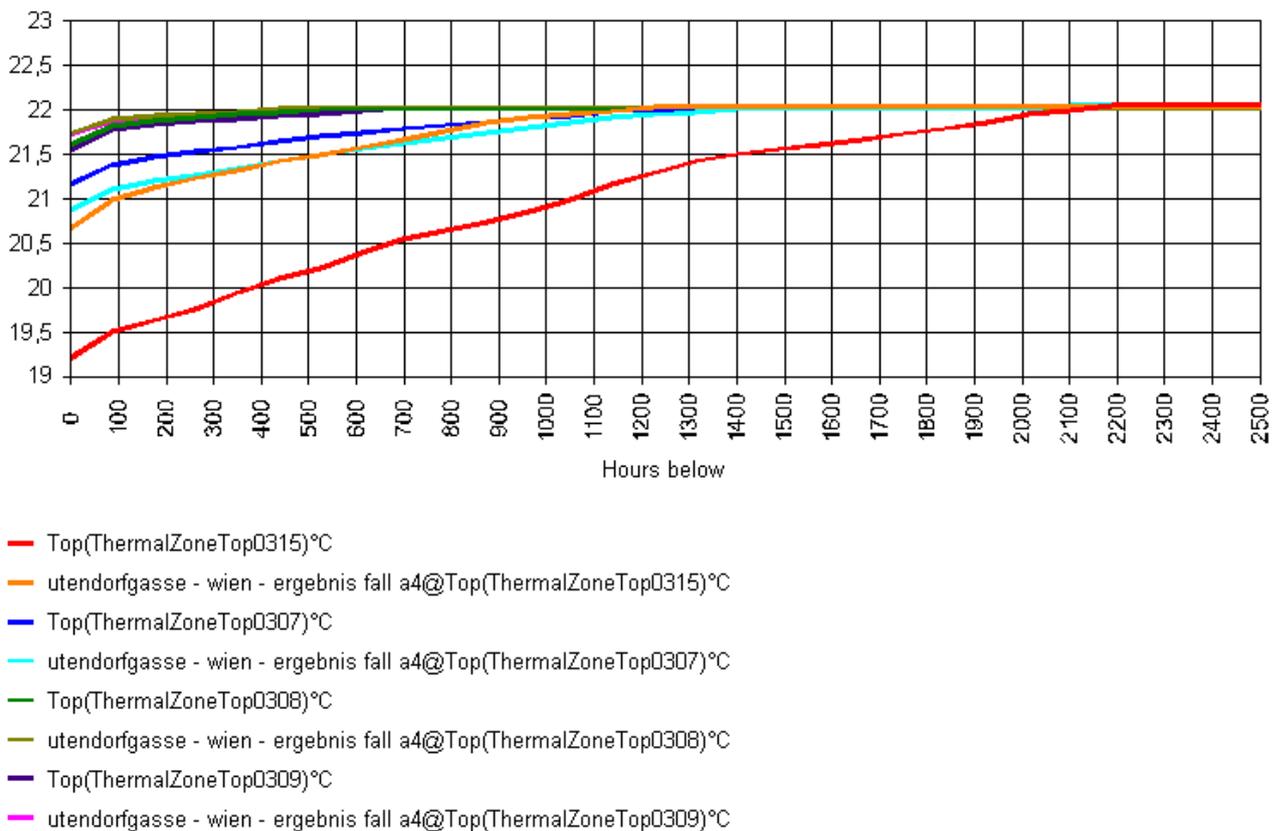


Abbildung 70 - Hours below – Jahr 1997 – Fall E4

3.2.6.3 Heizwärmebedarf

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

Tabelle 46 - Heizwärmebedarf Variante E

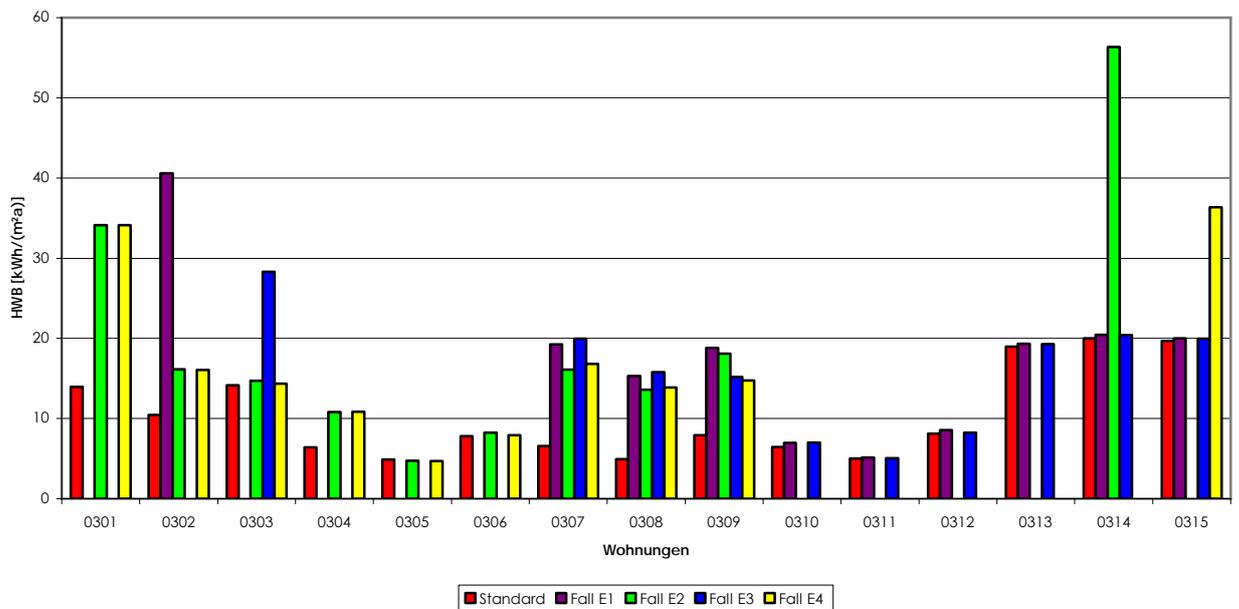


Abbildung 71 - Heizwärmebedarf Variante E – Grafik

Der Heizwärmebedarf im Fall E1 Top 02 steigt im Verhältnis zur Standardbelegung um 288 % (1480 kWh d.h. € 210) und im Verhältnis zu Variante A um 85 % (917 kWh).

Zur Erhöhung des Heizwärmebedarfs der über der unbeheizten Zone liegenden Wohnungen und der untersuchten Wohnung lassen sich zu Variante A vergleichbare Trends feststellen.

Die Auswertung der prozentuellen Änderung des Heizwärmebedarfs erfolgt mittels nach stehender Tabelle bezüglich Standardbelegung und Variante A:

Top	E1/Standard		E1/A		E2/Standard		E2/A	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
0301					1787	245%	1900	270%
0302	1480	388%	917	185%	280	155%	263	149%
0303					45	104%	22	102%
0304					388	168%	346	157%
0305					-8	97%	-18	93%
0306					36	106%	-25	96%
0307	1125	294%	276	119%	843	245%	-29	98%
0308	509	309%	330	178%	425	274%	204	144%
0309	869	238%	56	104%	814	229%	8	101%
0310	47	108%	29	105%				
0311	5	102%	0	100%				
0312	38	106%	2	100%				
0313	20	102%	11	101%				
0314	12	102%	3	100%	984	281%	523	152%
0315	16	102%	8	101%				

Tabelle 47 – Heizwärmebedarf Vergleich Fall E1,2 mit A

Top	E3/Standard		E3/A		E4/Standard		E4/A	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
0301					1787	245%	1916	273%
0302					275	154%	269	152%
0303	1129	200%	658	141%	14	101%	5	100%
0304					391	169%	351	158%
0305					-10	96%	-12	95%
0306					9	102%	4	101%
0307	1187	304%	297	120%	907	256%	29	102%
0308	532	318%	221	140%	438	280%	105	118%
0309	581	192%	214	121%	544	186%	148	114%
0310	51	109%	27	105%				
0311	2	101%	0	100%				
0312	12	102%	7	101%				
0313	18	102%	12	101%				
0314	10	102%	3	101%				
0315	15	102%	8	101%	820	185%	441	133%

Tabelle 48 - Heizwärmebedarf Vergleich Fall E3,4 mit A

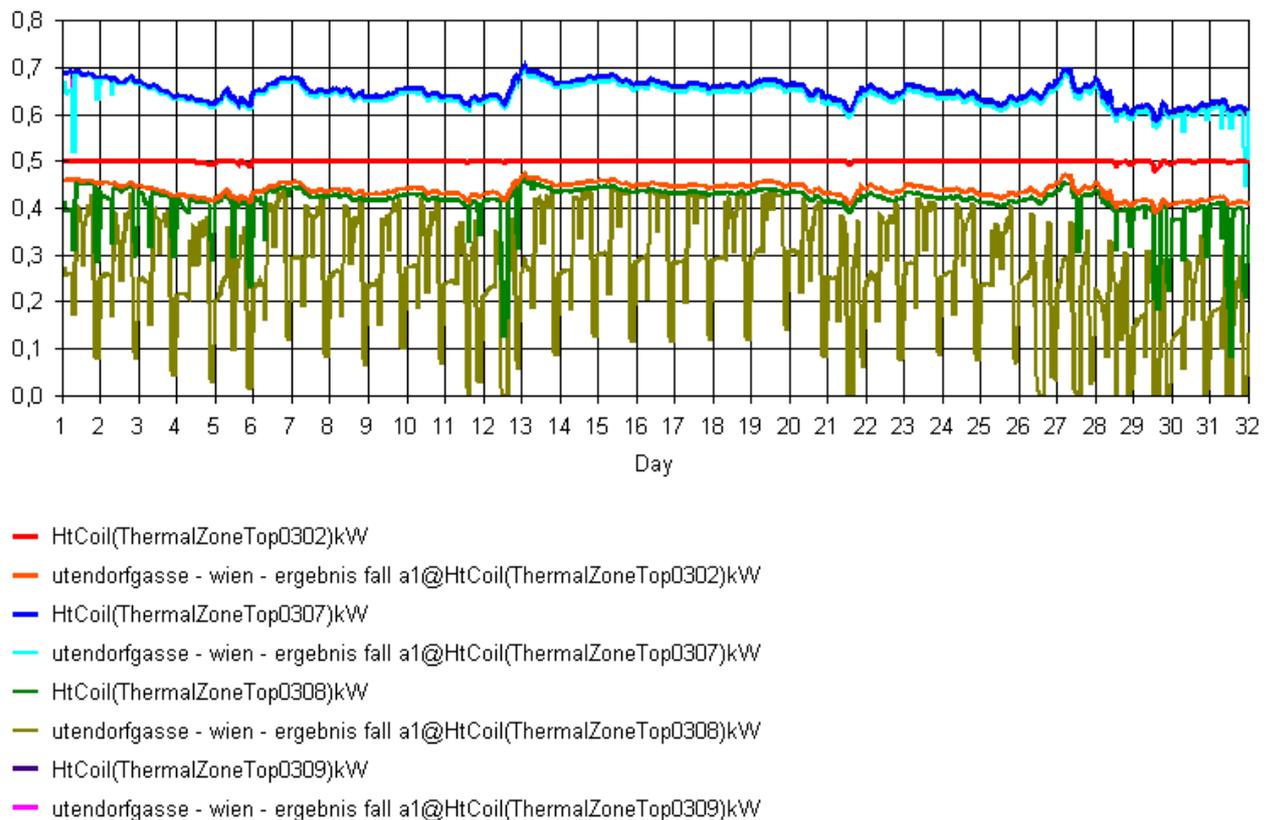


Abbildung 72 - Heizlast Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall E1

Anhand der vorstehenden Abbildung der Heizlast für Fall E1 (E2 ist vergleichbar) ist für Top 02 bzw. 14 ersichtlich, dass die Heizspirale der Lüftungsanlage praktisch den gesamten Jänner bzw. daraus folgend auch die gesamte Heizperiode unter Vollast läuft. Was wiederum implementiert, dass die gewünschte Temperatur sicher nicht erreicht werden kann.

Die Heizlast der direkt darüber bzw. darunter liegenden Wohnung pendelt sich im Bereich des oberen Ausschlages der Heizlastkurve des Falls A ein. Die restlichen Heizlastkurven sind praktisch mit Fall A identisch.

Ähnlich verhalten sich auch die Heizlastkurven des Falls E3 (bzw. E4 vergleichbar) - wie nachstehend abgebildet. Wobei hier nur ein erhöhter Heizlastlevel unter der maximalen Heizlast festzustellen ist.

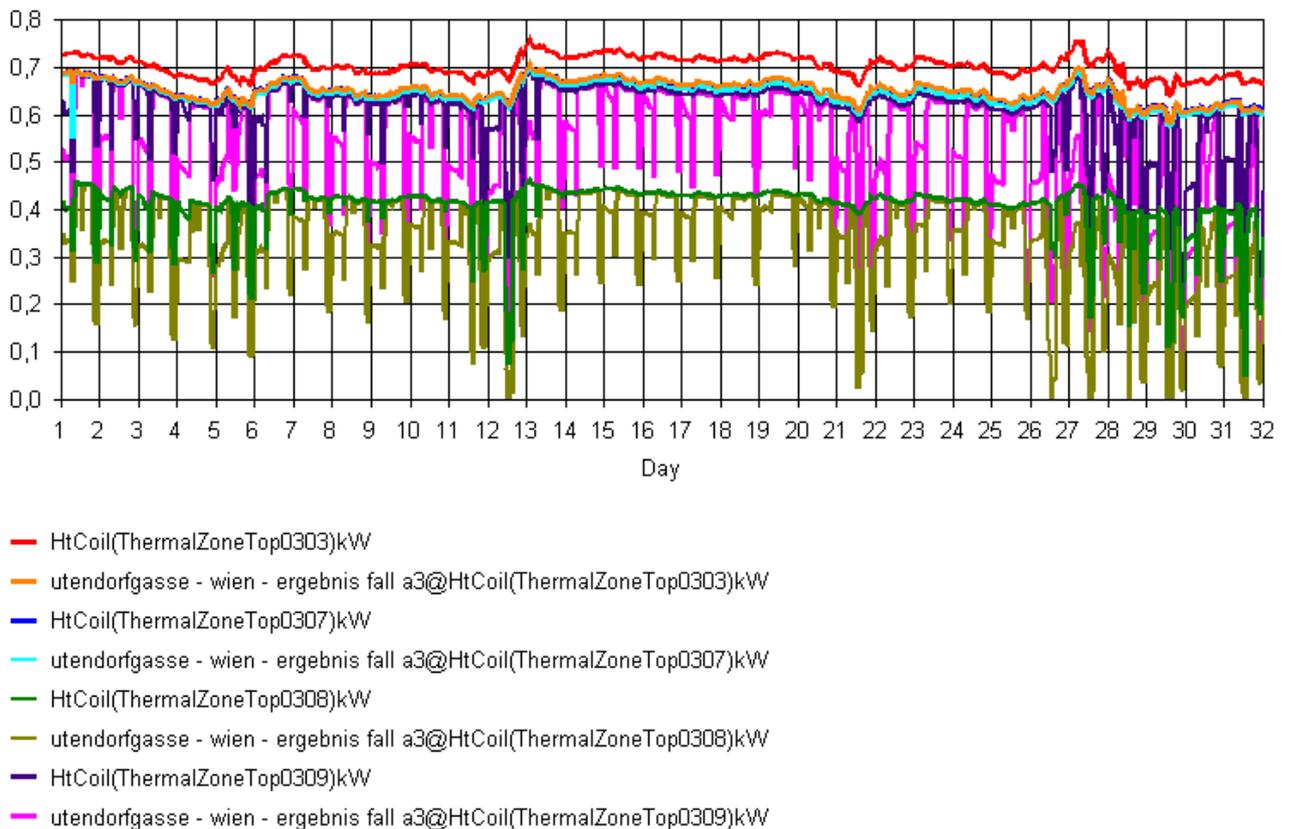


Abbildung 73 - Heizlast Jänner 1997 Nachbarwohnungen – Fall E3

3.2.6.4 Risikoquantifizierung

Das Risiko eines verhältnismäßig schlechten U-Werts zwischen den Wohnungen ist klar gegeben.

Die Beeinflussung der Wohnungen untereinander nimmt bei Leerbelegungen derart zu, dass die Performancekriterien mit gegebener Heizlast nicht mehr erfüllt werden können.

Die Wärmeströme zwischen den Wohneinheiten haben vor allem Einfluss auf die Dimensionierung der Heizungsanlage und diese wird wiederum durch die maximale Heizlast begrenzt (Staubverschwellung).

Anzustreben ist daher eine ausreichende Dämmung (zumindest eine einseitige Vorsatzschale mit 5 cm Dämmung, wie in Fall A) zwischen den Wohnungen, sodass U-Werte zwischen 0,5 und 0,8 W/(m²K) [FEI97] erreicht werden.

3.2.7 Variante F (Leerlaufemperatur, Temperaturverlauf ohne Stromversorgung)

3.2.7.1 Temperaturverläufe

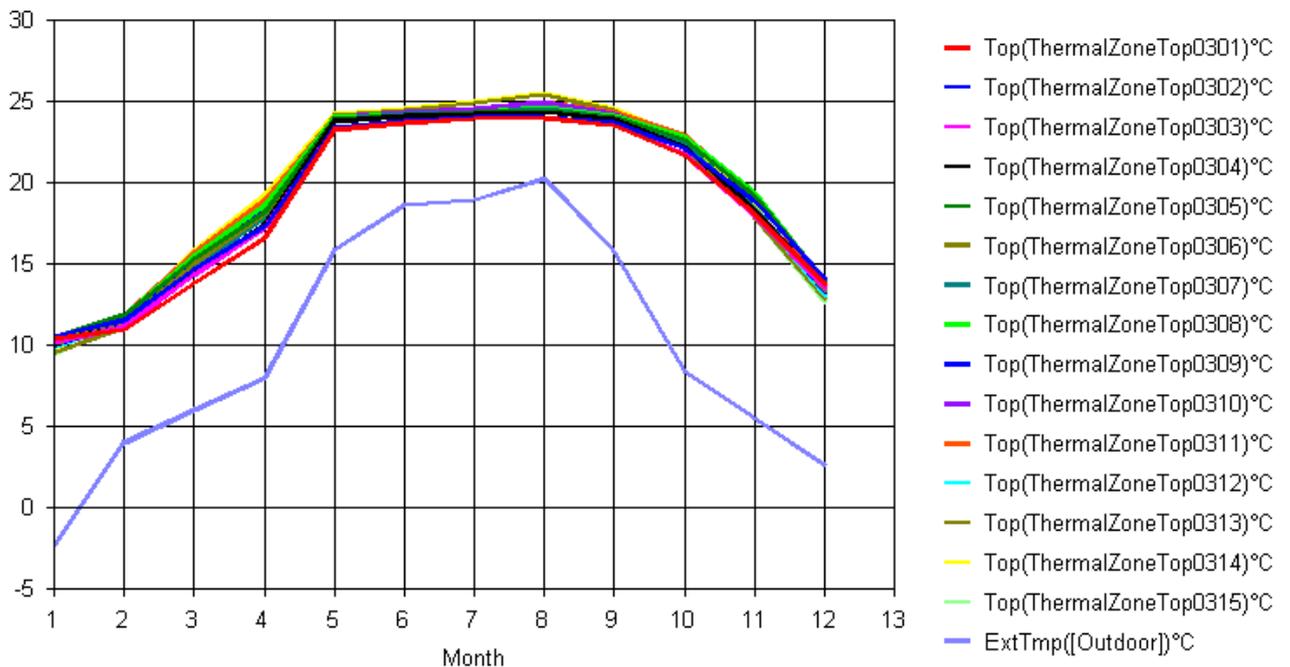


Abbildung 74 - Temperaturverlauf – Monatsmitteltemperaturen - Fall F1 – 1997

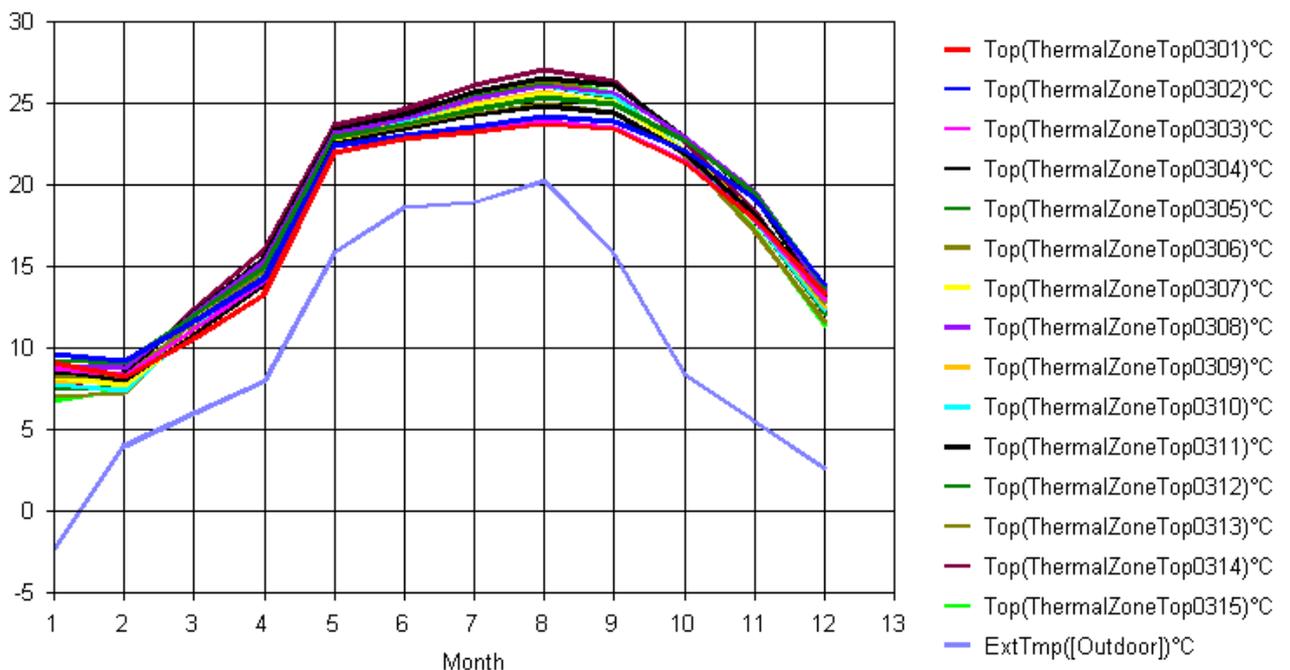


Abbildung 75 - Temperaturverlauf – Monatsmitteltemperaturen - Fall F2 – 1997

Im Fall F1, definiert als „Stromausfall bzw. Notkamin Szenario“ stellen sich Temperaturen zwischen 8,7 und 26,4 °C ein. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 19,2 °C und die Durchschnittstemperatur des Winterhalbjahres beträgt 15,2 °C. Sämtliche Temperaturen liegen jedenfalls weit außerhalb des Komfortbereiches. Das ganzjährige Bewohnen des Hauses ohne zusätzliche Heizung ist nur erschwert möglich.

Bei reinem Leerlauf im Fall F2 stellen sich Jahresdurchschnittstemperaturen von 18,2 °C und im Winterhalbjahr von 13,6 °C gemittelt über das gesamte Gebäude ein. Die durchlaufene Temperaturspanne geht von 5,4 °C bis 27,9 °C. Der Temperaturverlauf im Gebäudeinneren verhält sich ähnlich dem Temperaturverlauf außen. Die Temperatur innen bleibt jedoch immer klar über 0 °C.

3.2.7.2 Statistische Verteilung der Temperatur

Variante		Standard				F 1				F 2			
Stichwort		Normalbelegung				Stromausfall				reiner Leerlauf			
Top	WNF	Stunden [% von 8760 Std.]				Stunden [% von 8760 Std.]				Stunden [% von 8760 Std.]			
	[m ²]	< 20 °C	> 21°C	> 24 °C	>27°C	< 20 °C	> 21°C	> 24 °C	>27°C	< 20 °C	> 21°C	> 24 °C	>27°C
0301	88,53	0,00%	100,00%	2,10%	0,00%	50,50%	48,10%	7,40%	0,00%	50,40%	47,40%	1,30%	0,00%
0302	49,14	0,00%	100,00%	5,70%	0,00%	46,90%	49,20%	10,60%	0,00%	46,30%	50,00%	10,20%	0,00%
0303	79,77	0,00%	100,00%	4,90%	0,00%	50,50%	48,20%	9,30%	0,00%	50,40%	47,80%	5,60%	0,00%
0304	88,53	0,00%	100,00%	10,80%	0,00%	50,10%	48,90%	24,40%	0,00%	49,70%	48,80%	23,00%	0,00%
0305	49,14	0,00%	100,00%	13,50%	0,00%	45,50%	50,00%	26,20%	0,00%	45,70%	52,20%	25,70%	0,00%
0306	79,77	0,00%	100,00%	12,40%	0,00%	49,70%	48,80%	24,50%	0,00%	49,70%	48,80%	23,00%	0,00%
0307	88,53	0,00%	100,00%	13,10%	0,00%	49,70%	49,10%	27,20%	0,00%	49,60%	49,00%	25,40%	0,00%
0308	49,14	0,00%	100,00%	14,60%	0,00%	44,80%	50,50%	29,70%	0,00%	45,50%	52,60%	31,00%	0,00%
0309	79,77	0,00%	100,00%	13,60%	0,00%	49,10%	49,00%	27,20%	0,00%	49,50%	49,10%	26,40%	0,00%
0310	88,53	0,00%	100,00%	14,30%	0,00%	49,30%	49,10%	30,30%	0,00%	50,00%	48,80%	28,90%	0,00%
0311	49,14	0,00%	100,00%	15,60%	0,00%	44,20%	50,30%	32,60%	0,00%	46,00%	51,30%	33,60%	0,00%
0312	79,77	0,00%	100,00%	14,50%	0,00%	48,90%	49,20%	29,60%	0,00%	49,90%	48,90%	29,30%	0,00%
0313	52,36	0,00%	100,00%	16,60%	0,00%	49,50%	48,70%	32,90%	0,00%	50,70%	48,00%	30,90%	0,00%
0314	27,10	0,00%	100,00%	19,10%	0,00%	45,70%	50,00%	34,70%	0,00%	48,00%	49,50%	35,80%	0,00%
0315	49,14	0,00%	100,00%	16,90%	0,00%	48,90%	49,00%	32,00%	0,00%	50,70%	48,00%	31,70%	1,40%
ST 03		52,20%	45,30%	17,90%	0,00%								

Tabelle 49 – Temperaturverteilung – Jahr 1997 - Fall F

Bei Fall F1 sind im Schnitt 50 % der Zeit (4375 Stunden) Temperaturen unter 20 °C anzutreffen. Nur rund 25 % der Zeit liegen im Komfortbereich zwischen 21 und 24 °C, und ebenfalls 25 % liegen zwischen 24 und 27 °C.

Bei F2 verhalten sich die Temperaturverläufe vergleichbar, nur kommt es im exponierten Top 15 zu einer sommerlichen Überwärmung über 27 °C für ca. 1,4 % der Zeit (120 Stunden).

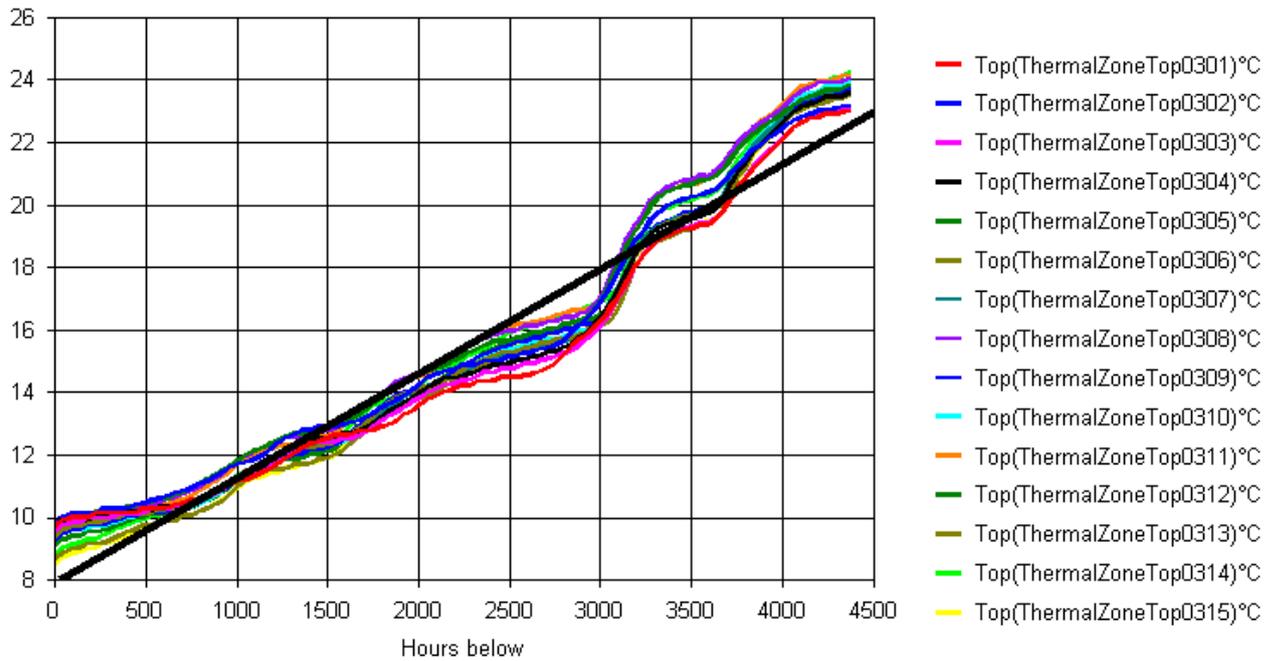


Abbildung 76 - Hours below - Fall F1 – 1997 Winterhalbjahr 10-03

Hier dargestellt ist eine lineare Annäherung an das Verhältnis Temperatur/Stunden für Fall F1 im Winterhalbjahr, wo die Temperatur während 3500 Stunden unter 20 °C liegt. Jedenfalls stellen die ca. 2500 Stunden mit einer Temperatur unter 16 °C ein Problem für die Bewohner dar.

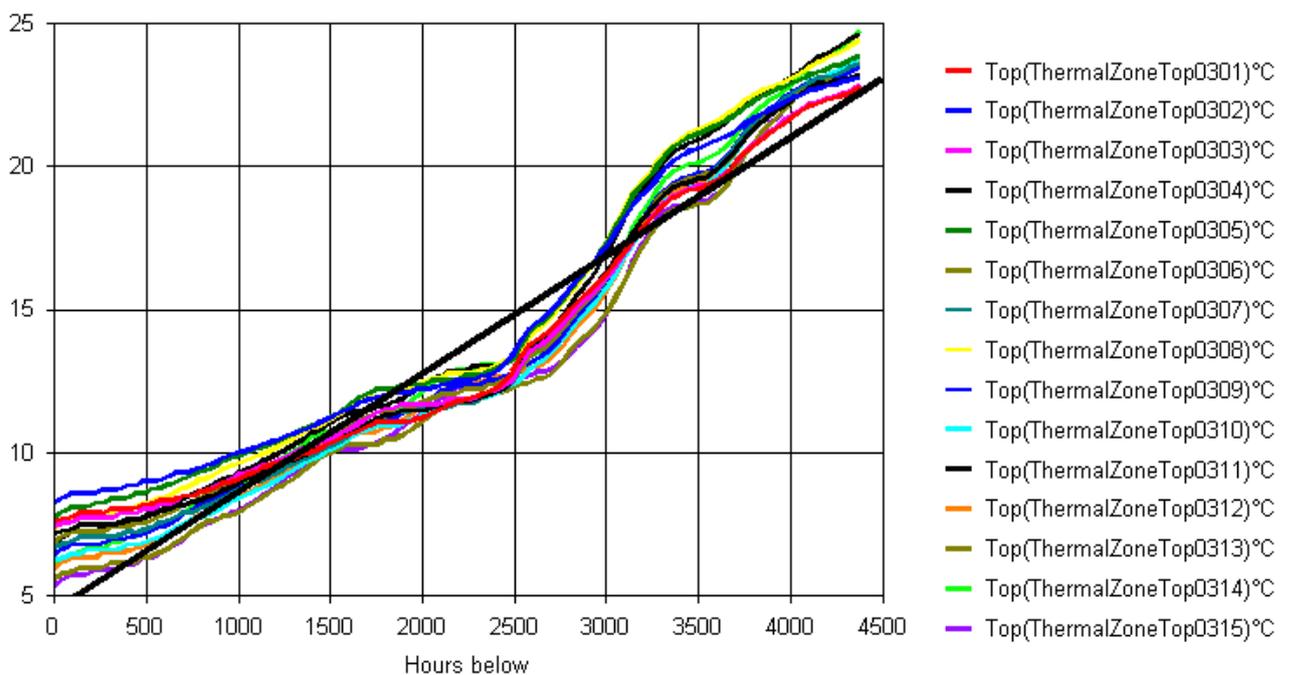


Abbildung 77 - Hours below - Fall F2 – 1997 Winterhalbjahr 10-03

Für den Leerlauf fall wurde ebenfalls eine lineare Näherung getroffen. Ebenso wie in Fall F1 existieren ca. 3500 Stunden (40 %) mit Temperaturen unter 20 °C.

3.2.7.3 Risikoquantifizierung

Das Risiko eines Stromausfalles für eine Zeitdauer von einem Jahr, zielte darauf ab eine Notstandssituation zu simulieren, für welche in der Bauordnung der Notkamin verankert wurde.

Die sich in dieser Variante einstellenden Innentemperaturen sind bei weitem nicht im Komfortbereich, auch nicht in einem für den Ausnahmezustand abgeminderten. Temperaturen unter 14 °C sind auch in Ausnahmesituationen in einem belegten Wohngebäude nicht akzeptabel, wenn nicht die Möglichkeit besteht zusätzlich mit festen Brennstoffen zu heizen.

Dies bedeutet, dass ein Notkamin unbedingt erforderlich ist. Er könnte aber außerhalb der thermischen Hülle sitzen (Niro-Kamin der Fa. Schiedl) und nur bei tatsächlichem Bedarf die thermische Hülle mittels Poterie durchdringen.

Bei reinem Leerlauf, das heißt bei Fall F2, ist jedenfalls sichergestellt, dass im Gebäudeinneren eine Temperatur von 5 °C nicht unterschritten wird und daher kein Risiko durch eindringenden Frost besteht.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Sinne einer bauklimatischen Gebäudesimulation wurde versucht mit Hilfe des dänischen Simulationsprogramms BSim2000 das thermische Verhalten von je 15 Wohnungen anhand von 23 Risikovarianten zu untersuchen.

Durch den Vergleich mit der Standardvariante konnte in der vorliegenden Arbeit festgehalten werden, welche Szenarien ein tatsächliches Risiko darstellen, welchen Einfluss das Risiko auf die Bauwerksausführung hat und wie dem vorhanden Risiko entgegengewirkt werden kann. Unter anderem wurde wie folgt festgestellt:

1. Das Passivhaussystem funktioniert auch noch, wenn mehrere Wohnungen unbeheizt leer stehen (risk assessment A).
2. Der in einer Raucherwohnung zusätzlich erforderliche Luftwechsel beeinflusst den Temperaturverlauf der angrenzenden Wohnungen in einem Passivhaus nur unwesentlich. Die Beeinflussung des Heizwärmebedarfs beschränkt sich größtenteils auf die Raucherwohnung (+ 90 %), leicht auf die darüber und darunter situierten (+ 20 %) und praktisch nicht auf die seitlichen Nachbarwohnungen. Die Abweichungen liegen alle in einem monetär akzeptablen Bereich. (risk assessment B).
3. Ein Passivhaus ist im Bereich von maximal + 2 °C im Verhältnis zur Auslegungstemperatur beheizbar. Die Querwärmeströme nehmen aber bei jeder Erhöhung der Solltemperatur stark zu und verursachen zuletzt auch Energieverluste (risk assessment C).
4. Das Passivhaussystem braucht nach einer 10 Tage dauernden Auskühlphase einer Wohnung (Abwesenheit mit geöffnetem Fenster) wieder mindestens 14 Tage, durchschnittlich 18 Tage bis es am selben Komfortniveau wie vor der Abkühlung ist (risk assessment D).
5. Bei Verringerung der Dämmung (U – Wert $> 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) zwischen den einzelnen Wohnungen können, bei teilweise frei stehenden unbeheizten Wohnungen, die Performancekriterien nicht eingehalten werden (risk assessment E).

6. Notkamine sind auch in Passivhäusern notwendig. Sie können aber auch außerhalb der thermischen Hülle platziert werden (risk assessment F1).
7. Bei völligem Leerlauf besteht kein Frostrisiko (risk assessment F2).

Was in der gegenständlichen Arbeit bestätigt wurde, stellt Feist in [FEI02] über Passivhäuser allgemein fest:

1. Die Passivhaustechnik funktioniert in Gebäuden mit unterschiedlichen Bauweisen, an verschiedenen Standorten und mit unterschiedlichen Nutzern zuverlässig.
2. Die vorhandenen Nutzerstreuungen weisen eine signifikant geringere Standardabweichung auf, als bei Gebäuden mit schlechteren energetischen Standards.
3. Ein bedeutender Teil der Nutzerstreuung wird über die unterschiedlichen von den Nutzern gewünschten Komfortanforderungen erklärt.
4. Im verdichteten Wohnungsbau in urbaner Situation, bei ungeeigneter Orientierung und hoher Verschattung, wie zum Beispiel Mehrfamilien - Geschoßwohnungsbauten mit innen liegenden Treppenhäusern, lassen sich ebenfalls Passivhäuser realisieren.
5. Die Ursache für das sehr gutmütige Verhalten von Passivhäusern bezüglich der Temperaturstabilität liegt in der sehr großen Zeitkonstante. Selbst bei einem Totalausfall der Heizwärmeversorgung bleiben Passivhäuser noch mehrere Tage im Komfortbereich „noch behaglich“.

LITERATURVERZEICHNIS

- [ASH97] Ashrae Handbook, Fundamentals; American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1997
- [BEC01] Tim Bedford, Roger Cooke: Probabilistic Risk Analysis – Foundations and Methods, Cambridge University Press, 2001
- [BOW01] Wiener Bauordnung, 2001
- [BRU90] Brundrett G. W.: Criteria for Moisture Control, Butterworth & CO. Ltd, 1990
- [BSI02] Statens Byggeforskningsinstitut, Danish Building and Urban Research, P.O.Box 119, DK-2970 Hørsholm, Help File - BSim 2000, 2002
- [DIN94] DIN 1946-2, Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen, Ausgabe:1994-01, Deutsches Institut für Normung 1994
- [DIN95] DIN ISO 7730: Gemäßigtes Umgebungsklima - Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit (ISO 7730:1994); Deutsche Fassung EN ISO 7730:1995, Deutsches Institut für Normung, 1995
- [DRE97] Dreyer J.: Vorlesungsskriptum; Bauphysikalische Schadensprozesse. Technische Universität Wien, 1997
- [DRE01] Dreyer J.: Vorlesungsskriptum; Bauphysik II. Technische Universität Wien, 2001
- [DRE02] Dreyer J., Bednar T., Jachan C., Deseyve C.: „Kostenneutrale Optimierung der bauphysikalischen Performance von Passivbauten“ , Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“, BMVIT, 2002
- [ECO01] ecotech Bauteilrechner, Ecotech Software GesmbH, 4020 Linz, 2001
- [FAN70] Fanger P. O.: Thermal comfort, Danish Technical Press, 1970
- [FAS98] Fasold W., Veres E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, 1998
- [FEI93] Feist W.: Passivhäuser in Mitteleuropa, Dissertation, Gesamthochschule Kassel, 1993
- [FEI97] Feist W.: Nutzerverhalten, Protokollband Nr. 9, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1997
- [FEI98] Feist W.: Passivhausfenster, Protokollband Nr. 14, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1998
- [FEI99] Feist W.: Qualitätssicherung beim Bau von Passivhäusern, Protokollband Nr. 18, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999

- [FEI99a] Feist W.: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999
- [FEI99b] Feist W.: Wärmebrückenfreies Konstruieren, Protokollband Nr. 16, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 1999
- [FEI00] Feist W.: Passivhaus Projektierungspaket '99, Fachinformation PHI –1999/1, Passivhaus Institut, 2000
- [FEI01] Feist W.: Cepheus - Projektinformation Nr. 22 Endbericht, Fachinformation PHI –2001/9, Passivhaus Institut, 2001
- [GRE99] Grey S., Practical Risk Assessment for Project Management, John Wiley & Sons, 1999
- [JEN99] Jens K.: Vorlesungsskriptum; Haustechnik, Technische Universität Wien, 1999
- [ICE98] Institution of Civil Engineers and the Faculty and Institut of Actuaries: RAMP – Risk analysis and management for projects, Thomas Telford Ltd, 1998
- [IEA96] International Energy Agency, Sanders C.: IEA Annex 24, Final Report Volume 2, Task 2: Environmental Conditions, Laboratorium Bouwfysica K.U. Leuven, Belgium, 1996
- [KEL97] Keller B.: Klimagerechtes Bauen, Grundlagen - Dimensionierung – Beispiele, Teubner Verlag, 1997
- [KUZ02] ZT Univ. Lektor DI Franz Kuzmich, 1040 Wien, Klagbaumgass 9/3, 2002
- [LIPP94] Lippold C.: Anwendung von Risikoanalysen, 1994
- [MSE01] Microsoft® Encarta® Enzyklopädie 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation.
- [ÖNO83] ÖNORM M 7636, Lüftungstechnische Anlagen für Wohnbereiche, Österreichisches Normungsinstitut, 1983
- [ÖNO89] ÖNORM H 6000-3, Lüftungstechnische Anlagen, Grundregeln, hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen, Österreichisches Normungsinstitut, 1989
- [ÖNO98] ÖNORM EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfes – Wohngebäude, Europäisches Komitee für Normung, 1998
- [ÖNO02] ÖNORM EN ISO 13788: Berechnung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Berechnung der Tauwasserbildung in Bauteilen, Österreichisches Normungsinstitut, 2002

- [PAI02] http://www.passivhaus-info.de/Das_Passivhaus/wirtschaftlichkeit.htm, 03.05.2002
- [REC00] Recknagel H., Sprenger E., Schramek E.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, R. Oldenburg Verlag München Wien, 2000
- [RIE94] Rietschel H.: Raumklimatechnik; Band 1 Grundlagen, Springer-Verlag, 1994
- [SAN82] Sandberg M.: Distribution of Ventilation Air and Containments, Dissertation, TH Stockholm, 1984
- [SEL79] Seligman C., Kriss M., Darley J.M., Fazio R.H., Becker L.J. & Pryor J.B.: Predicting summer energy conservation from home owners' attitude, Journal of Applied Social Psychology 9, 70-90, 1979
- [SHN97] Simon P., Hillson D., Newland K.: PRAM – Project risk analysis and management guide, The APM Group Ltd., 1997
- [SKA85] Skaret E.: Ventilation by Displacement, Ventilation 1985
- [SRA02] <http://www.sra.org>, Risk Glossary Three, 20.04.2002
- [WIN82] Winett R.A., Hatcher J.W., Fort T.R., Leckliter I.N., Love S.Q., Riley A.W. & Fishback J.F., The effects of videotape modelling and daily feedback on residential electricity conservation, home temperature and humidity, perceived comfort and clothing worn: Winter and summer, Journal of Applied Behaviour Analysis, 15, 381-402, 1982
- [WIN02] Winter Holzbau GmbH, D-27321 Thedinghausen, Fensterprospekt ewitherm®, 2002