

Differenzierte Umsetzung von unterschiedlichen alltagstauglichen Passivhaus-Haustechniksystemen anhand von vier gleichen Baukörpern einer mehrgeschossigen Wohnhausanlage

B. Raffelsberger, W. Hackermüller

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2009

Impressum:

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

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

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

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Differenzierte Umsetzung von unterschiedlichen alltagstauglichen Passivhaus-Haustechniksystemen anhand von vier gleichen Baukörpern einer mehrgeschossigen Wohnhausanlage

Esslinger Hauptstraße, 1220 Wien

DI Barbara Raffelsberger
Architekt Werner Hackermüller

Familienhilfe, gemeinnützige Bau- und Siedlungsgesellschaft

Wien, September 2008

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

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

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

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

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

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung, Architekt DI Werner Hackermüller

Motivation

Während über die grundsätzliche Bauweise (Wärmedämmung, Wärmebrückenfreiheit, Luftdichtheit etc.) bei der Planung von Passivhäusern weitgehend Klarheit besteht, gibt es bei der haustechnischen Anlage, insbesondere im großvolumigen Wohnbau, stark differierende Aussagen und Meinungen – Heizung über die Zuluft / unabhängiges Heizsystem, zentrale/dezentrale Lüftungsanlagen, Luftvorerwärmung, Einsatz erneuerbarer Energieträger und viele mehr.

Vier nahezu gleiche, mehrgeschossige Wohnhäuser mit je 10 Wohneinheiten boten daher ideale Rahmenbedingung für eine demonstrative Umsetzung und wissenschaftliche Verifizierung unterschiedlicher passivhaustauglicher Haustechniksysteme unter Zuhilfenahme einer thermischen Gebäudesimulation. Erneuerbare Energieträger wurden den jeweiligen Systemen passend zugeordnet. Grundlage waren vorangegangene Untersuchungen von Prof. Streicher im Rahmen dieser Forschungsreihe.

In Erweiterung einer Studie von Dr. Lipp sollen dabei auch die physiologischen Auswirkungen dieser unterschiedlichen Haustechniksysteme überprüft werden.

Die Umsetzung und nachhaltige Sicherung der qualitativen Ziele in einer mehrstufigen Bewertung, angelehnt und in Erweiterung des TQ-tools der Arge TQ, soll in einem dritten Teil dieser Studie demonstriert werden.

In einem Demonstrationsbauvorhaben konnten somit zumindest 3 Forschungsergebnisse umgesetzt und praktisch erprobt werden.

Der finanzielle Rahmen war neben den Forschungsgeldern des BMvit durch die Wohnbauförderung des Landes Wien vorgegeben. Dadurch und durch die Tatsache, dass in Wien ein grosser Teil der Wohnbauten in diesem finanziellen Rahmen errichtet werden, sind die Aussagen und Ergebnisse auch speziell unter diesen wirtschaftlichen Bedingungen als aussagekräftig für weitere Wohnbauten anzusehen und zu bewerten.

Projekt - Kurzbeschreibung:

- Mehrgeschossige, geförderte Mietwohnanlage mit 4 x 10 (und 1 x 6) Wohneinheiten
- Holzfertigteilbauweise
- Passivhausstandard (lt. Richtlinien der Magistratsabteilung 25, Stadt Wien sowie den geltenden Baugesetzen – die Forderungen Dr. Feist betreffend Primärenergiebedarf konnte zwar insgesamt, aber im Detail nicht bei allen Varianten eingehalten werden
- Umsetzung und Bewertung mehrerer unterschiedlicher Heizungs- und Lüftungssysteme für Passiv- (und Niedrigenergie)- Mehrfamilienhäuser bei grundsätzlich gleicher Bauweise

Projekt - Daten

Förderbare Wohnnutzfläche	rd. 3.952 m ²
Wohneinheiten	46
Tiefgarage	46 Stellplätze
Baubeginn	Mai 2005
Fertigstellung und Übergabe	September 2006

Projekt- bzw. Kooperationspartner

Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsgesellschaft

Institut für Wärmetechnik TU-Graz

IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie

Arge TQ - Österreichisches Ökologieinstitut, Kanzlei Dr. Bruck und Österreichisches Institut für

Baubiologie und Ökologie und Donauuniversität Krems

Architekt Werner Hackermüller

Dr. Jochen Käferhaus – Haustechnikkonsulent

Ziele

- Konformität mit Zielen und Kriterien der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Relevanz der Ergebnisse für die Programmlinie „Haus der Zukunft“
- Praktische Erkenntnisse für die Marktdiffusion nachhaltiger Passivhauskonzepte. Durch die Messungen und Untersuchungen soll ein optimierter haustechnischer Standard herausgearbeitet werden, der Bauträgern für die nächsten Jahre als Entscheidungshilfe für ihre haustechnische Zieldefinition dienen kann.
- Erhöhte Gesamteffizienz, verstärkter Einsatz alternativer und erneuerbarer Energieträger in passenden Gesamtkonzepten.
- Nachweisliche Behaglichkeit bei geeigneten Systemen.

- Nachweislich erhöhte Berücksichtigung der Nutzeraspekte durch Verwendung des TQ-tools.
- Der Einsatz eines mehrstufigen, begleitenden Qualitätssicherungstools auf Basis des TQ (total quality tools) Planung und Bewertung von Gebäuden soll die Qualität nachweislich heben/erhalten, die Kommunizierbarkeit Kunde/Bauherr/Planer/Ausführende erleichtern, zu einer besseren Markttransparenz führen und damit die Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Gebäuden stärken

Methodik und Aufbau der Untersuchungen:

- Zur Vergleichbarkeit wurden die bautechnischen Gegebenheiten bei den einzelnen Häusern gleich gehalten
- Vor Baubeginn wurde bereits mittels thermischer Simulation die bautechnische Tauglichkeit der Planung geprüft
- Um auch einzelne Komponenten vergleichen zu können wurden die Varianten nicht wie in der ersten Annahme starr hausweise verteilt sondern rasterförmig angelegt – z.B. gleiches Heizsystem, aber verschiedene Lüftungen und umgekehrt, unterschiedliche Vorwärmsysteme bei gleicher Lüftungsverteilung etc.
Damit konnte auch die Flexibilität der verglichenen Systeme hinsichtlich unterschiedlicher Nutzerverhalten und auch deren Anforderungen (z.B. Raumlufttemperaturen, Lüftungsverhalten, etc.) besser verifiziert werden
- Als Ergänzung zu den technischen Untersuchungen wurden die physiologischen Auswirkungen auf die Behaglichkeit untersucht.
Die Ergebnisse der Nutzerbefragung bzw. -information waren integraler Bestandteil der für weitere zukünftige Projekte auszuarbeitenden Richtlinien.
Allfällige Unzufriedenheiten mit einzelnen Systemen konnten damit weitgehend vermieden werden. Parallel dazu auch Befragung der Bewohner, um „Fehler“ bei den Ergebnissen besser relativieren zu können (z.B. Zuglufterscheinungen durch nachträglichen Einbau einer „Hundeklappe“)
- Zur nachweislichen Sicherung der Qualität wurden Projektstufen (Meilensteine) ausgearbeitet, die auch bei anderen (zumindest Wohn-)Bauprojekten anwendbar sind.
Zu diesen Projektstufen wurde die Projektqualität nachweislich gemessen und verglichen. Im Gegensatz zu den Qualitätssicherungstools TQ (total quality) und klima:aktiv wurden statt des k.o.-Systems auch Zwischenstufen in die Bewertung aufgenommen - damit werden zur besseren Motivation und Vergleichbarkeit auch kleine Änderungen bewertet.
- Total Quality Prüfung und Bewertung am Ende.

Methodik detailliert:

- **Untersuchungen von Dr. Hermann Schranzhofer und Dr. Andreas Heinz unter Mitwirkung von Univ.Prof. Dr. DI Wolfgang Streicher**
Detaillierte Messung und Analyse des Energiebedarfs (Wärme, Strom) und des Nutzerverhaltens (Befragung, Messung von Raumlufttemperatur, Haushaltsstrom und ev. Fensterlüftung). Bewertung durch Vergleich des Energiebedarfs und der Emissionen (ev. normiert auf gleiches Benutzerverhalten und Umrechnung von tatsächlichem auf normiertes Verhalten über Gebäudesimulation) physiologische Untersuchungen zur Behaglichkeit bei diesen Haustechnikvarianten
Die Ergebnisse der Nutzerbefragung waren integraler Bestandteil der für weitere zukünftige Projekte.
- **Untersuchungen von IBO - Dr. DI Bernhard Lipp**
Der Einfluss auf die nachhaltige Behaglichkeit der Restwärmeeinbringung über Luft bzw. Bauteilheizung soll physiologisch überprüft werden; anhand der Demonstrationsbeispiele soll der Einfluss unterschiedlichen Benutzerverhaltens auf die nachhaltige Behaglichkeit überprüft werden (z.B. Möglichkeit und physiologische Folgen unterschiedlicher Temperaturniveaus der Raumluft auf den Behaglichkeitsfaktor.
Methode der Überprüfung gemäss Forschungsauftrag „Nachhaltige Behaglichkeit“
- **Untersuchungen von Arge TQ und Architekt Werner Hackermüller**
Verwendung und Erweiterung des Qualitätssicherungstools
 - in mehreren Projektstufen (Projektentwicklungsphase, Entwurfs- und Einreichplanung, Ausführungsplanung, Ausführungsphase bis Fertigstellung, Monitoring)
 - Varianz der Bewertung für differenzierte Zielgruppen (Beteiligte, stakeholder) – Akteure
 - mit einer graduellen Bewertung zur Erhöhung der Motivation (und damit Qualität)
 - abschliessende Bewertung mit dem in dieser Forschungsreihe entwickelten TQ System

Zusammenfassung der Ergebnisse, Architekt DI Werner Hackermüller

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Effizienz des Haustechniksystems:

Durch gezieltes Nutzerverhalten lässt sich die Behaglichkeit in den Innenräumen eines Passivhauses deutlich beeinflussen und man kann auch an den hier ausgewerteten Daten für einige Fälle zeigen, dass durch die richtigen Maßnahmen die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte bei geringem Energieaufwand im Behaglichkeitsbereich gehalten werden kann.

Komfort bei unterschiedlicher Restwärmeeinbringung:

Alle Systeme, außer der Wandheizung, funktionieren nach der Behaglichkeitsnorm ISO EN 7730:2005, ausgezeichnet. Sie fallen in die beste summative Behaglichkeitskategorie A. Die Wandheizung würde in B fallen. Die Probleme bei der Wandheizung können aber wahrscheinlich relativ leicht behoben werden (PH-Türe geschlossen halten und Lüftungsanlage neu einregulieren).

Nachhaltige Qualität durch begleitende, mehrstufige Qualitätsbewertung:

Das frühzeitige Einbeziehen von gewünschten Qualitäten und das Setzen von Qualitätszielen und deren Einhaltung können in der Planung zu erheblichen Erleichterungen führen. Beginnend mit der Wahl des „richtigen“ Grundstücks, dem passenden Entwurf, der Wahl der zielführenden Baumaterialien und Haustechniksysteme kann eine Verbesserung des Planungsablaufs und die Einhaltung des Kostenrahmens erreicht werden.

Daraus ergeben sich die Vorteile der mehrstufigen Bewertung für den

- Planer: Planungsziele des Bauherren können mit größerer Eigenverantwortung durch den Planer umgesetzt werden
- Bauträger: Transparenz der Planungsqualitäten, Transparenz der Ausführungsqualitäten – Gegenüberstellung der Bewertungen in den verschiedenen Projektstufen
- Nutzer: Transparenz der Ausführungsqualitäten – Gegenüberstellung der Bewertungen in der Planungs- und Ausführungsphase

Empfehlungen

Aus heutiger Sicht unter Berücksichtigung der Kosten und der Ergebnisse dieser Studie können folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen für weitere Projekte abgegeben werden:

- Der Komfort einer getrennt regelbaren Nachheizung wird vom Nutzer positiv angenommen
- und rechtfertigt aus Sicht der Verfasser die geringen Mehrkosten, insbesondere, da
- bei einer Restwärmeeinbringung über ein Niedrigtemperaturesystem (ideal Fussbodenheizung)
- die physiologischen und gesundheitlichen Vorteile überwiegen und
- die Lüftungsrate auf den hygienischen Luftwechsel – und damit abhängig vom Nutzerverhalten, der Aufenthaltsdauer etc. – eingestellt werden kann und damit
- das Problem der Luftfeuchtigkeit (Trockenheit) individuell und der jeweiligen Situation angepasst geregelt werden kann.

- Die Vorteile des Einsatzes erneuerbarer Energieträger liegen
- neben reduzierten Folgekosten
- in einem deutlich erhöhten Marktwert (Wiederverkaufswert) des Projektes
- einem erhöhten Sicherheitsgefühl (energieautark) und
- gesellschaftlich gesehen verantwortungsbewussten, schonungsvollen Umgang mit den vorhandenen Ressourcen - die Folgekosten aus Kyotozielen, Umweltschäden und Gesundheitsrisiken noch gar nicht berücksichtigt.

- eine begleitende, mehrstufige Qualitätssicherung führt bei minimalem Aufwand – wir sprechen in der Regel von weniger als 1 % der Projektkosten -
- zu einer deutlich erhöhten Qualität bei gleichem Kostenrahmen
- einer erhöhten Transparenz und Akzeptanz nachträglich eingebrachter Qualitäten
- einer (Rechts)Sicherheit für alle Beteiligte

Ausblick

Häuser der Zukunft können (wirtschaftlich) nur mit einem ganzheitlichen, integrativen Denk- und Planungsansatz realisiert werden – Einzellösungen, wie auch das Passivhaus führen zwar zu einer deutlichen Energieeinsparung – eine nachhaltige Qualität im ganzheitlichen Sinn wird damit allein noch nicht erreicht.

Insbesondere Komfortansprüche sind auch in diesem Zusammenhang zu überprüfen. Das betrifft insbesondere auch die

Wahl des **Haustechniksystem(s)**

Die eindeutigen Vorteile

- eines individuell regelbaren, getrennten Heizsystems in Kombination mit einer Niedrigtemperatur-Heizfläche für den Kunden,
- der qualitativen Umsetzung des Passivhausstandards
- sowie der Einsatz erneuerbarer Energieträger für die Allgemeinheit

können nur von einem übergeordneten Blickwinkel beurteilt werden. Erst wenn Lebenszykluskosten einschliesslich aller Nebenkosten (CO₂ Steuer, Gesundheitskosten, ...) in die Bewertung einfließen, kann von einer ganzheitlichen Betrachtung gesprochen werden.

Dieser Ansatz muss politisch motiviert, gesteuert sein.

Qualitätssicherung

Die Steigerung der Qualität mithilfe eines geeigneten Qualitätssicherungssystems lässt sich nachweislich darstellen. Zur weiteren Umsetzung, Akzeptanz und „Marktverbreitung“ wird empfohlen

- dieses (oder ein analoges) Qualitätssicherungssystem mit den Bewertungssystemen der Förderungsstellen zu vernetzen - die Reduktion auf ein Bewertungssystem könnte die Bereitstellung der Daten wesentlich vereinfachen und damit auch die Transparenz der Ergebnisse deutlich verbessern
- dieses (oder ein analoges) Qualitätssicherungssystem in angewandter Form auch bei städtebaulichen Projekten einzusetzen – erst die Anwendung einer „kritischen Menge“ an bewerteten Projekten schafft eine Marktakzeptanz
- die transparente Bewertung der Projektbeteiligten im Interesse aller Beteiligten (stakeholder) zu forcieren
- die Kooperation mit den Medien zu suchen

Qualitätsabsteckung in der Projektentwicklungsphase

Entscheidend für die Qualität des Projektes ist die Zieldefinition bei/vor Projektstart. Werden Ziele erst nach und nach definiert ergibt sich selten ein harmonisches Ganzes („Ach ja, Erneuerbare Energien hätten wir auch noch gerne eingesetzt“).

Dieser Planungsschritt wird in der Praxis leider sehr gerne vernachlässigt.

Monitoring

Die technischen (und ökologisch bedingten) Anforderungen an ein Gebäude sind in den letzten Jahren rapide gestiegen. Die praktische Umsetzung konnte dabei nicht immer Schritt halten und die geplanten Werte wurden teilweise bei Weitem nicht eingehalten. Messungen, Monitoring und Nachjustieren kann dabei eine große Verbesserung bringen.

Beispiele exemplarisch:

- zu der tatsächlichen und effektiven Effizienz von Solaranlagen wurde bereits ausführlich (z.B. AEE) berichtet
- Schallschutz: z.B. Verbesserungen im Auflagerbereich
- Wärmeschutz: z.B. Wärmebrückenvermeidung durch Infrarotaufnahmen
- Lüftungsanlagen: Filterqualität und Austauschintervall der Filter (Differenzen NORM und Passivhausrichtlinien) Einstellung der Lüftungsraten, Energieeffizienz und Stromverbrauch, Luftdichtheit und Nutzerverhalten
- Luftqualität in Aufenthaltsräumen – gute bauliche Qualität wird oft durch Möblierung und/oder Pflegemittel deutlich verschlechtert

Learning by doing – Umsetzung bei derzeit bereits laufenden Folgeprojekten

Haustechnik:

Aus Kosten- und Komfortgründen haben wir bei allen Folgeprojekten eine wassergeführte Zusatzheizung realisiert.

Insbesondere für Holzfertigteiltbauten hat sich ein vorgefertigter Schacht mit integriertem Lüftungsgerät, Verteiler für Fußbodenheizung, Brandschutzklappen, Zählern, dezentralem Frischwassermodul etc. bewährt. Die Mehrkosten können aufgrund der damit verbundenen Bauzeiteinsparung gering bis null gehalten werden.

Eine Fußbodenheizung wird damit zur kostengünstigen (und für den Holzbau ausführungssicheren Variante).

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt zentral mittels Gasbrennwertgerät und Pufferspeicher. Eine Solaranlage mit ca. 50% Deckungsgrad ist bei allen Anlagen vorgesehen.

Biogene Brennstoffe wurden von den Bauträgern aus Kostengründen und mangelnder Erfahrung im Wiener Bereich ausgeschlossen – obwohl damit der Schritt zur CO₂-neutralen Haustechnik nahe liegt.

Lüftungen wurden dezentral mit Enthalpiewärmetauschern ausgeführt.

Qualitätsmanagement:

Projektentwicklung: Die Schwierigkeit und Verantwortung des Planers liegt in einer verständlichen und einfachen Fragestellung – hier wird das „Eingabeformular“ weiter vereinfacht – der Planer muss aus diesen „Weichenstellungen“ selbständig die Schlussfolgerungen und Konsequenzen erkennen und den Bauherren entsprechend beraten.

Für die Planungsschritte während der Planungsphase ist die konsequente Umsetzung besonders wichtig. In der Monitoringphase lassen sich speziell Anfangsschwierigkeiten leicht erfassen und „reparieren“. Die Umsetzung scheitert in vielen Bereichen an den handelnden Personen („wer macht es?“) – ein Weg könnte sein, das Monitoring in den Auftrag der ausführenden Firmen miteinzubeziehen – mit dem Ergebnis, dass damit Ausführung und Kontrolle in einer Hand sind.

Als „anerkanntes Ergebnis“ wurden von Bauherrenseite der IBO Ökopass und eine klima:aktiv Bewertung favorisiert.

Summary

architect TU Werner Hackermüller

Motivation

While the knowhow for basic construction (heat insulation, no thermal bridge, airtight etc.) by the planning of passive houses is established, there are very differing statements and opinions for house-technical arrangements in particular in large-volume residential building. The options are moving between heating about the additional air/independent heating systems, central/decentral ventilation systems, air preheating, application of regenerative energy sources and much more.

4 nearly identical multi-storage houses with each 10 living units will be realized to demonstrate and prove 4 different systems of passive-house equipment based on studies of Prof. Streicher by means of thermal simulation. Different types of alternative energy sources will be innovatively related to these systems under nearly ideal circumstances.

Continuing a study of Dr. Lipp the physiological effects of these different house technology systems should be also checked.

The conversion and lasting assurance of qualitative aims in a multistage valuation, leaning on the TQ-tools of Arge TQ and the enlarging of the tool also, should be demonstrated in the third part of this study.

So one demonstrative building will help to verify at least three former studies of the HdZ program.

The financial frame was given by the subsidies of the BMVIT and the city Vienna. A big part of residential buildings in Vienna are built in the same financial frame and so the statements and results considering these economic conditions are a very good base for other residential buildings.

Project - short description:

- Multi-storey municipally subsidised rental housing with 4 x 10 (and 1 x 6) units
- wooden prefabricated parts
- Standards for passive - houses (according to the guidelines of the Magistrate department 25, Vienna and also to the Viennese building regulations – the allowance of Dr. Feist of demand of primary energy couldn't adhere in all variations)
- demonstrative realisation of different technologies for passive-houses with innovative appliance of alternative energies in order to prove their daily usefulness in a building complex with 4 identical houses.

Project - data

Floor space	around 3952 m ²
Residential units	46
Underground parking	46 places
Total investment costs	€ 5,200.000,-
building services	€ 890.000,-
Start of construction	May 2005
Completion and handing-over	September 2006

Project and/or cooperation partners

Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsgesellschaft

Institut für Wärmetechnik TU-Graz

IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

Arge TQ - Österreichisches Ökologieinstitut, Kanzlei Dr. Bruck und Österreichisches Institut für

Baubiologie und Ökologie und Donauuniversität Krems

Architekt Werner Hackermüller

Dr. Jochen Käferhaus - Haustechnikkonsulent

Goals

- Conform with goals and criteria of the program „Haus der Zukunft“, relevance of results for the program „Haus der Zukunft“
- practical expertises for the market diffusion of sustainable passive-house-concepts. By measurements and analysis should be extract an optimised equipment bases standard, to support the builders - decision about better definated equipment bases.
- Heightened total - efficiency, increased use of alternative and renewable energy sourcees in adequate overall concepts.
- demonstrable comfort for suitable systems.
- demonstrable increased consideration of user's aspect by using the TQ-tools.
- Using a multistage, accompanying quality-assurance-tool on the basis of the TQ (total quality tool) during planning and assessment of buildings the quality should have an upgrade. the communication between customer/builder-owner/designer/performer will be easier and it will be lead to a better transparency at the free market and so the demand for high-quality buildings will be stronger.

Methodology and construction of the investigations:

- To the comparability the constructional conditions at the four single houses were held ident.
- Before start of work, the constructional suitability of the planning was already checked by a thermal simulation
- To be able to compare also single components, the versions didn't become like in the first conception, the house for house arrangement was given up, there are separate raster-shaped systems – e.g. the identical heating system, but different airings and vice versa, different air preheating systems by the same airing distribution etc.
With thus the flexibility of the compared systems could be verified better concerning different user's behavior and also their demands (e.g., space air temperatures, airing behavior, etc.)
- As a supplement to the technical investigations the physiological effects were examined for the comfort too.
The results of the user interviews and user informations were an integral component of the directives to be worked out for farther projects, so possible discontents with apart systems could be avoided.
The inhabitants were also questioned and so it was possible to qualify "mistakes" of the results better (e.g. train air phenomena by additional installation of a "dog flap")
- For the demonstrable assurance of quality the project steps (landmarks) which are also applicable for other construction projects were worked out.
To these project steps the project quality was demonstrable measured and compared.
- In contrast to the quality assurance tools TQ (total quality) and klima:aktiv intermediate stages were taken up in the assessment, there is no k.o. system – small changes are also valued and the motivation and comparability for users will be better.
- total quality check and assessment at the end.

Methodology specifics:

Study with Dr. mont Hermann Schranzhofer, Dr. techn. Andreas Heinz with Univ. Prof. Dr. DI Wolfgang Streicher, Institut für Wärmetechnik

Detailed measurement and analysis of energy demands (heat and electricity) and user's behaviour (interviews, measurement of room temperatures, household electricity consumption, ventilation by windows). Evaluation by means of a comparison of energy demands and of emissions (probably based on identic user's behaviour and conversion from the actual to a standardized user's behaviour by means of a thermal building simulation).

The results of the user's ionterviews were an integral component for other projects in future.

Study with IBO - Dr. DI Bernhard Lipp

The influence of the remaining heat disposal via air heating respectively heating of building elements as floor, walls or ceiling on sustainable wellness should be demonstrated and tested by physiological tests; by the way also the influence of different temperatures demands on the heating system should be proved.

Method of the examination according to research assignment „lasting comfort“

Study with Arge TQ and Architekt Werner Hackermüller

Use and enlargement of the quality assurance tool

- In several project steps (project development, design and plans for the authorities, implementation planning, implementation phase until completion, monitoring)
- Variance of the assessment for differentiated target groups (involved person, stakeholder) – protagonists
- with a gradual assessment to increase the motivation (and so the quality)

- final assessment with the TQ-tool developed in this research row

Summary of the results, architect TU Werner Hackermüller

Conclusions and recommendations(references)

Efficiency of the house technology system:

By specific user's behaviour the indoor comfort of passive-houses can be influenced clearly. The evaluated data shows in some cases, that with the right measures the air temperature and humidity of rooms can be hold within the comfort range with few energy input.

Comfort by different rest warmth bringing into play:

All systems, excepting panel heating, works in line with comfort standard ISO EN 7730:2005 very well. They fall in the best summative comfort category A, panel heating would fall in category B. Problems of panel heating could be solved easily (keep passive-house-door closed and adjust the ventilation system)

Lasting quality by accompanying and multistage quality assessment:

Through involved favored qualities and fixed quality targets the planning could be considerable easier. Starting with the right site, the adequate concept, the choice of definitive building materials and equipment bases it is possible to upgrade the planning process and to keep the projected costs.

Advantages of this multi step evaluation for:

the planner: the builder's aims/goals can be achieved and converted with increased personal responsibility of the planner;

the builder/investor: transparency of planner's qualities, transparency of implementation qualities; comparison of the assessments in different stages of realization progress;

the user: Transparency of the implementation qualities; possibility of comparison of the assessments in the planning phase and implementation phase

Recommendations

From today's view taking into account the costs and the results of this study the following conclusions and recommendations can be delivered for other projects:

- The comfort of a separate adjustable post heating is accepted by the user positively
- it justifies from the point of view of the authors the low add-on costs, in particular
- by a rest warmth bringing into a low temperature system (ideally under-floor heating)
- the physiological and health advantages predominate and
- the airing rate on the hygienic aerial change can be adjusted– independent of the user's behaviour, the stay duration etc.
- the problem of the air humidity (dryness) can be regulated individually and the respective situation c can be adapted.
- The advantages of the application of renewable energy sources are
- beside diminished consequential costs
- in a clearly raised market value (trade-in value) of the project
- to a raised security feeling (energy autarkic) and
- a responsible and gentle handling with the available resources - which does not consider consequential costs of aims of Kyoto, without considering the environmental damage and health risks
- an accompanying - multistage - quality assurance leads by minimum expenditure - in the
- rule of less than 1% of the project costs
- to a clearly raised quality with the same cost frame
- a raised transparency and acceptance afterwards of introduced qualities
- a (legal) security for all partners

View

Houses of the future can be realized (economically) only with a comprehensive, integrative approach and planning – individual solutions, as well as the passive house lead to a clear conservation of energy – a lasting quality in the comprehensive sense is not reached.

In particular comfort claims has to be checked in this connection also.

This in particular also concerns the choice of the house technology system (s)

The clear advantages

- of an individually adjustable, separate heating system in combination with a low temperature heating surface for the customer,
 - the qualitative conversion of the passive house standard
 - as well as the application of renewable energy sources for the general public
- can be judged only by a higher perspective. Only if life cycle costs including all additional costs (CO₂-tax, health costs, etc.) influences the assessment, can be spoken of a comprehensive examination. This approach must be steered politically motivated.

Quality assurance

The increase of quality with the help of a suitable quality assurance system can be shown. The next steps for propagation, realization and acceptance are

- to connect this quality assurance system with the assessment system (or an accordingly functioning system) of the supporting places - the reduction to one assessment system could simplify the supply of data substantially and improve the transparency of the results clearly
- this (or analog) quality assurance system in applied form also with urbanistic projects – only the use of many valued projects creates a market acceptance
- to force the clear assessment of project partners in the interest of all partners (stakeholder)
- to search the cooperation with the media

Definition of quality during the project development stage

Important for the quality of a project is the aim definition at the project start. If aims are defined only bit by bit there is no harmony in the whole project.

This planning step is neglected in practice.

Monitoring

Technical (and ecologically) demands for a building grew during the last years rapidly.

The practical conversion and partial the projected qualities couldn't reached about the old way.

Measurements, monitoring and readjustment are bringing big improvements.

Examples:

- to the real and actual efficiency of solar arrangements it was already reported in detail (e.g. AEE)
- Sound insulation: e.g. improvements in the contact area
- Heat insulation: e.g. avoid thermal bridge by infrared admissions
- Ventilation systems: Filter quality and replacement interval of filters (differences between NORM and passive house directives) setting of the airing rates, energy efficiency and stream consumption, airproof and user's behaviour
- Air quality in recreation rooms – furniture and/or care products often influences the good architectural qualities in a bad way

Learning by doing – conversion with subsequent projects

Building services:

For reasons of costs and comfort we have realised all subsequent projects with a water-controlled additional heating.

In particular for wooden pre-fabricated parts a precast shaft has proved itself with integrated airing device, distributor for under-floor heating, fire prevention flaps, to counters, decentralised fresh water module etc.

Because of economization of construction time the additional costs can be held very low and so an under-floor heating becomes reasonable (and save for the timber-frame constructions).

The water heating system happens centrally by a gas-fired condensing boiler and an accumulator. A solar arrangement with circa 50% of solar fraction is planned by all arrangements.

Biogenic fuels were excluded from the developers because there are no experiences in the Viennese area and the costs were higher – although with it the step is obvious to a CO₂ neutral building equipment.

Airings were explained decentralised with enthalpy heat exchanger.

High-class management:

Project development: The difficulty and responsibility of the planner is to create understandable and easy questions – an "input form" is further simplified – the planner has to recognise this "course settings" with all conclusions and consequences and has to consult the developer.

For planning steps during the planning phase, the logical conversion is especially important. In the monitoring phase many problems from the beginning can be found and "repaired". The conversion fails in many areas because of the acting people – it could work if monitoring belongs – the result: implementation and control are in one hand.

As an „approved result“ were favoured by developer's side the ecological passport IBO and a klima:aktiv assessment.

Inhalt

1	Einleitung.....	19
1.1	Gesamtprojekt.....	19
1.1.1	Architektonisches Konzept.....	19
1.1.2	Ökologisches Konzept	22
1.1.3	Haustechnik.....	23
1.2	Ziel der Untersuchung.....	23
2	Methoden und Daten.....	25
2.1	Das Projekt im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“	25
2.2	Schwerpunkte	25
2.3	Projektdateien Esslinger Hauptstrasse.....	26
3	Projektstand	27
3.1	Ausführung.....	27
3.2	Kosten	28
4	Thermische Berechnungen, Ausgangslage und Aufbau der Untersuchung Dr. rer. nat. Peter Puschnig.....	31
4.1	Vorgangsweise und Inhalt der Arbeit.....	31
4.2	Festsetzung der Eingabeparameter.....	31
4.3	Annahmen der Standort bestimmten Bedingungen.....	31
4.3.1	Klimadaten	31
4.3.2	Bestehende und mögliche externe Verschattungen	33
4.4	Gebäudeannahmen	37
4.4.1	Planmaterial	37
4.4.2	Thermische Zonierung und geometrische Auswertung	37
4.4.3	Angenommene Konstruktionsaufbauten.....	45
4.4.4	Verglaste Fenster und Türflächen.....	51
4.4.5	Gebäudeausrichtung, solarer Eintrag und Sonnenschutz	53
4.5	Nutzungsannahmen	54
4.5.1	Lüftungsannahmen	54
4.5.2	Raumlufttemperatur	54
4.5.3	Innere Wärmen durch Belegung und Geräte	54
4.6	Simulationsergebnisse – Ideale Heizung.....	58
4.6.1	Variantendefinition	58
4.6.2	Heizwärmebedarf, Heizlast	58
4.6.3	Energiebilanzen über die Heizsaison.....	63
4.6.4	Sommerliche Überwärmung.....	65
5	Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen	74
5.1	Messdatenauswertung, Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz Institut für Wärmetechnik	74
5.2	Angaben im Projektantrag.....	74
5.3	Einleitung.....	74
5.4	Umsetzung des Messkonzeptes	75
5.4.1	Vergleich des Messkonzeptes mit der Ausführung.....	75
5.4.2	Messschemata der einzelnen Gebäude	75
5.5	Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in den einzelnen Wohnungen.....	78
5.6	Analyse der Messdaten.....	83
5.6.1	Datenlage	83
5.6.2	Manuell aufgezeichnete Daten.....	83
5.6.3	Automatische Datenerfassung	83
5.6.4	Außenbedingungen.....	83
5.6.5	Raumlufttemperatur und relative Raumluftfeuchte	87
5.7	Energetische Auswertung	92
5.7.1	Auswertungszeitraum.....	92
5.7.2	Warmwasserverbrauch	92
5.7.3	Stromverbrauch (Haushaltsstrom)	93
5.7.4	Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL).....	94
5.7.5	Messstellen Haustechnik	96

6	Komfortmessung - IBO - Dr. Lipp.....	99
6.1	Einleitung.....	99
6.2	Problemstellung und Hintergrund	99
6.3	Ziel der Untersuchungen.....	99
6.4	Vorarbeiten.....	99
6.5	Übersicht	100
6.6	Grundlagen.....	100
6.6.1	Thermische Behaglichkeit und Thermischer Komfort	100
6.6.2	Bedingungen für thermischen Komfort (nach ISO 7730).....	100
6.6.3	Bewertung der thermischen Behaglichkeit (Umgebungskategorien der EN ISO 7730)	102
6.6.3.1	PMV-Verteilung, PPD (globaler Parameter)	102
6.6.3.2	Operative Temperatur	103
6.6.3.3	Zugluftrisiko	103
6.6.3.4	Maximale Strahlungsasymmetrie	103
6.6.3.5	Vertikaler Lufttemperaturgradient	104
6.6.3.6	Fußbodenoberflächentemperatur	104
6.7	Physiologische Grundlagen	105
6.7.1	Thermoregulation und Behaglichkeit	105
6.7.2	Das autonome Nervensystem.....	106
6.8	Behaglichkeit im Passivhaus.....	107
6.9	Raumluftqualität und Lüftung im Passivhaus.....	108
6.10	Methoden	108
6.11	Behaglichkeitsuntersuchungen	108
6.12	Physiologische Untersuchungen.....	108
6.12.1	Orthostase-Test	108
6.12.2	Messung der Aktivität des Autonomen Nervensystems	109
6.12.2.1	Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität.....	109
6.12.2.2	HRV (Herzfrequenzvariabilitäts)-Parameter	110
6.12.2.3	Messinstrument, -apparatur	110
6.13	Durchführung der Untersuchungen.....	110
6.13.1	Untersuchungsvoraussetzungen	110
6.13.2	Versuchsbedingungen	110
6.13.2.1	Temperaturen.....	111
6.13.2.2	Luftfeuchten.....	112
6.14	Durchführung der Behaglichkeitsuntersuchungen.....	112
6.14.1	Kreislaufbelastungstests	112
6.14.2	Fragebogen zur thermischen Raumklimasituation.....	112
6.14.3	Fragen zum Wohnklima an die WohnungsnutzerInnen und subjektive Raumklimabeurteilung	112
6.15	Auswertung	113
6.15.1	Physiologische Messungen zur Behaglichkeitsuntersuchung	113
6.15.1.1	Auswertung des EKG- und Pulssignals	113
6.15.1.2	Auswertung des Blutdruckverlaufes.....	113
6.16	Fragebögen zur Thermischen Behaglichkeit, Luftqualität und Luftfeuchte.....	115
6.16.1	Körperliche und physische Anspannung.....	115
6.16.2	Luftqualität.....	116
6.16.3	Luftfeuchte.....	117
6.16.4	Thermische Behaglichkeit.....	117
6.17	Ergebnisse der Interviews mit den BewohnerInnen und Selbsteinschätzung des Messteams.....	119
6.17.1	Luftheizung.....	119
6.17.2	Deckenheizung	119
6.17.3	Wandheizung	119
6.17.4	Reduzierte Fußbodenheizung.....	120

7	Nachhaltiges Qualitätssicherungsmanagement durch mehrstufige Qualitätsbewertung anhand eines Demonstrativbauvorhabens - Arge TQ und Architekt Werner Hackermüller	121
	Bericht von Architekt Werner Hackermüller	121
7.1	Einleitung Qualitätssicherungstools - die babylonische Verwirrung – Erfahrungen (aus unserer) Praxis	121
7.1.1	Bewertungstools umfassend	121
7.1.2	Bewertungstools Detailparameter	122
7.1.3	Vergleich der Bewertungsprogramme	123
7.1.3.1	Kritik	125
7.2	Mehrstufige Bewertung im Detail	127
7.2.1	Begriffsdefinitionen	127
7.2.2	Meilensteine	128
7.3	Ziel	128
7.4	Planungsablauf - Projektphasen - Meilensteine	129
7.6	Zeitplan, Projekt 22., Esslinger Hauptstraße 17	134
7.7	Exemplarische Auszüge aus der mehrstufigen Bewertung	136
7.8	persönliche Schlussfolgerung	139
7.9	TQ - Prüfbericht	140
7.9.1	Allgemeine Projektbeschreibung	140
7.9.2	Ressourcenschonung	150
7.9.3	Komfort für Nutzerinnen und Nutzer	154
7.9.4	Langlebigkeit	156
7.9.5	Sicherheit	157
7.9.6	Planungsqualität	158
7.9.7	Qualitätssicherung bei der Errichtung	158
7.9.8	Infrastruktur und Ausstattung	159
7.10	Bewertungsergebnisse im Überblick	160
7.11	Erläuterungen wichtiger Qualitätskriterien	164
8	Schlussfolgerungen	167
8.1	Haustechniksysteme - Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz Institut für Wärmetechnik	167
8.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen - IBO - Dr. Bernhard Lipp	167
8.2.1	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der physiologischen Untersuchungen	167
8.2.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Behaglichkeitsbeurteilungen	168
8.3	Zusammenfassende Schlussfolgerungen zu den unterschiedlichen Haustechnikvarianten, Architekt DI Werner Hackermüller	169
8.4	Schlussfolgerungen und Erfahrungen Qualitätssicherungsmanagement Architekt DI Werner Hackermüller	170
9	Ausblick / Empfehlungen	172
9.1	Ausblick	172
9.2	Empfehlungen, Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz Institut für Wärmetechnik	172
9.3	Empfehlungen zur Wahl des Haustechniksystems, Architekt DI Werner Hackermüller	173
9.4	Empfehlungen zur Qualitätssicherung, Architekt DI Werner Hackermüller	173
10	Anhang	174
10.1	Thermische Gebäude und Anlagensimulation mit TRNSYS	174
10.2	Literaturangaben Simulationsbericht	176
10.3	Literaturangaben Messdatenauswertung	176
10.4	Literaturangaben Behaglichkeitsuntersuchungen	176
10.5	Abbildungsverzeichnis	177
ad 1	Architektonisches Konzept	177
ad 4	Thermische Berechnungen, Ausgangslage und Aufbau der Untersuchung	177
ad 5	Messdatenauswertung	180
	ANHANG - IBO - Dr. Lipp	183
	Glossar IBO	193
10.6	Fragebogen zur Erhebung der Thermischen Behaglichkeit	194
10.7	Raumklimatische Bedingungen bzw. Bekleidungsfaktor:	195

1 Einleitung

1.1 Gesamtprojekt

1.1.1 Architektonisches Konzept



Abbildung 1: Lageplan Esslinger Hauptstraße

Bei dem vorgestellten Bauvorhaben handelt es sich um einen geförderten Passivhauswohnbau mit vier nahezu gleichen Baukörpern mit je zehn Wohneinheiten und einem etwas kleineren mit sechs Wohnungen. Die Baukörper sind unterirdisch durch den Garagen- bzw. Kellertrakt miteinander verbunden.

Als Bauherr fungierte die Familienhilfe gemeinnützige Bau- und Siedlungsgesellschaft, die Planung fand durch den Architekten Werner Hackermüller statt.

Der Bauplatz

Von Wien kommend am Ortseingang von Essling gelegen, ist er geprägt durch die Kleinteiligkeit von Ein- und Mehrfamilienhäusern in offener Bauweise mit insgesamt maximal 4 Stockwerken. Den ehemaligen Feldzuschnitten folgend liegt das Grundstück mit einer deutlichen Längsausdehnung von ca. 200 auf 26 m zwischen der Esslinger Hauptstraße und der Gundackerstraße im Norden.

Von der stark befahrenen Esslinger Hauptstraße (eine Umfahrung und Anbindung an das übergeordnete Straßennetz ist geplant) staffelt sich die Wohnhausanlage beginnend mit einem Torhaus im Süden über fünf Wohnhäuser mit jeweils 4 mal 10 und einmal 6 Wohnungen zum zweiten Eingang in der Gundackerstraße. Durch leichte Drehung und Knickung sowie Versetzen der einzelnen Baukörper wird die energietechnisch besonders wichtige Sonnenorientierung nach Süden optimal genutzt. Mit zwei Hauptgeschossen und zwei Terrassengeschossen fügt sich die Anlage in die Baustruktur und das Ortsbild harmonisch ein.

Die Baukörper

Im Detail werden über einem alle Bauteile verbindenden Garagengeschoss – alle Wohnungen erhalten einen Stellplatz in der von der Gundackerstraße aufgeschlossenen Garage – die Stiegenhäuser und Lifttürme in Stahlbetonbauweise errichtet. An diese werden die Wohnblöcke in Holzbauweise angedockt. Erschlossen werden in jedem der 4 Geschosse je 2 Wohnungen sowie zwei Maisonettewohnungen direkt vom Freien an den Enden der Baukörper – insgesamt somit 10 Wohnungen je Baukörper. Als Besonderheit der Passivbauweise ist der Garagenabgang vollständig getrennt angeordnet und der Liftzubau als thermisch getrenntes Baelement dem Stiegenhaus getrennt vorgestellt. Alle Wohnungen sind quer durchlüftet und mit Eigengärten, Balkonen oder großen Dachterrassen ausgestattet.

Sozialverträglichkeit

- Wohnungstypen mit vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten; Einliegerwohnungen(zimmer) möglich; Generationsbedingte Wohnungsanpassung leicht möglich, Zimmeranzahl und Funktionen leicht veränderbar; Option für 2. Bad technisch vorgerüstet Wohnungsmix – Maisonette-Reihenhauswohnungen mit gut nutzbaren Gärten
- Balkone, Loggien, optional Wintergärten im 1. Stock, Dachwohnungen mit großen, intensiv begrünten Dachgärten Dachgarten und Dachterrasse
- Wohnungstypen mit Schwellbereichen und hoher Intimität
- ausreichend Räume für Fahrräder und Kinderwagen im EG und KG, Kellerabteile ca. 3 - 5 m², Natürlich belichteter Clubraum, vielfältig durch unmittelbaren
- Zugang über das "Torhaus"

- Sicherheitsaspekte - Frauenfreundlichkeit: gut einsehbare Wegführung, Nebenräume und Garage direkt und gerade erschlossen, Türen mit Glaseinsatz, keine uneingesehenen und dunklen Gänge, Stiegenhaus und Kellerstiege natürlich belichtet; Garage mit wenigen Stützen, Schleusentüren verglast,
- Wohnen am Rande der Stadt mit großem Freiraumbezug (Eigengärten, große Dachgärten), Grünraumkonzept mit vielfältigen und differenzierten Individualzonen; Berücksichtigung des hohen Freizeitwert durch Lokbau-Nähe etc., Fahrrad, Spiel und Sport
- Hohe ökologische Ansprüche bei Material, Energie, Ressourcenschonung (Primärenergie, etc.)
- Visualisierung der "Passivhaustechnologie" über "Infowand" im EG und "Energiezelle" im DG; z.B. Thermografik des Energieflusses, Koppelung über BUS System, künstlerische Aufbereitung

Die wesentlichen Kriterien der Technologie sollen den Benutzern durch didaktische selbsterklärende Darstellung näher gebracht werden. Das Wesen der Sonneneinstrahlung und der natürlichen Energiekreisläufe sollte einsichtig werden.

Gleichzeitig können die Bewohner sehen, wie hoch der Anteil der rückgewonnenen Energie zum jeweiligen Zeitpunkt ist.



Abbildung 2: Ansicht Esslinger Hauptstraße



Abbildung 3: Grundriss EG, 1. Stock, 1. DG, 2. DG mit statischem und haustechnischem Grobkonzept

Die Zonierung in Aufenthaltsräume und Nebenräume spiegelt sich im statischen Konzept wieder. Die Lüftungen wurden daher systematisch durch einen in die Aufenthaltsräume umgeleitet

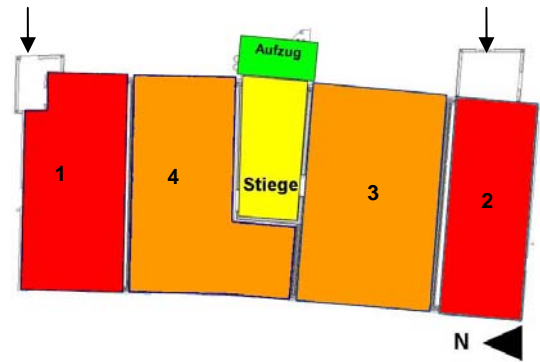
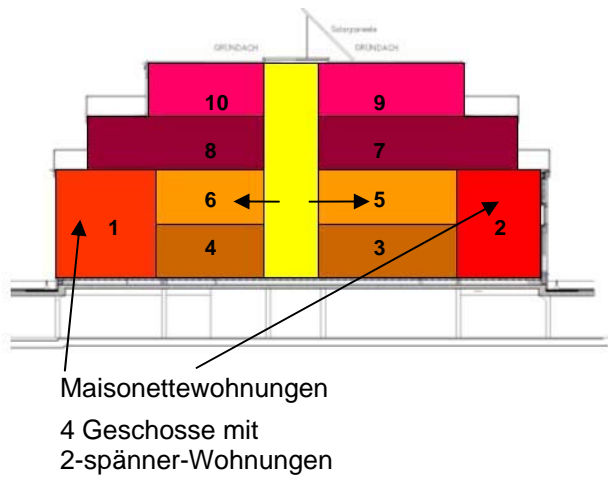


Abbildung 4: schematischer Aufbau der Häuser

Thema Garten und Freiraum in der Stadt:

Künstlerisch adäquate Umsetzung des Themas "Lobau - Donaunähe" im Freiraumkonzept
 Passivhaus in Holzfertigteildeckbauweise
 46 Wohnungen in 5 Einzelhäusern, angelegt mit Eigengärten bzw. Dachterrassen
 Stellplätze in einer Tiefgarage

Hoher Freizeitwert:

- in der Umgebung, der Nähe zur Lobau; Fahrradparadies; Naturbadeseen in den umliegenden, alten Donauarmen
- Eingehen auf die topografische Charakteristik – Wasser – Au – Klima - Flora
- Stadt-Wohnungen mit der Grünraum- und Gartenqualität eines Eigenheims, passend zur Stadtrandlage
- Klare Baukörper in überschaubaren Dimensionen, harmonisch gestaffelt angeordnet und in die Umgebung gefügt, Betonung der Staffelung durch Farbgebung, Anordnung nach Sonnenrichtung und als Schallschirm
- Schwellenbereiche: „Ankommen“ – Torhaus mit Gemeinschaftsfunktionen – auartiger Grünraum mit Freizeitzone – Wohnweg mit Unterbrechungen für Bocchiabahn, Ruhezonen, Fahrradabstellplatz, Stiegenhaus-Plätze
- Natürlich belichtete Stiegenhäuser
- Gangbreiten geeignet für Abstellen von Kinderwägen

Stadtökologie Freiraum Grünraum

- Erhaltung des günstigen Kleinklimas durch langsame Versickerung über Regenmulden und Speicherung im Gründach
- Frei gestaltbare Vorplätze zu den ebenerdigen Wohnungen mit individueller Nutzung als Vorplatz, Fahrradabstellplatz, Küchengarten, Nutzvorgärten
- Option: Fixer Gartenschrank als Abstellraum für Gartenmöbel in der Ebene der Garten- bzw. Dach-Terrassen
- Gärten mit „Hintaus“ zur leichteren Pflege – Zugang zu Kompostanlage
- Gemeinschaftsfreiflächen mit hohem sozialen und Freizeitwert
- „2-rad-garten“, Fahrrad bauen, reparieren mit Gemeinschaftshilfe
- Spielen in der Au – Sanddünen – Gräser – Naturstein Mauer – „Frei“fläche generationsübergreifende Freizeitgestaltung;
- Ökotope zur Erhaltung und Pflege des natürlichen biologischen Au-Lebensraumes

1.1.2 Ökologisches Konzept

- Passivhaus in Holzfertigteilbauweise
- Holz als ökologischer Konstruktionsbaustoff
- Hochgedämmte Holzfertigteilbauweise (U-Werte 0,12 – 0,13 W/m²K) für Decken, Dach, Außenwände, tragende Wände
- Wohnungstrennwände zweischalig
- alle Bauteile komplett schalltechnisch entkoppelt
- Flachdach begrünt
- hohe Ausführungsqualität durch werkseitige Vorfertigung; Luftdichtheit zur höheren Behaglichkeit; gute Wärme- und Schallschutzwerte, rasche Montage vor Ort - Witterungsunabhängigkeit
- Bewährter Ausbau mit natürlichen Baumaterialien; mineralischem Hartputz, Beschüttung, Massivestrich,
- Fassaden teilweise verputzt (Silikat Systemputz auf Holzwolle-Leichtbauplatten) bzw. Phenolharz-Kompaktplatten
- Holz Alufenster in Passivhausqualität, 3-Scheiben-Isolierverglasung $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, Dreh- und Drehkipp – Standardbeschläge
- Geölte Holzböden in den Aufenthaltsräumen
- Raumhöhen 2,60 m

Zusammenarbeit mit IBO (Institut für Baubiologie) betreffend Baubiologie und gesunder Bauweise und TQ (total quality) Pass.

Schema der thermischen Hülle – Grundriss und Schnitt



Die Stiegenhäuser der Obergeschosse sind in der thermischen Hülle integriert.

Aufzugshäuser, Windfang, Keller und Garage sind als thermisch vollkommen entkoppelte Bauteile geplant

Abbildung 5: Schema der thermischen Hülle, Grundriss und Schnitt

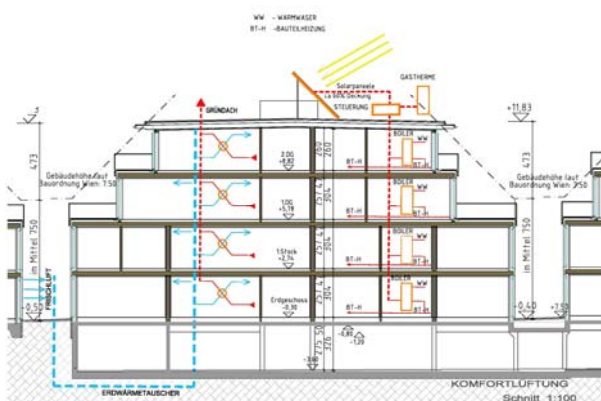


Abbildung 6: Schema Haustechnikkonzept

1.1.3 Haustechnik

Das Forschungsprojekt wurde beim Haus der Zukunft eingereicht, um konkret die physiologischen Auswirkungen unterschiedlicher Passivhaus-Haustechniksysteme (Restheizung über Luft bzw. Bauteilheizung; zentrale/dezentrale Frischluftversorgung; zimmerweise/wohnungswise Regelung etc.) zu überprüfen.

Passivhaustechnologie:

Kontrollierte Wohnraumlüftung WRG¹ > 85%;

Erdwärmetauscher

Einsatz erneuerbarer Energieträger

Bauteilheizung für angenehme Strahlungswärme

solare Warmwasseraufbereitung

durch Nutzung der Estrichspeicherkapazität im Sommer ist neben der Komfortlüftung auch ein weiterer natürlicher Kühleffekt erzielbar

Regenwasser:

geringer Versiegelungsgrad – hohe Speicherkapazität der Oberflächen;

extensive und intensive Gründächer,

Gartenwassertonne (Klappe im Regenabfallrohr),

natürliche Versickerung über Sickermulden,

Garagenrampen mit Rasengittersteinen,

Wege, Vorplätze und Terrassen in Sand oder Schotter verlegt

1.2 Ziel der Untersuchung

Neben den primärenergetischen und den Kostenfragen wird anhand einer physiologisch nachvollziehbaren Untersuchungsmethode von Dr. Lipp (IBO Wien – Studie HdZ) objektivierbar die nachhaltige Behaglichkeit unterschiedlicher Haustechnikkonzepte erforscht.

Weiters die Möglichkeiten und den Wirkungsgrad einer sanften/passiven Kühlung unter Einsatz der durch das Haustechnikkonzept gegebenen Möglichkeiten.

In diesem Zusammenhang werden in Systemlösungsansätzen die Möglichkeiten der Verwendung regenerativer Energieträger in Abhängigkeit von der Anlagengröße des Wohnhauses untersucht.

Ergänzend dazu soll nachgewiesen werden, inwieweit durch ein mehrstufig begleitendes Qualitätssicherungsprogramm (TQB - bmvit) die Qualität des Bauvorhabens nachhaltig erhöht und gesichert werden kann.

Verglichene Parameter:

- Einbringung der Restwärme induktiv über die Luft oder über eine Bauteilheizung (Fußboden oder Decke)
- Einfluss einer raumweisen bzw. wohnungswisen Regelung auf die Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit
- Einfluss einer Quelllüftung auf die Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit
- Vorerwärmung der Frischluft über einen Erdwärmetauscher (EWT) oder Solewärmetauscher
- Zentrale vs. dezentrale Lüftungsgeräte
- Warmwasseraufbereitung über eine nachgeschaltete Wärmepumpe (Kompaktgerät) oder zentrale Warmwasseraufbereitung mit Zirkulationsleitung

¹ WRG: Wärmerückgewinnung

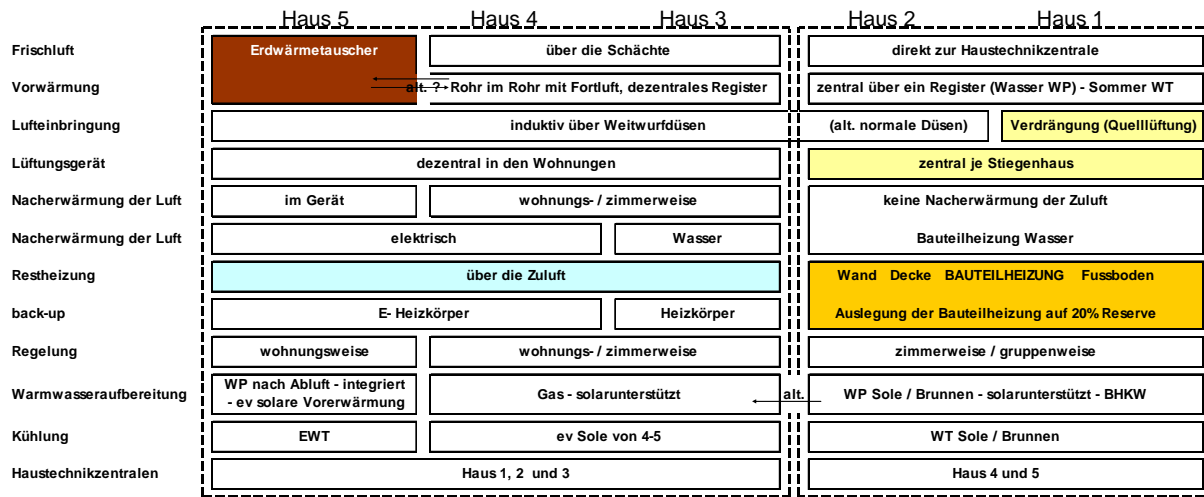


Abbildung 7: Übersicht der Haustechnikkonzepte der einzelnen Häuser

Vorbehaltlich einer Optimierung wurden folgende Haustechnik-Varianten ausgearbeitet (die Bezeichnung zentral bezieht sich jeweils auf ein Stiegenhaus mit 10 Wohneinheiten):

In Haus 3, 4 und 5 wird die Restwärme über die Wohnraumlüftung eingebracht, die Lüftungsgeräte sind dezentral in jeder Wohnung angeordnet. Die Häuser 1 und 2 werden über eine Bauteilheizung erwärmt, wobei die Energie über eine Wasser-Wasser Wärmepumpe bereitgestellt wird.

Die Lüftungsgeräte einschließlich Wärmerückgewinnung sind zentral angeordnet. Für den Sommerbetrieb und die Übergangszeit wird ein Bypass angeordnet, alternativ übernimmt bei diesen beiden Varianten ein Blockkraftwerk (WKK) mit ca. 25 kW - die Warmwasseraufbereitung für beide Häuser und den Restwärmebedarf für Haus 2.

Die elektrische Energie wird für die Wärmepumpe (Heizlast Haus 1) verwendet. Als weitere Variante soll untersucht werden, ob die Wärmepumpe sinnvoll im Sommer für die Warmwassererzeugung und gleichzeitig zur Kühlung herangezogen werden kann.

In der laufenden Optimierungsphase wurde eine stärkere Verknüpfung der einzelnen Systeme angestrebt, da Kosten und Energieverbrauch auch bei übergreifenden Systemen durch Detailmessungen leicht nachvollzogen werden können. Eine Wirtschaftlichkeit durch größere Einheiten ist aber erst ab 10 und mehr Wohneinheiten gegeben.

Neben den passiven Kühleffekten können die „vorhandenen“ technischen Einrichtungen auch für „sanfte“ Kühlung eingesetzt werden. Die hohe thermische Qualität und Trägheit der Bauweise erhöht automatisch auch den Nutzen jeder eingesetzten Kühlenergie. Jede eingesetzte „Kühlenergie“ wird somit erst bei dieser Bauweise effizient spürbar, z.B.

- Erdwärmetauscher kühlt und entfeuchtet
- bei der Wärmepumpe fällt „Kühlenergie“ ab
- Solarkollektoren spenden in dem Maß Schatten (und damit „Kühlenergie“) wie die solare Energie speichern

2 Methoden und Daten

2.1 Das Projekt im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“

Durch den Vergleich von vier fast gleichen, mehrgeschossigen Wohnhäusern mit vier verschiedenen passivhaustauglichen Haustechnikkonzepten konnten ideale Rahmenbedingungen für eine demonstrative Umsetzung und wissenschaftliche Verifizierung unterschiedlicher Haustechniksysteme geschaffen werden, um wertvolle Informationen und Entscheidungshilfen für zukünftige Projekte zu gewinnen.

Unter Zuhilfenahme von Dr. Wolfgang Streichers „Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser“² wurden die verschiedenen Konzepte erstellt.

- Praktische Erkenntnisse für die Marktdiffusion nachhaltiger Passivhauskonzepte: durch die Messungen und Untersuchungen konnte ein optimierter haustechnischer Standard herausgearbeitet werden, der Bauträgern für die nächsten Jahre als Entscheidungshilfe für ihre haustechnische Zieldefinition dienen kann.
- Erhöhung der Gesamteffizienz, verstärkter Einsatz alternativer/erneuerbarer Energieträger in passenden Gesamtkonzepten Nachweisliche Behaglichkeit bei geeigneten Systemen.
- Nachweislich erhöhte Berücksichtigung der Nutzeraspekte durch Verwendung des TQ-tools In einem Demonstrationsbauvorhaben konnten dabei zumindest gleich 3 Forschungsergebnisse umgesetzt und damit praktisch für weitere Bauvorhaben erprobt werden.

Insbesondere die wirtschaftliche Möglichkeit der Einbindung alternativer und erneuerbarer Energieformen – abgestimmt auf das Haustechniksystem - sollte hier nachweislich demonstriert werden. Die Folgen in ökologischer Hinsicht unter Berücksichtigung von Kyoto Zielen etc. liegen hier klar auf der Hand.

Weiters konnte demonstriert werden, wieweit die unterschiedlichen Systeme flexibel auf Nutzeranforderungen und auch Fehler und Toleranzen reagieren.

Haustechniksysteme der Zukunft müssen nicht nur einfach sein, sondern auch flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen reagieren können. Diese geänderten Rahmenbedingungen können sowohl nutzerbedingt (z.B. gewünschte Raumlufttemperatur, Lüftungsverhalten, Kühlungsbedarf) als auch außerhalb der Nutzersphäre liegen (Fehlertoleranz, Risiken der Energieversorgung, Preisentwicklung, geringfügige Klimaveränderungen, etc.)

2.2 Schwerpunkte

Unterstützt durch konkrete Angebote wurde bis Frühjahr 2005 die Variantenbildung Haustechnik und deren anhand Simulation erfolgte Optimierung abgeschlossen.

Diese konkreten Daten und Ergebnisse wurden in das Demonstrativ-Bauvorhaben einbezogen.

Nach Fertigstellung des Bauvorhabens begannen ein Jahr lang die Messungen der bauphysikalischen Daten – parallel dazu die Befragungen der Nutzer betreffend deren Erfahrungen. Die physiologischen Untersuchungen von Dr. Lipp wurden ideal im ersten Winter (2005/2006) durchgeführt.

Die TQ-Bewertung erfolgte, unterstützt durch die Simulationen und vereinfachten Berechnungen in mehreren Phasen: Entwurf – vereinfachte Berechnungen für einzelne Parameter Ausführungsplanung. Hier können die vereinfachten Berechnungen den detaillierten Berechnungen gegenübergestellt werden.

- Ausführung: hier wurden Messungen den Berechnungen gegenübergestellt. Die Nachmessungen, die ein Jahr nach Bezug vorgenommen wurden, dienen der Qualitätskontrolle, unter Berücksichtigung der Veränderungen des Nutzerverhaltens bzw. Einflüsse der veränderten Infrastruktur.
- Einbeziehen der späteren Nutzer: wieweit wird die Kaufentscheidung durch die Bewertung beeinflusst; wie sieht er die sich ev. ändernden Bewertungsnoten“;
- Einbeziehen der Bauträger und Planer: wieweit hilft es, wenn der Bauträger Qualitäten anstelle von Ausführungsdetails vorgibt; wieweit kann der Planer eigenverantwortlich mit diesen Qualitätszielen (anstelle von Detailvorgaben) umgehen und diese auch erfüllen;

² „Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser“, Programmlinie „Haus der Zukunft“ -eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), IWT, TU-Graz, Jänner 2004

Demonstration Projekt 1

Prof. Streicher hat in seiner Studie sinnvolle Alternativen für die haustechnische Planung von Passivhäusern aufgezeigt. Diese werden hier in der Praxis demonstriert und verglichen. Insbesondere die Kriterien Benutzerfreundlichkeit, Wohlbefinden, nachhaltige Behaglichkeit, Anpassungsmöglichkeit und Flexibilität etc. sollen hier innovativ eingebunden und demonstriert werden. (Siehe Kapitel 5)

Demonstration Projekt 2

Dr. Lipp hat die physiologischen Auswirkungen der Einbringung der Restwärme über die Luft bzw. über Strahlungswärme verglichen. Unter den gleichartigen idealen Rahmenbedingungen können diese Ergebnisse genauer nachvollzogen und demonstriert werden. (Siehe Kapitel 6)

Demonstration Projekt 3

Die Arge TQ hat mit dem TQ-tool ein Werkzeug zur Qualitätsbewertung und -sicherung entwickelt; in einer mehrstufigen Anwendung – Projektentwicklung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung, Ausführung, Nachprüfung – sollen die dadurch entstehenden Vorteile für Planer, Bauträger und Nutzer aufgezeigt werden. (Siehe Kapitel 7)

2.3 Projektdaten Esslinger Hauptstrasse

Grundstücksfläche		4.571,61 m ²
Topographie		
	Wohneinheiten	Wohnnutzfläche (inkl. Loggien)
Stiege 1	10 WE	882,25 m ²
Stiege 2	10 WE	882,85 m ²
Stiege 3	10 WE	882,64 m ²
Stiege 4	10 WE	882,97 m ²
Stiege 5	6 WE	358,59 m ²
Gesamt	46 WE	3.889,30 m²
Stellplätze	46 Stpl.	
Wohnungsmix		
Typ B	5 WE	278,36 m ² (inkl. Loggien)
Typ C	29 WE	2.312,60 m ²
Typ D	12 WE	1.381,71 m ²
Nutzungsmix (förderbare Wohnnutzfläche)		
Wohnungen	46 WE	3.889,30 m ²
Loggien		83,37 m ²

3 Projektstand

Das Demonstrativbauvorhaben ist fertig gestellt und wurde am 15.9.2006 an die Mieter übergeben. Die Kosten konnten mit kleinen Abweichungen eingehalten werden.

3.1 Ausführung

Die einzelnen Häuser wurden nicht starr mit einer Haustechnikvariante ausgestattet, sondern die Einzelkomponenten netzartig verknüpft – so ist es ebenso möglich, verschiedene Bauteilheizungen (Restwärme über Fußboden, Wand oder Decke) oder verschiedene Frischluftansaugungen (Fassade, Dach, Erdwärmetauscher, Sole, Brunnen und Wärmepumpe etc.) unabhängig voneinander, d.h. mit ansonsten unveränderten Haustechnik-Bauteilen, kreuzweise vernetzt zu vergleichen. Die Ergebnisse sind somit bei gleich bleibendem „Materialeinsatz“ vielfältiger auswertbar.

So wurden die folgenden Varianten detailliert verglichen

Frischluftansaugung
über einen Erdwärmetauscher
über die Fassade bzw. über Dach in einem Rohr in Rohr System
zentral mit einer Sole Vorwärmung

Frischluftvorerwärmung
über den Erdwärmetauscher
mittels Solewärmetauscher
elektrisch (Frischluftansaugung über Dach bzw. Fassade)

Kontrollierte Wohnraumlüftung
dezentrale Geräte
zentrales Gerät
Kompaktgerät (mit Warmwasseraufbereitung)

Warmwasseraufbereitung
zentraler Boiler, Gaskessel, solar unterstützt
zentraler Boiler, Wärmepumpe
dezentrale Wärmepumpe und Boiler im Kompaktgerät

Restwärmeeinbringung
über Zuluft mit elektrische Nacherwärmung
über Bauteilheizung (Boden, Wand und Decke)

Gemessen wurde über einen aussagekräftigen Jahresverlauf

Generell die Lufttemperatur und -feuchtigkeit im Freien sowie die Globalstrahlung
Der Komfort über Temperatur und Luftfeuchte in allen relevanten Wohnzonen
Die Energie wohnungsseitig durch Subzähler Strom für die Haustechnikeinrichtungen sowie Zähler für Warmwasser, Kaltwasser und Bauteilheizung
Die Energie anlageseitig durch Zähler für Ventilatoren, Heizkessel (Strom und Gas), zentrales Wohnraumlüftungsgerät, zentrale Wärmepumpe und zentralen Wärmetauscher (Sole bzw. Saug-/Schluckbrunnen)
Die Varianten der Frischluftansaugung durch Luftvolumensstrom- und Temperatur- (und Feuchte)messung bei der Frischluftansaugung und bei der Übergabe der Frischluft an das Lüftungsgerät
Warmwasser durch Zähler beim zentraler Boiler (Gaskessel, solar unterstützt bzw. Wärmepumpe) sowie dezentraler Boiler und Wärmepumpe bei dem Kompaktgerät

3.2 Kosten

Die im Antrag und Forschungsauftrag angegebenen Kosten wurden im Wesentlichen eingehalten. Im Detail ergaben sich für alle Varianten im Vergleich zur Grundversion Mehrkosten von 174.539,- EUR (Antrag 170.000,- EUR).

Die Konsulenten wurden exakt gemäß Anbot beauftragt, wobei die Beauftragung Arge TQ aufgrund der Schließung der Kanzlei Dr. Bruck vom IBO übernommen wurde.

VARIANTEN		
Varianten und Kombinationen		Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Grundvariante		
Frischluftansaugung und –erwärmung	Ansaugung über Dach	383
KWL	dezentrales Lüftungsgerät	1.800
Nachheizung	Nachheizregister elektrisch	850
Warmwasseraufbereitung	Gas Brennwert Boiler	1.750

		Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Varianten Frischluftansaugung und -vorerwärmung		
Ansaugung über Dach		383
Erdwärmetauscher		2.285
Sole + Wärmetauscher		778
Fassadenansaugung		750
Wärmetauscher Brunnen		785

		Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Varianten Kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL)		
dezentrales Lüftungsgerät		1.800
zentrales Lüftungsgerät		2.791
Kompakt Lüftungsgerät einschl. WW Boiler und integrierter WP		7.980

	Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Varianten Nachheizung	
Nachheizregister elektrisch	850
Nachheizregister elektrisch – in Kompaktgerät integriert	
Bauteilheizung Fußboden und Wärmepumpe Wasser Wasser	3.480
Bauteilheizung Wand - Decke und Wärmepumpe Wasser Wasser	3.930

	Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Varianten Warmwasseraufbereitung	
Gas Brennwert Boiler	1.750
Kompakt Lüftungsgerät einschl. WW Boiler und integrierter WP	
WW Pufferspeicher, zentrales Frischwassermodul und Zirkulation als Aufpreis zur WP	770

	Kosten EUR / WE Preisbasis 10 WE i.M. 80m2
Varianten Energieform	
Elektrischer Strom	Restheizung
Wärmepumpe	Restheizung
Wasser Wasser	(und Warmwasser)
	2.330
solare Unterstützung	Warmwasser
	1.970
PV Anlage	Anlagenstrom
	371

3.2.1. Kostenanalyse

Durch die netzweise Betrachtung der Einzelkomponenten kann kein Gesamtsystem beurteilt werden sondern wiederum nur die Einzelkomponenten – und zwar so, dass jede Entscheidung auch für sich alleine getroffen werden kann.

Rest.Heizung und Wärmeeinbringung

Der deutlichste Unterschied liegt wohl in der Auslegung

- elektrische Nachheizung über Nachheizregister im Zuluftbereich
- gesondertes Heizsystem

Dem Mehrpreis von ca 2.500,- bis 3.000,- stehen in unseren Augen einige Qualitäten gegenüber, Die Entscheidung bei unseren Folgeprojekten zu einem differenzierten, wassergeführten Heizsystem ist sicher auch stark emotional (Komfort) begründet.

Die Frage, wie die wassergeführte Heizwärme erzeugt wird, wurde hier nicht weiter ausgeführt, da zu diesem Thema bereits umfangreiche Untersuchungen angestellt wurden.

Lüftungsgerät

Die Frage dezentral oder zentral wurde bei unserer Kostenermittlung aufgrund der aufwändigen Steuerung (Volumensstromregler) leicht zugunsten einer dezentralen Lösung entschieden. Bei einem grösseren Folgeprojekt (78 Wohneinheiten) hätten sich diese Kosten bereits egalisiert. Auch hier wurden bei mittlerweile drei Folgeprojekten dezentrale Geräte gewählt – allerdings mit zum Zeitpunkt der Studie noch nicht (wirtschaftlich) einsetzbaren Enthalpiewärmetauschern – hier gab die bessere Feuchtigkeitsrückgewinnung den Ausschlag.

Kompakt.Lüftungsgerät

Bei einem kompakten, mehrgeschossigen Mehrfamilienwohnhaus liegen die Kosten eines Kompaktlüftungsgerätes doch deutlich über den Kosten einer gesplitteten Anlage. Die höhere Energieeffizienz alleine kann diese Mehrkosten nicht kompensieren. Für Reihenhäuser und kleinere Anlagen (überhaupt mit schlechter oder teurer energetischer Versorgung) ist diese Lösung sicher sehr interessant (und ökologisch einwandfrei)

Kühleffekt

Der über den Erdwärmetauscher bzw. die Sole erreichbare Kühleffekt konnte aufgrund der geringen Temperaturunterschiede und der vorhandenen unterschiedlichen Nutzergewohnheiten nicht nachgewiesen werden. Da aber keine bei diesen „Kühlsystemen“ keine Mehrkosten anfallen, muss ein auch noch so geringer Effekt trotzdem als positiv angesehen werden.

Mit steigendem Komfortanspruch wird auch die Nachfrage nach ökologisch nachhaltiger Kühlung tendenziell steigen.

Die Sommertauglichkeit der Gebäude war sowohl rechnerisch (Simulation) als auch praktisch messbar.

Erneuerbare Energie

Der Nutzen der solaren Warmwasserbereitung steht nicht erst nach dieser Studie ausser Zweifel.

Der Einsatz von Fotovoltaik steht bei Betrachtung der Herstellkosten für PV Elemente, der stetig steigenden Effizienz dieser Module und der unsicheren Energiepreise vor einem Durchbruch – dieser muss heute noch durch Förderungen rechnerisch finanziell abgedeckt werden.

KraftWärmeKopplung, biogene Energieerzeugung und Wasserstofftechnologie konnte aus Kostengründen nicht umgesetzt werden. Der grundsätzlich geringe Verbrauch bei einem Passivhaus lässt darüber hinaus die Frage nach der Sinnhaftigkeit bei der Umsetzung ausgerechnet bei diesem Enerigestandard zu.

Andererseits ist bei einer elektrischen Restheizung und einer (fast) 100%igen solaren Warmwasserbereitung gerade bei diesem geringen Energiebedarf die Frage nach einer erneuerbaren, CO₂ schonenden Stromerzeugung schon sehr bald wirtschaftlich denkbar.

4 Thermische Berechnungen, Ausgangslage und Aufbau der Untersuchung

Dr. rer. nat. Peter Puschnig

4.1 Vorgangsweise und Inhalt der Arbeit

Der erste Schritt liegt im Aufbau eines Simulationsmodells das die thermischen Parameter der „Standardvariante“ beschreibt. Klimatische Randbedingungen, das Gebäude inklusive seiner Gebäudetechnik und auch nutzungsbedingte Parameter werden im Programmpaket TRNSYS [1] modelliert (siehe Kapitel 10.1).

Als Grundlage der klimatischen Randbedingungen für die thermische Simulation wird ein durchschnittlicher Klimadatensatz des Standortes Wien eingesetzt (siehe Kapitel 4.3.1). Die thermische Zonierung, sowie sämtliche Klima- und Gebäudeparameter werden mit dem planenden Architekturbüro und den Planern der Gebäudetechnik abgestimmt. Die Simulationsdauer wird mit einem Jahr (Tabelle 1) festgelegt um sowohl das Sommer- bzw. Winterverhalten als auch die Regelungsstrategie in der Übergangszeit bewerten zu können.

Tabelle 1: Einteilung des Simulationsjahres in Stunden, Monate und Tage

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

4.2 Festsetzung der Eingabeparameter

4.3 Annahmen der Standort bestimmten Bedingungen

4.3.1 Klimadaten

Zur Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse am Gebäudestandort (Wien) wird ein Klimadatensatz aus dem Klimadatengenerator Meteonorm [2] gewählt, der eine zeitliche Auflösung von 1 Stunde aufweist. Die angenommenen Klimadaten beziehen sich auf eine Geographische Breite von 48,187° und eine Geographische Länge von -16,343° (Seehöhe 170 m ü. A.). Eine monatliche Auswertung der wesentlichen Klimaparameter zeigt Tabelle 2, sowie Abbildung 1 (Außenlufttemperaturen), Abbildung 2 (Globalstrahlungswerte), sowie Abbildung 3 (Außenluftfeuchten).

Tabelle 2: Monats- und Jahresauswertung der Meteonorm 5.0 Klimadaten basierend auf 10-Jahres-Mittelwerten für den Standort Wien in Bezug auf Globalstrahlung, Diffusstrahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Wien (Meteonorm - Mittelwerte)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
GLOBALSTRAHLUNG													
Maxima, [W/m²]	412	523	731	820	905	912	857	866	712	586	393	304	912
Mittelwert, [W/m²]	36	64	113	159	213	224	227	194	134	87	40	27	127
Energie, [kWh/m²]	27	43	84	114	159	161	169	145	97	65	29	20	1111
DIFFUSSTRAHLUNG													
Maxima, [W/m²]	180	256	334	394	434	438	427	408	371	294	192	141	438
Mittelwert, [W/m²]	21	45	64	96	109	126	122	107	77	51	26	20	72
Energie, [kWh/m²]	16	30	47	69	81	91	91	80	55	38	19	15	632
LUFTEMPERATUR													
Minima, [°C]	-16.3	-14.0	-8.4	-1.6	4.3	7.6	8.3	10.9	5.1	-0.1	-7.3	-12.7	-16.3
Maxima, [°C]	11.1	13.4	19.5	23.9	30.4	28.9	33.1	30.7	28.4	23.2	17.3	11.4	33.1
Mittelwert, [°C]	-1.2	0.8	5.4	9.8	14.0	17.3	19.4	19.3	15.6	10.3	5.1	0.5	9.7
LUFTFEUCHTIGKEIT													
Minima, [%]	42.0	46.0	36.0	29.0	32.0	31.0	28.0	36.0	40.0	43.0	52.0	57.0	28.0
Maxima, [%]	99.0	100.0	96.0	93.0	95.0	98.0	99.0	95.0	99.0	99.0	100.0	99.0	100.0
Mittelwert, [%]	81.1	77.7	70.7	64.5	65.7	65.7	63.0	65.4	70.6	75.7	81.7	81.7	71.9

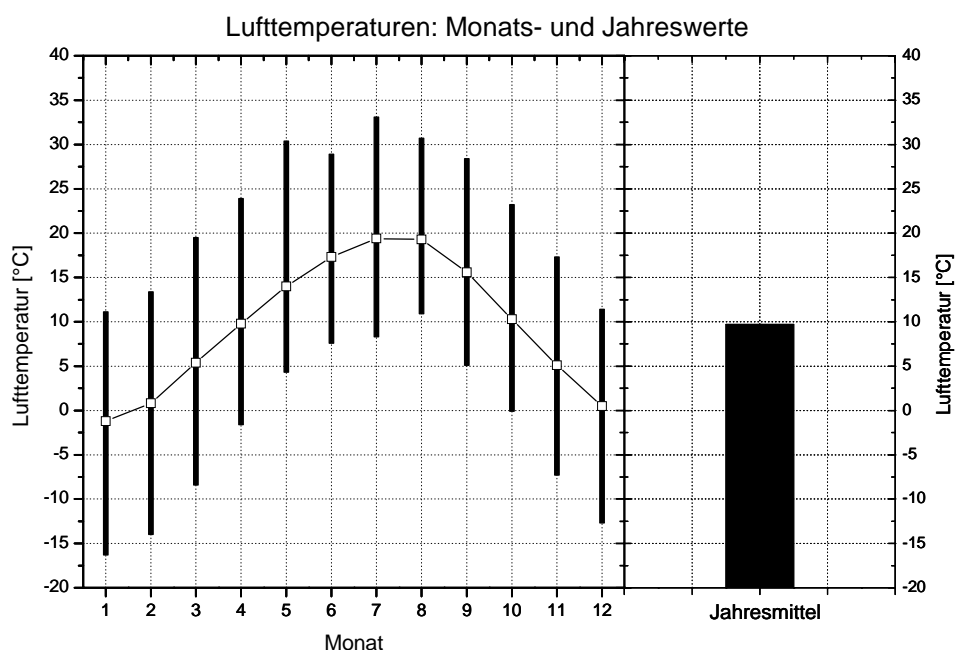


Abbildung 1: Grafische Auswertung der Außenlufttemperatur für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwert (rechts). Für die Monatsmittelwerte sind sowohl Mittelwerte (Symbole) als auch die minimalen und maximalen Werte (Balken) dargestellt.

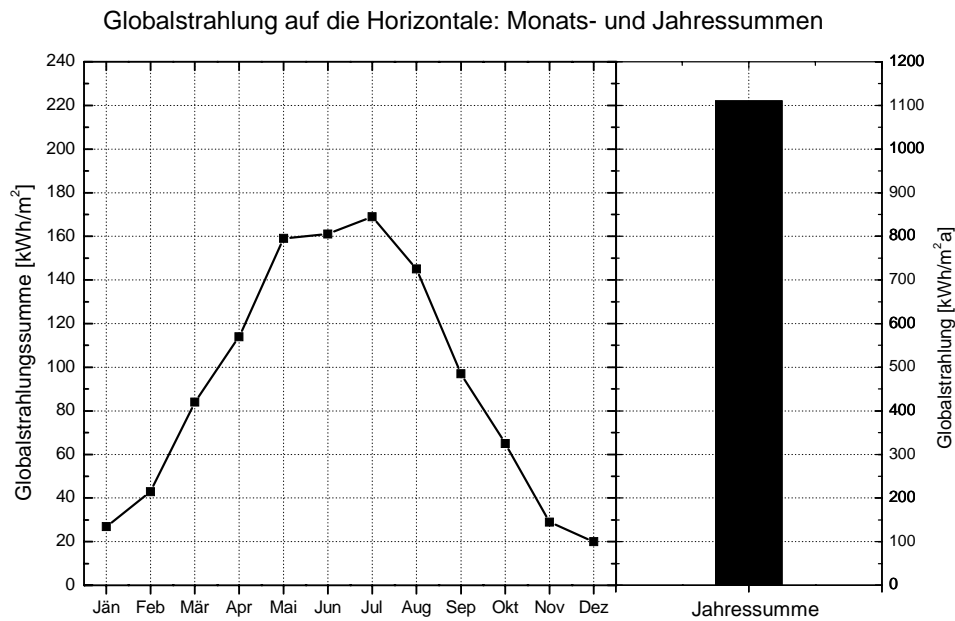


Abbildung 2: Grafische Auswertung der Globalstrahlungssummen für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahressumme (rechts).

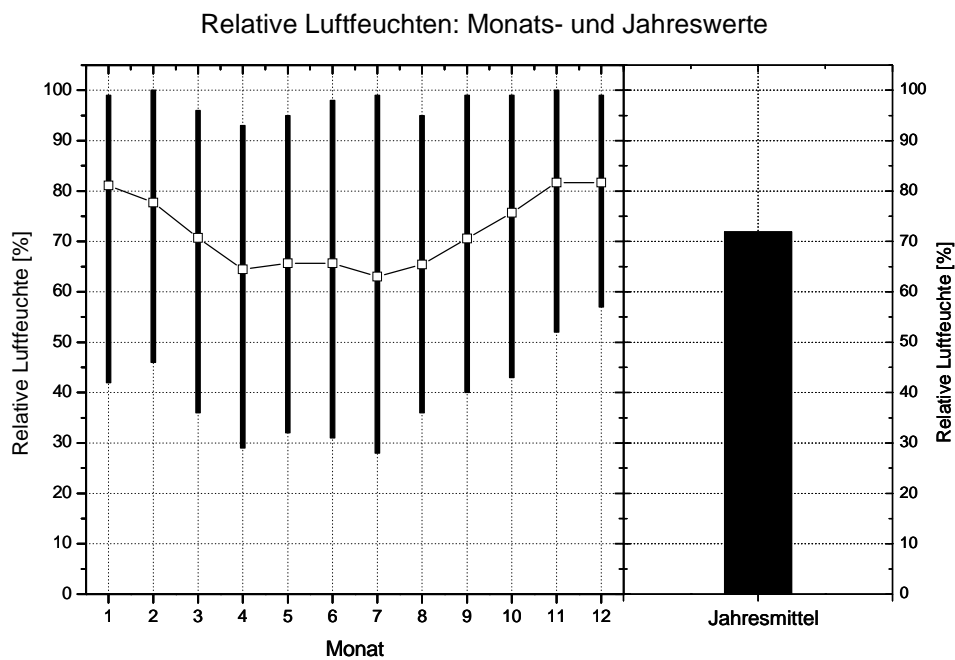


Abbildung 3: Grafische Auswertung der Luftfeuchtigkeit für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwerte (rechts). Für die Monatsmittelwerte sind sowohl Mittelwerte (Symbole) als auch die minimalen und maximalen Werte (Balken) dargestellt.

4.3.2 Bestehende und mögliche externe Verschattungen

Hier werden mögliche Verschattungen der Gebäudeaußenflächen aufgrund von Objekten, die nicht dem Gebäude selbst zugeordnet sind (Geländeerhebungen, Nachbargebäude, Bäume etc), oder Verschattungen die im Laufe der geplanten Nutzungsdauer des Gebäudes zu erwarten sind, behandelt.

Abbildung 4 zeigt einen Lageplan des Bauvorhabens Esslinger Hauptstraße 17 mit den 5 geplanten Baukörpern (rot). Greift man einen mittleren Baukörper, beispielsweise BK3 heraus, so kann man die in Abbildung 5 bis Abbildung 8 dargestellte Verschattungssituation für die 4 Geschoße eines Baukörpers aus dem Planmaterial ableiten. Hierzu wurde eine Entfernung der Nachbargebäude auf der Ostseite von 12

[m] mit einer Gebäudehöhe von 7 [m] zugrunde gelegt, die Nachbargebäude auf der Westseite wurden ebenfalls 7 [m] Höhe in einer Entfernung von 15 [m] angenommen. Betrachtet man die Verschattung durch Nachbargebäude, die sich für den BK3 im Erdgeschoß ergibt (Abbildung 5), so erkennt man, dass direkte Sonneneinstrahlung nur in den Sommermonaten auf der Ost- und Westseite zu erwarten ist. Für die Südseite, die durch den benachbarten Baukörper BK2 beschattet wird, ist auch im Sommer mit geringer direkter Sonneneinstrahlung zu rechnen. Im 1. Obergeschoß (Abbildung 6) kann zwischen März und September mit direkter Einstrahlung gerechnet werden, während für das 1. und 2. Dachgeschoß (Abbildung 7 und Abbildung 8) mit keiner nennenswerten Verschattung durch Nachbargebäude zu rechnen ist.

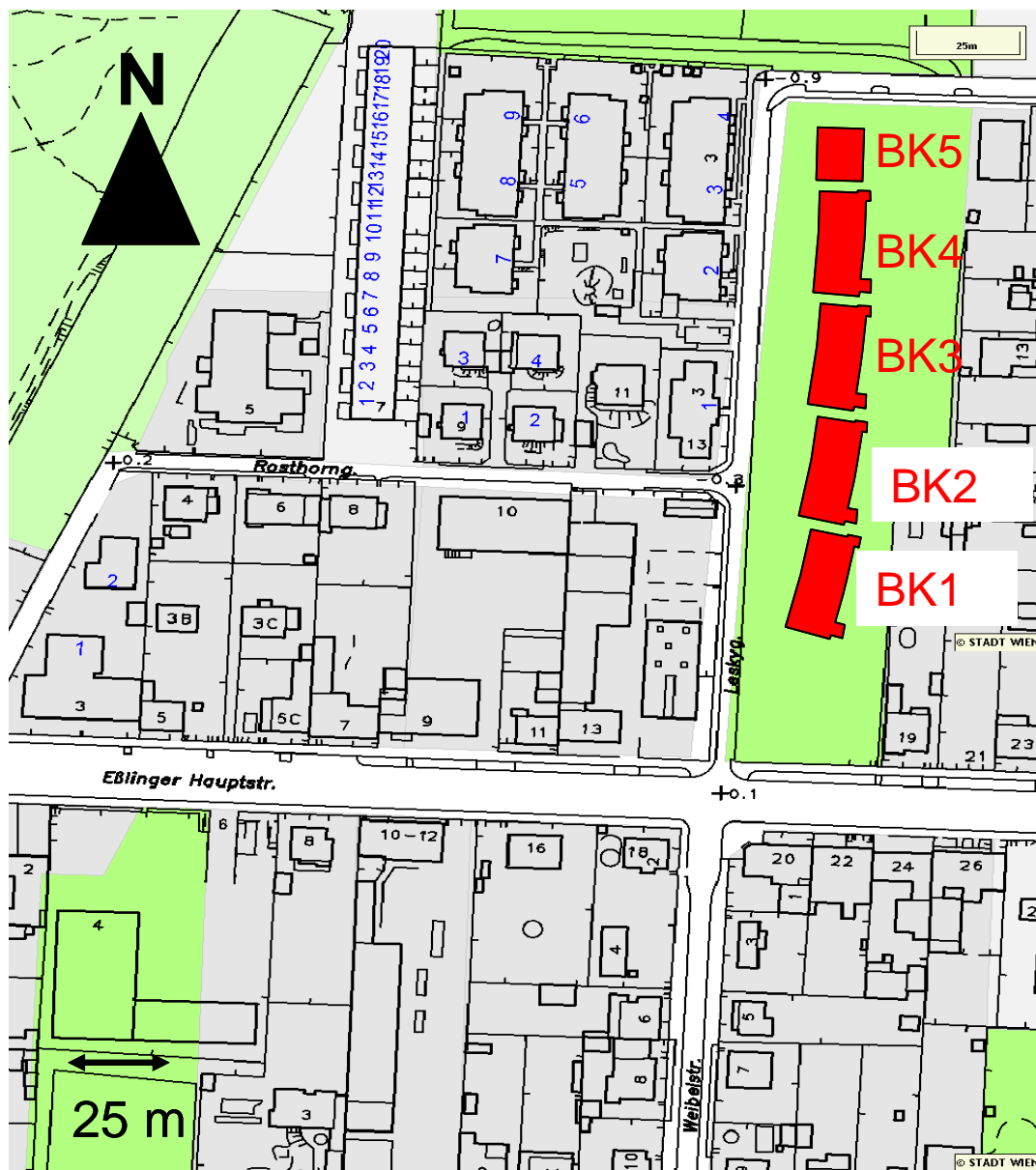


Abbildung 4: Lageplan des Bauvorhabens Esslinger Hauptstraße 17 mit den 5 geplanten Baukörpern (rot).

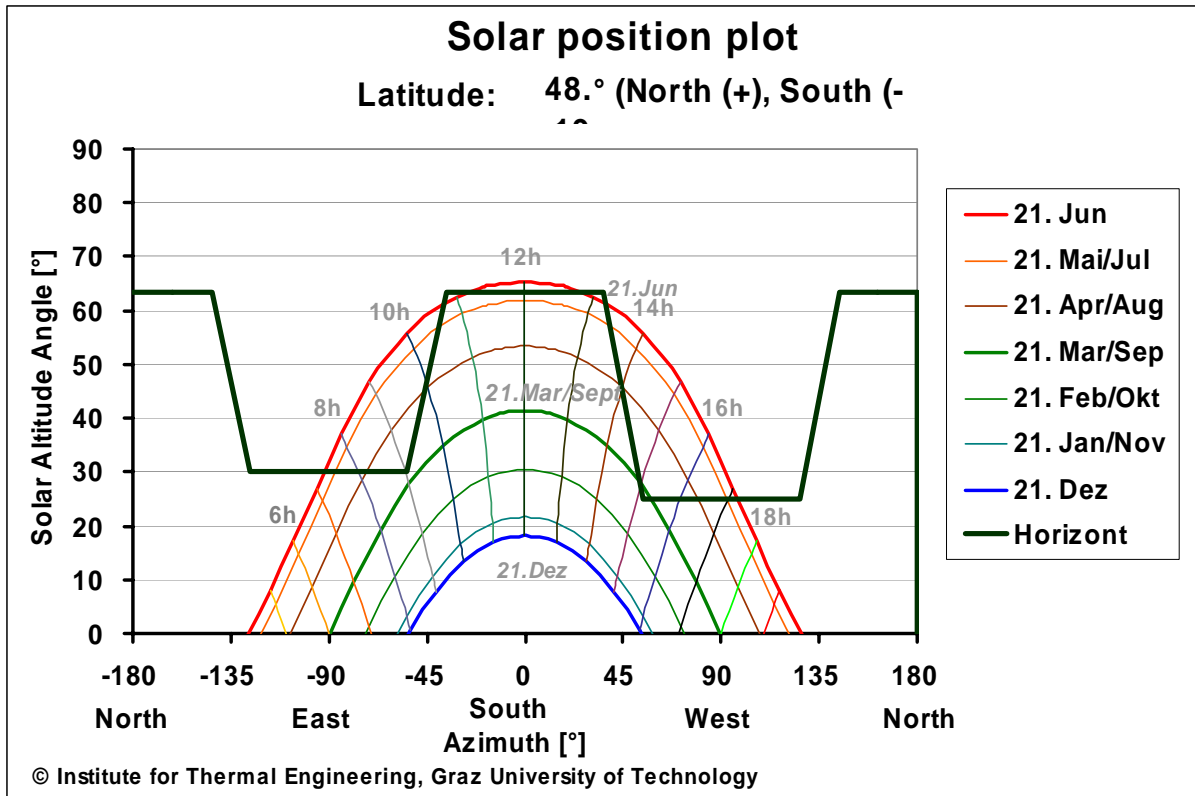


Abbildung 5: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im Erdgeschoß eines mittleren Baukörpers (2 – 4).

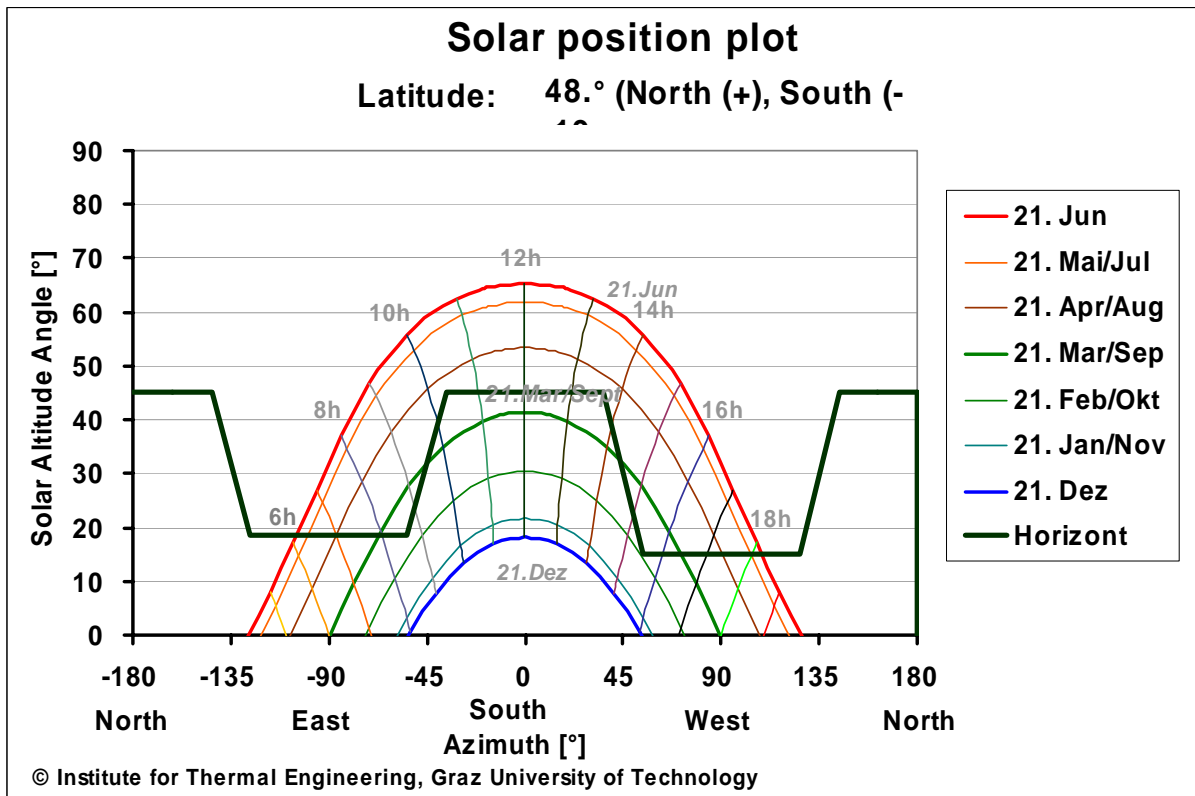


Abbildung 6: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 1. OG eines mittleren Baukörpers (2 – 4).

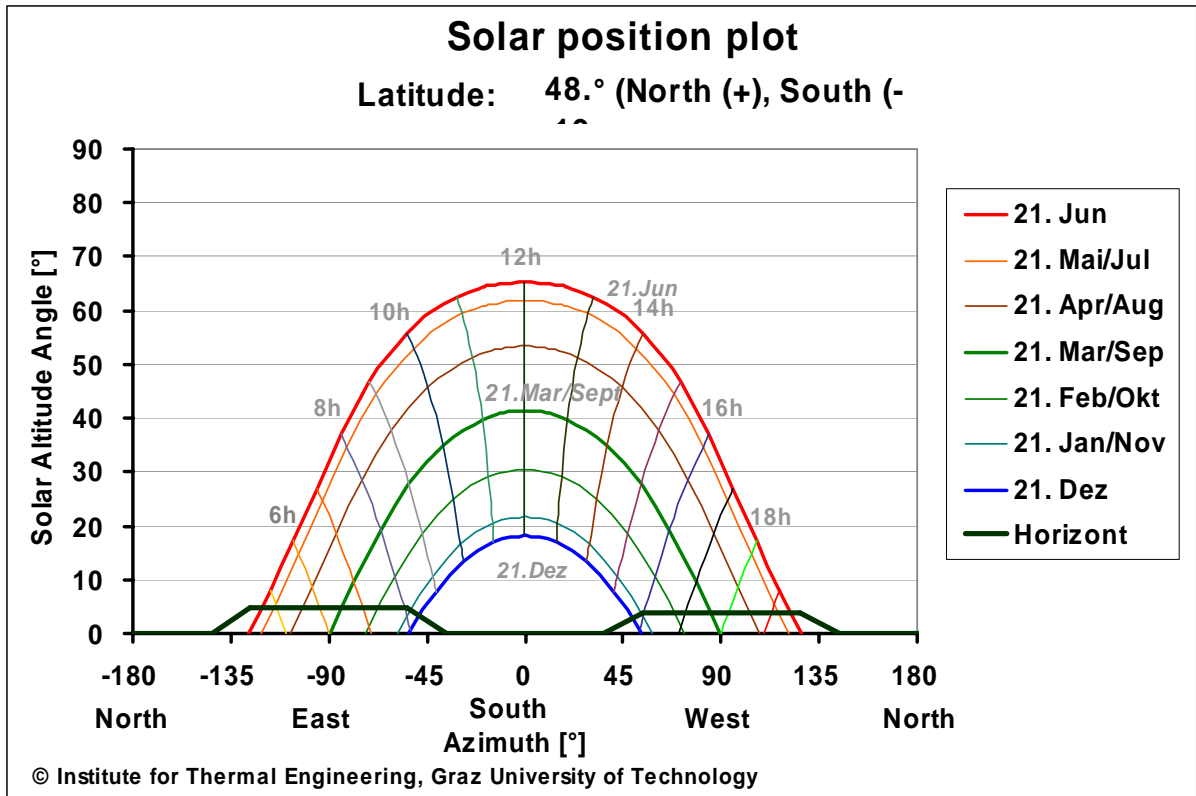


Abbildung 7: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 2. OG eines mittleren Baukörpers (2 – 4).

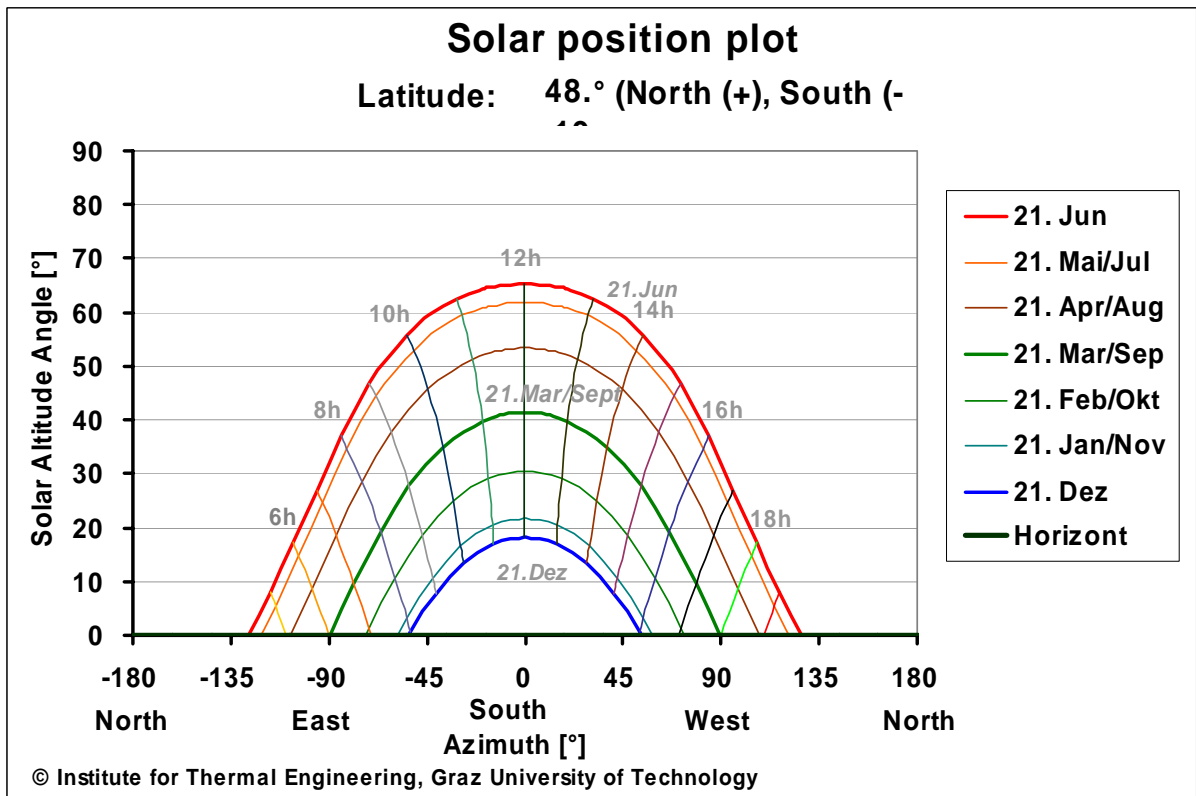
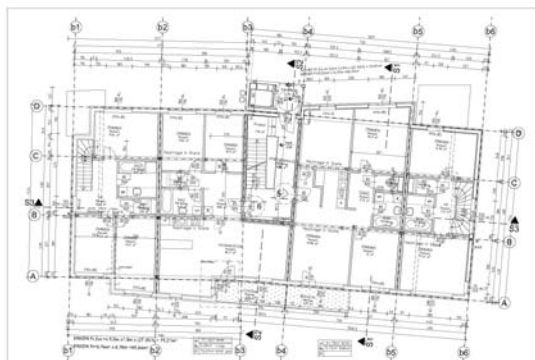


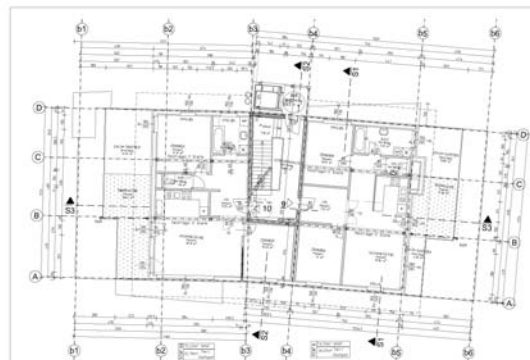
Abbildung 8: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 3. OG eines mittleren Baukörpers (2 – 4).

4.4 Gebäudeannahmen

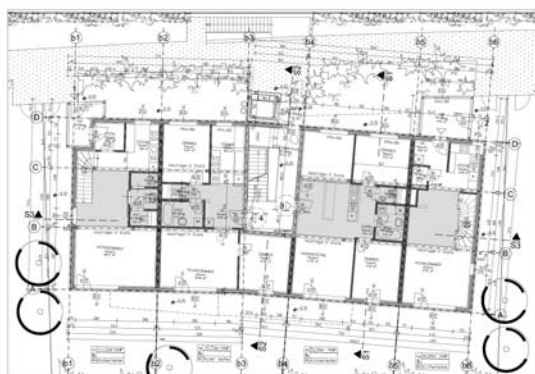
4.4.1 Planmaterial



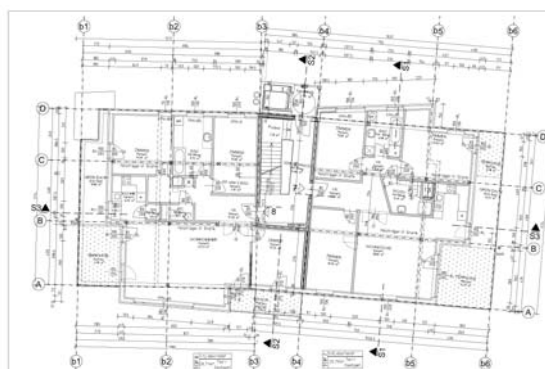
1.Stock: Abb 9



2. Dachgeschoss: Abb 12



EG: Abb10



1. Dachgeschoss: Abb 11

Abbildung 10: Grundriss für Erdgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-601, Architekten Hackermüller.

Abbildung 9: Grundriss für das 1. Obergeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-602, Architekten Hackermüller.

Abbildung 11: Grundriss für das 1. Dachgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-603, Architekten Hackermüller.

Abbildung 12: Grundriss für das 2. Dachgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-604, Architekten Hackermüller.

4.4.2 Thermische Zonierung und geometrische Auswertung

Abbildung 9 bis Abbildung 12 zeigen das Planmaterial für das Projekt Esslinger Hauptstraße 17 (Wien 22) laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-601 – 604 wie es von dem Architekturbüro Hackermüller zur Verfügung gestellt wurde. Diese Grundrisspläne der 4 Geschoße der Häuser B, C, D und E (entspricht Baukörper BK1 – BK4 in Abbildung 4) bilden die Grundlage für die thermische Zonierung und geometrische Auswertung der thermischen Zonen. In der thermischen Gebäudesimulation können über jede thermische Zone getrennt Aussagen über die thermische Behaglichkeit (Raumlufthtemperatur, Oberflächentemperatur, Raumlufthfeuchte, ...) sowie über die Energieflüsse in und aus der Zone (Heizwärme, Solare Einträge, Lüftungsverluste, ...) getroffen werden (vgl. auch Kapitel 10.1).

Ein Baukörper wurde in insgesamt 14 thermischen Zonen geteilt, wobei jeder der 10 Wohneinheiten eine Zone zugewiesen wurde, mit Ausnahme der Maisonettewohnungen Top1 und Top4, die in je 2 thermische Zonen für das Erdgeschoß und das 1. Obergeschoß geteilt wurden. Zusätzlich wurde eine thermische Zone für das Steigenhaus und 1 thermische Zone für die Tiefgarage eingeführt. Abbildung 13 zeigt die thermischen Zonen im Erdgeschoß (Top 1u, Top 2, Top 3, Top 4u und Stiege), die Abbildung 14, Abbildung 15 und Abbildung 16 demonstrieren die thermische Zonierung des 1., 2. und 3. Oberschoßes. Zusätzlich zu den thermischen Zonen sind in den oben angeführten Abbildungen auch Bezeichnungen für die Orientierungen der Gebäudeaußenflächen angeführt (vgl. auch Tabelle 16). Für die auftretende Solarstrahlung werden hier nicht nur unterschiedliche Orientierungen der Flächennormalen berücksichtigt, sondern auch die etwaige Verschattung durch Nachbargebäude, wie sie durch die Angabe des Verschattungshorizonts in Abbildung 5 bis Abbildung 8 dargestellt sind.

Für jede thermische Zone wird nun eine geometrische Auswertung der Begrenzungsflächen durchgeführt, wie sie Tabelle 3 bis Tabelle 7 entnommen werden kann. Jeder die Zone begrenzende Bauteil wird in seiner Funktion, seiner Ausrichtung, seinem Aufbau und in seiner Fläche angeführt. Bei der Funktion des Bauteil wird zwischen Fußboden (FB), Decke (DE), Außenwand (AW), Trennwand (TW) und Innenwand (IW) unterschieden. Ein Bauteil kann entweder an die Außenluft (oder an das Erdreich) grenzen, dann wird eine der Bezeichnungen ORI01 bis ORI25 (vgl. Tabelle 16) angeführt, oder der Bauteil grenzt an eine benachbarte thermische Zone. In diesem Fall wird der Name der benachbarten Zone genannt. In der Spalte „Aufbau“ findet sich die Bezeichnung des Konstruktionsaufbaus, der Tabelle 9 bis Tabelle 13 entnommen werden kann. Für die Flächen von Außenbauteilen wurden horizontale Nettoabmessungen und die vertikale Geschoßhöhe verwendet; für die Flächen von Innenbauteilen Nettoabmessungen bezogen auf die Symmetrieachsen der Trennwände zwischen den Zonen (= Innenräume). Das Volumen einer Zone ist das tatsächlich eingeschlossene Luftvolumen (Nettovolumen).

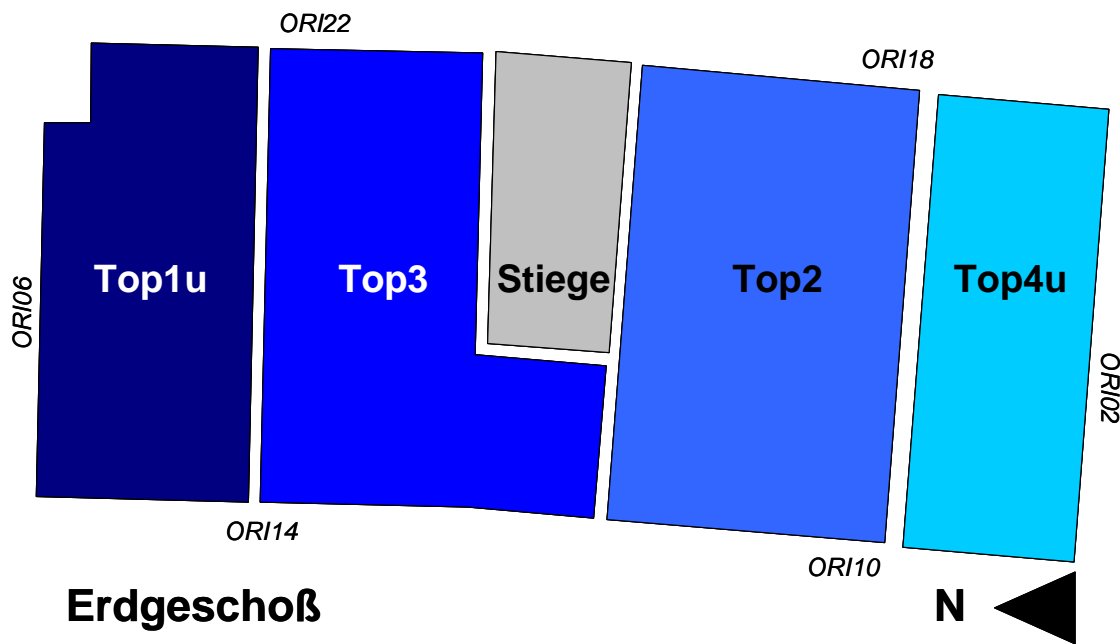


Abbildung 13: Thermische Zonierung des Erdgeschosses mit den 5 Zonen Top1u, Top2, Top3, Top4u und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).

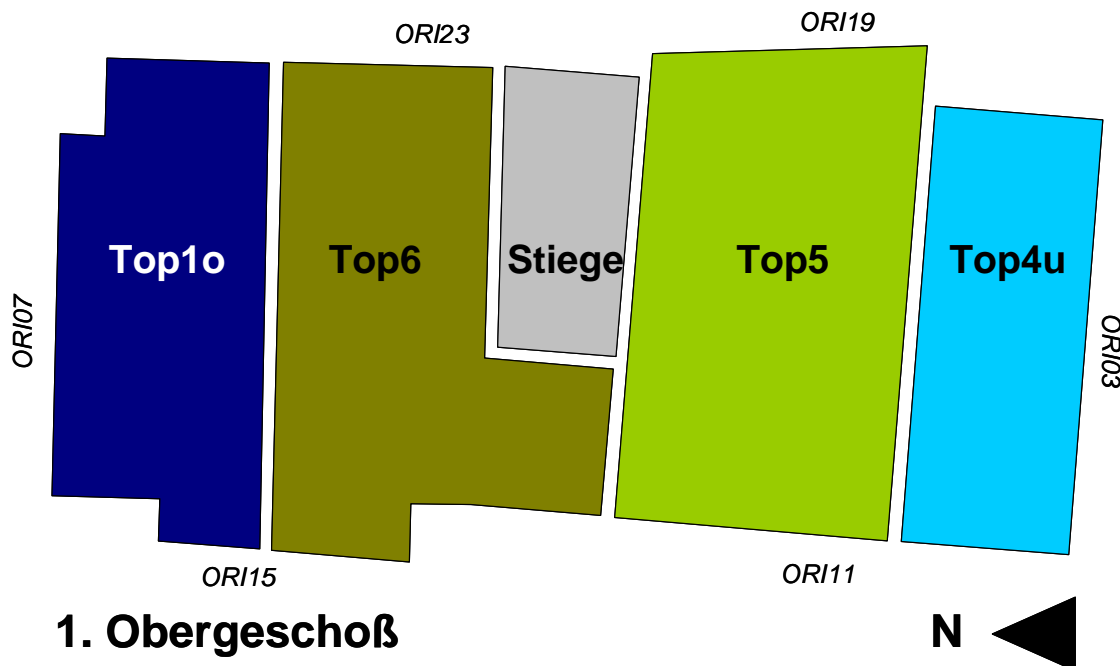
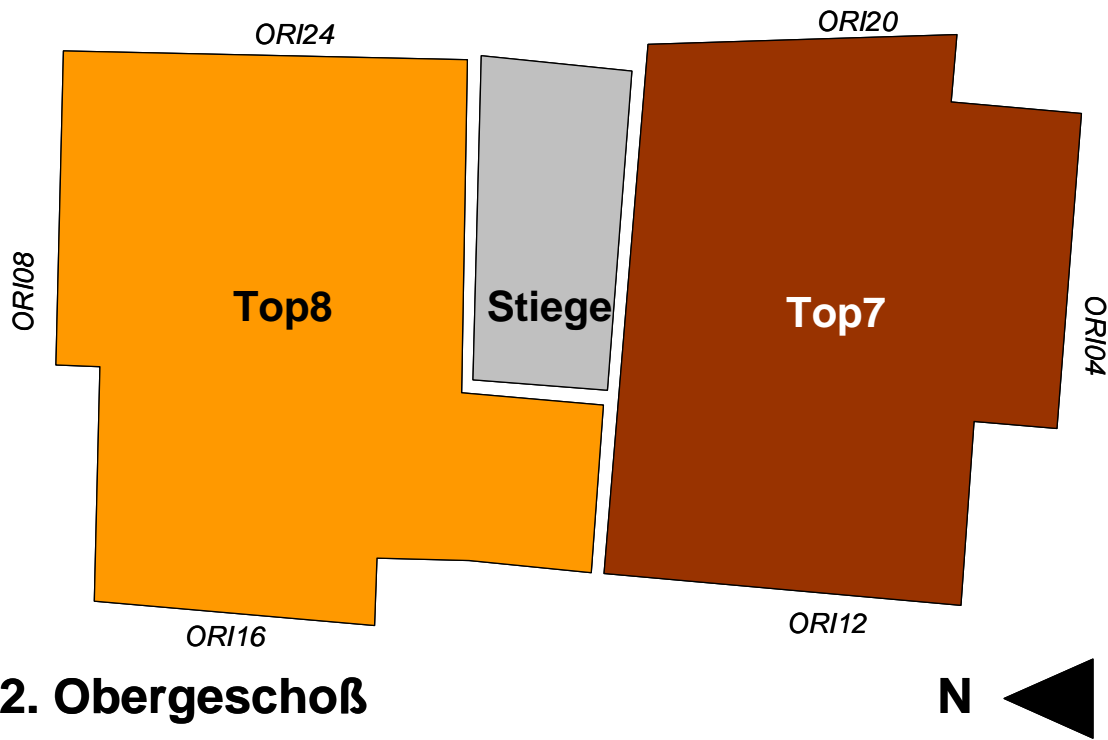
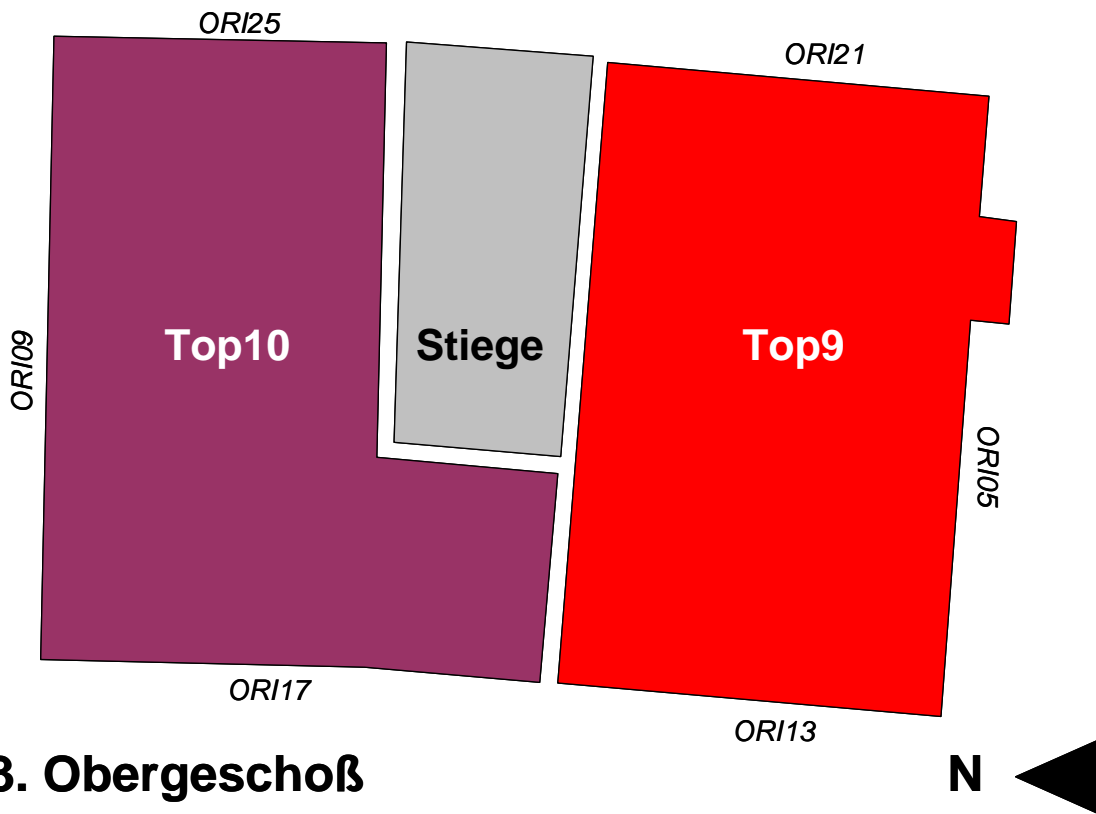


Abbildung 14: Thermische Zonierung des 1. Obergeschosses mit den 5 Zonen Top1o, Top5, Top6, Top4u und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).



2. Obergeschoß

Abbildung 15: Thermische Zonierung des 2. Obergeschoßes mit den 3 Zonen Top7, Top8 und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).



3. Obergeschoß

Abbildung 16: Thermische Zonierung des 3. Obergeschoßes mit den 3 Zonen Top9, Top10 und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 3: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top1u, Top1o und Top2.

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände			
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	
TOP1U	FB	GARAGE	DI02					54.31								
	DE	TOP1O	DI01_F						43.99							
	DE	TOP1O	DI01_K						10.32							
	AW	ORI14	WA01_F	0.95	5.07		9.98	16.00								
	AW	ORI14	WA01_K				2.18	2.18								
	AW	ORI06	WA01_F	1.12	2.73		27.54	31.39								
	AW	ORI06	WA01_K				4.28	4.28								
	AW	ORI22	WA01_F	0.40	0.81		14.84	16.05								
	AW	ORI22	WA01_K				2.19	2.19								
	TW	TOP3	WI02_F								22.49	22.49				
	TW	TOP3	WI02_K								5.62	5.62				
	IW		WI03_F											64.04	64.04	
	IW		WI03_K											8.74	8.74	
				2.47	8.61		61.01	72.09	54.31	54.31			28.11	28.11	72.78	72.78
TOP1O	FB	TOP1U	DI01_F					43.99								
	FB	TOP1U	DI01_K					10.32								
	FB	ORI00	DA01_F					2.25								
	FB	ORI00	DA01_K					0.75								
	DE	TOP8	DI01_F						28.93							
	DE	TOP8	DI01_K						6.79							
	DE	ORI01	DD03_F						8.79							
	DE	ORI01	DD03_K						2.06							
	DE	ORI01	DD04_F						8.39							
	DE	ORI01	DD04_K						2.80							
	AW	ORI11	WA01_F	0.59	1.86		6.12	8.57								
	AW	ORI11	WA01_K				1.17	1.17								
	AW	ORI15	WA01_F	0.59	1.86		5.58	8.03								
	AW	ORI15	WA01_K				1.09	1.09								
	AW	ORI07	WA01_F	0.60	1.60		26.83	29.03								
	AW	ORI07	WA01_K				3.96	3.96								
	AW	ORI23	WA01_F	0.59	1.86		13.60	16.05								
	AW	ORI23	WA01_K				2.19	2.19								
	TW	TOP6	WI02_F								24.93	24.93				
	TW	TOP6	WI02_K								6.23	6.23				
IW		WI03_F											94.54	94.54		
IW		WI03_K											6.45	6.45		
				2.38	7.17		60.54	70.09	57.31	57.76			31.16	31.16	100.99	100.99
TOP2	FB	GARAGE	DI02					76.69								
	DE	TOP5	DI01_F						62.12							
	DE	TOP5	DI01_K						14.57							
	AW	ORI10	WA01_F	1.54	6.63		11.89	20.06								
	AW	ORI10	WA01_K				2.74	2.74								
	AW	ORI18	WA01_F	1.12	3.24		15.70	20.06								
	AW	ORI18	WA01_K				2.74	2.74								
	TW	STIEGE	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP3	WI02_F								7.55	7.55				
	TW	TOP3	WI02_K								1.89	1.89				
	TW	TOP4U	WI02_F								22.49	22.49				
	TW	TOP4U	WI02_K								5.62	5.62				
	IW		WI03_F											86.82	86.82	
IW		WI03_K											11.84	11.84		
				2.67	9.86		33.07	45.60	76.69	76.69			55.67	55.67	98.66	98.66

Tabelle 4: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top3 und Top4u, Top4o.

Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]

TOP3	TW	TOP1U	WI02_F								22.49	22.49				
	TW	TOP1U	WI02_K								5.62	5.62				
	TW	TOP2	WI02_F								7.55	7.55				
	TW	TOP2	WI02_K								1.89	1.89				
	FB	GARAGE	DI02					68.51								
	DE	TOP6	DI01_F						55.49							
	DE	TOP6	DI01_K						13.02							
	AW	ORI10	WA01_F	0.59	1.56		6.14	8.29								
	AW	ORI10	WA01_K				1.13	1.13								
	AW	ORI14	WA01_F	0.95	5.07		9.50	15.52								
	AW	ORI14	WA01_K				2.12	2.12								
	AW	ORI22	WA01_F	0.96	2.43		12.13	15.52								
	AW	ORI22	WA01_K				2.12	2.12								
	TW	STIEGE	WI01								17.55	17.55				
	IW		WI03_F												97.76	97.76
IW		WI03_K												13.34	13.34	
			2.50	9.06		33.14	44.70	68.51	68.51		55.10	55.10		111.10	111.10	

TOP4U	TW	TOP2	WI02_F								22.49	22.49				
	TW	TOP2	WI02_K								5.62	5.62				
	FB	GARAGE	DI02					46.29								
	DE	TOP4O	DI01_F						37.49							
	DE	TOP4O	DI01_K						8.80							
	AW	ORI02	WA01_F	0.87	1.49		29.05	31.41								
	AW	ORI02	WA01_K				4.28	4.28								
	AW	ORI10	WA01_F	0.95	5.07		7.28	13.30								
	AW	ORI10	WA01_K				1.81	1.81								
	AW	ORI18	WA01_F	0.87	1.68		10.75	13.30								
	AW	ORI18	WA01_K				1.81	1.81								
	IW		WI03_F												30.96	30.96
	IW		WI03_K												4.22	4.22
				2.70	8.23		54.98	65.91	46.29	46.29		28.11	28.11		35.18	35.18

TOP4O	FB	TOP4U	DI01_F					37.49								
	FB	TOP4U	DI01_K					8.80								
	DE	TOP7	DI01_F						16.64							
	DE	TOP7	DI01_K						3.90							
	DE	ORI01	DD03_F						5.22							
	DE	ORI01	DD03_K						1.22							
	DE	ORI01	DD04_F						14.48							
	DE	ORI01	DD04_K						4.83							
	AW	ORI03	WA01_F	1.16	2.70		27.55	31.41								
	AW	ORI03	WA01_K				4.28	4.28								
	AW	ORI11	WA01_F	0.96	5.20		7.14	13.30								
	AW	ORI11	WA01_K				1.81	1.81								
	AW	ORI19	WA01_F	0.43	0.93		11.94	13.30								
	AW	ORI19	WA01_K				1.81	1.81								
	TW	TOP5	WI02_F								22.49	22.49				
	TW	TOP5	WI02_K								5.62	5.62				
	IW		WI03_F												68.42	68.42
	IW		WI03_K												9.32	9.32
				2.56	8.82		54.53	65.91	46.29	46.29		28.11	28.11		77.74	77.74

Tabelle 5: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top5 und Top6.

Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]
TOP5	FB	TOP2	DI01_F					62.12							
	FB	TOP2	DI01_K					14.57							
	TW	TOP4O	WI02_F								22.49	22.49			
	TW	TOP4O	WI02_K								5.62	5.62			
	FB	ORI00	DA01_F					3.83							
	FB	ORI00	DA01_K					1.28							
	DE	TOP7	DI01_F						66.25						
	DE	TOP7	DI01_K						15.54						
	AW	ORI11	WA01_F	1.54	6.93		11.59	20.06							
	AW	ORI11	WA01_K				2.74	2.74							
	AW	ORI23	WA01_F	0.60	1.60		17.86	20.06							
	AW	ORI23	WA01_K				2.74	2.74							
	AW	ORI03	WA01_F	0.59	1.86		1.56	4.01							
	AW	ORI03	WA01_K				0.55	0.55							
	TW	STIEGE	WI01								18.12	18.12			
	TW	TOP6	WI02_F								7.55	7.55			
	TW	TOP6	WI02_K								1.89	1.89			
	IW		WI03_F											87.08	87.08
IW		WI03_K											11.88	11.88	
			2.74	10.38		37.04	50.16	81.80	81.79		55.67	55.67		98.96	98.96
TOP6	TW	TOP10	WI02_F								24.93	24.93			
	TW	TOP10	WI02_K								6.23	6.23			
	FB	TOP3	DI01_F					55.49							
	FB	TOP3	DI01_K					13.02							
	TW	TOP5	WI02_F								7.55	7.55			
	TW	TOP5	WI02_K								1.89	1.89			
	FB	ORI00	DA01_F					3.51							
	FB	ORI00	DA01_K					1.17							
	DE	TOP8	DI01_F						59.28						
	DE	TOP8	DI01_K						13.91						
	AW	ORI11	WA01_F	1.13	2.56		15.73	19.42							
	AW	ORI11	WA01_K				2.65	2.65							
	AW	ORI15	WA01_F	0.59	1.56		2.87	5.02							
	AW	ORI15	WA01_K				0.68	0.68							
	AW	ORI03	WA01_F	0.59	1.56		1.81	3.96							
	AW	ORI03	WA01_K				0.54	0.54							
	AW	ORI23	WA01_F	1.03	2.78		11.71	15.52							
	AW	ORI23	WA01_K				2.12	2.12							
TW	STIEGE	WI01								26.45	26.45				
IW		WI03_F											79.82	79.82	
IW		WI03_K											10.88	10.88	
			3.33	8.47		38.11	49.91	73.19	73.19		67.05	67.05		90.70	90.70

Tabelle 6: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top7 und Top8.

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände			
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	
TOP7	FB	TOP40	DI01_F					16.64								
	FB	TOP40	DI01_K					3.90								
	FB	TOP5	DI01_F					66.25								
	FB	TOP5	DI01_K					15.54								
	DE	ORI01	DD01_F						4.13							
	DE	ORI01	DD01_K						0.97							
	DE	TOP9	DI01_F						56.02							
	DE	TOP9	DI01_K						13.14							
	DE	ORI01	DD03_F						12.21							
	DE	ORI01	DD03_K						2.87							
	DE	ORI01	DD04_F						9.74							
	DE	ORI01	DD04_K						3.25							
	AW	ORI12	WA01_F	1.03	2.53		25.23	28.79								
	AW	ORI12	WA01_K				3.93	3.93								
	AW	ORI20	WA01_F	0.43	0.93		6.75	8.11								
	AW	ORI20	WA01_K				1.11	1.11								
	AW	ORI24	WA01_F	1.03	2.78		16.79	20.60								
	AW	ORI24	WA01_K				2.81	2.81								
	AW	ORI04	WA01_F	1.54	6.63		20.59	28.76								
	AW	ORI04	WA01_K				3.92	3.92								
	TW	STIEGE	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP8	WI02_F								7.55	7.55				
	TW	TOP8	WI02_K								1.89	1.89				
	IW		WI03_F											160.52	160.52	
	IW		WI03_K											21.90	21.90	
				4.03	12.87		81.13	98.03	102.33	102.33				27.56	27.56	182.42

TOP8	FB	TOP10	DI01_F					28.93							
	FB	TOP10	DI01_K					6.79							
	FB	TOP6	DI01_F					59.28							
	FB	TOP6	DI01_K					13.91							
	TW	TOP7	WI02_F								7.55	7.55			
	TW	TOP7	WI02_K								1.89	1.89			
	DE	ORI01	DD01_F						6.22						
	DE	ORI01	DD01_K						1.46						
	DE	TOP10	DI01_F						55.08						
	DE	TOP10	DI01_K						12.92						
	DE	ORI01	DD03_F						11.45						
	DE	ORI01	DD03_K						2.69						
	DE	ORI01	DD04_F						13.98						
	DE	ORI01	DD04_K						4.66						
	AW	ORI12	WA01_F	1.59	5.78		20.35	27.72							
	AW	ORI12	WA01_K				3.78	3.78							
	AW	ORI16	WA01_F	0.59	1.56		2.26	4.41							
	AW	ORI16	WA01_K				0.60	0.60							
	AW	ORI08	WA01_F	1.58	3.93		28.68	34.19							
	AW	ORI08	WA01_K				4.66	4.66							
	AW	ORI24	WA01_F	1.40	3.11		23.95	28.46							
	AW	ORI24	WA01_K				3.88	3.88							
	AW	ORI04	WA01_F	0.59	1.56		1.81	3.96							
	AW	ORI04	WA01_K				0.54	0.54							
	TW	STIEGE	WI01								26.45	26.45			
	IW		WI03_F											171.20	171.20
	IW		WI03_K											23.34	23.34
				5.75	15.94		90.51	112.20	108.91	108.46				35.89	35.89

Tabelle 7: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top9, Top10 und Stiege.

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände			
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]			[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	
TOP9	FB	TOP7	DI01_F					56.02								
	FB	TOP7	DI01_K					13.14								
	DE	ORI01	DD02_F						56.02							
	DE	ORI01	DD02_K						13.14							
	AW	ORI13	WA01_F	1.03	2.53		18.97	22.53								
	AW	ORI13	WA01_K				3.07	3.07								
	AW	ORI21	WA01_F	0.59	1.86		19.86	22.31								
	AW	ORI21	WA01_K				3.04	3.04								
	AW	ORI05	WA01_F	2.07	7.77		21.57	31.41								
	AW	ORI05	WA01_K				4.28	4.28								
	TW	STIEGE	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP10	WI02_F								7.55	7.55				
	TW	TOP10	WI02_K								1.89	1.89				
	IW		WI03_K											112.58	112.58	
IW		WI03_F											15.36	15.36		
			3.70	12.15		70.79	86.64	69.16	69.16		27.56	27.56		127.94	127.94	
TOP10	FB	TOP8	DI01_F					55.08								
	FB	TOP8	DI01_K					12.92								
	TW	TOP9	WI02_F								7.55	7.55				
	TW	TOP9	WI02_K								1.89	1.89				
	DE	ORI01	DD02_F						55.08							
	DE	ORI01	DD02_K						12.92							
	AW	ORI09	WA01_F	1.14	2.96		27.31	31.41								
	AW	ORI09	WA01_K				4.28	4.28								
	AW	ORI13	WA01_F	0.43	0.93		22.74	24.10								
	AW	ORI13	WA01_K				3.29	3.29								
	AW	ORI17	WA01_F	1.00	4.22		12.89	18.11								
	AW	ORI17	WA01_K				2.47	2.47								
	AW	ORI25	WA01_F	0.86	1.86		15.07	17.79								
	AW	ORI25	WA01_K				2.43	2.43								
	TW	STIEGE	WI01								26.45	26.45				
	IW		WI03_F											101.74	101.74	
IW		WI03_K											13.88	13.88		
			3.43	9.97		90.48	103.88	68.00	68.00		35.89	35.89		115.62	115.62	
STIEGE	TW	TOP2	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP3	WI01								17.55	17.55				
	TW	TOP5	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP6	WI01								26.45	26.45				
	TW	TOP7	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP8	WI01								26.45	26.45				
	TW	TOP9	WI01								18.12	18.12				
	TW	TOP10	WI01								26.45	26.45				
	FB	GARAGE	DI02						22.74							
	DE	ORI01	DD02_F							18.42						
	DE	ORI01	DD02_K							4.32						
	AW	ORI18	WA01_F	0.68	3.45		6.36	10.49								
	AW	ORI18	WA01_K				1.43	1.43								
	AW	ORI19	WA01_F	0.68	3.45		6.36	10.49								
	AW	ORI19	WA01_K				1.43	1.43								
	AW	ORI20	WA01_F	0.68	3.45		6.36	10.49								
	AW	ORI20	WA01_K				1.43	1.43								
	AW	ORI21	WA01_F	0.68	3.45		6.36	10.49								
	AW	ORI21	WA01_K				1.43	1.43								
	IW		WI01											136.44	136.44	
				2.73	13.79		31.16	47.68	22.74	22.74		169.38	169.38		136.44	136.44

Tabelle 8 gibt einen Überblick über die geometrische Auswertung aller thermischer Zonen. Die Spalte A bezeichnet die Nettogrundflächen, auf der in weiterer Folge alle spezifischen Größen, wie Heizwärmebedarf usw. bezogen werden. Das Volumen (V) bezeichnet das Nettoraumluftvolumen der Zonen, auf das sich die in Kapitel 4.5.1 angegebenen Luftwechselzahlen beziehen. Als weitere Größen sind die mittlere Raumhöhe H, sowie die opaken (Außenflächen) und transparenten (Verglasung) Außenflächen für jede thermische Zone aufgelistet. Diese Werte sind jeweils als Absolutwerte (abs.) als auch bezogen auf die Nettogrundfläche dargestellt (spez.). Für die Außenflächen ist jeweils der Transmissionsleitwert L_{trans} und der mittlere U-Wert für die opaken als auch für die transparenten Bauteile angeführt.

Das letzte Spaltenpaar (TWM) bezeichnet schließlich die thermisch wirksame Masse einer Zone einmal als Absolutwert in [kWh/K] und einmal als spezifischer Wert bezogen auf die Nettogrundfläche in [Wh/m²K]. Die Bedeutung dieser Kennzahl und Berechnungsalgorithmus für einen Konstruktionsaufbau wird in Kapitel 4.4.3 erläutert.

Tabelle 8: Die Grundflächen (A), die Nettoraumluftvolumina (V) und die mittlere Raumhöhe (H) für jede Zone. Ebenso aufgelistet sind die opaken Außenflächen (Außenwände und Dachflächen), die transparenten Flächen, sowie der jeweilige Transmissionsleitwert L und mittlere U-Wert. TWM bezeichnet die wirksame einer Zone.

Zone	A [m ²]	V [m ³]	H [m]	Opake Außenflächen				Transparente Außenflächen				TWM	
				F _{abs} [m ²]	F _{spez} [-]	U [W/m ² K]	L _{trans} [W/K]	F _{abs} [m ²]	F _{spez} [-]	U [W/m ² K]	L _{trans} [W/K]	abs. [kWh/K]	spez. [Wh/m ² K]
TOP1U	54.31	139.6	2.57	63.48	1.17	0.13	8.05	8.61	0.16	0.80	6.89	0.9	15.8
TOP1O	57.31	147.3	2.57	87.96	1.53	0.12	10.38	7.17	0.13	0.80	5.74	1.0	18.3
TOP2	76.69	197.1	2.57	35.74	0.47	0.14	5.16	9.86	0.13	0.80	7.89	1.1	14.1
TOP3	68.51	176.1	2.57	35.64	0.52	0.14	5.07	9.06	0.13	0.80	7.24	1.0	15.1
TOP4U	46.29	119.0	2.57	57.68	1.25	0.13	7.53	8.23	0.18	0.80	6.58	0.7	15.0
TOP4O	46.29	119.0	2.57	82.84	1.79	0.12	9.69	8.82	0.19	0.80	7.06	0.9	18.6
TOP5	81.80	210.2	2.57	44.89	0.55	0.14	6.12	10.38	0.13	0.80	8.31	1.3	15.8
TOP6	73.19	188.1	2.57	46.12	0.63	0.14	6.54	8.47	0.12	0.80	6.77	1.2	16.5
TOP7	102.33	263.0	2.57	118.33	1.16	0.12	14.24	12.87	0.13	0.80	10.30	1.7	16.9
TOP8	108.91	278.7	2.56	136.72	1.26	0.12	16.94	15.94	0.15	0.80	12.75	1.9	17.0
TOP9	69.16	177.7	2.57	143.65	2.08	0.11	16.30	12.15	0.18	0.80	9.72	1.4	20.8
TOP10	68.00	174.8	2.57	161.91	2.38	0.11	18.15	9.97	0.15	0.80	7.97	1.3	18.6
STIEGE	22.74	266.1	11.70	56.63	2.49	0.13	7.12	13.79	0.61	0.80	11.04	5.6	248.0
	875.53	2456.6	2.81	1071.59	1.22	0.12	131.28	135.32	0.15	0.80	108.26	20.0	22.8

4.4.3 Angenommene Konstruktionsaufbauten

Anmerkungen:

- | | |
|---|------------------------|
| Schichtdicke einer Bauteilschicht: | d [m] |
| Dichte des Baustoffes einer Bauteilschicht: | ρ [kg/m ³] |
| Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschicht: | λ [W/mK] |
| Spezifische Wärmekapazität: | cp [kJ/kgK] |
| Wärmedurchgangswiderstand: | R [m ² K/W] |
- Baustoffschichten unter einer Dicke von 0.001 m werden in der wärmetechnischen Betrachtung nicht berücksichtigt. Die dargestellten U-Werte sind für Außenbauteile mit einem inneren Wärmeübergangskoeffizienten α_i = 7.7 W/m²K und einem äußeren Wärmeübergangskoeffizient α_a = 25.0 W/m²K berechnet.
- Bei Wandaufbauten, die einen Feld- und einen Konstruktionsquerschnitt aufweisen, bezeichnet der Anhang „_F“ den Schichtaufbau des Feldquerschnitts, und „_K“ den Schichtaufbau des Konstruktionsquerschnitts.

- Die thermisch wirksame Masse (TWM) eines Schichtaufbaus in [kJ/m²K] wird nach wird jeweils für die vordere und hintere Seite des Konstruktionsaufbaus angegeben und berechnet sich nach folgender Formel [3]:

$$C_{TWM} = \sum_{i=1}^n \left\{ \sqrt{\frac{\lambda_i \rho_i c_{p,i}}{\omega}} \left[1 - \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_i}} d_i\right) \right] \cdot \prod_{j=1}^i \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_j}} d_j\right) \right\},$$

wobei a die Temperaturleitfähigkeit $a = \lambda/c_p \rho$ einer Schicht bezeichnet. Die Größe CTWM gibt die auf die Bauteilfläche bezogene thermische Speicherefähigkeit eines Schichtaufbaus bei Temperaturschwankungen mit einer Frequenz ω an. Die Werte für CTWM in den nachfolgenden Tabellen sind jeweils für Temperaturschwankungen mit einer Periode von 24 h, d.h. $\omega = 2\pi/86400$ [s⁻¹], berechnet. Die thermisch wirksame Masse eines Bauteils ist im allgemeinen für beide Seiten des Konstruktionsaufbaus verschieden und wird daher in Tabelle 9 bis Tabelle 13 auch für beide Seiten getrennt angeführt. Zusätzlich sind auch die Anteile der einzelnen Bauteilschichten zur thermisch wirksamen Masse des gesamten Bauteils aufgelistet. Naturgemäß nimmt dieser Anteil von der obersten Schicht ins Bauteilinnere hin ab.

Tabelle 9: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R , der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.

	Bauteilschicht	d	ρ	λ	c_p	R	U	TWM	
		[m]	[kg/m ³]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[Wh/m ² K]	
WA01_F	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.108	3.00	0.02
	WD_Installationsebene	0.040	150	0.045	1.03	0.89		1.18	0.01
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.86	0.03
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.06	0.06
	Steinw_olle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		1.19	0.59
	Holz_olle_Platte	0.100	150	0.040	2.00	2.50		0.11	3.71
	Mineralischer_Putz	0.010	1800	0.800	1.10	0.01		0.03	5.25
		0.414							9.42
WA01_K	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.128	3.00	0.01
	WD_Installationsebene	0.040	150	0.045	1.03	0.89		1.18	0.01
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.86	0.02
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.06	0.04
	Steinw_olle	0.070	150	0.040	1.03	1.75		0.73	0.04
	Holzriegel	0.080	600	0.150	2.10	0.53		2.34	1.15
	Steinw_olle	0.070	150	0.040	1.03	1.75		0.08	0.36
	Holz_olle_Platte	0.100	150	0.040	2.00	2.50		0.07	3.71
	Mineralischer_Putz	0.010	1800	0.800	1.10	0.01		0.02	5.25
	0.414						11.33	10.58	
WATG	Mineralischer_Putz	0.020	1800	0.800	1.10	0.03	0.635	10.02	0.02
	Stahlbeton	0.300	2400	2.300	1.13	0.13		81.82	1.58
	Lehm_trocken	0.500	1000	0.400	0.75	1.25		2.88	24.86
	0.820						94.72	26.47	
FBTG	Stahlbeton	0.300	2400	2.300	1.13	0.13	0.645	98.92	0.29
	Kies_trocken	0.500	2128	0.400	0.70	1.25		4.99	35.58
	0.800						103.91	35.87	

WI01	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.356	3.00	0.28
	Steinw olle	0.100	150	0.040	1.03	2.50		2.14	0.77
	Stahlbeton	0.180	2400	2.300	1.13	0.08		20.70	79.65
		0.293						25.84	80.70

WI02_F	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.123	3.00	0.04
	Steinw olle	0.040	150	0.040	1.03	1.00		1.16	0.03
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		1.59	0.07
	Steinw olle	0.100	150	0.040	1.03	2.50		1.13	0.20
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.41	0.29
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.06	0.06
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.29	0.41
	Steinw olle	0.100	150	0.040	1.03	2.50		0.20	1.13
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.07	1.59
	Steinw olle	0.040	150	0.040	1.03	1.00		0.03	1.16
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.04	3.00
			0.378						7.99

Tabelle 10: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R , der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.

	Bauteilschicht	d	ρ	λ	c_p	R	U	TWM	
		[m]	[kg/m ³]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[Wh/m ² K]	
WI02_K	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.336	3.00	0.01
	Lattung	0.040	600	0.150	2.10	0.27		8.56	0.05
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		1.27	0.02
	Holzriegel	0.100	600	0.150	2.10	0.67		5.94	0.61
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.19	0.13
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.03	0.03
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.13	0.19
	Holzriegel	0.100	600	0.150	2.10	0.67		0.61	5.94
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.02	1.27
	Lattung	0.040	600	0.150	2.10	0.27		0.05	8.56
	GKF_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06		0.01	3.00
			0.378						19.81
WI03_F	GKF_Platte	0.025	900	0.210	1.00	0.12	0.344	5.37	1.20
	Steinw olle	0.100	150	0.040	1.03	2.50		1.84	1.84
	GKF_Platte	0.025	900	0.210	1.00	0.12		1.20	5.37
		0.150						8.41	8.41
WI03_K	GKF_Platte	0.025	900	0.210	1.00	0.12	0.931	5.37	0.68
	Holzriegel	0.100	600	0.150	2.10	0.67		12.10	12.10
	GKF_Platte	0.025	900	0.210	1.00	0.12		0.68	5.37
		0.150						18.16	18.16

DD01_F	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.066	3.00	0.03
	Steinw olle	0.030	150	0.040	1.03	0.75		0.92	0.02
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		2.04	0.06
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.26	0.10
	Steinw olle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		1.31	1.03
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.13	1.78
	Vacuum_Daemmung	0.040	10	0.005	1.00	8.00		0.00	0.05
	Trittschall	0.015	100	0.035	1.03	0.43		0.01	0.25
	Gefaellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.40	29.00
	0.425						10.06	32.32	

DD01_K	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.094	3.00	0.01
	Lattung	0.030	600	0.150	2.10	0.20		6.95	0.03
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.72	0.02
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.91	0.03
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		6.45	6.00
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.03	1.78
	Vacuum_Daemmung	0.040	10	0.005	1.00	8.00		0.00	0.05
	Trittschall	0.015	100	0.035	1.03	0.43		0.00	0.25
	Gefaellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.10	29.00
	0.425						20.16	37.17	

Tabelle 11: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R , der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.

	Bauteilschicht	d	ρ	λ	c_p	R	U	TWM	
		[m]	[kg/m ³]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[Wh/m ² K]	
DD02_F	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.085	3.00	0.01
	Steinw olle	0.030	150	0.040	1.03	0.75		0.92	0.00
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		2.04	0.01
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.26	0.03
	Steinw olle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		1.31	0.25
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.13	0.44
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.03	0.41
	Gefaellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.21	13.50
	Drainage	0.025	50	0.040	1.00	0.63		0.00	0.18
	Begrueung	0.070	1900	1.000	1.05	0.07		0.11	29.22
	0.615						10.01	44.04	

DD02_K	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.140	3.00	0.00
	Lattung	0.030	600	0.150	2.10	0.20		6.95	0.01
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.72	0.00
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.91	0.01
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		6.45	1.47
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.03	0.44
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.01	0.41
	Gefaellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.05	13.50
	Drainage	0.025	50	0.040	1.00	0.63		0.00	0.18
	Begrueung	0.070	1900	1.000	1.05	0.07		0.03	29.22
	0.615						20.14	45.23	

DD03_F	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.085	3.00	0.01
	Steinw olle	0.030	150	0.040	1.03	0.75		0.92	0.00
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		2.04	0.01
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.26	0.03
	Steinw olle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		1.31	0.25
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.13	0.44
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.03	0.41
	Gefaeellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.21	13.50
	Drainage	0.025	50	0.040	1.00	0.63		0.00	0.18
	Begrueung	0.070	1900	1.000	1.05	0.07		0.11	29.22
		0.615							10.01

DD03_K	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.140	3.00	0.00
	Lattung	0.030	600	0.150	2.10	0.20		6.95	0.01
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.72	0.00
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.91	0.01
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		6.45	1.47
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.03	0.44
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.01	0.41
	Gefaeellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.05	13.50
	Drainage	0.025	50	0.040	1.00	0.63		0.00	0.18
	Begrueung	0.070	1900	1.000	1.05	0.07		0.03	29.22
		0.615							20.14

Tabelle 12: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R , der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.

	Bauteilschicht	d	ρ	λ	c_p	R	U	TWM	
		[m]	[kg/m ³]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[Wh/m ² K]	
DD04_F	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.089	3.00	0.01
	Steinw olle	0.030	150	0.040	1.03	0.75		0.92	0.00
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		2.04	0.01
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		2.26	0.02
	Steinw olle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		1.31	0.21
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.13	0.36
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.03	0.33
	Gefaeellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.21	11.03
	Sand	0.060	1800	0.700	1.00	0.09		0.11	15.46
	Steinplatten	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		0.04	16.59
		0.620							10.05

DD04_K	GKB_Platte	0.013	900	0.210	1.00	0.06	0.151	3.00	0.00
	Lattung	0.030	600	0.150	2.10	0.20		6.95	0.01
	GKF_Platte	0.015	900	0.210	1.00	0.07		1.72	0.00
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.91	0.01
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		6.45	1.20
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.03	0.36
	XPS	0.150	38	0.035	1.45	4.29		0.01	0.33
	Gefaeellebeton	0.060	2000	1.400	1.08	0.04		0.05	11.03
	Sand	0.060	1800	0.700	1.00	0.09		0.03	15.46
	Steinplatten	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		0.01	16.59
		0.620							20.15

D101_F	Hartholzriemen	0.010	800	0.200	2.10	0.05	0.134	4.28	0.04
	Estrich	0.050	1500	1.400	1.00	0.04		15.03	0.23
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.32	0.01
	PS_Beton	0.040	900	0.300	1.17	0.13		4.70	0.24
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.45	0.15
	Steinwolle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		0.84	1.44
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.08	2.50
	Steinwolle	0.030	150	0.040	1.03	0.75		0.02	0.84
	Brandschutz	0.020	900	0.210	1.00	0.10		0.05	4.42
		0.422						26.77	9.87

D101_K	Hartholzriemen	0.010	800	0.200	2.10	0.05	0.346	4.28	0.01		
	Estrich	0.050	1500	1.400	1.00	0.04		15.03	0.06		
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.32	0.00		
	PS_Beton	0.040	900	0.300	1.17	0.13		4.70	0.06		
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.45	0.04		
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		4.91	7.12		
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.02	2.11		
	Lattung	0.030	600	0.150	2.10	0.20		0.03	6.37		
	Brandschutz	0.020	900	0.210	1.00	0.10		0.01	4.42		
			0.422						30.77	20.19	

Tabelle 13: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R , der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.

	Bauteilschicht	d	ρ	λ	c_p	R	U	TWM	
		[m]	[kg/m ³]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m ² K/W]	[W/m ² K]	[Wh/m ² K]	
D102	Hartholzriemen	0.010	800	0.200	2.10	0.05	0.120	4.28	0.10
	Estrich	0.050	1500	1.400	1.00	0.04		15.03	0.58
	XPS	0.280	38	0.035	1.45	8.00		1.09	0.48
	Stahlbeton	0.200	2400	2.300	1.13	0.09		6.21	83.99
		0.540						26.61	85.16

DA01_F	Hartholzriemen	0.010	800	0.200	2.10	0.05	0.086	4.28	0.00
	Estrich	0.050	1500	1.400	1.00	0.04		15.03	0.01
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.32	0.00
	PS_Beton	0.040	900	0.300	1.17	0.13		4.70	0.01
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.45	0.01
	Steinwolle	0.220	150	0.040	1.03	5.50		0.84	0.09
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.08	0.15
	Holzplatte	0.200	150	0.040	2.00	5.00		0.07	4.42
	Mineralischer Putz	0.010	1800	0.800	1.10	0.01		0.00	5.25
		0.582						26.78	9.95

DA01_K	Hartholzriemen	0.010	800	0.200	2.10	0.05	0.131	4.28	0.00
	Estrich	0.050	1500	1.400	1.00	0.04		15.03	0.00
	Trittschall	0.020	100	0.035	1.03	0.57		0.32	0.00
	PS_Beton	0.040	900	0.300	1.17	0.13		4.70	0.00
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		1.45	0.00
	Holztram	0.220	600	0.150	2.10	1.47		4.91	0.52
	OSB_Platte	0.016	680	0.190	1.70	0.08		0.02	0.15
	Holzplatte	0.200	150	0.040	2.00	5.00		0.02	4.42
	Mineralischer Putz	0.010	1800	0.800	1.10	0.01		0.00	5.25
			0.582						30.74

4.4.4 Verglaste Fenster und Türflächen

Die Fensterflächen wurden mit einer 3 Scheiben Verglasung (4/16/4/16/4) versehen ($U_G = 0,7$ [W/m^2K], $g = 0,5$), der U-Wert des Rahmens beträgt $0,59$ [W/m^2K]. Tabelle 14 gibt eine Aufstellung der verwendeten Fenstertypen, wobei für jeden Fenstertyp das Stockaußenmaß, die Rahmen und Glasflächen mit den dazugehörigen U-Werten sowie, die gesamte Fensterfläche und ein mittlerer U-Wert des Fensters angegeben sind. Für die Berechnung des U-Werts für das gesamte Fenster, wie in Tabelle 14 dargestellt, wurden noch die Wärmebrückenleitwerte $0,049$ [W/mK] für den Glasrand und $0,005$ [W/mK] für den Einbau berücksichtigt.

Tabelle 15 zeigt die Aufteilung der verschiedenen Fenstertypen zusammen mit den jeweiligen Glas- und Rahmenflächen auf die thermischen Zonen des Simulationsmodells.

Tabelle 14: Charakterisierung des verwendeten Fenstertyps durch Angabe der U-Werte von Rahmen und Glas, des Rahmenanteils und des Energiedurchlassgrads g der Verglasung.

Fenstertypen												
Bezeichnung	Stockaußenmaß		Gesamt		Rahmen				Glasfläche			
	Breite	Höhe	Fläche	U-Wert	Fläche	Anteil	U-Wert	Absorb.	Fläche	Anteil	U-Wert	g
	[cm]	[cm]	[m ²]	[W/m ² K]	[m ²]	[%]	[W/m ² K]	[-]	[m ²]	[%]	[W/m ² K]	[-]
AF1	70	121	0.847	0.85	0.342	40.4	0.59	0.60	0.505	59.62	0.70	0.50
AF2	70	136	0.952	0.85	0.372	39.1	0.59	0.60	0.580	60.92	0.70	0.50
AF3	70	215	1.505	0.84	0.530	35.2	0.59	0.60	0.975	64.78	0.70	0.50
AF4	70	220	1.540	0.84	0.540	35.1	0.59	0.60	1.000	64.94	0.70	0.50
AF5	85	200	1.700	0.82	0.530	31.2	0.59	0.60	1.170	68.82	0.70	0.50
AF6	100	121	1.210	0.83	0.402	33.2	0.59	0.60	0.808	66.78	0.70	0.50
AF7	100	136	1.360	0.82	0.432	31.8	0.59	0.60	0.928	68.24	0.70	0.50
AF8	100	205	2.050	0.81	0.570	27.8	0.59	0.60	1.480	72.20	0.70	0.50
AF9	100	215	2.150	0.81	0.590	27.4	0.59	0.60	1.560	72.56	0.70	0.50
AF10	100	220	2.200	0.81	0.600	27.3	0.59	0.60	1.600	72.73	0.70	0.50
AF11	180	121	2.178	0.80	0.562	25.8	0.59	0.60	1.616	74.20	0.70	0.50
AF12	180	136	2.448	0.80	0.592	24.2	0.59	0.60	1.856	75.82	0.70	0.50
AF13	232	100	2.320	0.81	0.624	26.9	0.59	0.60	1.696	73.10	0.70	0.50
AF14	280	205	5.740	0.77	0.930	16.2	0.59	0.60	4.810	83.80	0.70	0.50
AF15	280	215	6.020	0.76	0.950	15.8	0.59	0.60	5.070	84.22	0.70	0.50
AF16	280	220	6.160	0.76	0.960	15.6	0.59	0.60	5.200	84.42	0.70	0.50
AF17	384	136	5.222	0.78	1.000	19.1	0.59	0.60	4.222	80.85	0.70	0.50
SF1	135	306	4.131	0.79	0.680	16.5	0.59	0.60	3.451	83.54	0.70	0.50
SF2	80	153	1.224	0.85	0.347	28.4	0.59	0.60	0.877	71.63	0.70	0.50

Tabelle 15: Aufteilung der Fensterflächen zusammen mit Rahmen- und Glasanteil auf die thermischen Zonen.

Auflistung Fenster							
	Funktion	grenzend an	Zahl	F-Typ	Fenster		
					Rahmen	Glas	Σ
					[m ²]	[m ²]	[m ²]
Top1u	FE	ORI14	1	AF15	0.95	5.07	6.02
	FE	ORI06	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI06	1	AF5	0.53	1.17	1.70
	FE	ORI22	1	AF6	0.40	0.81	1.21
				2.47	8.61	11.08	
Top1o	FE	ORI11	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI15	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI07	1	AF10	0.60	1.60	2.20
	FE	ORI23	1	AF12	0.59	1.86	2.45
				2.38	7.17	9.54	
Top2	FE	ORI10	1	AF15	0.95	5.07	6.02
	FE	ORI10	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI18	2	AF11	1.12	3.23	4.36
				2.66	9.86	12.53	
Top3	FE	ORI 14	1	AF15	0.95	5.07	6.02
	FE	ORI10	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI22	1	AF11	0.56	1.62	2.18
	FE	ORI22	1	AF6	0.40	0.81	1.21
				2.50	9.05	11.56	
Top4u	FE	ORI02	1	AF3	0.53	0.98	1.51
	FE	ORI02	1	AF1	0.34	0.50	0.85
	FE	ORI10	1	AF15	0.95	5.07	6.02
	FE	ORI18	1	AF1	0.34	0.50	0.85
	FE	ORI18	1	AF5	0.53	1.17	1.70
				2.70	8.22	10.92	
Top4o	FE	ORI03	1	AF4	0.54	1.00	1.54
	FE	ORI03	1	AF13	0.62	1.70	2.32
	FE	ORI11	1	AF16	0.96	5.20	6.16
	FE	ORI19	1	AF7	0.43	0.93	1.36
				2.56	8.82	11.38	
Top5	FE	ORI11	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI11	1	AF15	0.95	5.07	6.02
	FE	ORI23	1	AF10	0.60	1.60	2.20
	FE	ORI03	1	AF12	0.59	1.86	2.45
				2.74	10.38	13.12	
Gesamt							
			68		40.98	135.31	176.29

Auflistung Fenster							
	Funktion	grenzend an	Zahl	F-Typ	Fenster		
					Rahmen	Glas	Σ
					[m ²]	[m ²]	[m ²]
Top6	FE	ORI11	1	AF4	0.54	1.00	1.54
	FE	ORI11	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI15	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI03	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI23	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI23	1	AF7	0.43	0.93	1.36
				3.33	8.47	11.80	
Top7	FE	ORI12	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI12	1	AF10	0.60	1.60	2.20
	FE	ORI20	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI24	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI24	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI04	1	AF9	0.59	1.56	2.15
FE	ORI04	1	AF15	0.95	5.07	6.02	
				4.03	12.87	16.90	
Top8	FE	ORI12	1	AF17	1.00	4.22	5.22
	FE	ORI12	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI16	1	AF9	0.59	1.56	2.15
	FE	ORI08	2	AF9	1.18	3.12	4.30
	FE	ORI08	1	AF6	0.40	0.81	1.21
	FE	ORI24	1	AF2	0.37	0.58	0.95
	FE	ORI24	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI24	1	AF10	0.60	1.60	2.20
FE	ORI04	1	AF9	0.59	1.56	2.15	
				5.75	15.94	21.69	
Top9	FE	ORI13	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI13	1	AF10	0.60	1.60	2.20
	FE	ORI21	1	AF12	0.59	1.86	2.45
	FE	ORI05	1	AF14	0.93	4.81	5.74
	FE	ORI05	1	AF8	0.57	1.48	2.05
FE	ORI05	1	AF8	0.57	1.48	2.05	
				3.70	12.15	15.85	
Top10	FE	ORI09	1	AF8	0.57	1.48	2.05
	FE	ORI09	1	AF8	0.57	1.48	2.05
	FE	ORI13	1	AF7	0.43	0.93	1.36
	FE	ORI17	1	AF17	1.00	4.22	5.22
	FE	ORI25	2	AF7	0.86	1.86	2.72
				3.43	9.97	13.40	
Stiege	FE	ORI18	1	SF1	0.68	3.45	4.13
	FE	ORI19	1	SF1	0.68	3.45	4.13
	FE	ORI20	1	SF1	0.68	3.45	4.13
	FE	ORI21	1	SF1	0.68	3.45	4.13
				2.73	13.80	16.52	

4.4.5 Gebäudeausrichtung, solarer Eintrag und Sonnenschutz

Das solare Strahlungsangebot auf eine Gebäudeaußenfläche hängt von verschiedenen Parametern ab. Neben den für die Simulation verwendeten Klimadaten, und den Neigungswinkeln und Himmelsrichtungen der Flächennormalen, ist auch die durch die Gebäudegeometrie verursachte Eigenverschattung (Fensterlaibungen) und die Verschattung aufgrund von Nachbargebäuden von Bedeutung. Deshalb werden insgesamt 25 verschiedene Einstrahlungstypen definiert. Jeder Einstrahlungstyp steht für eine bestimmte Kombination von Neigungswinkel, Himmelsrichtung und Verschattungsgeometrie. Die Ausrichtungen der Flächennormalen der Strahlungstypen sind untenstehender Tabelle 16 zu entnehmen, die Zuordnung der einzelnen Strahlungstypen zu den Außenflächen der thermischen Zonen kann aus Abbildung 13 bis Abbildung 16 ersehen werden.

Tabelle 16: Die Ausrichtung der Flächennormalen der 25 Einstrahlungstypen.

Strahlungstyp		Ausrichtung der Flächennormalen	
		Azimit	Neigung
Nummer	Bezeichnung	0 = facing south	0 = horizontal
		90 = facing west	
		180 = facing north	90 = vertical
		270 = facing east	
ORI01	Dach	0.0	0.0
ORI02	Süd (EG)	4.8	90.0
ORI03	Süd (1. OG)	4.8	90.0
ORI04	Süd (2. OG)	4.8	90.0
ORI05	Süd (3. OG)	4.8	90.0
ORI06	Nord (EG)	181.3	90.0
ORI07	Nord (1. OG)	181.3	90.0
ORI08	Nord (2. OG)	181.3	90.0
ORI09	Nord (3. OG)	181.3	90.0
ORI10	West1 (EG)	94.8	90.0
ORI11	West1 (1. OG)	94.8	90.0
ORI12	West1 (2. OG)	94.8	90.0
ORI13	West1 (3. OG)	94.8	90.0
ORI14	West2 (EG)	91.3	90.0
ORI15	West2 (1. OG)	91.3	90.0
ORI16	West2 (2. OG)	91.3	90.0
ORI17	West2 (3. OG)	91.3	90.0
ORI18	Ost1 (EG)	274.8	90.0
ORI19	Ost1 (1. OG)	274.8	90.0
ORI20	Ost1 (2. OG)	274.8	90.0
ORI21	Ost1 (3. OG)	274.8	90.0
ORI22	Ost2 (EG)	271.3	90.0
ORI23	Ost2 (1. OG)	271.3	90.0
ORI24	Ost2 (2. OG)	271.3	90.0
ORI25	Ost2 (3. OG)	271.3	90.0

4.5 Nutzungsannahmen

4.5.1 Lüftungsannahmen

Der hygienische Luftwechsel wird mit $0,5 \text{ h}^{-1}$ bezogen auf das Nettovolumen angesetzt, die Infiltrationsrate wurde auf $0,07 \text{ h}^{-1}$ gesetzt. Im Heizfall ist eine Abluftwärmerückgewinnung (WRG)³ mit einer Effizienz von 80% in Betrieb.

Um im Sommerfall eine nächtliche Auskühlung zu gewährleisten, wird zwischen 22:00 – 6:00 ein Luftwechsel von $\text{LW} = 2,0 \text{ h}^{-1}$ angenommen, wenn die Raumtemperatur $> 23^\circ\text{C}$ beträgt.

4.5.2 Raumlufstolltemperatur

Für den Heizfall wird die Raumlufstolltemperatur auf 21°C festgelegt. Die Auswertung der thermischen Behaglichkeit erfolgt nach dem Temperaturbehaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946 / Teil 2, wie es in Abbildung 17 dargestellt ist. In diesem Diagramm werden in Abhängigkeit von Außenlufttemperatur und empfundener Raumtemperatur (operative Temperatur) drei Bereiche unterschieden, behaglich (grün), zu warm (rot) bzw. zu kalt (blau). Bis zu einer Außenlufttemperatur von 20°C ist der „behagliche“ Bereich zwischen 20 und 26°C eingegrenzt. Über 20°C Außentemperatur steigt zunächst die untere Grenzkurve um $1/3^\circ\text{C}$ pro 1°C Außentemperatur linear an, während die obere Grenzkurve bis zu einer Temperatur von 29°C Außentemperatur bei 26°C bleibt. Über 29°C Außentemperatur steigt auch die obere Grenzkurve beginnend bei 26°C um $1/3^\circ\text{C}$ pro 1°C Außentemperatur linear an.

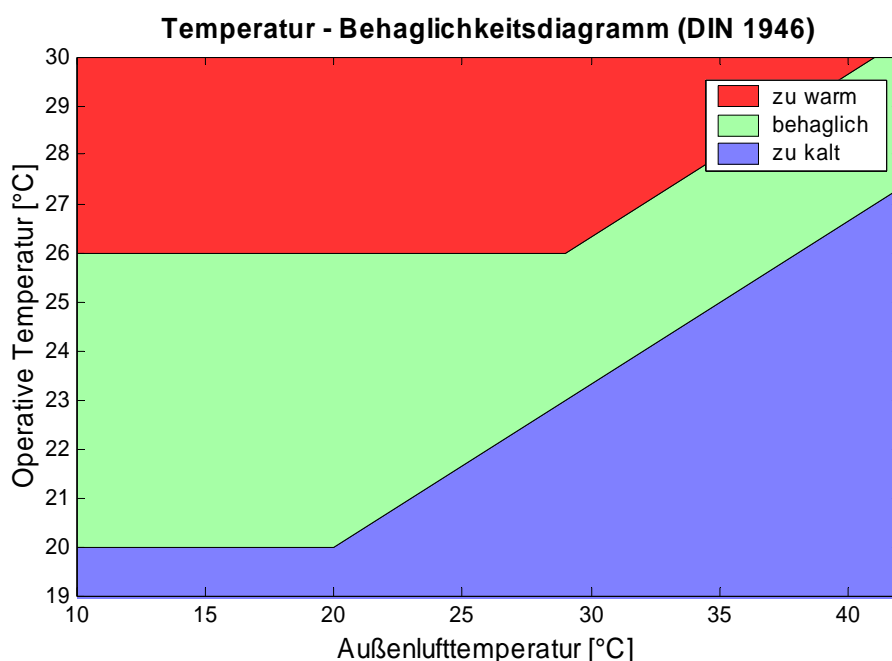


Abbildung 17: Das Temperatur-Behaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946 / Teil2. In Abhängigkeit von Außenlufttemperatur und empfundener Raumtemperatur (operative Temperatur) werden drei Bereiche unterschieden, behaglich (grün), zu warm (rot) bzw. zu kalt (blau).

4.5.3 Innere Wärmen durch Belegung und Geräte

Folgende innere Wärmelasten finden in der Thermischen Simulation Berücksichtigung

- Wärmeabgabe von Personen
- Geräteabwärmern und künstliche Beleuchtung

Das angenommene Personenbelegungsschema für alle thermischen Zonen ist Tabelle 17 zu entnehmen. Es basiert dem Mittelwert resultierend aus einer Benutzerbefragung in mehreren Wohngebäuden in Passivhausbauweise [4]. Diese Untersuchung ergab – bei voller Belegung – einen Mittelwert von etwa 0,033 Personen pro Quadratmeter Nutzfläche. Die Werte in Tabelle 17 ergeben sich aus den Tab. 3-4 der Referenz [4] (Mittelwerte, Bandbreite 50%) multipliziert mit den Nettoflächen der thermischen Zonen.

Die Wärmeabgabe durch Personen ist im Simulationsmodell an die Anwesenheit der Personen geknüpft. Sobald eine Person in der Belegung geführt wird, werden laut ISO-NORM 7730 [5] 100 W/Person (Anteil

³ Wärmerückgewinnung

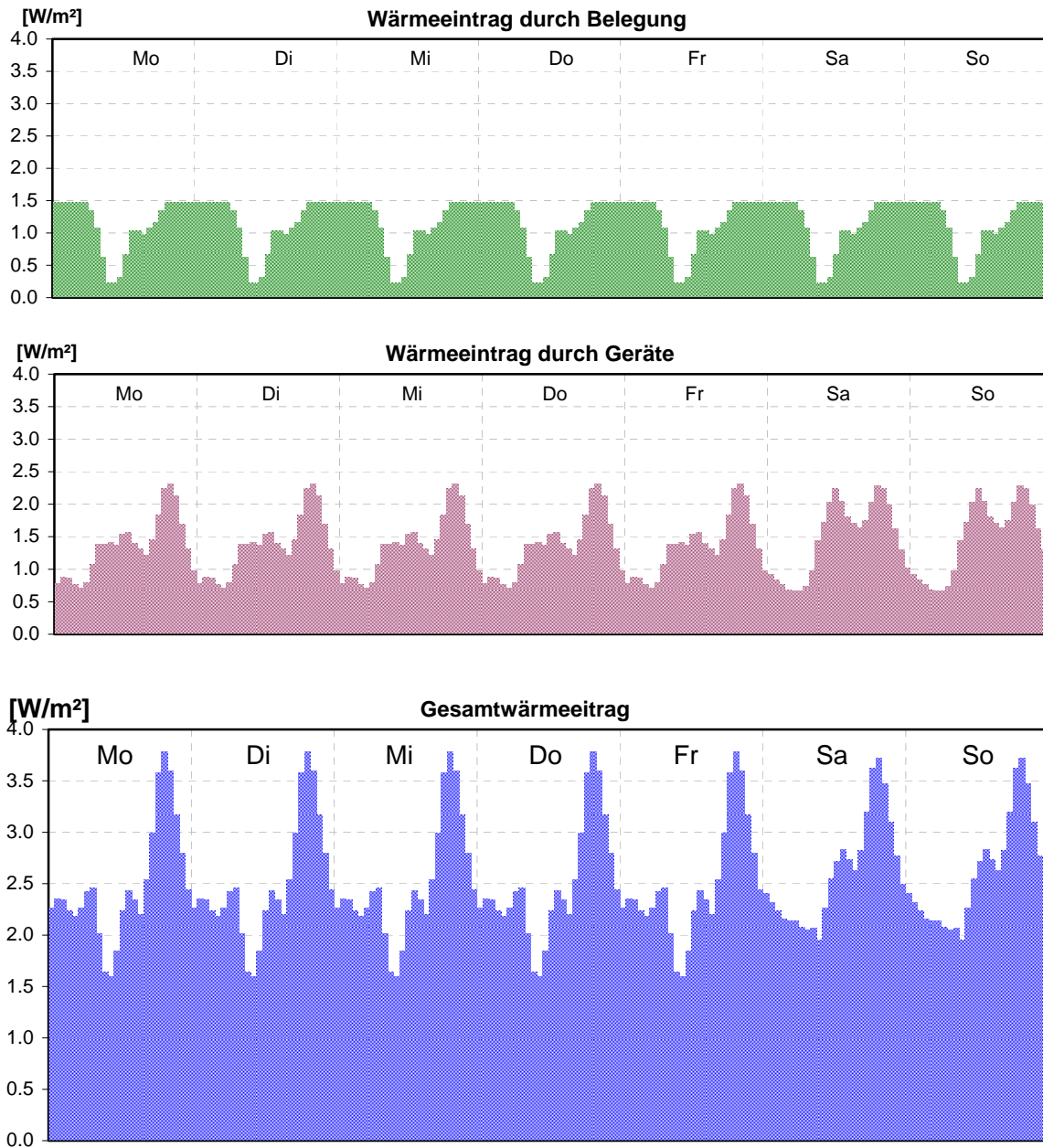


Abbildung 18: Wochenschema der angenommenen inneren Lasten für Belegung (oben), Geräte (Mitte), sowie die der Gesamtwärmeeintrag durch innere Wärmen (unten) bezogen auf die Nettogrundfläche. Die Daten sind Tabelle 17 und Tabelle 18 entnommen, wobei eine sensible Wärmeabgabe von 60 Watt pro Person angenommen wurde.

4.6 Simulationsergebnisse – Ideale Heizung

4.6.1 Variantendefinition

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulation ohne Berücksichtigung von Haustechniksystemen bewertet. Insbesondere wurde für die Berechnung der Heizlast und des Heizwärmebedarfs ein ideales, das heißt trägheitsloses, Heizungssystem angenommen. Um den Einfluss des Verschattungssystems auf die sommerliche Überwärmung zu behandeln, wurden 3 Variante definiert, die sich im Grad der Verschattung unterscheiden (vgl. Tabelle 19).

Für alle 3 Varianten wurde Raumluft Solltemperatur im Heizfall auf 21°C gesetzt, eine Effizienz von 80% für die WRG angenommen und ein hygienischer Luftwechsel von 0,5 h⁻¹ den Simulationen zugrunde gelegt. Der Transmissionsgrad des Verschattungssystems wurde in drei Schritten von 100% (d.h. keine Verschattung) über 50% bis zu 20% Transmission reduziert. Der Einfachheit halber wurde in diesen Variante keine Regelung des Verschattungssystems in das Gebäudemodell integriert. Das heißt, dass zum Beispiel in der Variante 2 die Verschattung während der gesamten Simulationszeit von 8760 Stunden mit einem Transmissionsgrad von 50% aktiviert ist. Der Vergleich der Varianten 1 – 3 demonstriert also einerseits den Beitrag der solaren Einträge zum Heizwärmebedarf (Kapitel 4.6.2 und 4.6.3), und andererseits auch das Reduktionspotential der sommerlichen Überwärmung aufgrund einer effektiven Verschattung (Kapitel 4.6.4). Beide Situationen könnten etwa als eine nicht sachgemäße Handhabung des Verschattungssystems – also aktivierte Verschattung im Heizfall, und nicht aktivierte Verschattung an heißen Sommertagen – interpretiert werden.

Tabelle 19: Variantendefinition der Variante 1, 2 und 3 mit den wichtigsten Parameter bezüglich Heizungssystem, Lüftung und Verschattung.

Variante	Bezeichnung		Keine Verschattung	VS: Transmission 0.5	VS: Transmission 0.2
	Nummer		1	2	3
Heizung	T _{set}	[°C]	21	21	21
	ε _{WRG}	[%]	80	80	80
	OFF _{WRG}	[-]	T _{Raum} > 23°C	T _{Raum} > 23°C	T _{Raum} > 23°C
Lüftung	LW _{Tag}	[1/h]	0.5	0.5	0.5
	LW _{free cooling}	[1/h]	2.0	2.0	2.0
	ON _{free cooling}	[-]	T _{Raum} > 23°C und 22:00 - 6:00	T _{Raum} > 23°C und 22:00 - 6:00	T _{Raum} > 23°C und 22:00 - 6:00
Verschattung	Transmission	[%]	100	50	20
	Typ	[-]	-	extern	extern
	Regelung	[-]	KEINE	KEINE	KEINE

4.6.2 Heizwärmebedarf, Heizlast

Abbildung 19 zeigt eine Auswertung der Simulationsergebnisse bezüglich Jahresheizwärmebedarf und maximal auftretende Heizlast bezogen auf die Nettogrundfläche. Es sind einerseits die Werte für den gesamten Baukörper als auch entsprechenden Werte für alle 10 Wohneinheiten getrennt angeführt. Aus dem Vergleich der drei Verschattungsvarianten sieht man, dass die maximale Heizlast praktisch nicht vom Verschattungsgrad abhängt, da die maximale Heizlast in der Nacht oder zu Zeiten geringer solarer Einstrahlung auftritt. Im Gegensatz dazu beobachtet man einen großen Einfluss des Verschattungsgrads, und somit des solaren Eintrags, auf den Heizwärmebedarf.

In der Variante 1 (Keine Verschattung) erhält man für den gesamten Baukörper einen Heizwärmebedarf von 10,3 [kWh/m²a] und eine maximale Heizlast von etwa 11,2 [W/m²]. Um diese Heizlast über das Lüftungssystem abzudecken ist folgende Einblastemperatur erforderlich:

$$T_{Zuluft} = T_{Raum} + \frac{\dot{q}_{Heiz}}{\rho_L c_{p,L} h_{Raum} LW}$$

Hierbei bezeichnet q_{Heiz} die spezifische Heizlast, T_{Raum} die Raumlufttemperatur, ρ_L und c_{p,L} die Dichte und die spezifische Wärmekapazität von Luft, und h_{Raum} und LW, die Raumhöhe und die Luftwechselrate. Mit den Stoffdaten von Luft ρ_L c_{p,L} = 0.347 [Wh/m³K], einer Raumhöhe von 2.57 [m], einem Luftwechsel von

0,5 [h⁻¹], einer Raumtemperatur von 21 °C, und der oben erwähnten Heizlast von 11,2 [W/m²] erhält man somit eine maximale Zulufttemperatur von 46,1 °C. Auch wenn man die maximale Heizlast der Wohneinheit Top 9 mit rund 13,2 [W/m²] heranzieht, erhält man bei einem 0,5-fachen Luftwechsel mit $T_{Zuluft} = 50,6^{\circ}\text{C}$ immer noch eine akzeptable Zulufttemperatur.

Insgesamt fällt bei Analyse der Heizlasten in Abbildung 19 auf, dass diese nur relativ wenig von Wohneinheit zu Wohneinheit variieren, wobei ein minimaler Wert von 10,5 [W/m²] für Top 5, und ein maximaler Wert von 13,2 [W/m²] für Top 9 auftritt. Die Unterschiede im Heizwärmebedarf (HWB) dagegen sind ausgeprägter. So ergibt weist Top 5 in der Variante 1 (keine Verschattung) einen HWB von rund 5 [kWh/m²a] auf, während die Wohneinheit Top 10 mit 17 [kWh/m²a] einen dreimal größeren HWB erwarten lässt. Die Ursachen für diese großen Unterschiede liegen in den eindeutig höheren Außenflächenanteilen von Top 10 verglichen mit Top 5 (vgl. etwa Abbildung 14 und Abbildung 16, oder die Außenflächenanteile in Tabelle 8). Die Differenzen im HWB zwischen Top 9 und Top 10 lassen sich bei ähnlichen Außenflächenanteilen auf bessere solare Einträge für die südseitig orientierte Wohneinheit Top 9 zurückführen. Daher wird auch der Unterschied zwischen den beiden Wohneinheiten geringer, wenn man durch die Verschattung solare Einträge unterbindet (vgl. Variante 2 und 3). Mit ähnlicher Argumentation lassen sich auch die restlichen Abweichungen im HWB zwischen den einzelnen Wohneinheiten qualitativ gut erklären.

Abbildung 20 verdeutlicht den Verlauf des HWB und der maximalen Heizlast im Jahresverlauf, wobei hier nur Werte gültig für den gesamten Baukörper dargestellt sind, und für die drei Simulationsvarianten gegenübergestellt werden. Kein Heizbedarf fällt in den Monaten Mai bis September an, wobei in der Variante 1 (keine Verschattung) auch in den Monaten April und Oktober für den vorliegenden Klimadatensatz praktisch kein Heizwärmebedarf zu Buche steht.

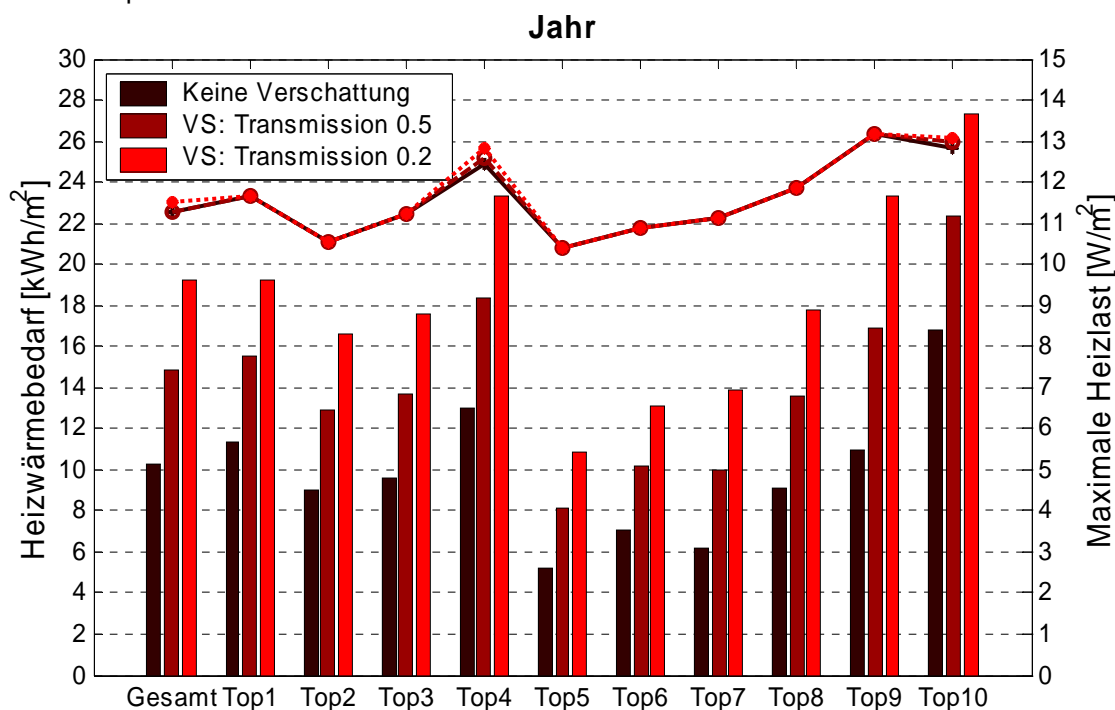


Abbildung 19: Der Jahresheizwärmebedarf (Balken, linke Achse) sowie die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen der thermischen Zonen Top1 – Top10 bzw. für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt). Verglichen werden die Varianten ohne Verschattung, sowie mit externer Verschattung von 50% bzw 20% Transmission.

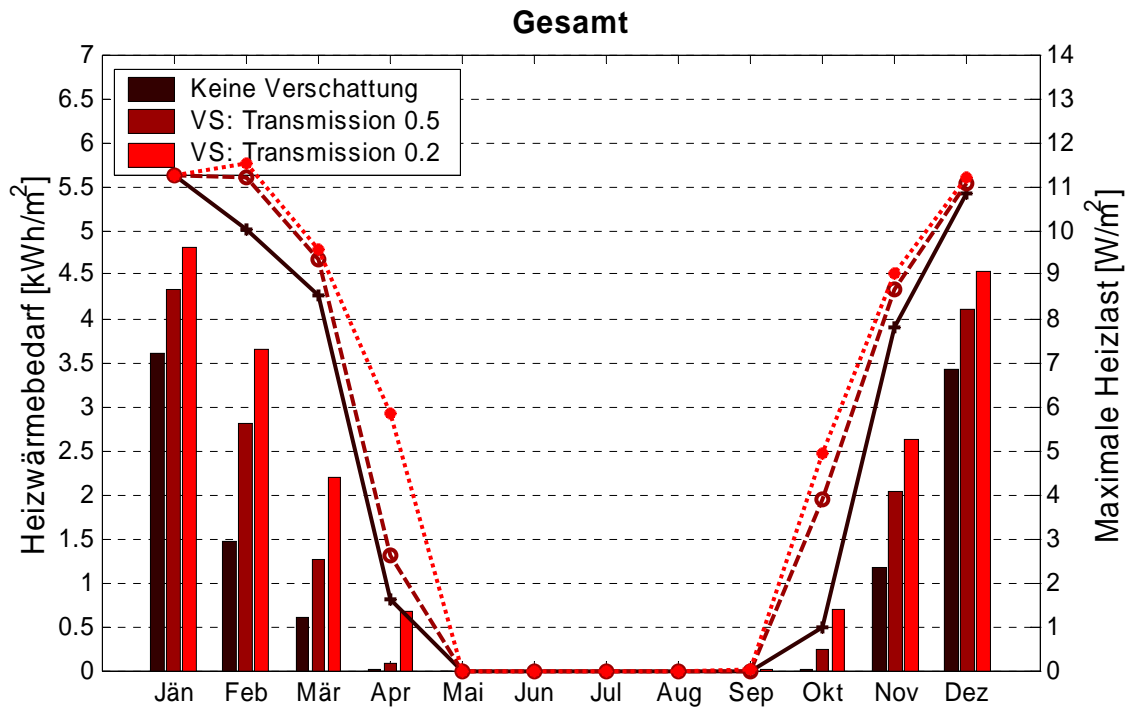


Abbildung 20: Monatswerte für den Heizwärmebedarf (Balken, linke Achse) und die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt). Verglichen werden die Varianten ohne Verschattung, sowie mit externer Verschattung von 50% bzw 20% Transmission.

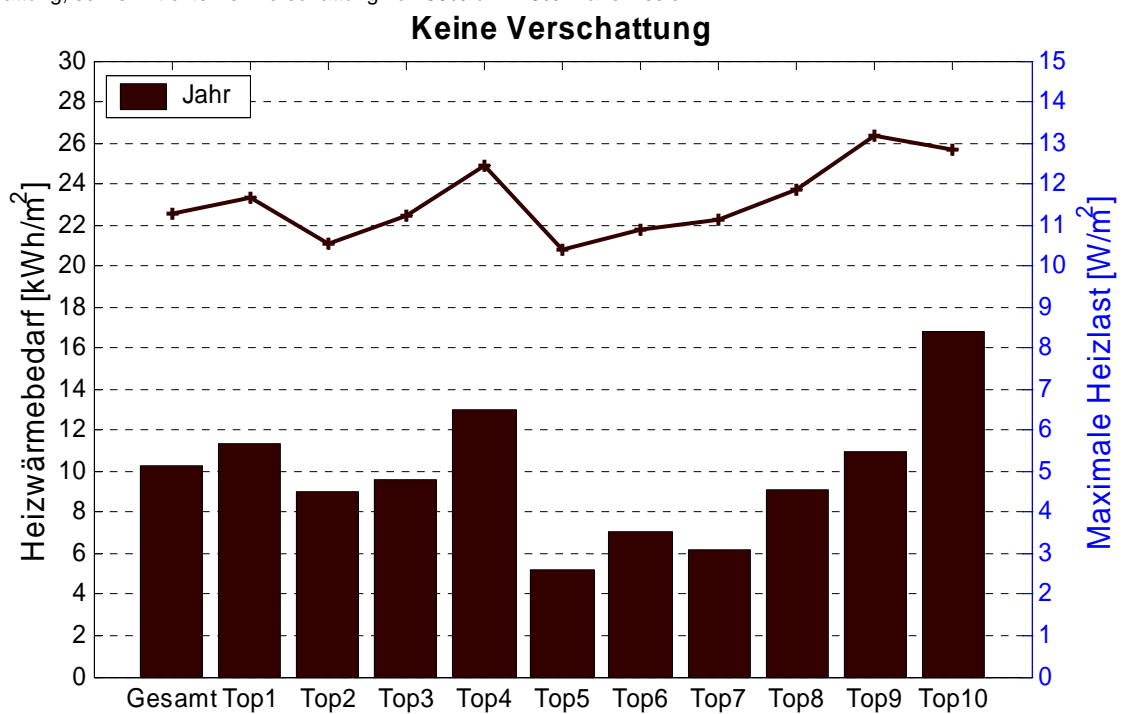


Abbildung 21: Der Jahresheizwärmebedarf (Balken, linke Achse) sowie die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen der thermischen Zonen Top1 – Top10 bzw. für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt) in der Variante ohne Verschattung.

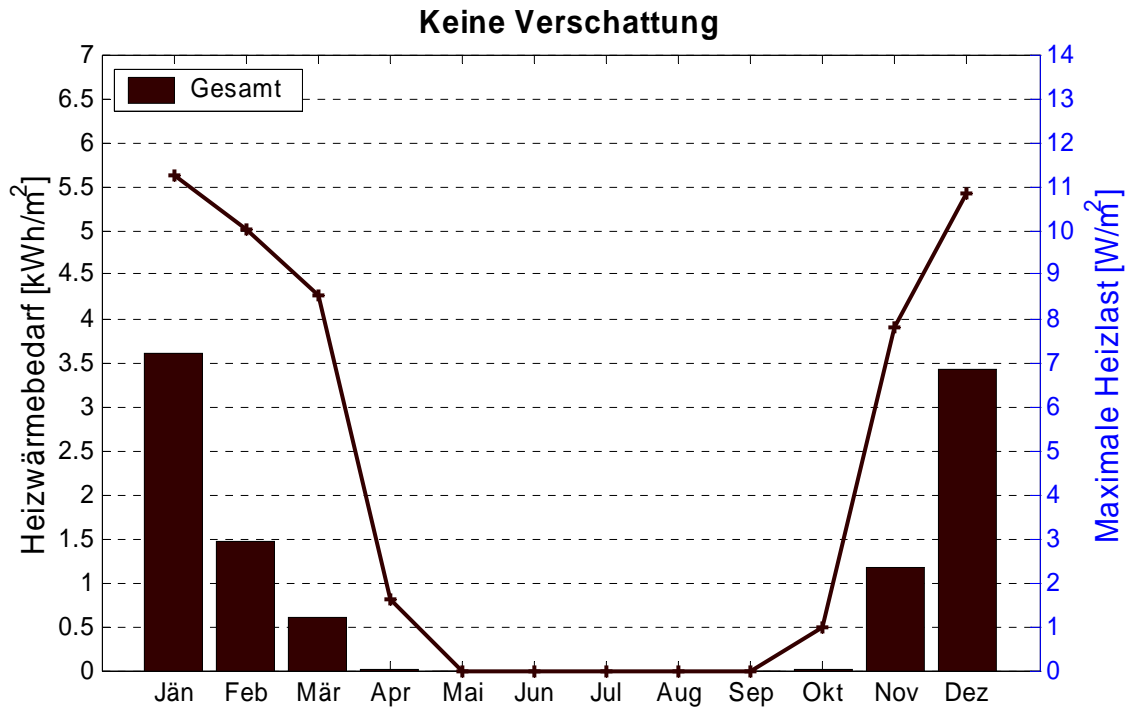


Abbildung 18: Monatswerte für den Heizwärmebedarf (Balken, linke Achse) und die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt) für Variante ohne Verschattung.

Abbildung 23 (Variante 1), Abbildung 24 (Variante 2), und Abbildung 25 (Variante 3), zeigen eine Auswertung der Heizlast für die 10 Wohneinheiten in Form einer Jahresdauerlinie. Aus dieser Darstellung kann einerseits die in den einzelnen Wohneinheiten maximal auftretende Heizlast (Pfeile) abgelesen werden, andererseits kann auch die Zeitdauer, in der Heizbedarf herrscht, als Schnittpunkt der Kurven mit der Geraden $x = 0$ abgelesen werden. Der Heizwärmebedarf ergäbe sich in dieser Darstellung als Fläche unter der Kurve.

Vergleicht man in Abbildung 23 (Variante 1, keine Verschattung) die Jahresdauerlinie der Heizlast etwa für die Wohneinheiten Top5 und Top10 so tritt wiederum ein markanter Unterschied im Heizwärmebedarf zu Tage, der sich auf den höheren Außenflächenanteil von Top10 im Vergleich zu Top5 erklären lässt. Die Abweichungen zwischen den beiden Wohneinheiten Top9 und Top10 (3. Obergeschoß) lassen sich hingegen auf größere solare Einträge in die südseitig orientierte Wohneinheit Top9 zurückführen. Diese Interpretation wird vor allem auch dadurch klar, wenn man die Kurven für Top9 und Top10 für steigende Verschattungsgrade, d.h. abnehmende solare Einträge, studiert, vgl. Abbildung 23 (Variante 1, keine Verschattung), Abbildung 24 (Variante 2, Verschattung mit 50% Transmission), und Abbildung 25 (Variante 3, Verschattung mit 50% Transmission).

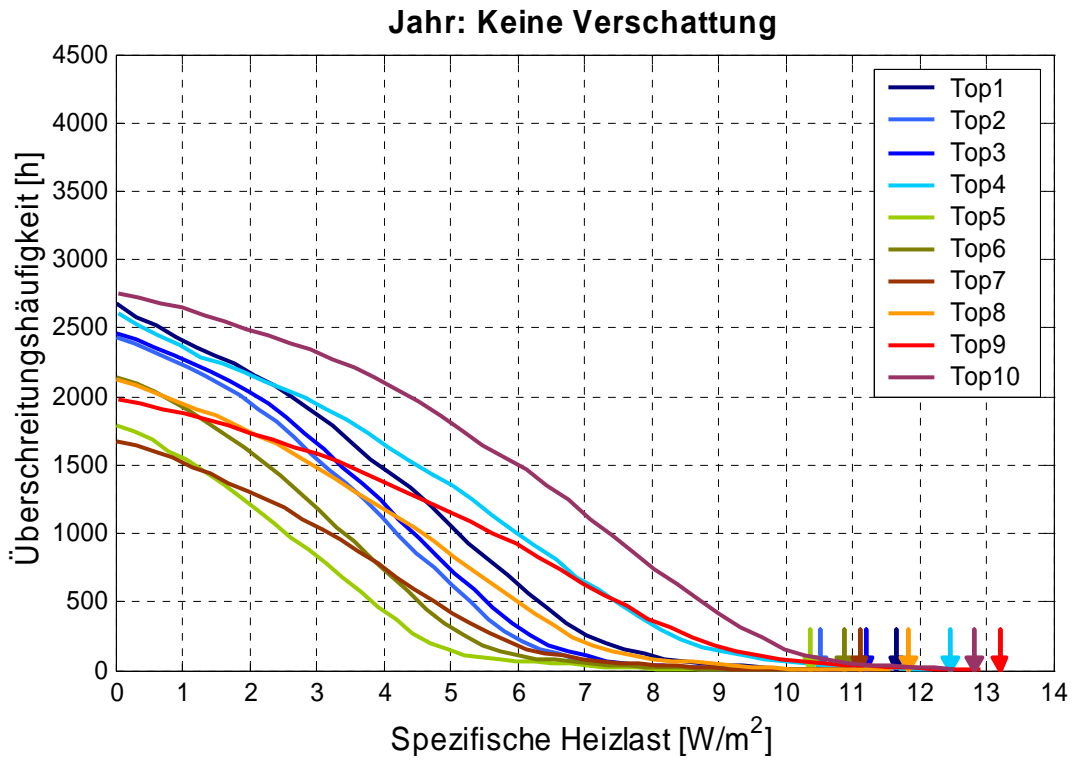


Abbildung 23: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.

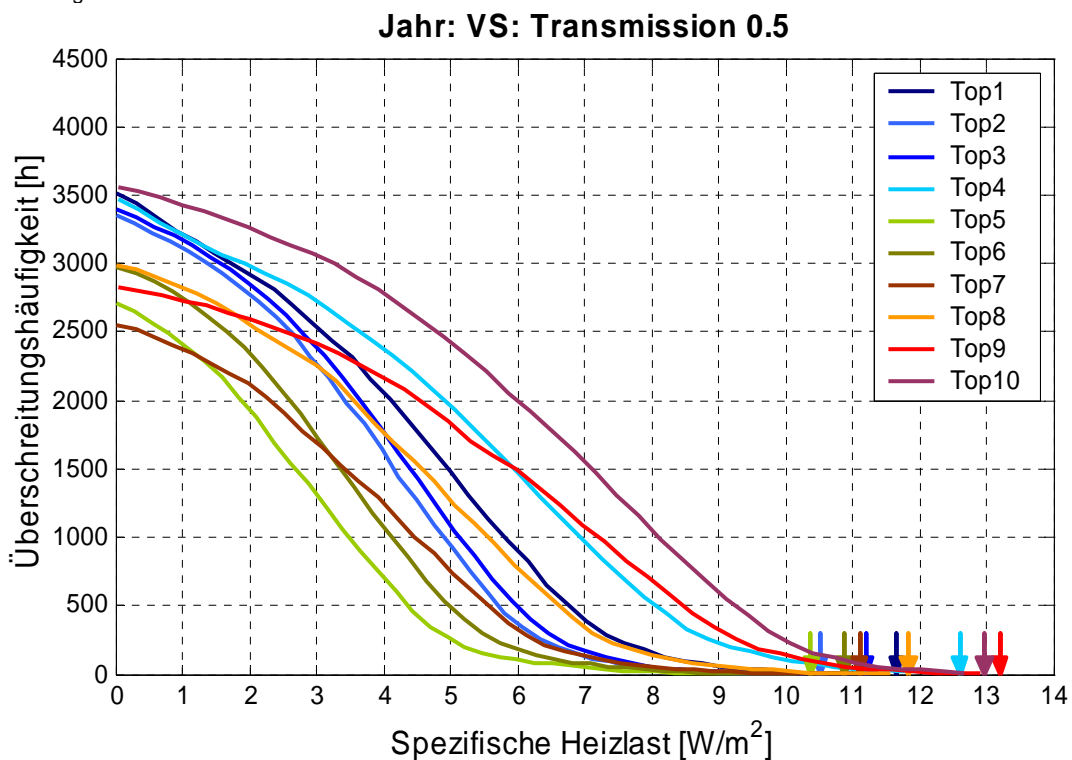


Abbildung 24: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung, 50% Transmission.

Jahr: VS: Transmission 0.2

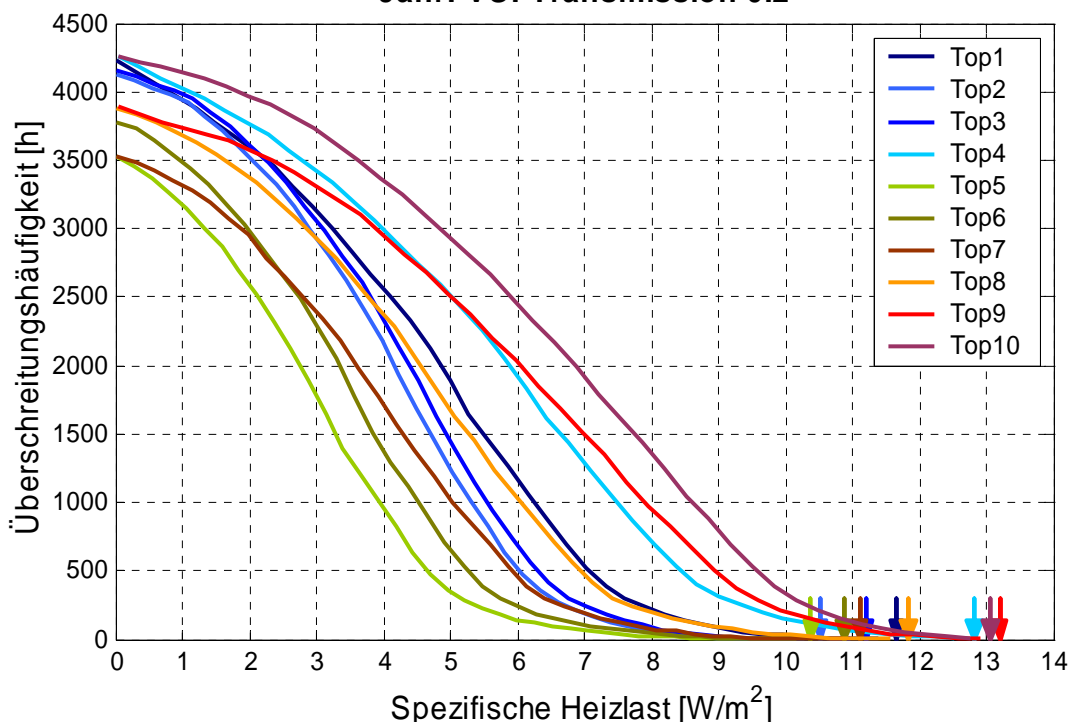


Abbildung 25: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung, 20% Transmission.

4.5.3 Energiebilanzen über die Heizsaison

Die folgenden Energiebilanzen sollen dazu dienen, die Energieflüsse in und aus dem Gebäude zu verdeutlichen. Zieht man die Bilanzierungsgrenze einer thermischen Zone an der Innenseite der die Zone begrenzenden Flächen, so gilt folgende Energiebilanz:

$$Q_{heat} + Q_{gains} + Q_{solar} = Q_{inf} + Q_{vent} + Q_{trans} + dQ$$

Auf der linken Seite der obigen Gleichung sind die Energieeinträge durch Heizwärme, interne Wärmen und Solarstrahlung angeführt, während auf der rechten Seite die Verluste durch Infiltration, Ventilation und Transmission durch die Wände zu Buche stehen. Der letzte Term auf der rechten Seite (dQ) berücksichtigt etwaige Temperaturänderungen in der thermische Zone. Diese Energiebilanz spiegelt sich auch in den folgenden grafischen Darstellungen wider (Abbildung 26 – Abbildung 29). Die linke Balkengruppe beziffert jeweils die Gewinne, die rechte Balkengruppe die Verluste. In der Legende der Abbildung 26 – Abbildung 29 ist berücksichtigt, dass die als Verluste bilanzierten Energieflüsse (Infiltration, Ventilation, und Transmission) auch als Gewinne wirksam werden könnten, wenn die Raumtemperatur kleiner als die Außentemperatur ist. Da die dargestellten Energiebilanzen sich aber nur über die Heizsaison erstrecken – genauer über jene Stunden, in denen eine Heizlast vorhanden ist – und in diesen Zeiten die Raumtemperatur über der Außenlufttemperatur liegt, treten Infiltration, Ventilation, und Transmission hier nur als Verluste in Erscheinung.

Abbildung 26 zeigt die Energiebilanz über die Heizsaison für die Variante 1 (keine Verschattung) für jede der 10 Wohneinheiten. Neben den bereits diskutierten Werten für den Heizwärmebedarf, und den Unterschieden zwischen den einzelnen Wohneinheiten, kann man aus dem Diagramm auch die Zeiten ablesen, in denen Heizbedarf besteht (als vertikale Beschriftung über den Balken in Tagen). Es sollte darauf hingewiesen werden, dass sich diese Zeitangaben nicht auf einen durchgehenden Zeitraum beziehen. So erhält man etwa 75 Tage für Top5, also 1800 Stunden, und 116 Tage für Top10, also 2784 Stunden im Jahr Heizbedarf. Diese Daten konnten auch bereits aus der Jahresdauerlinie der Heizlast abgelesen werden (Abbildung 23).

Weiters verdeutlichen die Energiebilanzen in Abbildung 26, dass die Heizwärme nur etwa die Hälfte der Energieträge während der Heizsaison ausmachen, die andere Hälfte wird durch die internen Wärmen und solaren Einträge aufgefüllt, wobei deren Anteil für die Wohneinheiten mit kleinem HWB größer, für die mit höherem HWB entsprechend kleiner ausfällt. Wie der Vergleich der Abbildung 26 – Abbildung 29 demonstriert, nimmt naturgemäß der Anteil der Solarstrahlung für die Variante 2 und 3 (Verschattung mit

50% bzw. 20% Transmission) ab. Gleichzeitig verlängert sich die Dauer der Heizsaison. Diesen Sachverhalt kann man besonders eindrucksvoll in Abbildung 29 erkennen, in der die gemeinsame Energiebilanz für alle 10 Wohneinheiten für die Varianten 1, 2 und 3 – und für eine zusätzliche Variante ohne jede Solarstrahlung – miteinander verglichen werden.

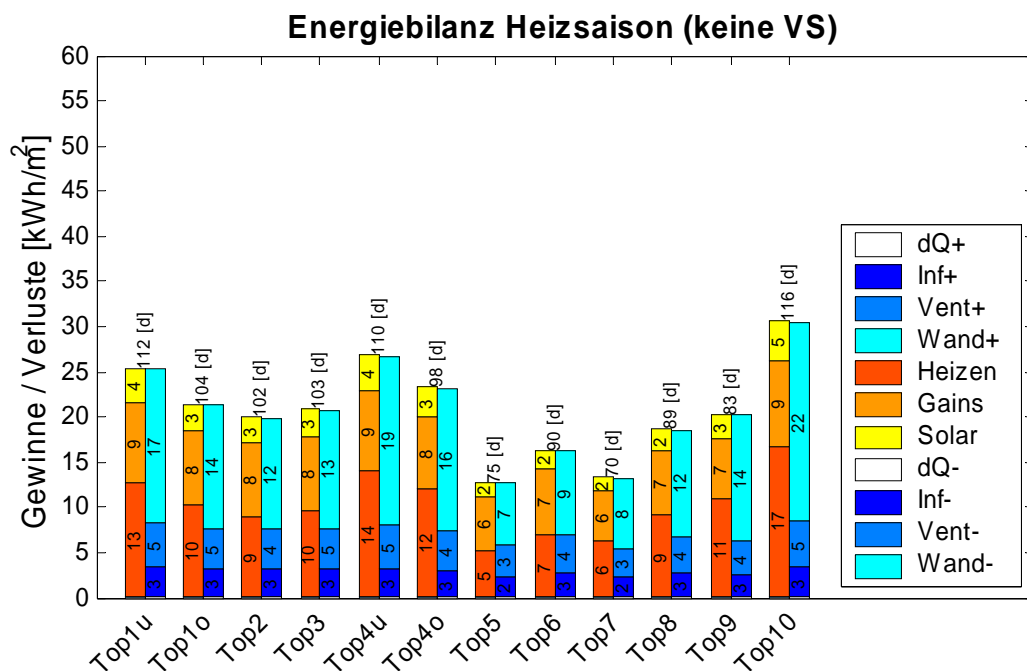


Abbildung 26: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante ohne Verschattung.

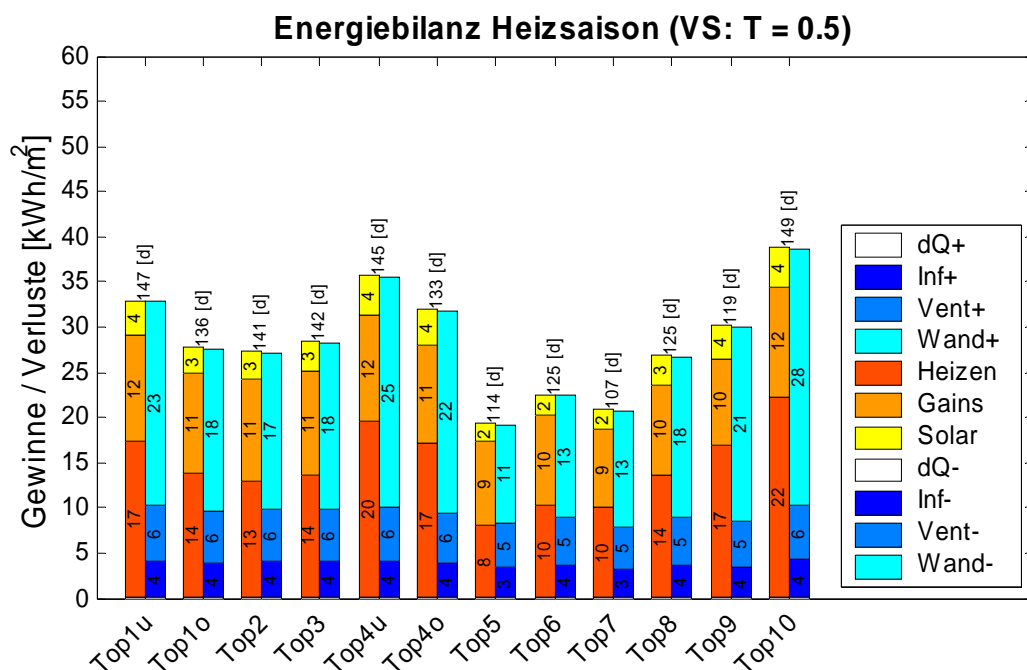


Abbildung 27: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante mit externer Verschattung, 50% Transmission.

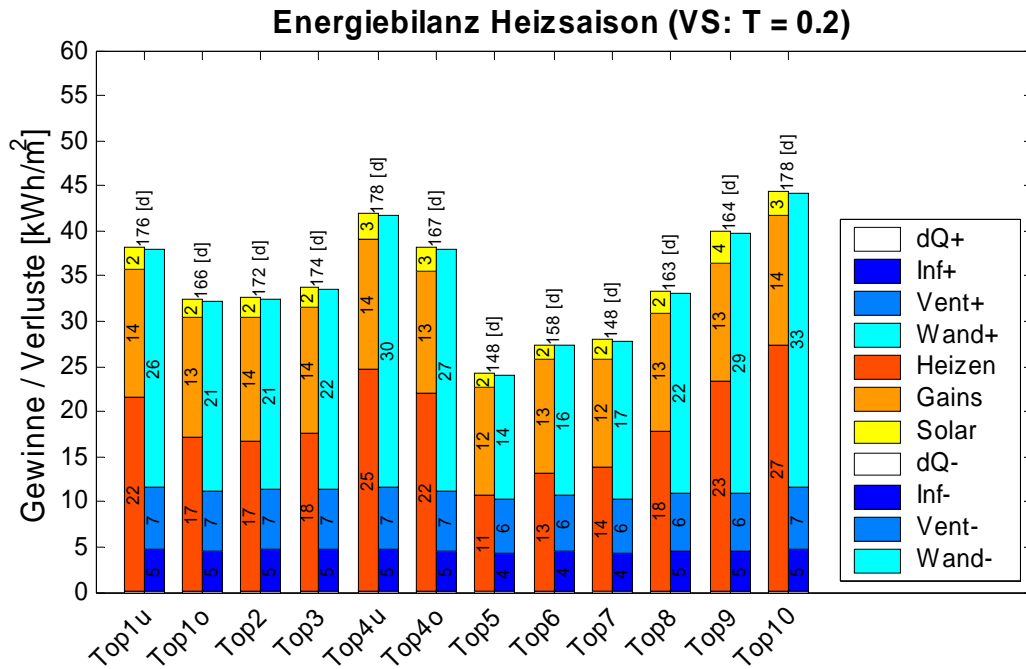


Abbildung 28: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante mit externer Verschattung, 20% Transmission.

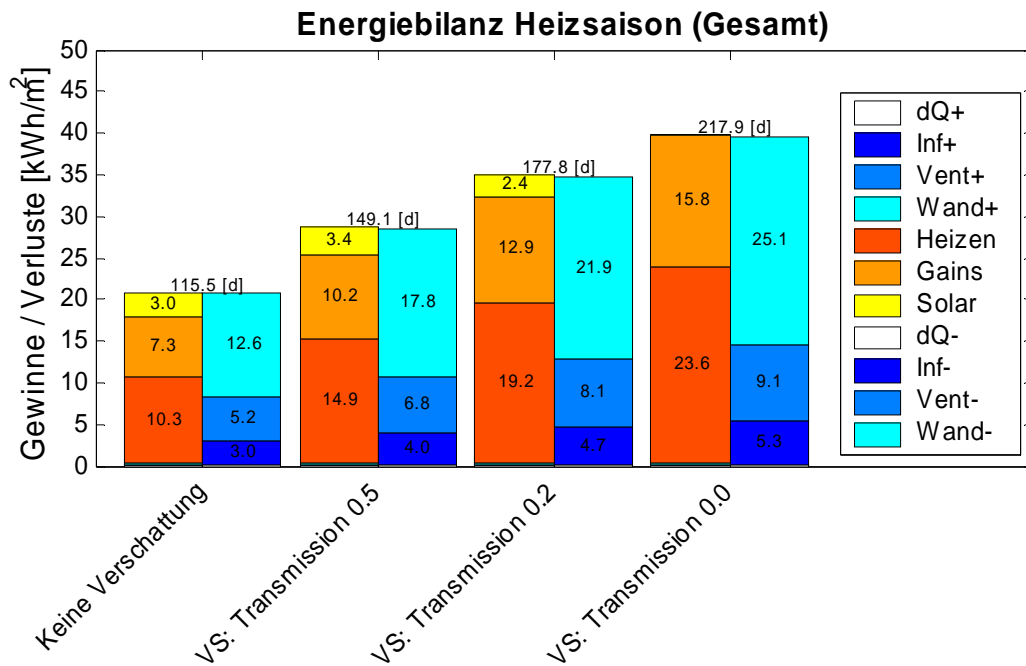


Abbildung 29: Energiebilanzen über die Heizsaison für den gesamten Baukörper bestehend aus 10 Wohneinheiten für die Varianten ohne Verschattung, und mit externer Verschattung (50% / 20% / 0% Transmission).

4.6.4 Sommerliche Überwärmung

In diesem Kapitel soll nun das Problem der sommerlichen Überwärmung behandelt werden. Abbildung 30 zeigt eine Auswertung der Raumtemperaturen in der Variante 1, ohne Verschattung. Dargestellt ist die operative (oder empfundene) Raumtemperatur aller 10 Wohneinheiten, die als Mittelwert der Raumlufthtemperatur und der mittleren Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen definiert ist. In der Variante 1, ohne Verschattung, treten Übertemperaturen von bis zu 38°C auf. Und wie die Jahresdauerlinie der empfundenen Raumtemperaturen in Abbildung 31 demonstriert, wird auch eine Temperatur von 26°C für 2700 Stunden (Top1) bis 3500 Stunden (Top9) im Jahr überschritten.

Diese Überhitzungsproblematik lässt sich jedoch durch eine effiziente und konsequente externe Verschattung gut in den Griff bekommen. Dies zeigt der Raumtemperaturverlauf (Abbildung 32) und die Jahresdauerlinie der operativen Raumtemperaturen (Abbildung 33) für die Variante 2 (externe Verschattung mit 50% Transmission), und entsprechend Abbildung 34 und Abbildung 35 für die Variante 3 (externe Verschattung mit 20% Transmission). Während ein Transmissionsgrad von 50% der

Verschattung die maximal auftretenden Raumtemperaturen auf knapp 31°C reduziert und auch die Überschreitungszeit der 26°C Grenze auf 700 Stunden (Top1) bis 1300 Stunden (Top9) herabsetzt, treten bei einem Transmissionsgrad von 20% (Variante 3) praktisch keine Übertemperaturen mehr auf. In Abbildung 36 (Variante1, Top1), Abbildung 37 (Variante1, Top9), Abbildung 38 (Variante2, Top1), Abbildung 39 (Variante2, Top9), Abbildung 40 (Variante3, Top1), und Abbildung 41 (Variante3, Top9) wurde eine andere Art der Darstellung der sommerlichen Überwärmung gewählt. In diesen Diagrammen sind die Stundenwerte des Wertepaars Außenlufttemperatur / Empfundene Raumtemperatur in das Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946 / Teil 2 eingetragen (vgl. Kapitel 4.6.4). Eine Auswertung dieses Behaglichkeitsfeldes für alle thermischen Zonen und die Varianten 1, 2 und 3 ist schließlich Abbildung 42, Abbildung 43 und Abbildung 44 zu entnehmen. Beispielsweise werden in Abbildung 43 die Zahl der Stunden, die laut Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946 / Teil 2 als zu warm eingestuft werden, für die Variante 2 (Verschattung mit 50% Transmission) für die einzelnen Wohneinheiten miteinander verglichen.

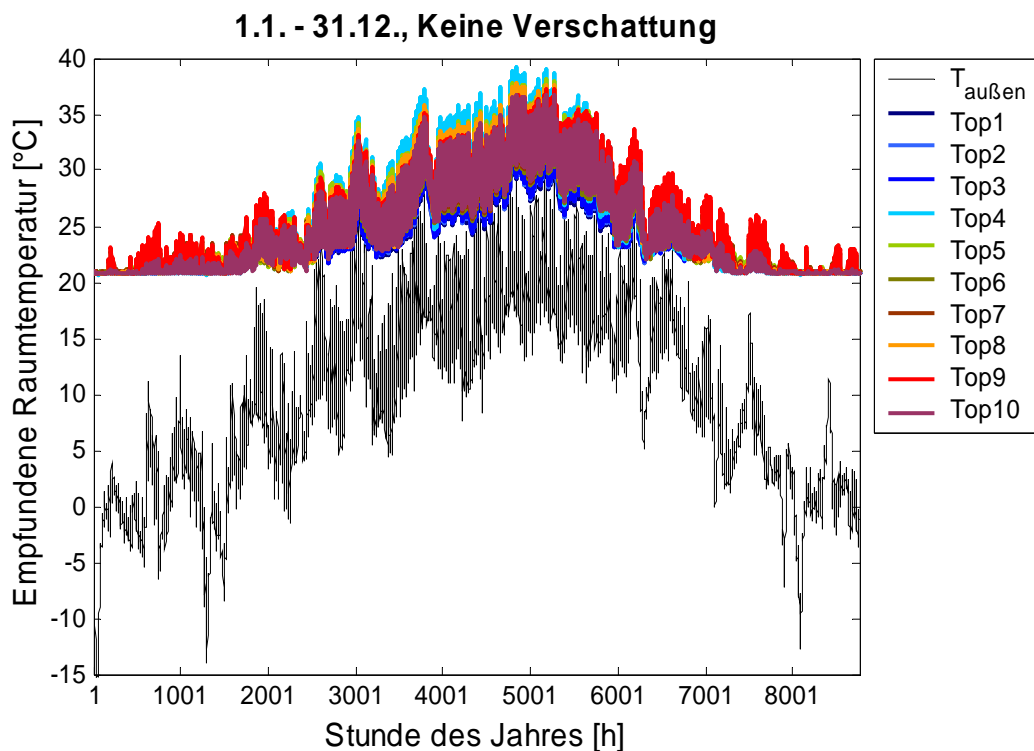


Abbildung 30: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.

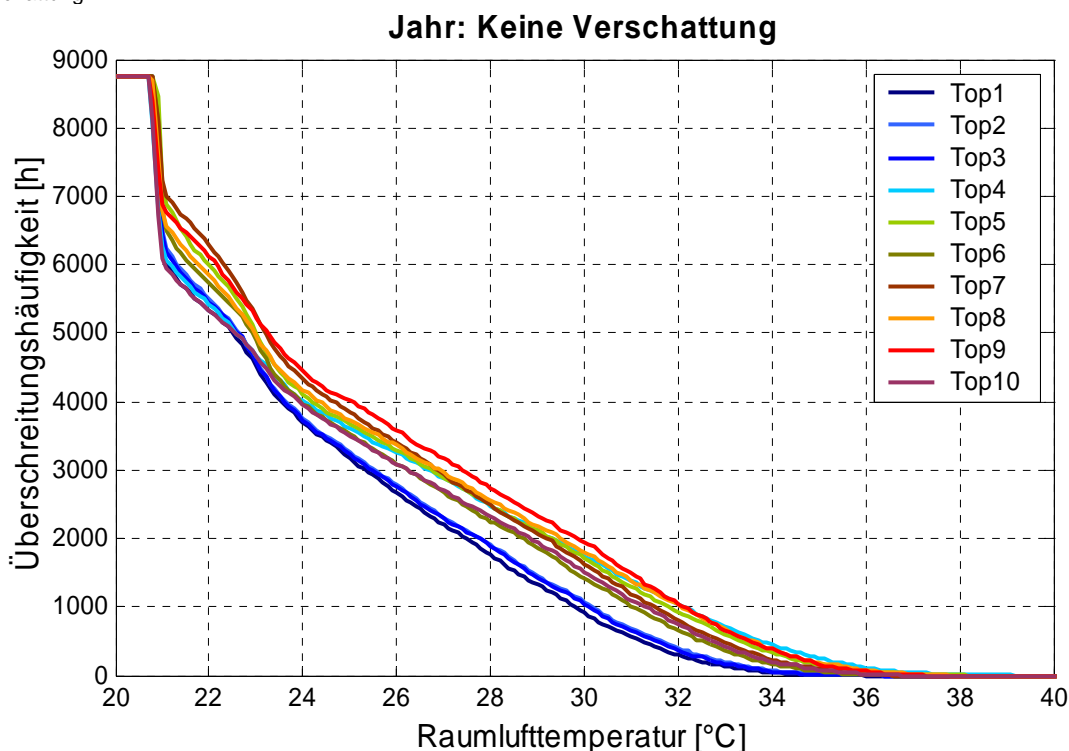


Abbildung 31: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.

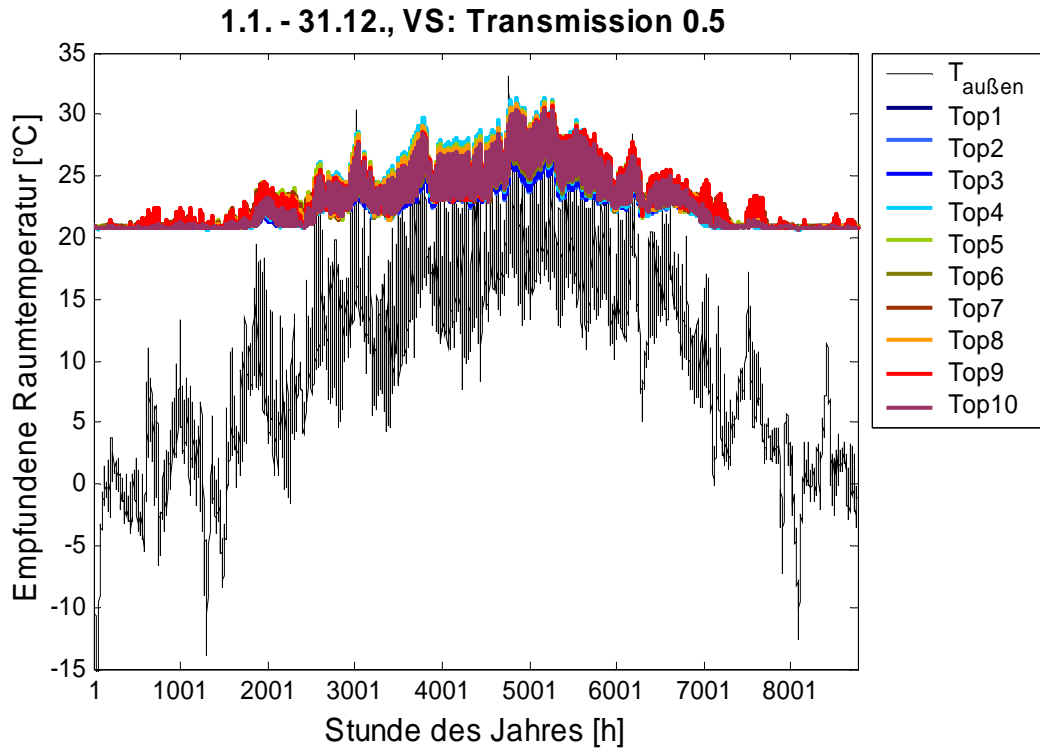


Abbildung 32: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung mit einer Transmission von 50%.

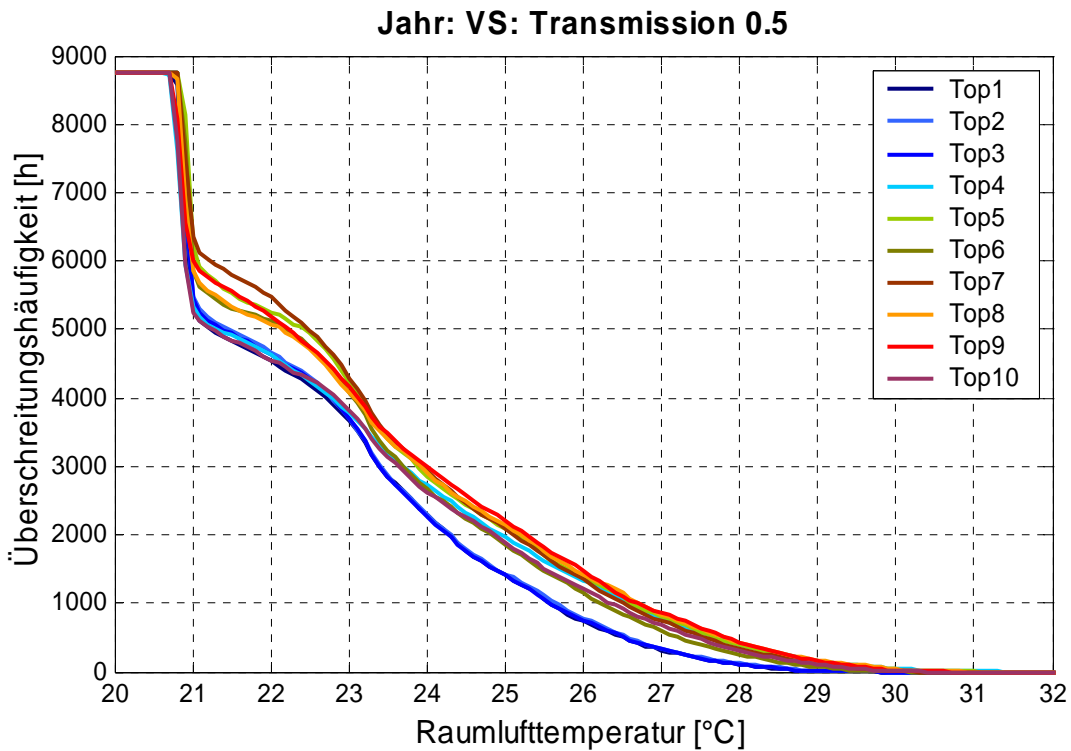


Abbildung 33: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.

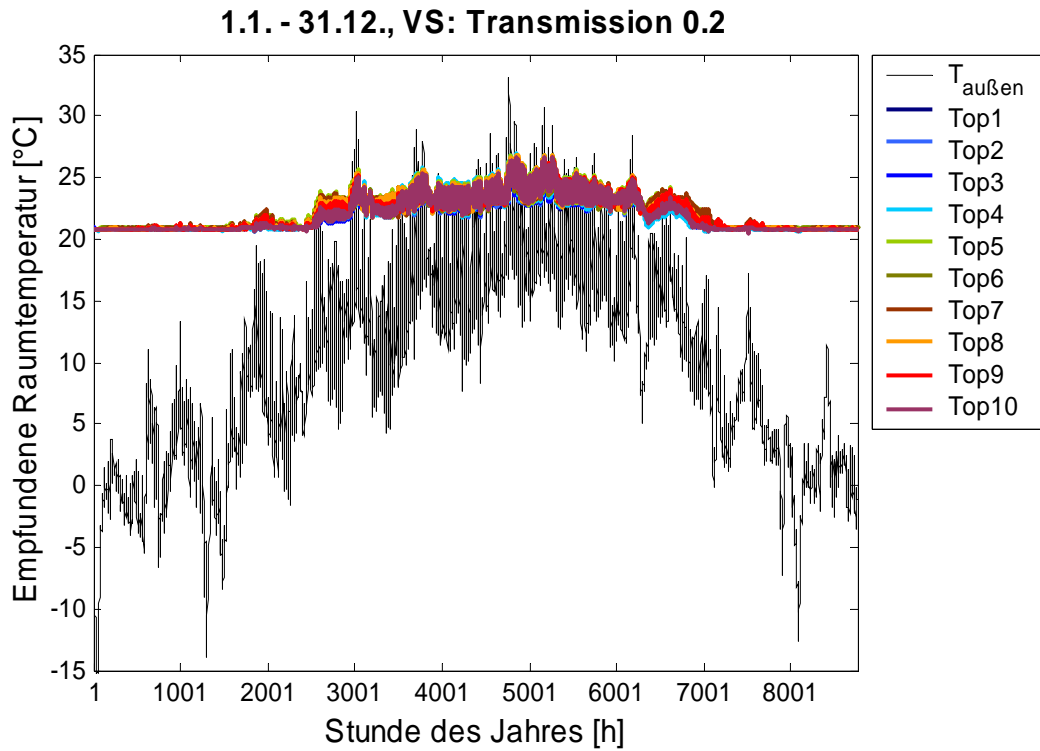


Abbildung 34: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung mit einer Transmission von 20%.

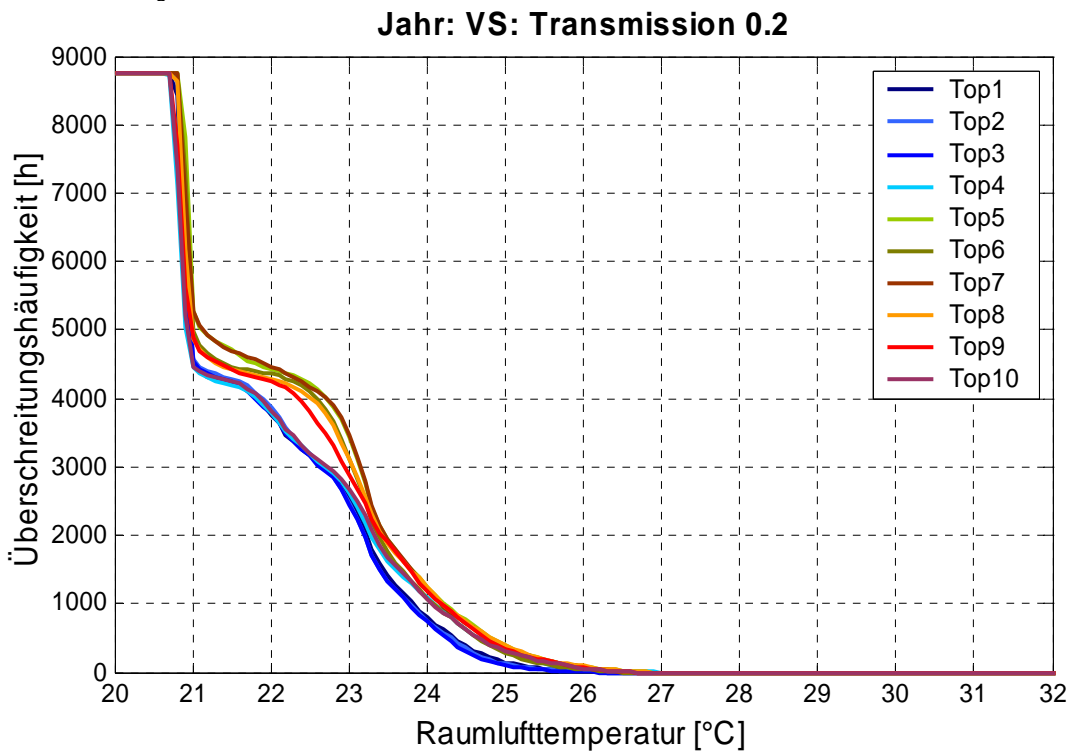


Abbildung 35: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.

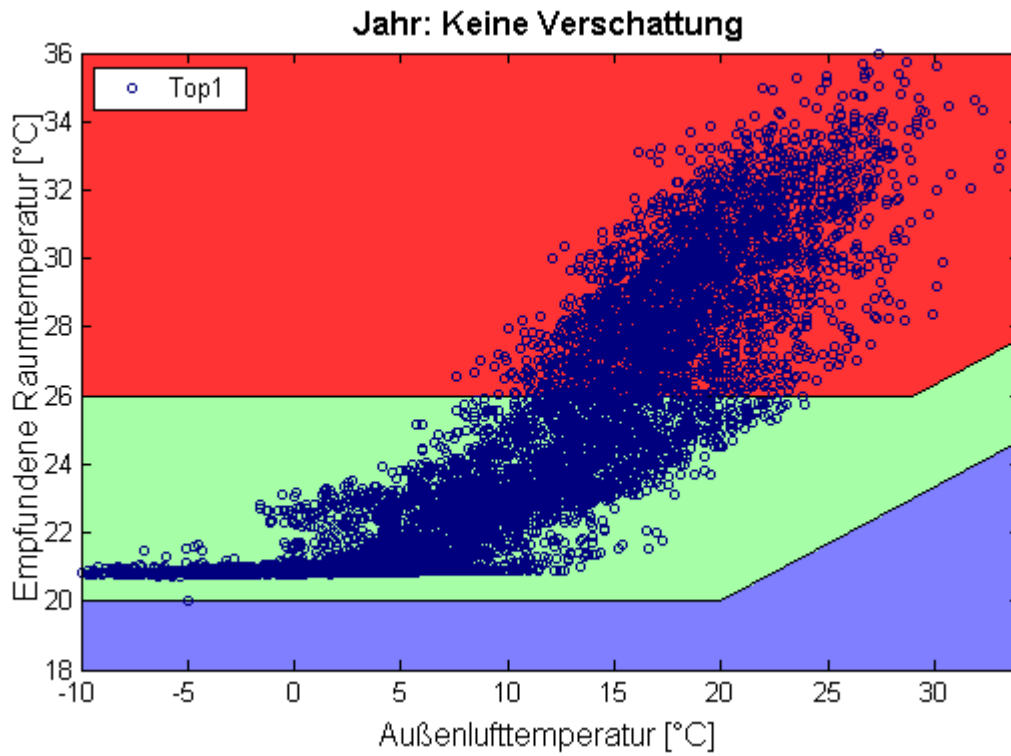


Abbildung 36: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante ohne Verschattung.

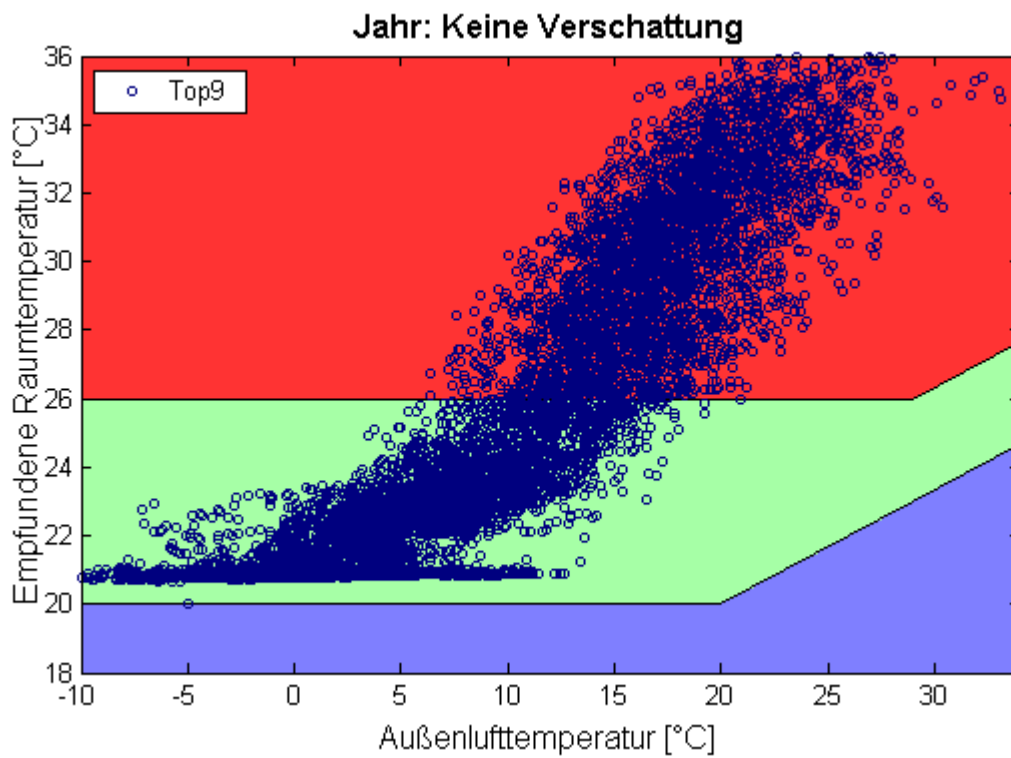


Abbildung 37: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante ohne Verschattung.

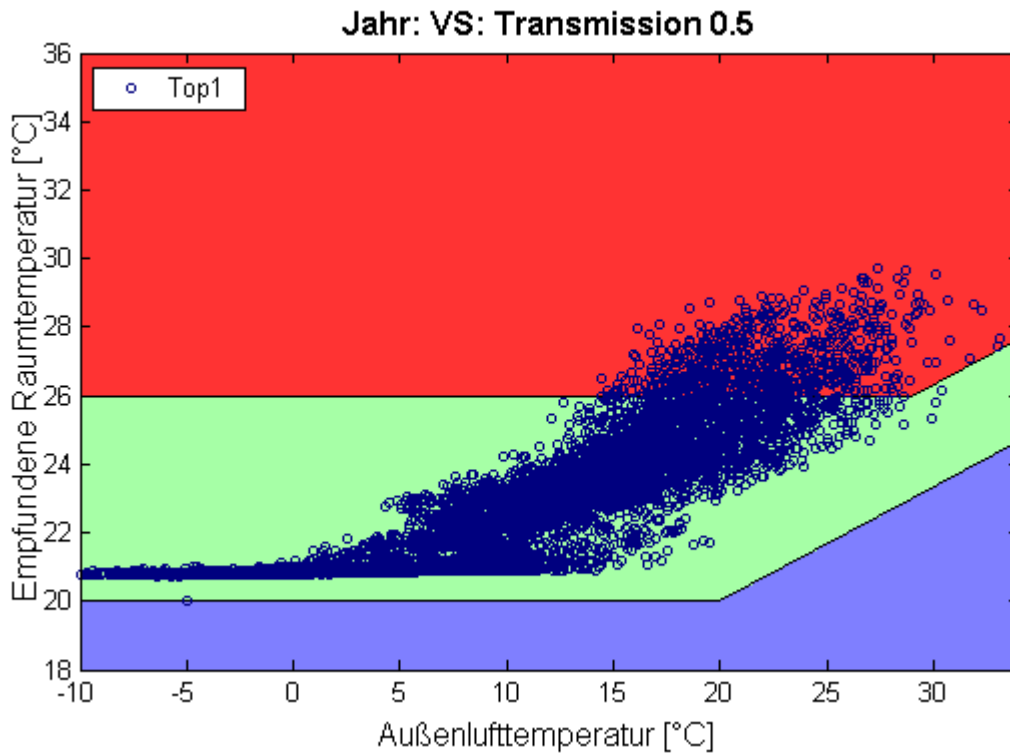


Abbildung 38: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.

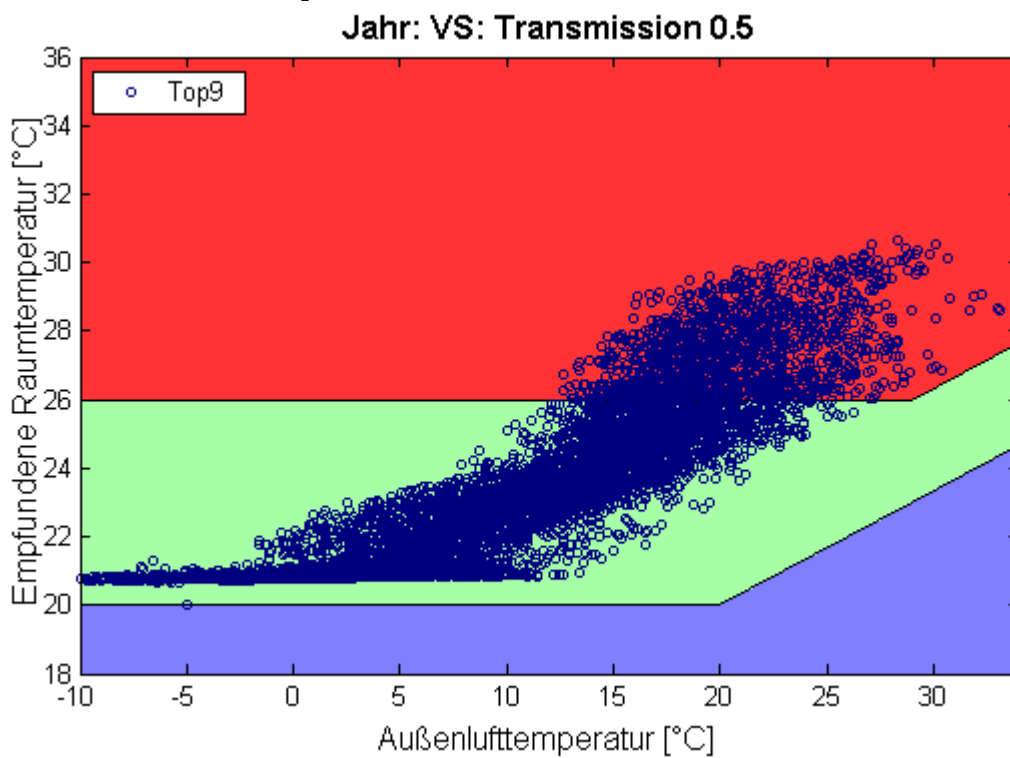


Abbildung 39: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.

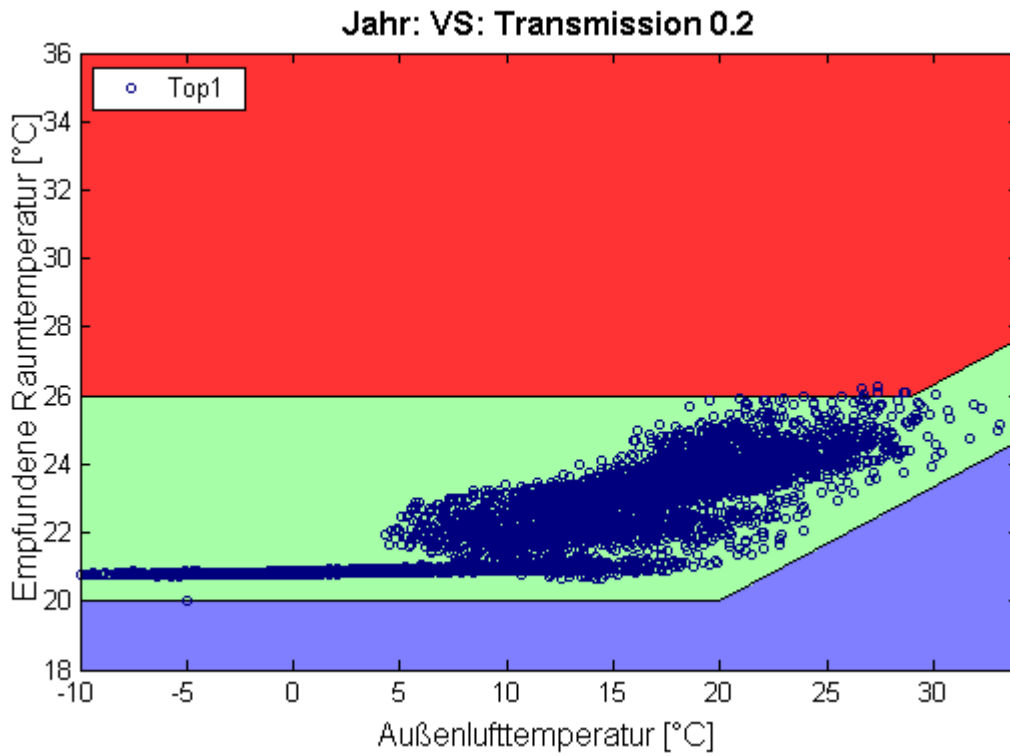


Abbildung 40: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.

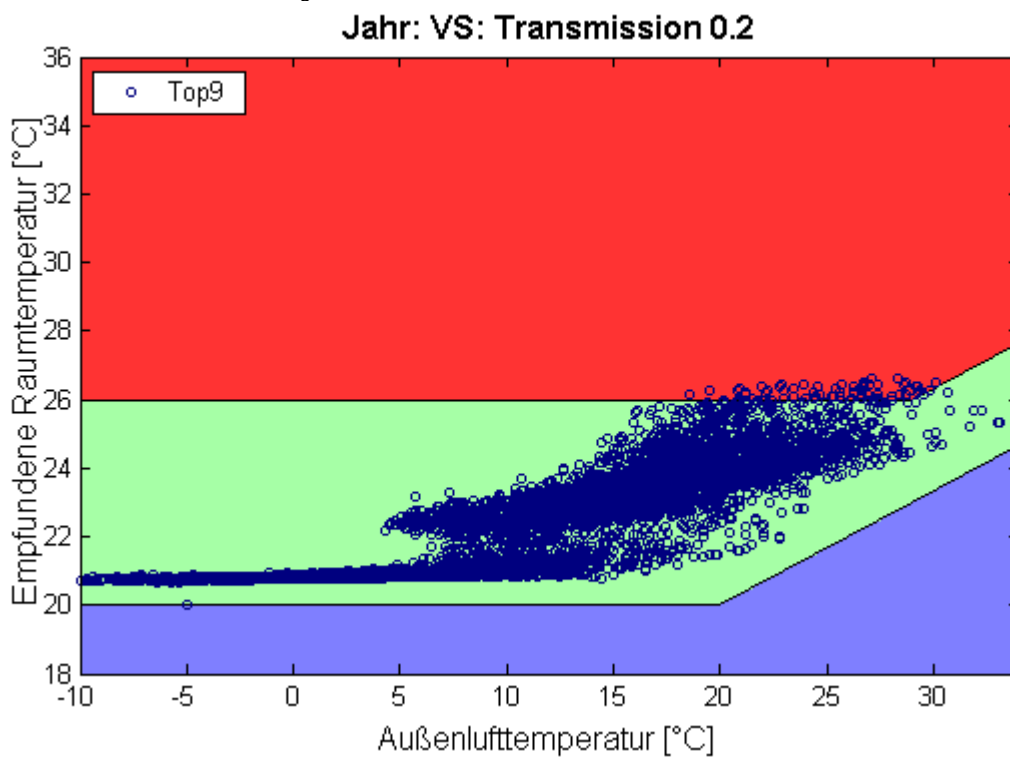


Abbildung 41: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.

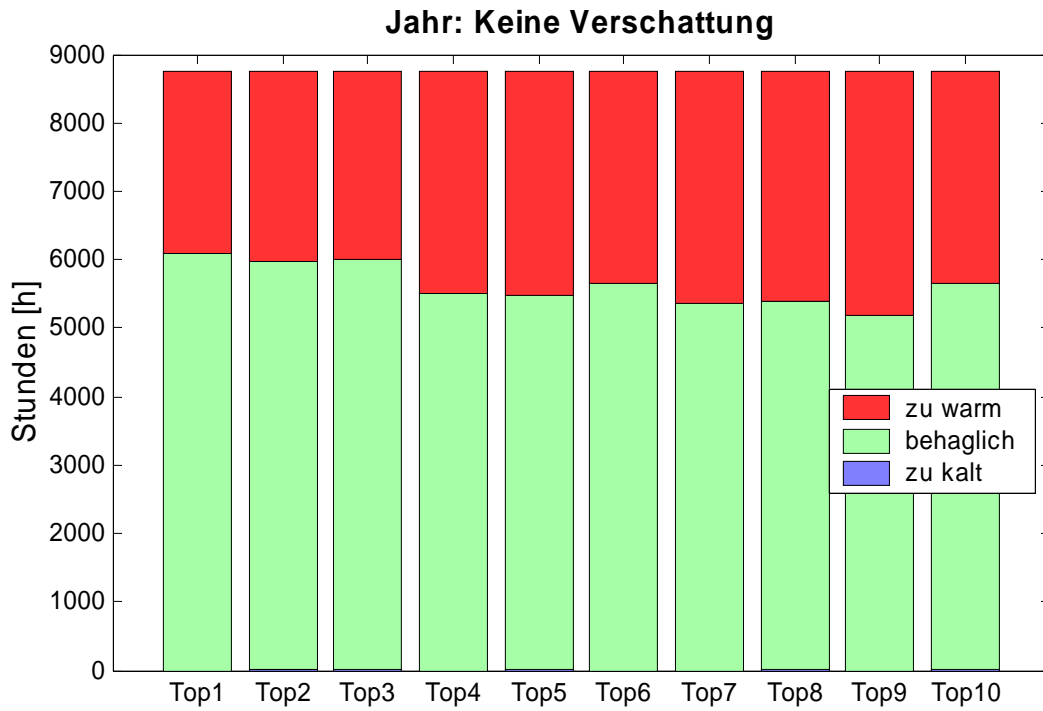


Abbildung 42: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante ohne externe Verschattung.

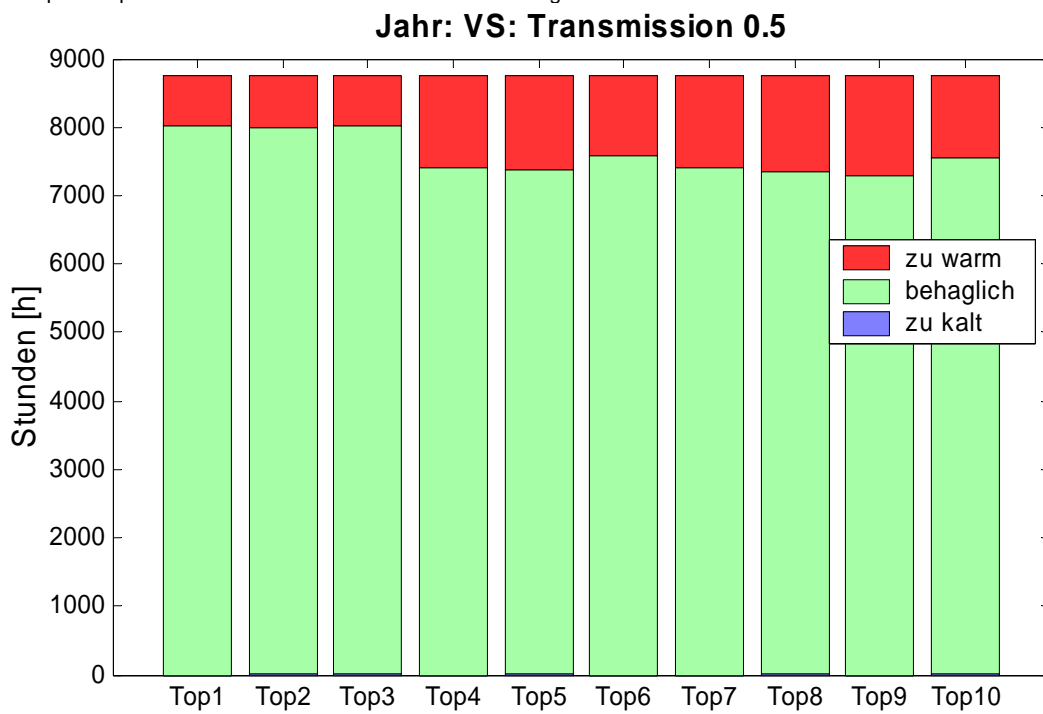


Abbildung 43: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.

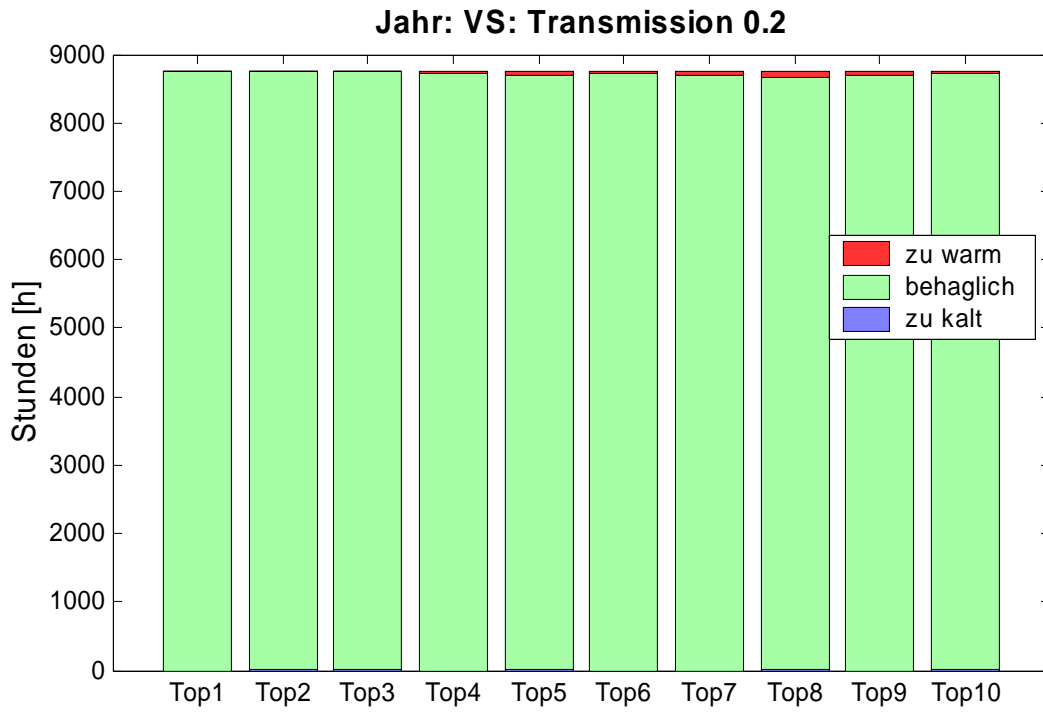


Abbildung 44: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.

5 Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen

5.1 Messdatenauswertung, Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz, Institut für Wärmetechnik

Der Passivhausstandard sieht vor, dass der Heizwärmebedarf eines Gebäudes unter 15 kWh/(m².a) liegt, wodurch es möglich sein soll, die nötige Energie für die Beheizung ausschließlich über die kontrollierte Wohnraumbelüftung zur Verfügung zu stellen. Wesentliche Punkte für dieses Ziel sind:

- ein hoher Dämmstandard (niedrige U-Werte für Wände und Fenster)
- Luftdichtheit der Gebäudehülle (Blower-Door Test)
- Wärmerückgewinnung im Lüftungssystem

Dennoch werden Passivhäuser oft auch mit Wärme abstrahlenden Elementen (Heizkörper, Fuß-, Wand- oder Deckenheizung) ausgestattet, um das Wohlbefinden in den Räumen zu erhöhen.

Im Rahmen des Projektes „Differenzierte Umsetzung von unterschiedlichen, alltagstauglichen Passivhaus-Haustechnikkonzepten anhand von vier gleichen Baukörpern einer mehrgeschossigen Wohnanlage“ ist dies auch für einige Ausführungen der Fall und es wurden unterschiedliche Techniken eingesetzt, um die notwendige Energie für das Heizen zur Verfügung zu stellen. Das Institut für Wärmetechnik an der Technischen Universität Graz übernahm unter anderem die Aufgabe, gemessene Daten auszuwerten, um Aussagen über die verwendete Haustechnik und die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte in ausgesuchten Wohnungen unter Berücksichtigung der ebenfalls erfassten Außenbedingungen zu treffen. Die Messdatenerfassung lief vom 8.11.2006 bis 24.6.2008. Da eine vollständige Messdatenerfassung nicht realisiert werden konnte, wurden auch teilweise manuelle Ablesungen vorgenommen. Diese Daten liegen vom 29.1.2007 bis 13.6.2008 vor. Aufgrund dieser Daten konnten im Besonderen für das Jahr 2007 Analysen durchgeführt werden, die im Wesentlichen zeigen, dass

- die gemessenen Werte für die Globalstrahlung in diesem Jahr sehr hoch waren
- die mittleren Außentemperaturen in der ersten Jahreshälfte etwas höher und in der zweiten Jahreshälfte etwas niedriger lagen als die auf Basis langjähriger Messdaten generierten Werte
- die Raumlufttemperaturen in den Wintermonaten im Behaglichkeitsbereich (20 bis 26°C) liegen, in den Sommermonaten die Behaglichkeits - Obergrenze in einigen Wohnungen aber überschritten wird
- die Raumluftfeuchte in allen vermessenen Wohnungen gering ist und in den Wintermonaten oft deutlich unter dem Behaglichkeitsbereich liegt
- der Heizwärmebedarf nach Passivhausstandard in allen Wohnungen mit einer Ausnahme eingehalten werden kann

Durch gezieltes Nutzerverhalten lässt sich die Behaglichkeit in den Innenräumen eines Passivhauses deutlich beeinflussen und man kann auch an den hier ausgewerteten Daten für einige Fälle zeigen, dass durch die richtigen Maßnahmen (Nachtlüftung im Sommer, Verschattung, Reduktion des Luftwechsels im Winter, Erhöhung der internen Feuchtequellen) die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte bei geringem Energieaufwand im Behaglichkeitsbereich gehalten werden kann.

5.2 Angaben im Projektantrag

Detaillierte Messung und Analyse des Energiebedarfs (Wärme, Strom) und des Nutzerverhaltens (Befragung, Messung von Raumlufttemperatur, Haushaltsstrom und ev. Fensterlüftung). Bewertung durch Vergleich des Energiebedarfs und der Emissionen (ev. normiert auf gleiches Nutzerverhalten und Umrechnung von tatsächlichem auf normiertes Verhalten über Gebäudesimulation).

5.3 Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Nachhaltige Behaglichkeit im Klima.Komfort.Haus“ wurden im Zeitraum November 2006 bis Juni 2008 Messungen an vier im Passivhausstandard ausgeführten Wohngebäuden durchgeführt. Die Aufgabenstellung des IWT bestand dabei in der Erstellung des messtechnischen Konzeptes, sowie der Auswertung der Messdaten. Die Installation der Messtechnik sowie die laufende Betreuung und Überwachung der Messtechnik lag nicht im Aufgabenbereich des IWT.

Es wurden in 12 ausgewählten Wohnungen in verschiedenen Räumen die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte (insgesamt 39 Messpunkte; siehe dazu auch das ausgearbeitete Messkonzept (Heinz, Schranzhofer, 2006)) durchgehend (alle 10 min) aufgezeichnet. Ebenso durchgehend gemessen wurden die Außenbedingungen (Lufttemperatur, Luftfeuchte und Globalstrahlung) und ausgewählte Temperaturen und Stromverbräuche in der Haustechnikanlage.

Ergänzend wurden noch manuelle Aufzeichnungen von Strom- und Warmwasserverbrauch in den ausgewählten Wohnungen durchgeführt (wöchentliche Ablesung der Zähler). Im Anschluss sollen nun die Umsetzung des Messkonzeptes diskutiert und die vorhandenen Messdaten analysiert werden.

5.4 Umsetzung des Messkonzeptes

5.4.1 Vergleich des Messkonzeptes mit der Ausführung

Tabelle 1 zeigt einen übersichtlichen Vergleich zwischen dem vom IWT erarbeiteten Messkonzept und der tatsächlichen Ausführung. Zu erkennen ist, dass die Realisierung der Messpunkte in einigen Bereichen nicht plangemäß durchgeführt wurde.

Zusätzlich wurde in Stiege 3 noch Top 6 mit zwei Temperatur-Feuchte-Sensoren ausgestattet (siehe auch Abbildung 9), die im Messkonzept nicht vorgesehen waren. In dieser Wohnung wurde ergänzend auch der Strom- und Warmwasserverbrauch manuell abgelesen.

Das Messkonzept war aus Budgetgründen sehr knapp konzipiert. Das Fehlen von Messpunkten und der Daten der Wärmemengenzähler in der Ausführung führte zu einer Erschwernis der Datenanalyse. Aussagen über Fußboden- Decken- und Wandheizungen können daher nur im Analogschluss gemacht werden.

5.4.2 Messschemata der einzelnen Gebäude

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 1 bis Abbildung 4) sind die Gebäude im Schnitt schematisch dargestellt und alle realisierten Messstellen eingezeichnet. Manuell abgelesene Stellen sind rot, automatische Stellen schwarz beschrieben. Die Bezeichnungen der Temperaturfühler in der Haustechnik sind blau. Folgende Abkürzungen und Bezeichnungen werden verwendet:

WW	Warmwasser
KWL	Kontrollierte Wohnraumlüftung
FBH	Fußbodenheizung
WH	Wandheizung
DEH	Deckenheizung
WT	Wärmetauscher
WP	Wärmepumpe
ZLG	Zentrales Lüftungsgerät
EZ	Stromzähler
WWZ	Warmwasserzähler
VHR	Vorheizregister
NHR	Nachheizregister
F(T+R)	Temperatur-Feuchte-Sensor

Temperaturfühler in der Haustechnik:

F(T_WT_Luftkanal)	Temperatur der Frischluft nach dem Wärmetauscher
F(T_WW_Stiege_1_2)	Warmwassertemperatur in Stiege 1 und 2
F(T_Luft_EWT_aus)	Lufttemperatur nach dem Erdwärmetauscher
F(T_WW_Stiege_3_4)	Warmwassertemperatur in Stiege 3 und 4
F(T_Luft_ZLG_aus)	Lufttemperatur nach dem zentralen Lüftungsgerät
F(T_Luft_SoleWT_aus)	Lufttemperatur nach dem Solewärmetauscher

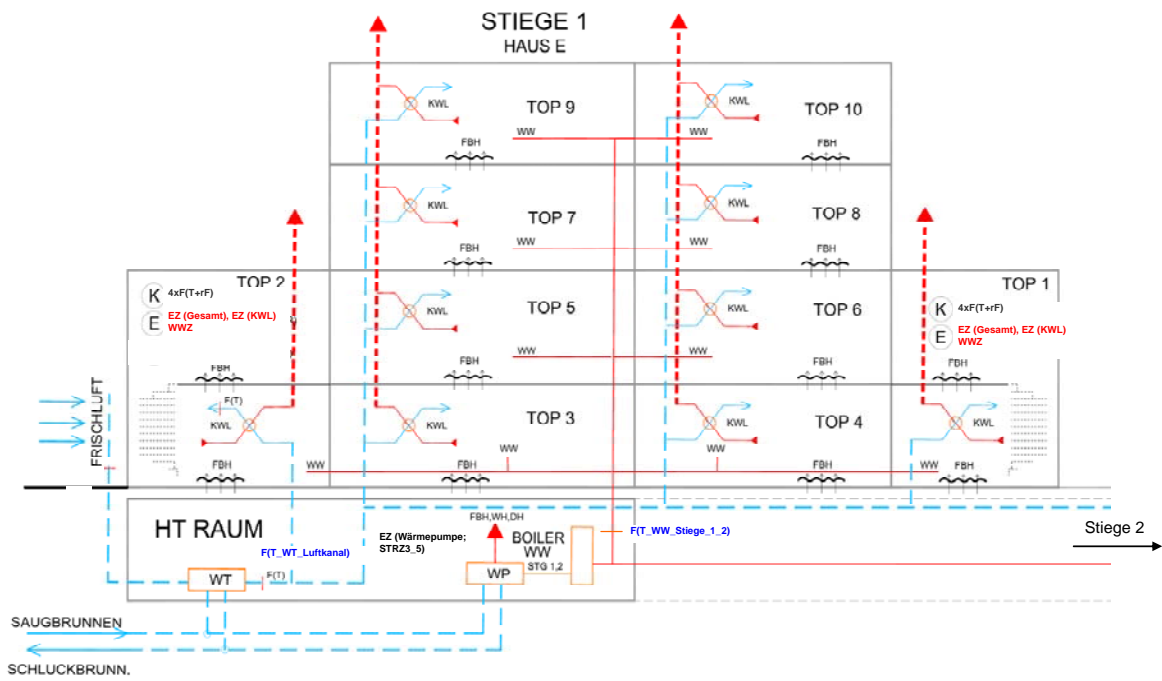


Abbildung 1: Messschema Stiege 1

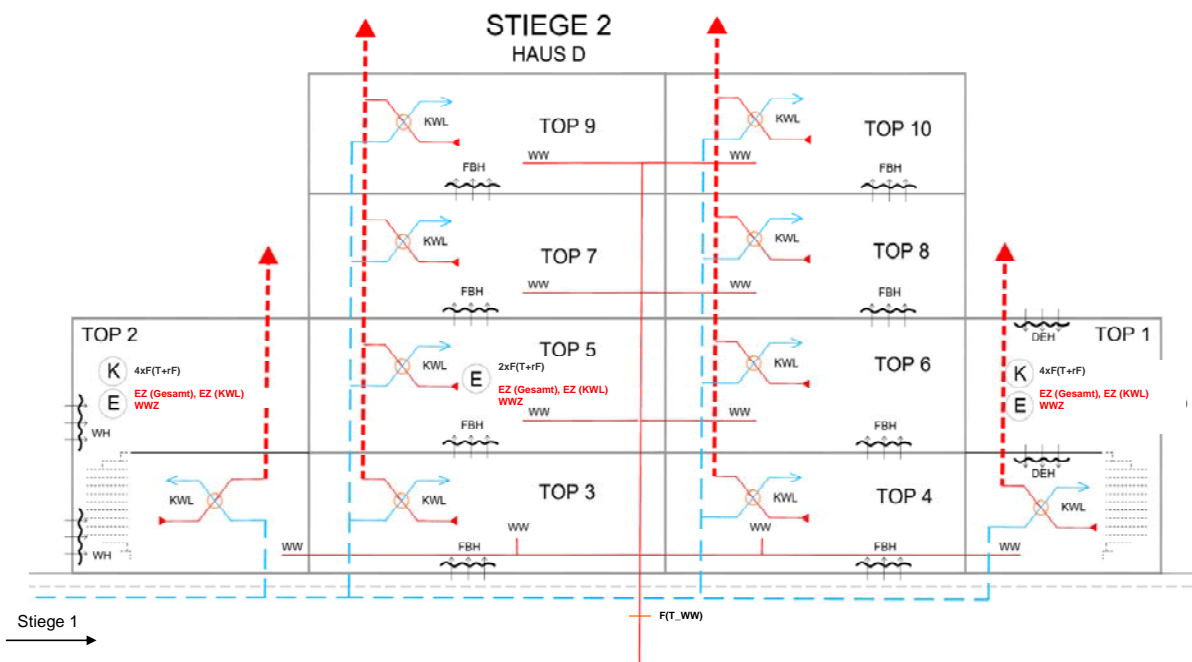


Abbildung 2: Messschema Stiege 2

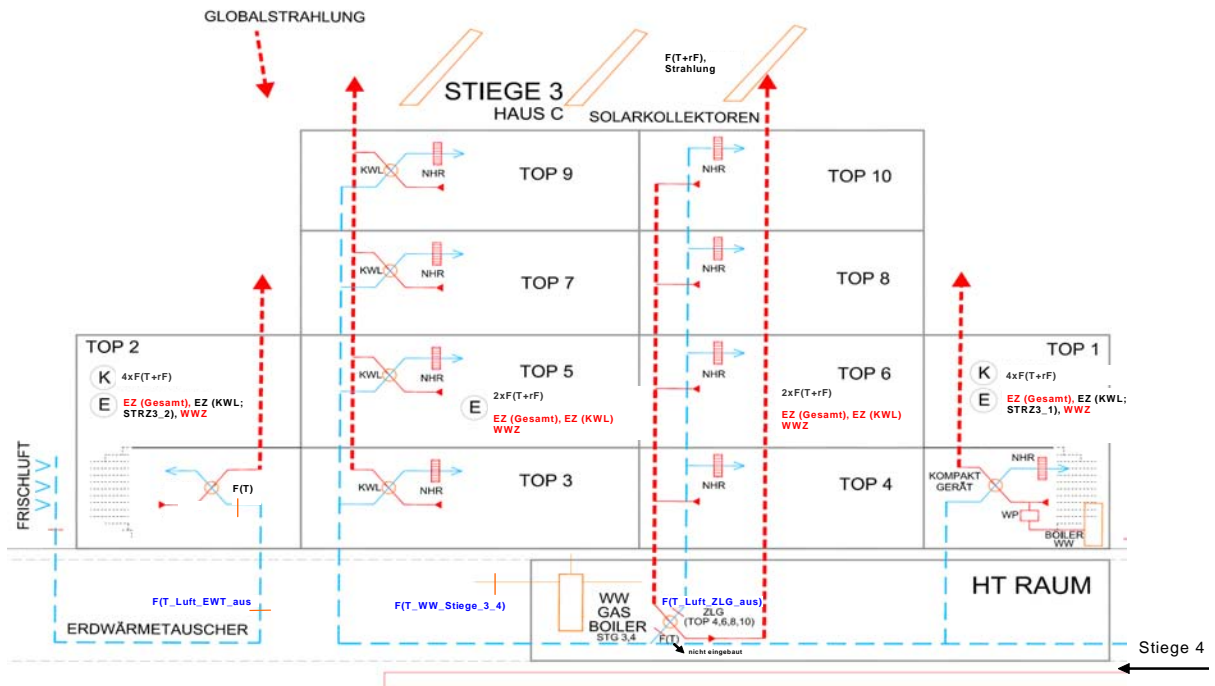


Abbildung 3: Messschema Stiege 3

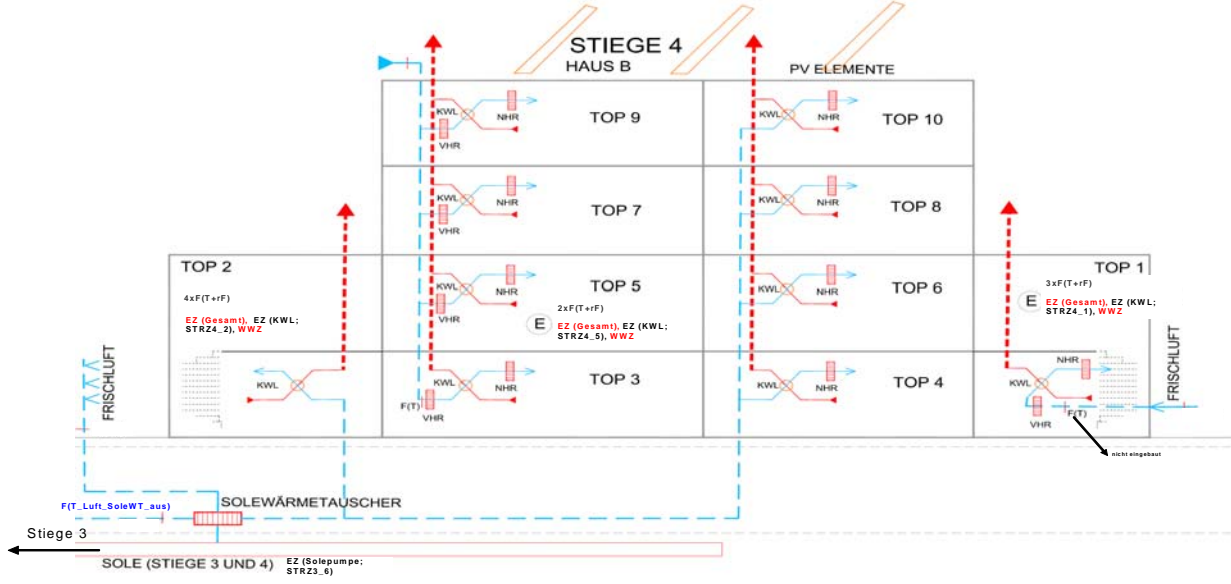


Abbildung 4: Messschema Stiege 4

5.5 Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in den einzelnen Wohnungen

Zur Übersicht sind in den folgenden Abbildungen (Abbildung 5 bis Abbildung 9) im Grundriss der Wohnungen die Temperatur-Feuchte-Sensoren mit den verwendeten Bezeichnungen (Z40, Z17, Z10 ...) dargestellt. Diese Bezeichnungen werden später im Kapitel 5.6.5 bei der Analyse der Raumlufttemperatur und -feuchte verwendet und können so den jeweiligen Positionen im Wohnraum zugeordnet werden.

Stiege 1, 2,3; Top1



Abbildung 5: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP1, Stiege 1,2,3

Stiege 1, 2,3; Top2

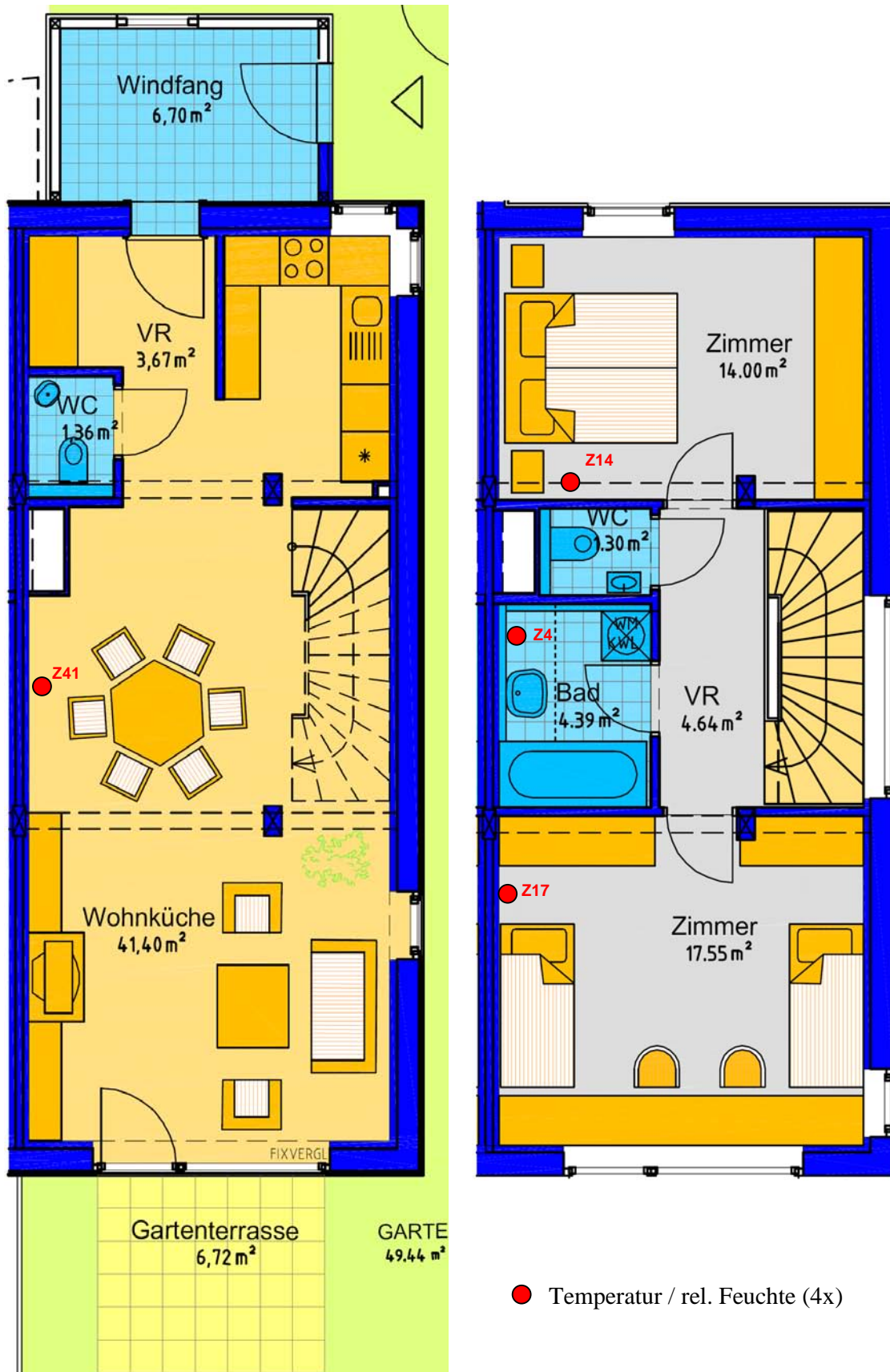


Abbildung 6: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP2, Stiege 1,2,3

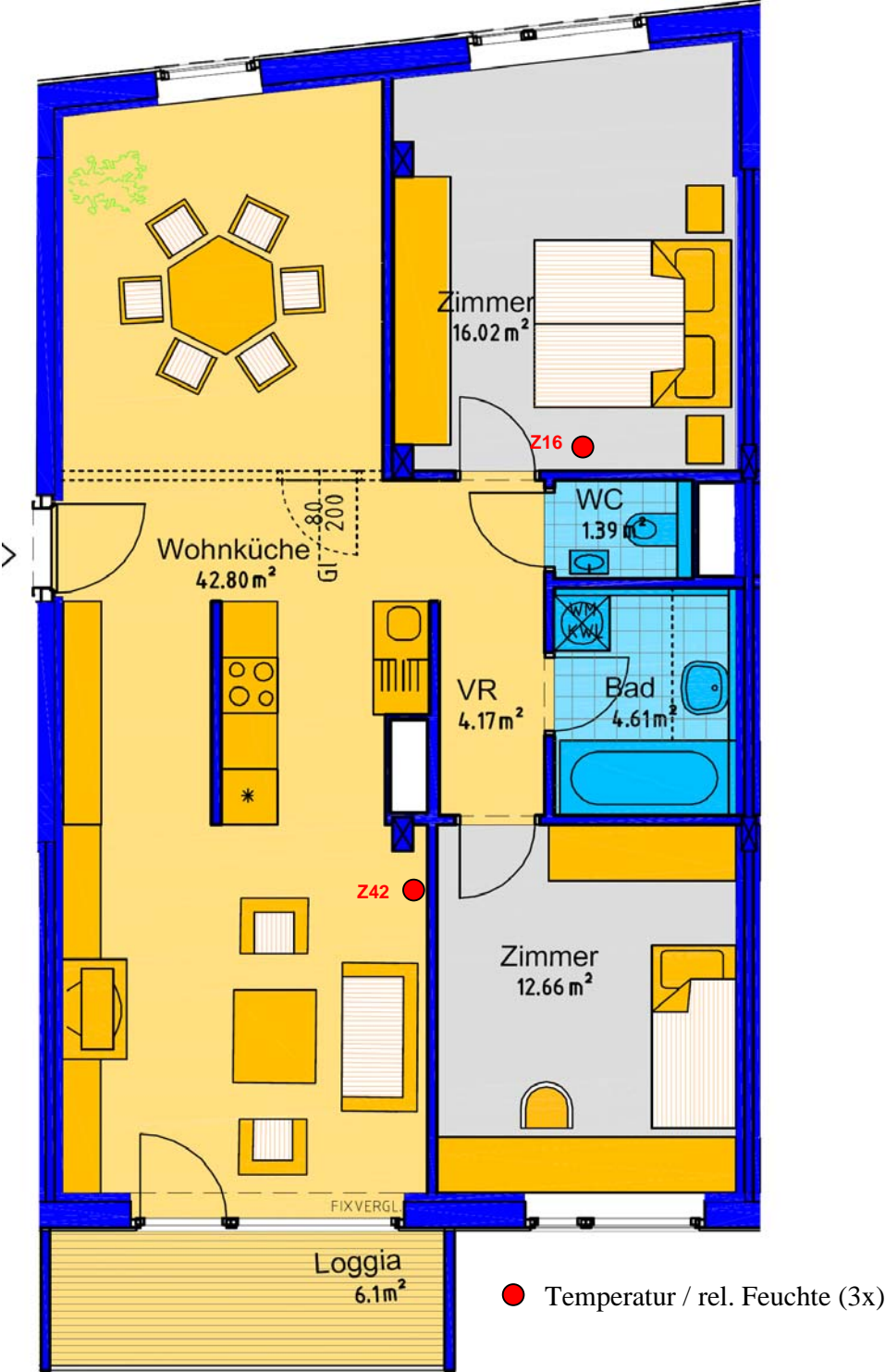
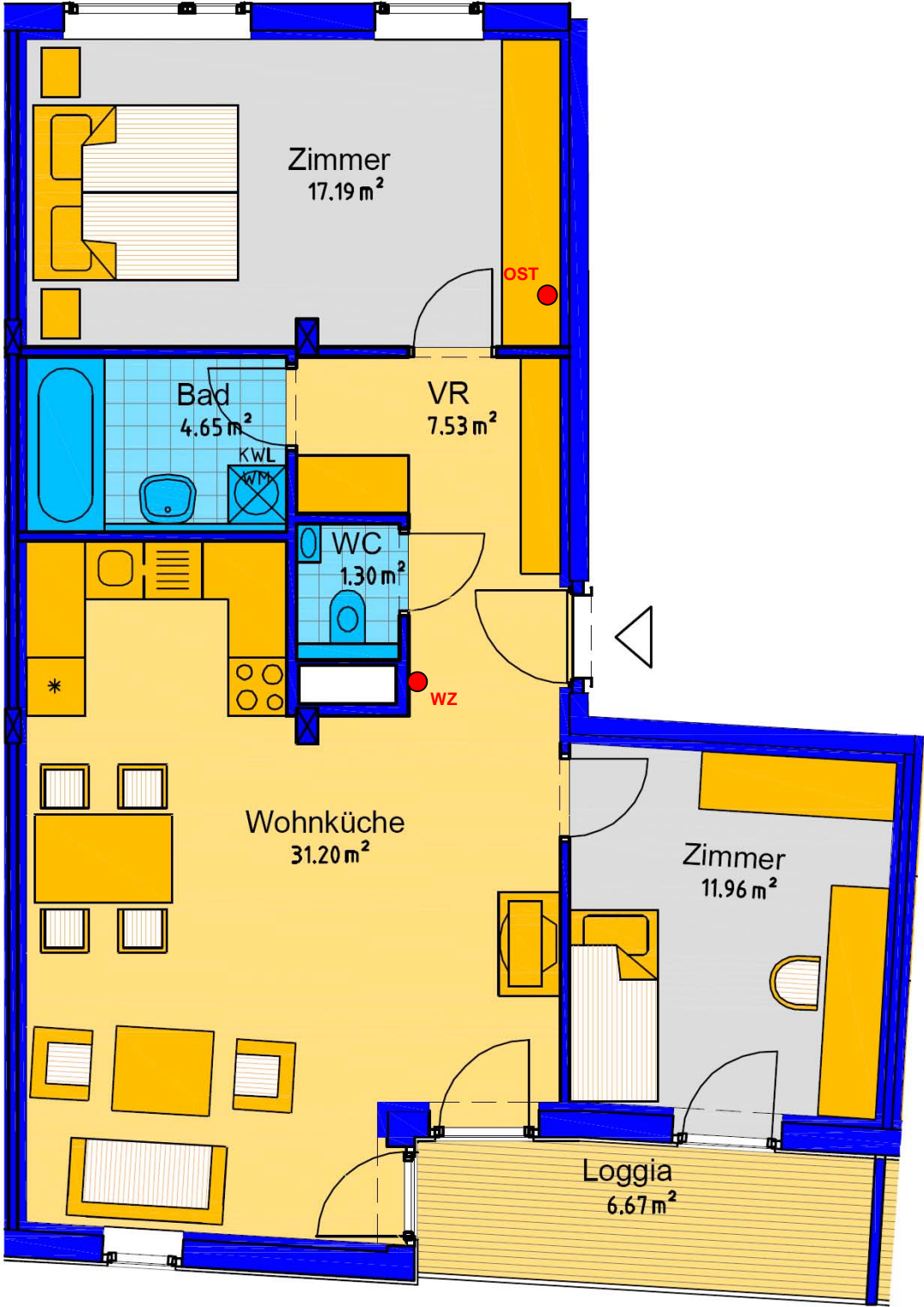


Abbildung 7: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP5, Stiege 2,3,4

Stiege 4; Top1



Abbildung 8: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP1, Stiege 4



● Temperatur / rel. Feuchte (2x)

Abbildung 9: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP6, Stiege 3

5.6 Analyse der Messdaten

5.6.1 Datenlage

5.6.2 Manuell aufgezeichnete Daten

Die manuelle Datenaufzeichnung war wöchentlich vorgesehen und wurde auch größtenteils so durchgeführt. Nur zwischen 16.7.2007 und 30.7.2007 wurde eine Woche nicht abgelesen.

Aufgrund von Unstimmigkeiten der Daten (z.B. aufgezeichnete Werte steigen nicht kontinuierlich an) ergeben sich jedoch in einigen Zeitbereichen Ausfälle. Die fehlenden Werte konnten nicht rekonstruiert werden. Vor allem betrifft das den Warmwasserzähler in Stiege 4 Top 5 (45WWZ), wo realistische Werte erst ab 16.7.2007 vorhanden sind. Auch in Stiege 2 Top 2 ergeben sich größere Lücken in der Warmwasseraufzeichnung im Zeitbereich zwischen 24.9.2007 und 17.12.2007.

Diese Werte mussten und wurden anhand der nächstliegenden Daten logisch rekonstruiert.

Begonnen wurden die manuellen Aufzeichnungen am 29.1.2007 und die letzte Ablesung erfolgte am 13.6.2008. Daher wurde das Kalenderjahr 2007 näherungsweise ausgewertet (siehe Kapitel 5.7.1).

5.6.3 Automatische Datenerfassung

Die Aufzeichnung war für jeden Fühler in einem Zeitintervall von 10 min vorgesehen. Begonnen wurden die Messungen am 8.11.2006 und der Datensatz endet am 24.6.2008. Hier gibt es drei unterschiedliche Möglichkeiten eines Datenausfalls:

1. Im Datensatz kommt der Wert -10000 vor (Datenausfall)
2. Zwischen zwei Messungen kommt es zu einem längeren Intervall als 10 min
3. Die aufgezeichneten Daten sind nicht realistisch

5.6.4 Außenbedingungen

Um die Außenbedingungen darzustellen und zu analysieren, wird das nahezu durchgängig gemessene Jahr 2007 herangezogen. Abbildung 10 zeigt den Jahresverlauf der Globalstrahlung, der relativen Außenluftfeuchte und der Außenlufttemperatur (weitere Abbildungen für die restliche Messdauer befinden sich im Anhang). Es ist zu erkennen, dass in den Sommermonaten durchgehend hohe Strahlungsleistungen gemessen wurden und die maximalen Außenlufttemperaturen vor allem im Juli sehr hoch liegen.

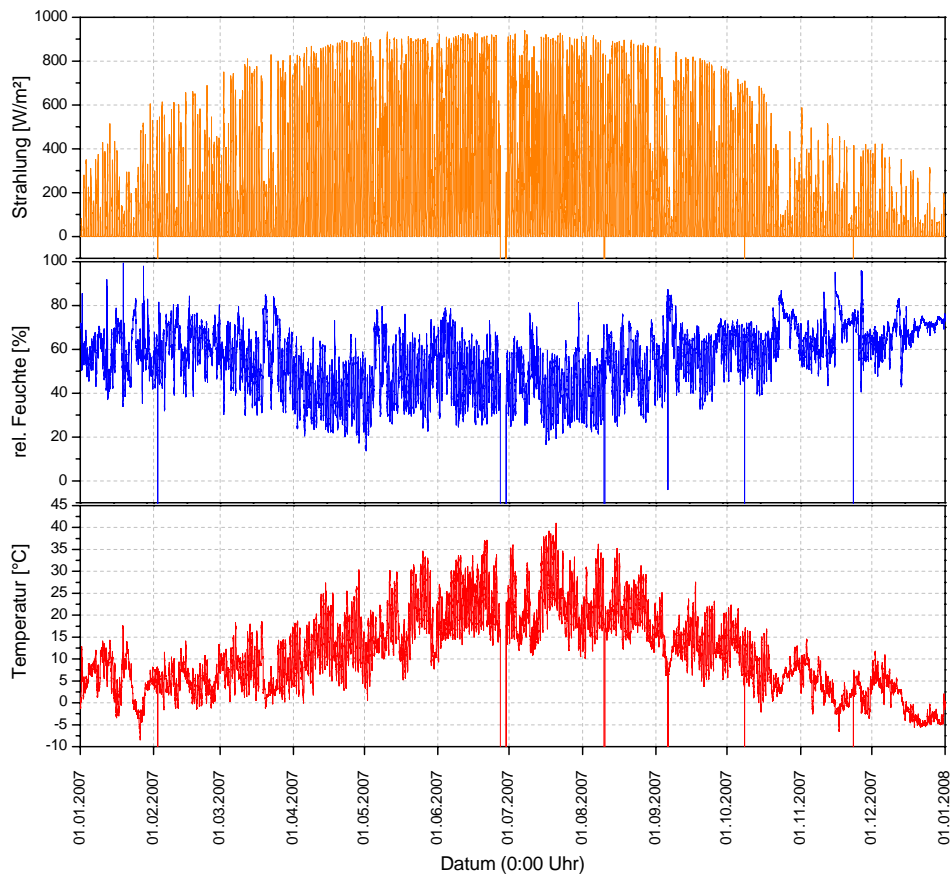
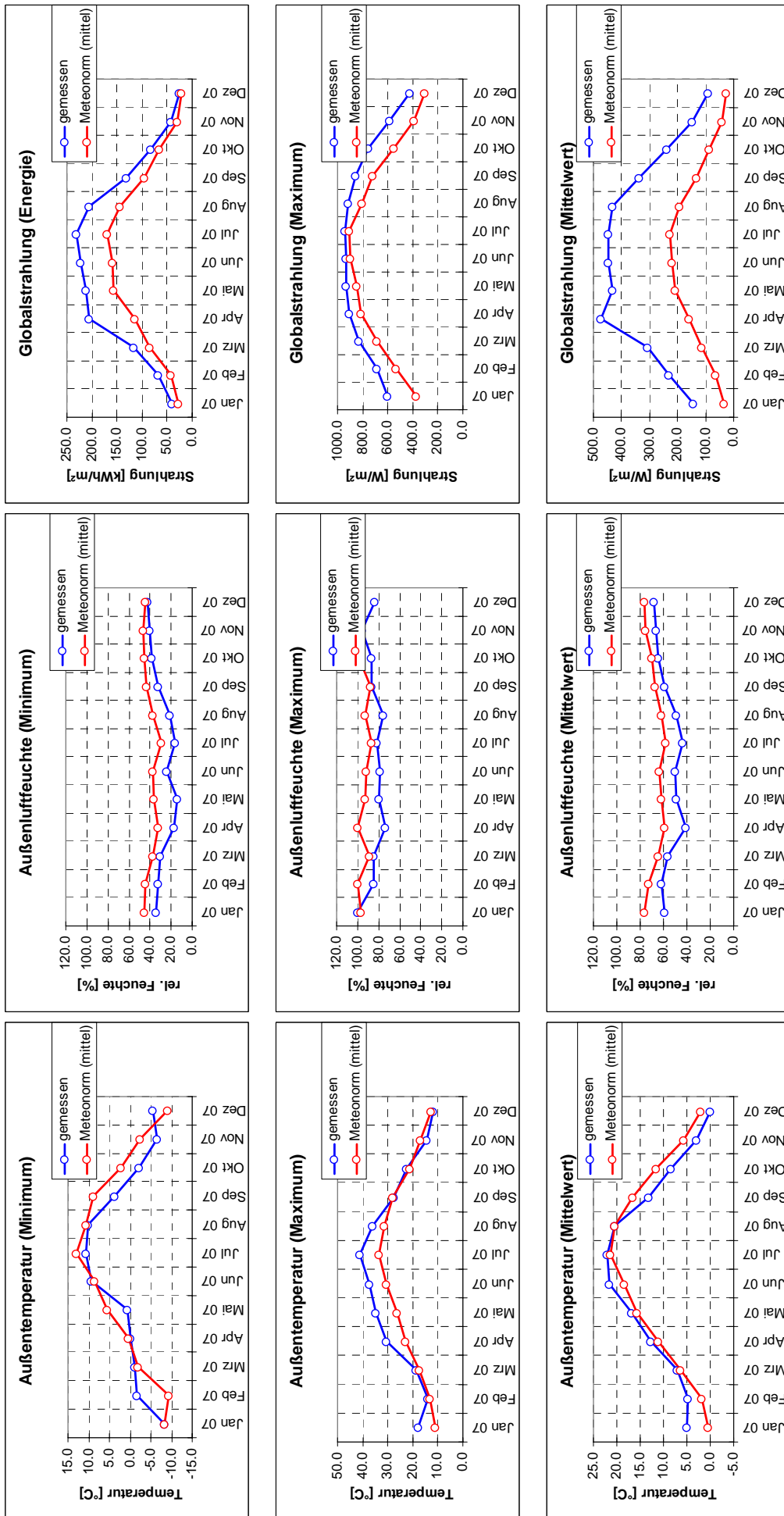


Abbildung 10: Jahresverlauf der gemessenen Globalstrahlung (oben), relative Außenluftfeuchte (Mitte) und Außenlufttemperatur (unten)

Um diese gemessenen Daten beurteilen zu können, wurde mit Hilfe von Meteonorm 5.1 (METEONORM, 2004) ein repräsentativer Wetterdatensatz für Wien mit mittleren Temperatur- und Strahlungswerten basierend auf langjährigen Messdaten generiert und mit den gemessenen Daten verglichen. Abbildung 11 zeigt dazu einen Vergleich der Messung mit den Meteonorm-Daten anhand von Monatswerten (Minimum, Maximum und Mittelwert) für die Außentemperatur und die Außenluftfeuchte, sowie Monatswerte für die Strahlungsenergie und Strahlungsleistung (Maximum und Mittelwert). Die Werte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Minimalwerte und Mittelwerte für die Außentemperatur unterscheiden sich nicht wesentlich. Auffällig ist jedoch die deutliche Abweichung für die Maximalwerte im Zeitbereich April bis Juli, wo die gemessenen Werte um ca. 8 – 10°C über den generierten Daten liegen. Bei der relativen Außenluftfeuchte sind die gemessenen Werte bis auf wenige Ausnahmen immer geringer als die generierten, der Unterschied ist jedoch nicht sehr groß (ca. 5 – 10%).

Abbildung 11: Vergleich der Monatswerte der gemessenen Außenbedingungen mit den generierten Daten aus Meteornorm 5.0



Besonders hoch sind die Unterschiede bei der Globalstrahlung. Die gemessenen Werte liegen immer über den generierten und vor allem für die Strahlungsenergie im Sommer liegen die Werte deutlich darüber.

Tabelle 1: Vergleich der Monatswerte der gemessenen Außenbedingungen mit den generierten Daten aus Meteonorm 5.0

Wien (Messtelle Esslinger Hauptstraße)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
GLOBALSTRAHLUNG													
Maxima, [W/m²]	604.2	688.5	828.9	908.2	932.6	930.2	939.9	915.5	859.4	753.2	587.2	422.4	939.9
Mittelwert, [W/m²]	145.5	230.2	305.2	473.0	432.2	448.1	448.3	430.8	336.3	239.3	146.8	92.8	310.7
Energie, [kWh/m²]	41.2	68.7	117.4	205.8	212.8	222.1	230.7	204.8	131.7	83.4	42.1	24.4	1585.1
LUFTTEMPERATUR													
Minima, [°C]	-8.4	-1.6	-1.3	0.0	0.6	9.3	10.5	10.1	3.8	-2.1	-6.5	-5.6	-8.4
Maxima, [°C]	17.6	14.1	18.5	30.4	34.6	37.1	41.0	36.2	27.6	22.4	14.6	11.8	41.0
Mittelwert, [°C]	5.1	4.7	7.1	12.8	16.8	21.5	22.0	20.5	13.2	8.4	2.9	0.0	11.2
LUFTFEUCHTIGKEIT													
Minima, [%]	34.0	32.0	29.9	17.3	13.7	24.5	16.5	21.4	32.7	38.8	40.4	42.9	13.7
Maxima, [%]	99.4	84.3	85.0	73.2	79.6	78.8	81.3	76.1	87.2	86.8	96.0	83.3	99.4
Mittelwert, [%]	59.3	62.1	56.3	40.6	49.0	50.0	44.0	48.9	59.1	64.9	66.5	68.0	55.7

HEIZGRADTAGE	
HGT 20/12 , [Kh/a]	3049.1
HT 12 , [d/a]	207

Wien (Meteonorm 5; mittel)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
GLOBALSTRAHLUNG													
Maxima, [W/m²]	375.0	532.0	683.0	810.0	845.0	900.0	905.0	808.0	724.0	554.0	388.0	308.0	905.0
Mittelwert, [W/m²]	35.9	63.3	113.4	159.3	210.0	221.3	227.0	194.9	133.8	87.0	41.0	27.4	126.2
Energie, [kWh/m²]	26.7	42.6	84.4	114.7	156.2	159.3	168.9	145.0	96.4	64.7	29.5	20.4	1108.8
LUFTTEMPERATUR													
Minima, [°C]	-8.4	-9.4	-2.0	0.4	5.6	8.6	12.9	10.7	8.8	2.2	-2.5	-9.1	-9.4
Maxima, [°C]	10.9	13.1	17.3	22.7	26.2	30.4	33.5	31.5	27.8	21.2	16.8	12.9	33.5
Mittelwert, [°C]	0.4	1.9	6.3	11.1	15.7	18.4	21.4	20.5	16.6	11.5	5.7	2.0	11.0
LUFTFEUCHTIGKEIT													
Minima, [%]	45.0	44.0	37.0	32.0	36.0	37.0	29.0	37.0	43.0	45.0	46.0	44.0	29.0
Maxima, [%]	97.0	100.0	89.0	100.0	93.0	92.0	87.0	93.0	88.0	99.0	97.0	100.0	100.0
Mittelwert, [%]	75.9	72.8	64.6	59.3	61.9	64.0	58.5	62.0	67.2	70.3	75.2	76.3	67.3

HEIZGRADTAGE	
HGT 20/12 , [Kh/a]	2961.5
HT 12 , [d/a]	189

Im April ist der Wert um fast 100 kWh/m² höher. Der Grund dafür ist, dass es im Jahr 2007 oft längere Schönwetterperioden gab, die die generierten Daten aus Meteonorm nicht aufweisen (siehe Abbildung 12).

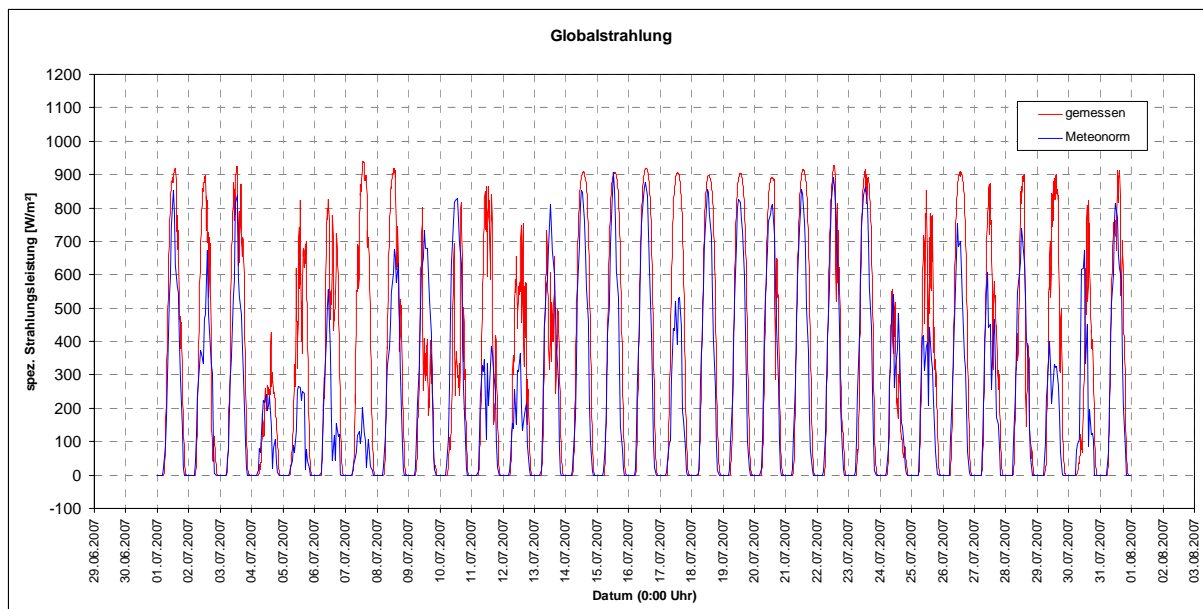


Abbildung 12: Gemessene Globalstrahlung im Juli 2007 im Vergleich zu den mit Meteonorm generierten Daten

Für die gesamte Strahlungsenergie im Jahre 2007 ergeben sich 1585 kWh/m^2 und somit um 476 kWh/m^2 mehr als für den generierten Wetterdatensatz. Zum Vergleich wurde ein vorliegender, von der ZAMG gemessener Wetterdatensatz von Graz für das Jahr 2007 herangezogen. Auch hier ergibt sich ein sehr hoher Wert von 1671 kWh/m^2 im Jahr - also durchaus ein vergleichbarer Wert. Für die Heizgradtage und die Heiztage ergeben sich für die gemessenen Daten höhere Werte als für die generierten (siehe Tabelle 1). Dies lässt sich dadurch erklären, dass die gemessenen Außentemperaturen von September bis Dezember 2007 deutlich unter den generierten Außentemperaturen liegen.

5.6.5 Raumlufthtemperatur und relative Raumlufffeuchte

Die Behaglichkeit im Innenraum hängt unter anderem auch von der Raumlufthtemperatur und der relativen Raumlufffeuchte ab. Um diese Parameter bewerten zu können, wurden in verschiedenen Wohnungen an verschiedenen Punkten Fühler installiert (siehe Kapitel 5.4), die über den angegebenen Zeitbereich diese Werte aufgenommen haben. Behaglich werden Temperaturen in etwa zwischen 20 und 26°C und relative Raumlufffeuchten zwischen ungefähr 40% und 60% empfunden (dies sind sehr grobe Richtwerte; für nähere Informationen siehe (Recknagel et al., 2007) Kapitel 3.3).

Um die gemessenen Werte beurteilen zu können, werden hier nun einige vergleichende Darstellungen diskutiert.

Die Werte bewegen sich für die Temperaturen mit Ausnahme vom Wohnzimmer (Z40) in Stiege 1 in den Wintermonaten deutlich über 20°C . In manchen Räumen liegen die Werte teilweise auf knapp über 25°C . Damit sind zumindest die Monatsmittelwerte der Raumlufthtemperaturen in den Wohnungen für die betrachteten Messpunkte im Winter immer im Behaglichkeitsbereich zu finden. In den meisten Fällen scheint jedoch ein Temperaturbereich von 22 bis 25°C bevorzugt zu werden, was vor allem für die Schlafzimmer (Z10, Z13 und Z17) relativ hoch erscheint. Der kälteste Monat (Dezember 2007) ist in Abbildung 13 im Detail für das Wohnzimmer in Top1 Stiege 1 und 2 dargestellt. Zum Vergleich ist auch die Außenlufttemperatur eingezeichnet.

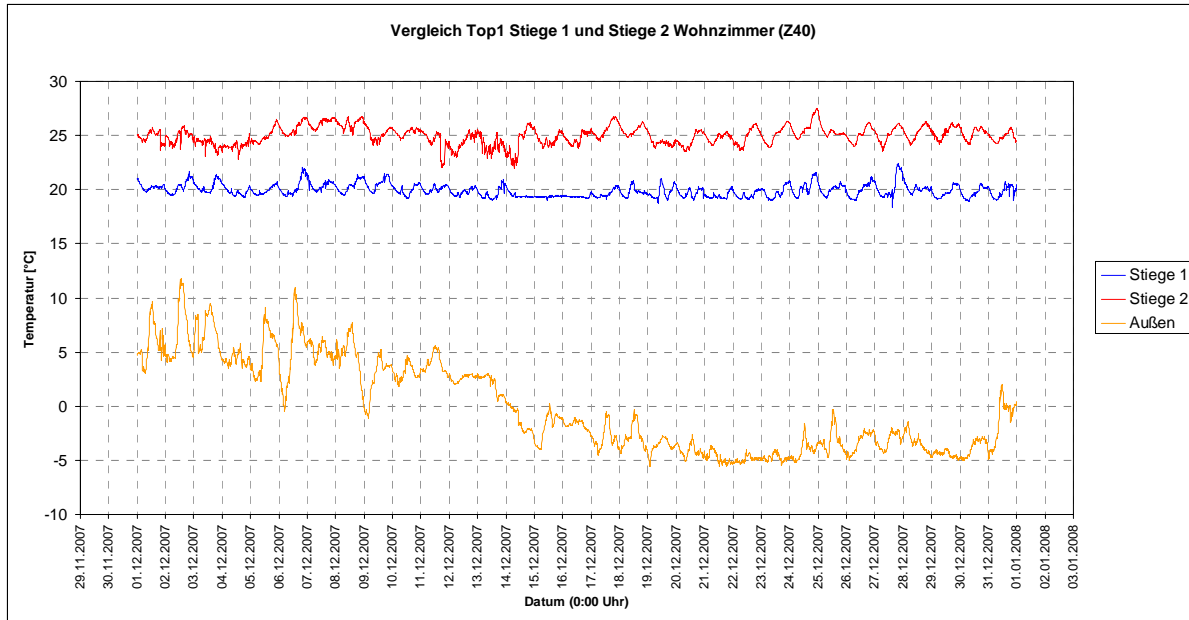


Abbildung 13: Vergleich der Raumlufthtemperatur im Wohnzimmer von Top1 in Stiege 1 und 4 im Dezember 2007

Deutlich zu erkennen ist, dass die Temperatur in beiden Wohnzimmern nur sehr wenig schwankt. Eine deutliche Nachtabsenkung ist in keinem der beiden gezeigten Fälle zu sehen. Mitte des Monats herrscht in Stiege 1 über drei Tage eine sehr konstante Temperatur, was auf Abwesenheit der Bewohner hindeutet. Aber auch hier wird die Temperatur nur bis ca. 19°C abgesenkt. Die Werte schwanken nur wenig für Stiege 2 um den Wert 25°C und für Stiege 1 um den Wert 20°C.

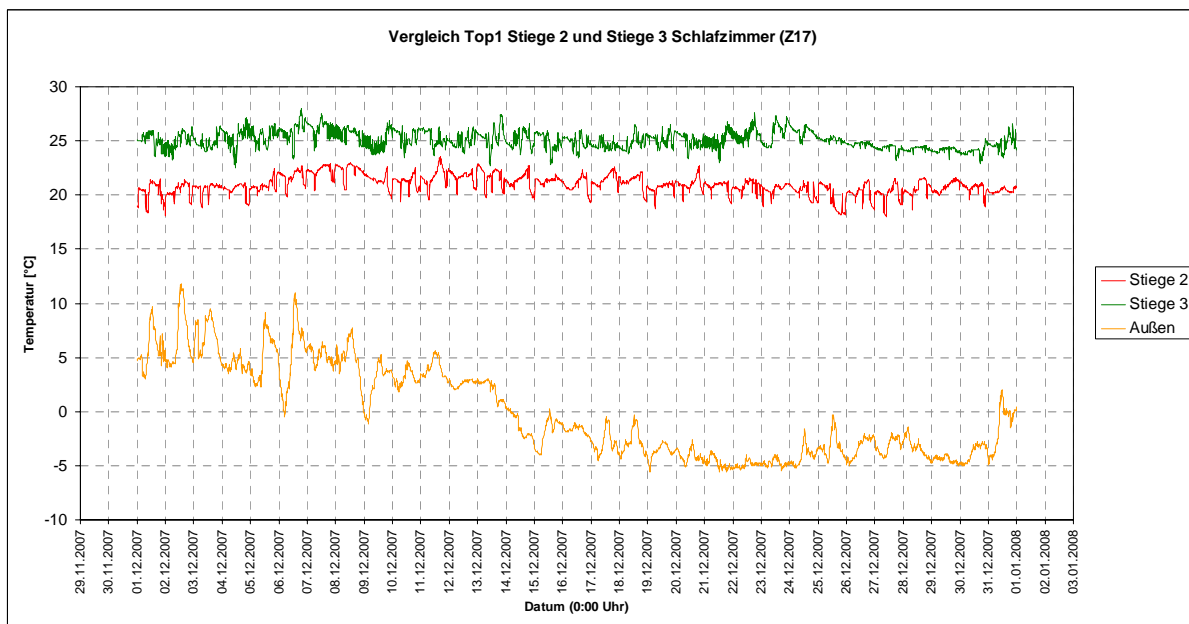


Abbildung 14: Vergleich der Raumlufthtemperatur im Schlafzimmer von Top1 in Stiege 2 und 3 im Dezember 2007

Auch das Beispiel für die Schlafzimmer in Abbildung 14 für Top1 in Stiege 2 und 3 zeigt eine relativ geringe Schwankung der Temperatur. Der eher gleichmäßige Temperaturverlauf in Stiege 3 in den letzten Tagen des Monats deutet wieder auf Abwesenheit der Bewohner hin, die Temperatur fällt aber in diesem Zeitbereich nicht unter 23°C. Die deutlichen aber kurzen Temperaturabsenkungen bei den Werten für Stiege 2 deuten auf erhöhten Luftwechsel (eventuell durch Fensterlüftung) hin. Bei den Werten für Stiege 3 lassen sich solche Temperaturabsenkungen kaum erkennen, was vermuten lässt, dass hier wenig über die Fenster gelüftet wurde.

Dass es Bewohner gibt, die die Temperatur während einer Abwesenheit auch deutlich absenken, zeigt als Beispiel Abbildung 15. Diese Absenkung während der letzten Tage im Dezember 2007 führt auch zu einem deutlich geringeren Monatsmittelwert der Raumlufthtemperatur.

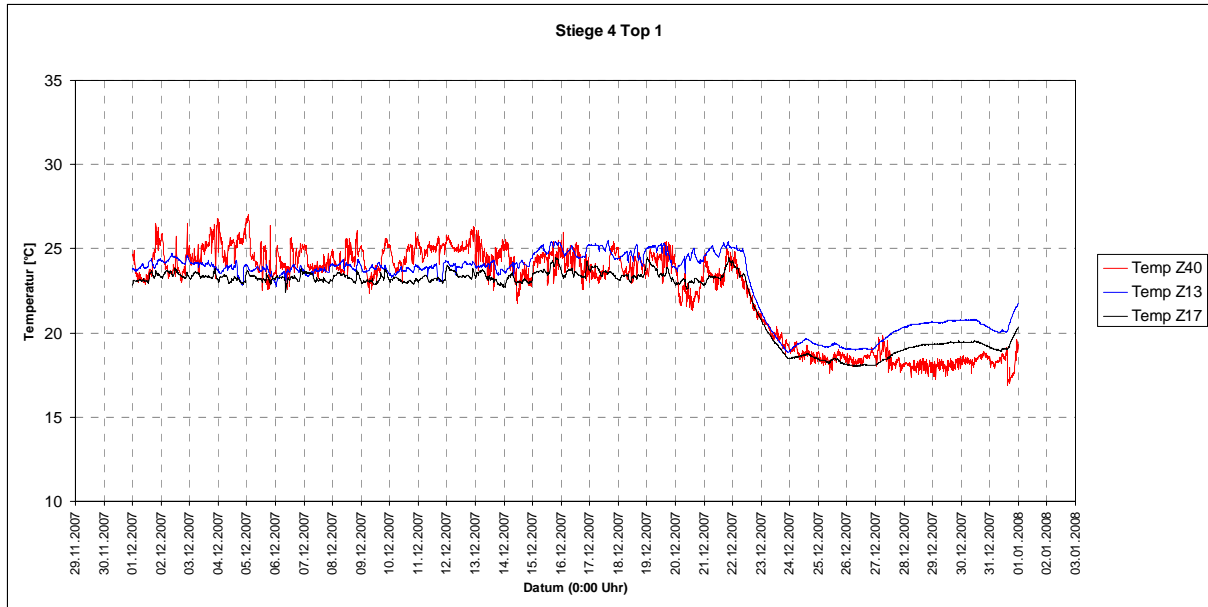


Abbildung 15: Raumlufttemperaturen in Stiege 4 Top 1 für alle Messpunkte

Für die Wintermonate liegen die Mittelwerte auch für alle anderen Messpunkte bis auf wenige Ausnahmen im behaglichen Bereich. In den Sommermonaten überschreiten die Monatsmittelwerte den Behaglichkeitsbereich teilweise um 3 bis 4°C. Die Maximaltemperaturen in diesen Monaten überschreiten dabei an einigen Messpunkten die 30°C Grenze deutlich.

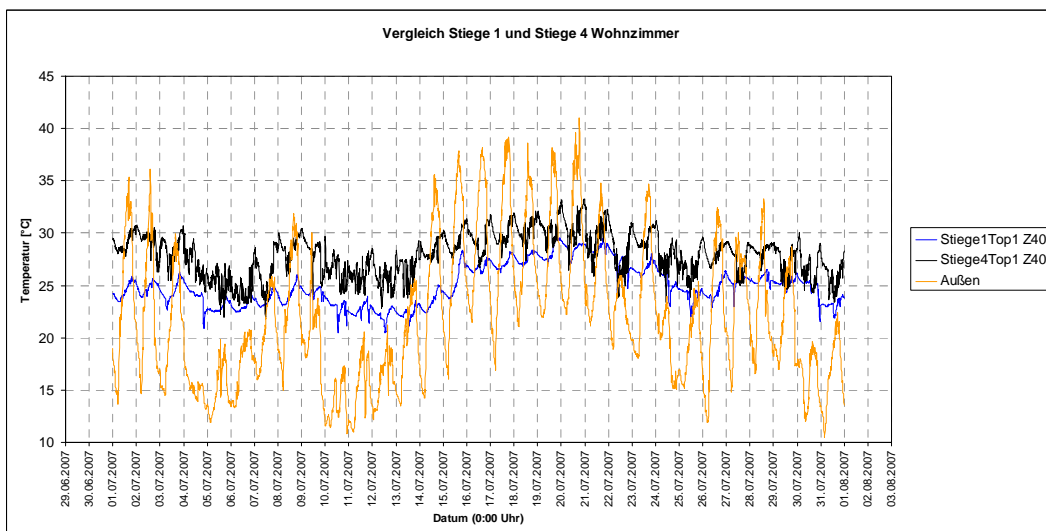


Abbildung 16: Vergleich der Raumlufttemperatur im Wohnzimmer von Top1 in Stiege 1 und 4 im Juli 2007

Abbildung 16 zeigt einen detaillierten Vergleich der Außenlufttemperatur mit der Raumlufttemperatur im Wohnzimmer von Top1 in Stiege 1 und 4 für den Juli 2007, in dem die höchste Außenlufttemperatur im Jahr am 20. Juli mit knapp 41°C gemessen wurde. Deutlich zu sehen ist, dass in diesem Zeitbereich die Raumlufttemperaturen weit über den Behaglichkeitsbereich (26°C) steigen. In Stiege 4 an diesem heißen Tag auf etwas mehr als 33°C.

In Stiege 1 steigt sie jedoch nur auf knapp 29°C, was zeigt, dass Potential vorhanden ist, die Raumlufttemperatur niedriger zu halten (möglicherweise auch durch gezieltes Nutzerverhalten). Die Abkühlung der Außenluft in den Nachtstunden kann – wahrscheinlich aus baulichen Gründen (Fenster im Erdgeschoß werden wegen Einbruchgefahr nicht geöffnet) – nicht vollständig für eine Abkühlung im Innenraum genutzt werden.

Die Analyse der Messdaten der Zentralen Haustechnik zeigt, dass die Abluftwärmerückgewinnung des zentralen Lüftungsgerätes in Stiege 3 (Top 4, 6, 8,10) auch während der Sommermonate aktiviert war (siehe Kapitel 5.7.5). Dies bewirkt ein Wieder-Aufheizen der eigentlich kühleren Frischluft (Vorkühlung über Solewärmetauscher etc.) über die wärmere Abluft aus den Wohnungen. Auch die Messdaten des Stromverbrauches der dezentralen Einzellüftungsgeräte zeigen einen über das gesamte Jahr ungefähr konstanten Stromverbrauch. Dies weist darauf hin, dass auch im Sommer sowohl der Zuluft- als auch der Abluft-Ventilator in Betrieb waren. Hier wäre ein reiner Zuluft-Betrieb empfehlenswert (siehe Kapitel 9.2).

Während die Außenlufttemperatur in der Nacht teilweise auf deutlich unter 20°C abkühlt, bleiben die Raumlufttemperaturen durchgehend auf über 25°C. Die geringeren Maximaltemperaturen in Stiege 1 - vor allem an den heißen Tagen in der Mitte des Monats – deuten darauf hin, dass hier häufiger Verschattungseinrichtungen eingesetzt wurden als in Stiege 4.

Abbildung 17 zeigt den Temperaturverlauf in Top 1 Stiege 2 und 3 in einem Schlafzimmer. Die tieferen Raumlufttemperaturen lassen vermuten, dass hier mit gezielter Nachtlüftung (Erhöhung des Luftwechsels über geöffnete Fenster) gearbeitet wurde. Vor allem an den sehr heißen Tagen sieht man einen deutlichen Temperaturrückgang in den Nachtstunden.

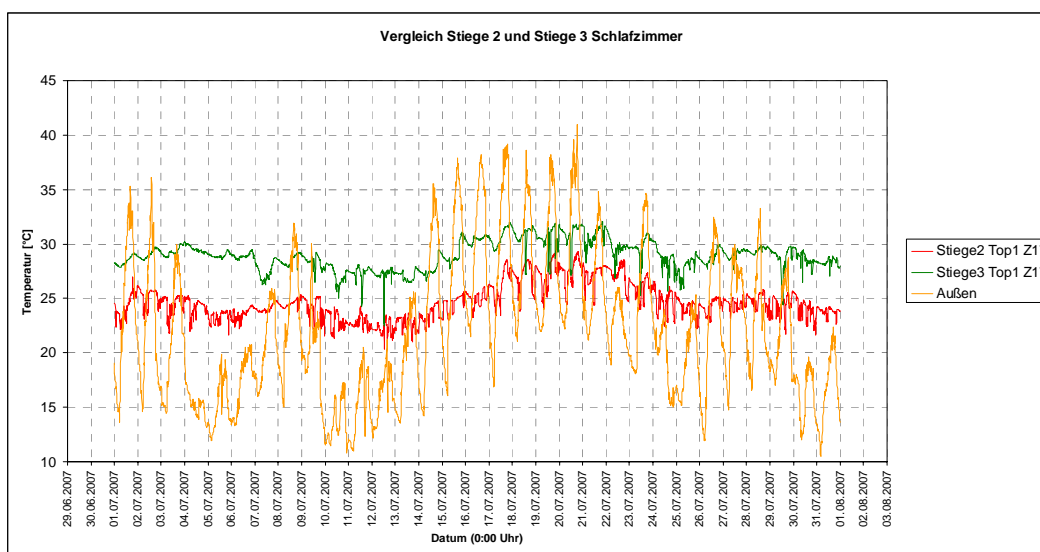


Abbildung 17: Vergleich der Raumlufttemperatur im Schlafzimmer von Top1 in Stiege 2 und 3 im Juli 2007

Wie bereits erwähnt liegt der behagliche Bereich in etwa zwischen 40% und 60%. In der Literatur wird manchmal auch eine empfohlene Untergrenze von 30% angegeben, obwohl dafür keine sicheren Erkenntnisse vorliegen (Recknagel et al., 2007). Sieht man sich die Monatsmittelwerte der gemessenen Raumluftfeuchte an, so erkennt man, dass nahezu das ganze Jahr die 40% Grenze nicht überschritten, sondern meist nur annähernd in den Sommermonaten erreicht wird. Für die meisten Messpunkte liegen die Werte in den Wintermonaten deutlich unter 30% in manchen Fällen sogar unter 20%.

Die Erklärung für diese niedrigen Werte ist, dass kalte Außenluft durch Lüften in den Raum gebracht und auf Raumtemperatur (ca. 20°C) erwärmt wird. Zum Beispiel ergibt sich bei Außenbedingungen von -5°C und 90% rel. Feuchte bei Aufwärmen auf 20°C eine relative Luftfeuchte von nur ca. 18%. Je höher nun die zugeführte Außenluftmenge, desto geringer wird die sich im Innenraum einstellende relative Raumluftfeuchte. Sind innere Feuchtequellen vorhanden wird der Wert für die Raumluftfeuchte etwas höher sein.

Die Höhe der relativen Raumluftfeuchtigkeit in Innenräumen hängt also von folgenden beiden Einflussgrößen entscheidend ab:

- der Intensität der inneren Feuchtequellen (z.B. Pflanzen, Kochen, Wäschetrocknen,...)
- der Menge der zugeführten Frischluft von außen (Luftwechselzahl)

Die Raumluftfeuchte kann also in den Wintermonaten durch Verringern des Luftwechsels oder durch Steigern der internen Feuchtequellen erhöht werden.

Eine Außenluftmenge von 20 m³/h je Person reicht für eine akzeptable Innenlufthygiene erfahrungsgemäß immer noch aus (vgl. http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Lueftung_Luftfeuchte.html,

21.08.2008) und mit diesem reduzierten Luftwechsel kann die Raumlufffeuchte deutlich gesteigert werden.

Ist die Beheizung der Wohnräume jedoch über die Lüftung realisiert, kann der Luftwechsel manchmal nicht so weit reduziert werden, da sonst die nötige Leistung zur Beheizung nicht zur Verfügung gestellt werden kann. Dies führt daher zu geringeren Raumlufffeuchten und die einzige Maßnahme ist, die Intensität der inneren Feuchtequellen zu erhöhen.

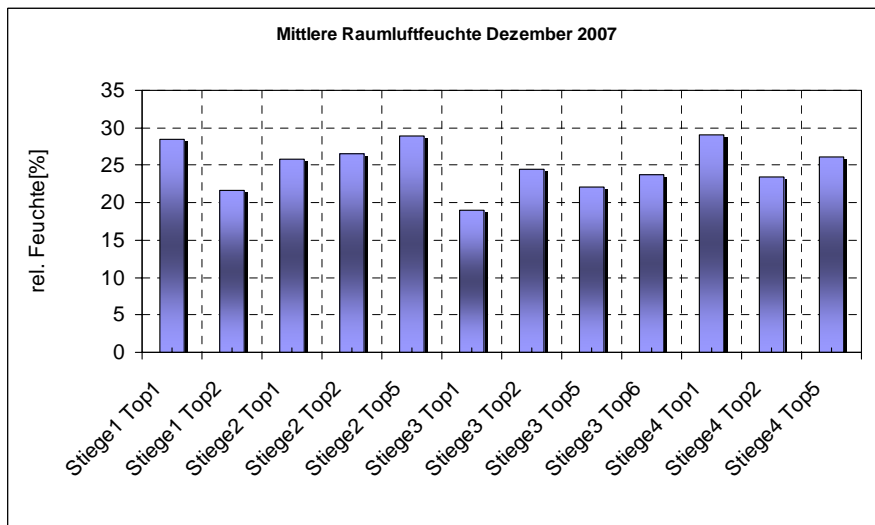


Abbildung 18: Mittlere Raumlufffeuchte im Dezember 2007 in allen mit Messfühlern ausgestatteten Wohnungen

Abbildung 18 zeigt die über alle Messpunkte in den einzelnen Wohnungen gemittelten Raumlufffeuchten im kältesten Monate (Dezember 2007). Der Monatsmittelwert der Außenlufttemperatur lag bei 0°C und der relativen Außenluftfeuchte bei 68%. Tendenziell zeigen die Wohnungen in denen die Heizung nicht über die Lüftung realisiert wurde (Stiege 1 und 2) höhere Werte für die Raumlufffeuchte als jene Wohnungen, in denen über die Lüftung geheizt wird (Stiege 3 und 4) Es muss aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Unterschiede hier sehr gering sind, sich möglicherweise auch auf andere Mechanismen (z.B. Nutzerverhalten) zurückführen lassen und es auch Ausnahmen gibt.

Die Ausnahme für die Wohnungen bei denen nicht über die Lüftung geheizt wird, bildet Stiege 1 Top 2 (siehe Abbildung 18). Hier ist die Raumlufffeuchte sehr gering. Sieht man sich den Temperaturverlauf in dieser Wohnung für den Dezember 2007 näher an (Abbildung 19), erkennt man häufige Temperaturschwankungen, die auf erhöhten Luftwechsel (möglicherweise Fensterlüftung) hindeuten. Dieser hohe Luftwechsel kann zu einer geringen Raumlufffeuchte führen.

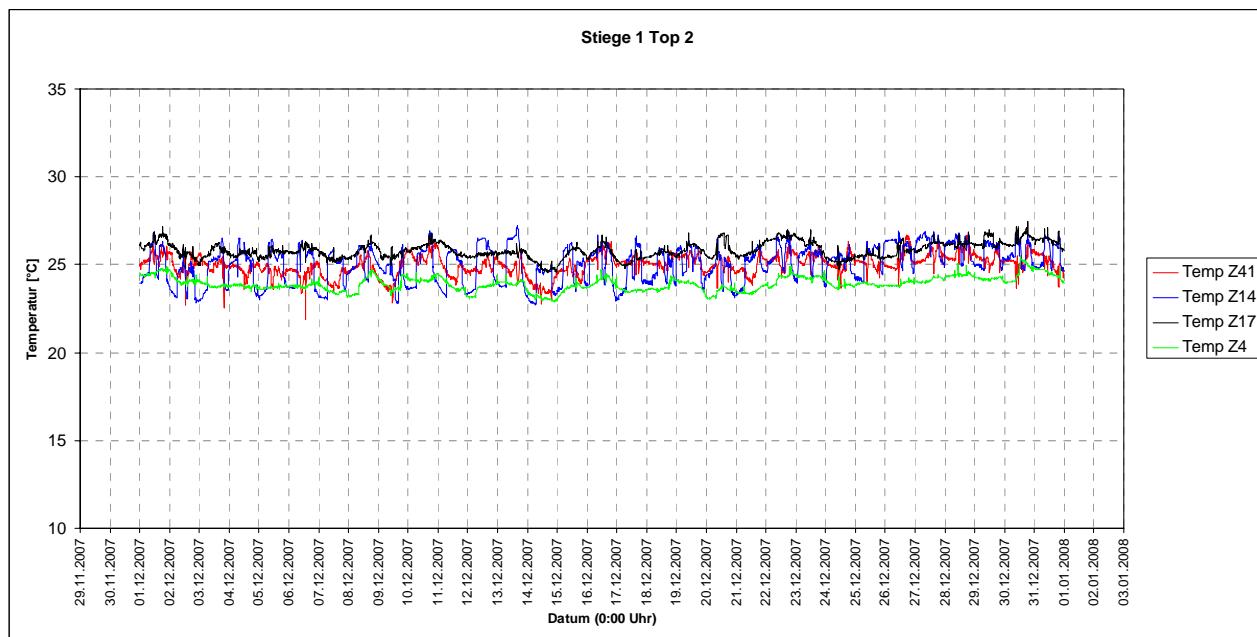


Abbildung 19: Temperaturverlauf in der Wohnung Stiege 1 Top 2 im Dezember 2007

Hohe Werte der Raumlufffeuchte sind wahrscheinlich auf geeignete Maßnahmen (Reduktion des Luftwechsels oder Erhöhung der Intensität der inneren Feuchtequellen) zurückzuführen. Vor allem in der Wohnung Stiege 4 Top 1 deuten die hohen Werte für die Raumlufffeuchte darauf hin, dass hier die inneren Feuchtequellen verstärkt wurden, wobei auch die geringen kurzfristigen Temperaturschwankungen in dieser Wohnung (siehe Abbildung 15) vermuten lassen, dass kaum über die Fenster gelüftet wurde.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Werte für die Raumlufftemperatur größtenteils im Bereich der Behaglichkeit liegen, wobei in den Wintermonaten ein relativ hohes Temperaturniveau (über 22°C) vorliegt. Die gemessene Raumlufffeuchte liegt in den Wintermonaten für die meisten Messpunkte deutlich unter der Behaglichkeitsgrenze, was durch geeignete Maßnahmen (Reduktion des Luftwechsels, Erhöhung der Intensität innerer Feuchtequellen) verbessert werden könnte.

5.7 Energetische Auswertung

5.7.1 Auswertungszeitraum

Da die Daten der diversen Zähler erst ab Ende Jänner 2007 vorliegen, ist eine Auswertung über ein volles Kalenderjahr mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht möglich. Um dennoch Aussagen über den Jahresverbrauch treffen zu können, wurde für die Auswertung der Zeitraum vom 01.02.2007 bis 31.01.2008 gewählt. Dies wird als zulässig angesehen, da die Daten des Außenklimas im Jänner 2007 und Jänner 2008 ähnliche Werte aufweisen.

5.7.2 Warmwasserverbrauch

Der Warmwasserverbrauch wurde in allen vermessenen Wohnungen außer Stiege 3 Top 1 einmal pro Woche manuell abgelesen. Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch pro Tag in Liter in den einzelnen Wohnungen im Jahr 2007 ist in Abbildung 20 dargestellt. Die gemessenen Werte weisen eine Bandbreite zwischen ca. 27 und 145 Liter pro Tag auf. Da nicht bekannt ist, wie viele Personen in den einzelnen Wohnungen wohnen, können leider keine Aussagen über den durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch getroffen werden.

Nimmt man eine über das Jahr konstante Kaltwassertemperatur von 10°C und eine Warmwassertemperatur von 45°C an, ergeben sich die in Abbildung 21 dargestellten Werte für den jährlichen Warmwasser-Energieverbrauch pro m² Wohnfläche in den einzelnen Wohnungen. Da sich auch hier eine große Bandbreite an Werten ergibt, kann davon ausgegangen werden, dass große Unterschiede bzgl. der Personenbelegung der einzelnen Wohnungen (m²/Pers.) vorliegen.

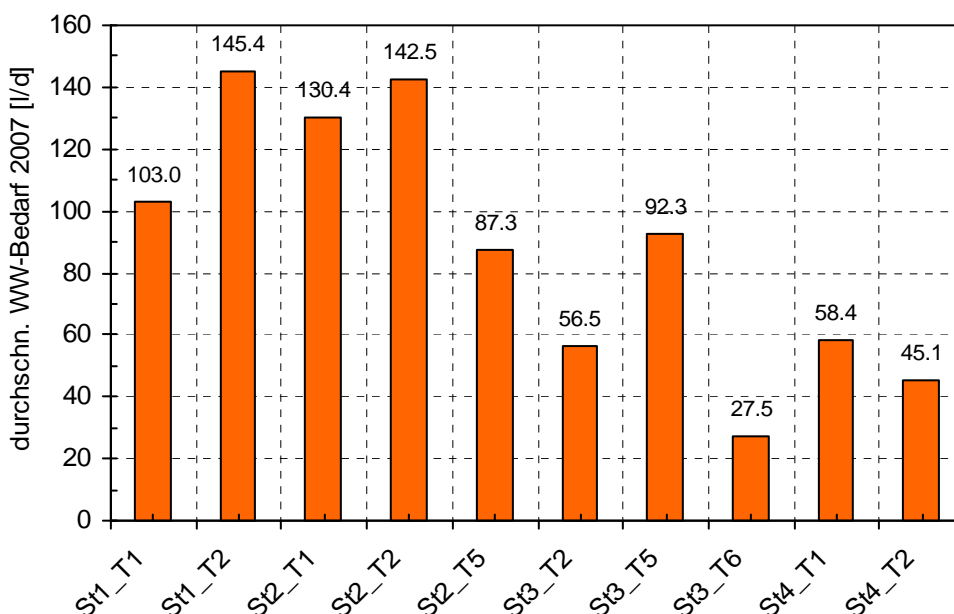


Abbildung 20: Durchschnittlicher Warmwasserbedarf pro Tag [l/d] im Jahr 2007

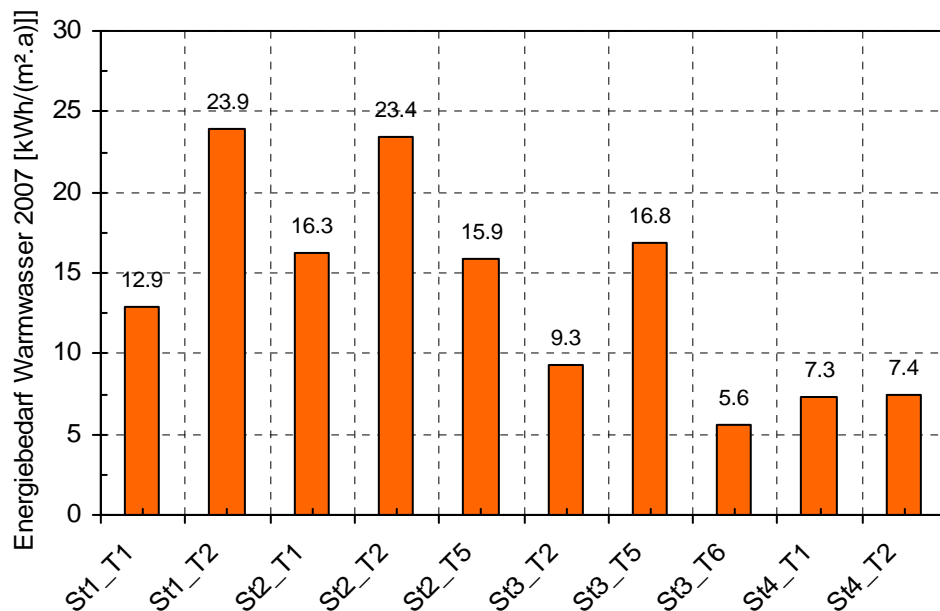


Abbildung 21: Spez. Energiebedarf für Warmwasser [kWh/(m².a)] im Jahr 2007

5.7.3 Stromverbrauch (Haushaltsstrom)

Der Haushalts-Stromverbrauch in den einzelnen Wohnungen wurde ebenfalls manuell abgelesen. Der Stromverbrauch im Jahr 2007 ist in Abbildung 22 dargestellt. Abbildung 23 zeigt den spez. Stromverbrauch pro m² Wohnfläche in den Wohnungen.

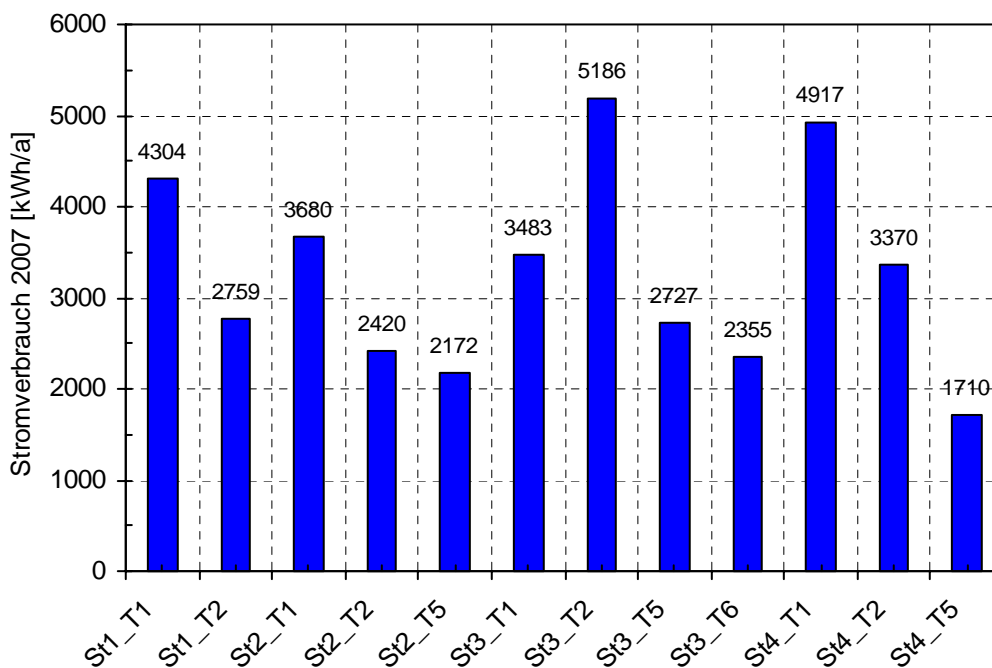


Abbildung 22: Stromverbrauch (Haushaltsstrom) im Jahr 2007 [kWh/a]

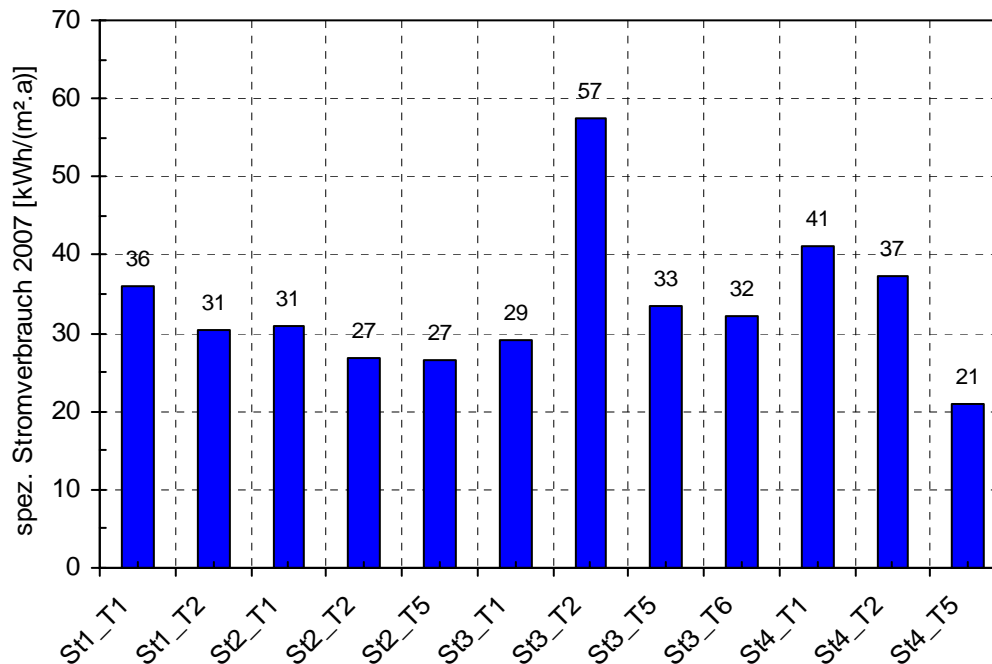


Abbildung 23: Spez. Stromverbrauch (Haushaltsstrom) im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]

5.7.4 Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL)

Der Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung wurde in allen vermessenen Wohnungen mit dezentralen Einzellüftungsgeräten separat erfasst. Dabei wurde der Verbrauch des jeweiligen Gerätes samt allen Einbauten, d.h. inkl. eventuell vorhandener elektrischer Vor- oder Nachheizregister gemessen.

Abbildung 24 zeigt den spez. Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung im Jahr 2007 in allen Wohnungen, in denen keine elektrischen Heizregister in den dezentralen Einzellüftungsgeräten vorhanden sind. D.h. hier beschränkt sich der Stromverbrauch auf den Stromverbrauch der Ventilatoren und der Regelung. Im Mittel ergibt sich ein spez. Stromverbrauch von 6,2 kWh/(m².a). Die relativ hohen Werte erklären sich dadurch, dass die Lüftung in allen Wohnungen das ganze Jahr über mit beiden Ventilatoren (Zuluft und Abluft) betrieben wurde. Über die Luftwechselzahlen in den einzelnen Wohnungen ist aufgrund der Daten aber keine Aussage möglich.

Der Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung in den Wohnungen mit dezentralen Einzellüftungsgeräten mit einem elektr. Nachheizregister (NHR) bzw. Vorheizregister (VHR) ist in Abbildung 25 dargestellt. Die Werte mit der Kennzeichnung „incl. KWL“ stellen den gemessenen Gesamt-Stromverbrauch des dezentralen Einzellüftungsgerätes dar. Eine Ausnahme bildet dabei Top 6 in Stiege 3 (St3_T6). Hier ist kein dezentrales Einzellüftungsgerät vorhanden, die Luftzufuhr erfolgt über ein zentral im Keller angeordnetes Lüftungsgerät. Bei den Werten „excl. KWL“ wurde der mittlere Stromverbrauch für die Ventilatoren, wie er aus den Daten von Abbildung 25 ermittelt wurde, abgezogen. So ergibt sich der ungefähre Stromverbrauch der elektr. Heizregister bzw. der ungefähre Heizwärmeverbrauch in den einzelnen Wohnungen. In Top 1 und Top 5 in Stiege 4 wird die Luft auch über ein elektr. Heizregister vorgeheizt. Dadurch ergeben sich hier höhere Werte als in den Wohnungen, in denen die Luft bereits vorgeheizt in das dezentrale Einzellüftungsgerät eintritt.

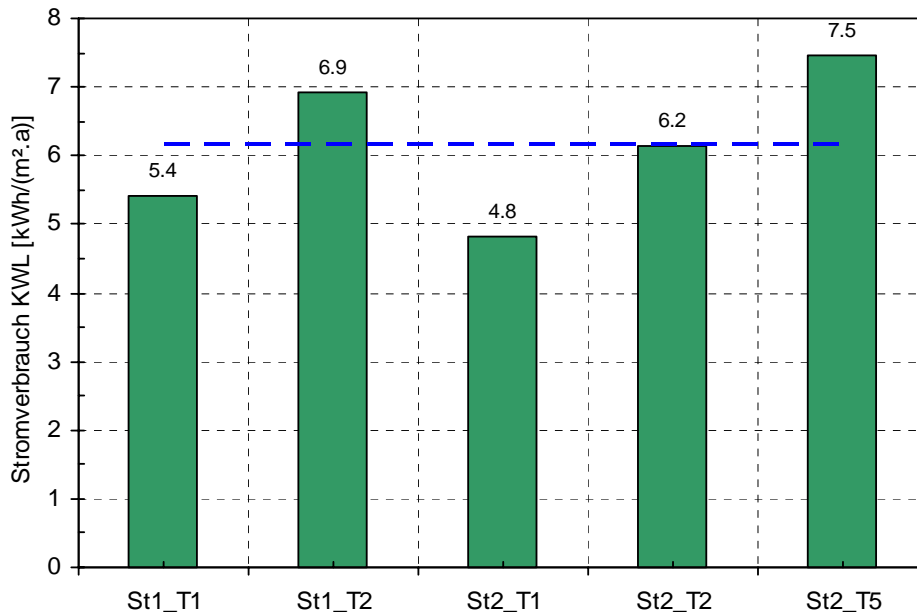


Abbildung 24: Spez. Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]

Generell muss angemerkt werden, dass die sich ergebenden Werte sehr stark vom Benutzerverhalten (Fensteröffnungszeiten, eingestellte Raumlufttemperatur, eingestellte Luftwechselzahlen, etc.) in den einzelnen Wohnungen abhängen. Dieses konnte jedoch mit der ausgeführten Messtechnik nur sehr grob erfasst werden, bzw. beschränkt sich die Messung auf die Raumlufttemperaturen. Über die Ursache der unterschiedlichen Verbrauchsdaten in den einzelnen Wohnungen können daher nur Vermutungen angestellt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass alle Werte außer jene von Top 2 in Stiege 4 das Passivhauskriterium von 15 kWh/(m².a) erfüllen. Geringe Abweichungen in Top 2 in Stiege 4 sind vermutlich auf das Nutzerverhalten zurückzuführen. Ein Vergleich der gemessenen Raumlufttemperaturen dieser Wohnung mit den anderen Wohnungen zeigt zwar vor allem in den Schlafzimmern tendenziell etwas höhere Werte, der extrem hohe Heizwärmebedarf lässt sich dadurch allerdings nicht vollständig erklären.

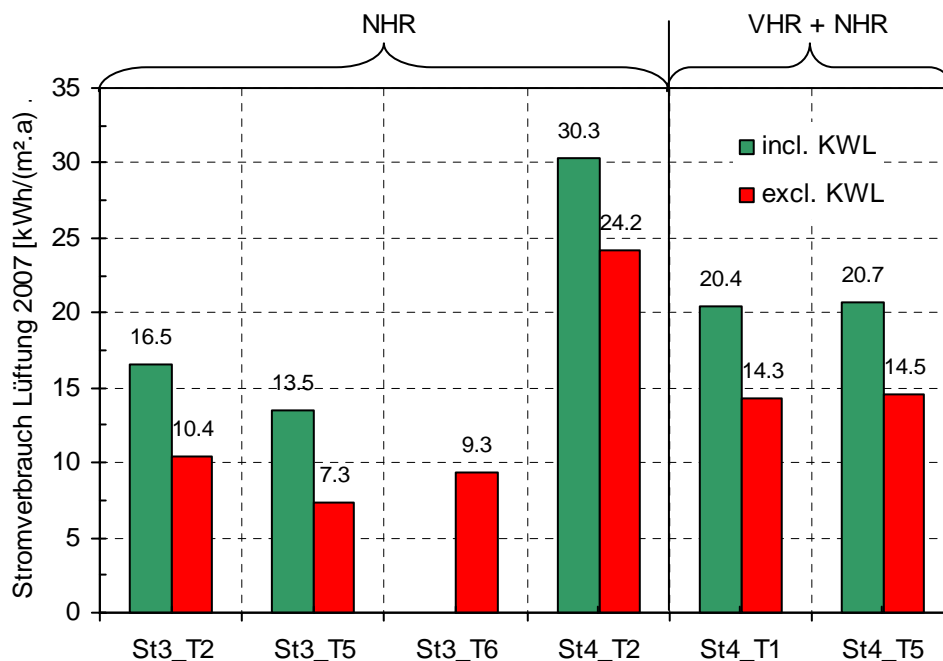


Abbildung 25: Spez. Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung mit elektr. Nachheizregister (NHR) und Vorheizregister (VHR) im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]

5.7.5 Messstellen Haustechnik

Außerhalb der Wohnungen wurden an ausgewählten Stellen in der zentralen Haustechnik Temperaturfühler platziert, um Aussagen über die Temperaturniveaus der einzelnen Systeme zur Frischluftvorwärmung und über die Warmwassertemperaturen zu ermöglichen.

Warmwassertemperaturen

Für die zentrale Warmwasserversorgung ist für jeweils zwei Gebäude gemeinsam je ein zentraler Warmwasserspeicher angeordnet. Die Warmwasserverteilung in die einzelnen Wohnungen erfolgt über eine Zirkulationsleitung. Die Warmwassertemperatur am Eintritt in die Zirkulationsleitung sollte messtechnisch erfasst werden.

Die gemessenen Verläufe der Warmwassertemperatur für das System in Stiege 1 und 2 sowie das System in Stiege 3 und 4 sind in Abbildung 26 dargestellt. Die Messwerte in Stiege 3 und 4 weisen bis Juli 2007 starke Schwankungen im Bereich 40 bis 75°C auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Temperatursensor bis zu diesem Zeitpunkt nicht an der Zirkulationsleitung sondern im Ladekreis zwischen dem Gaskessel und dem Warmwasserspeicher platziert war. Nach erfolgtem Umbau des Fühlers an die richtige Position liegt die Warmwassertemperatur zwischen 45 und 50°C.

Die Warmwassertemperatur in Stiege 1 und 2 liegt das ganze Jahr über unter 40°C. Vermutlich wurde hier der Sensor irrtümlicherweise im Rücklauf statt im Vorlauf der Zirkulationsleitung platziert.

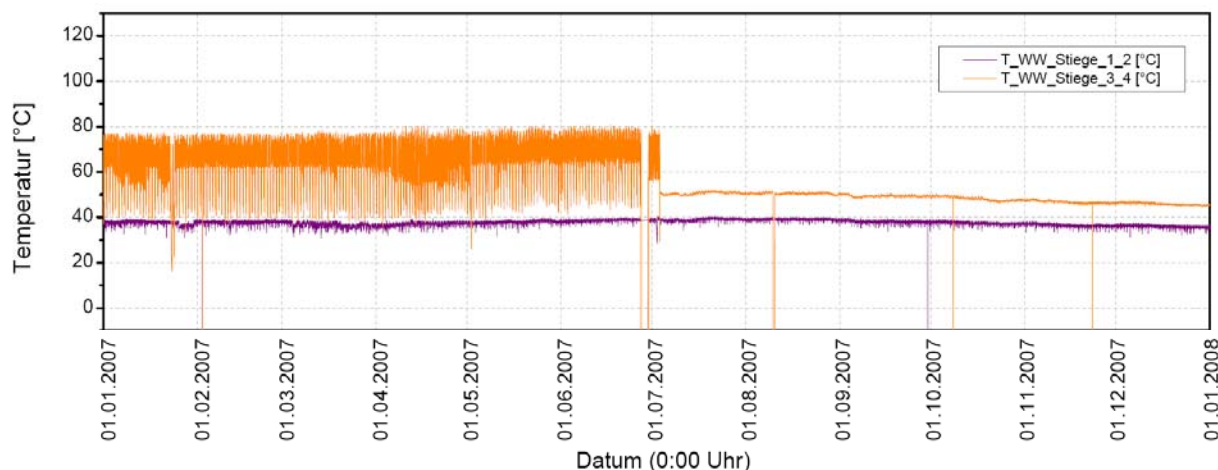


Abbildung 26: Verlauf der gemessenen Warmwassertemperaturen für Stiege 1 u. 2 sowie für Stiege 3 u. 4 im Jahr 2007

Lufttemperaturen Haustechnik

Bei den unterschiedlichen Systemen zur Frischluftvorwärmung, die in den Gebäuden umgesetzt wurden (Sole-Wärmetauscher, Erdreichwärmetauscher, Grundwasser), wurde jeweils die Lufttemperatur am Austritt der Frischluftvorwärmung gemessen. Abbildung 27 zeigt den Verlauf der gemessenen Lufttemperaturen sowie der Außenlufttemperatur im Jahr 2007. Um ein Einfrieren von Kondensat, das sich auf der Abluftseite der Wärmerückgewinnungs-Wärmetauschers bildet, zu verhindern, sollte die Lufttemperatur am Austritt der Frischluftvorwärmung nicht unter 0°C liegen. Dieses Kriterium wird von allen Systemen erfüllt. Es zeigen sich allerdings relativ große Unterschiede zwischen den einzelnen Temperaturverläufen.

Die Lufttemperatur am Austritt des Grundwasser-Wärmetauschers in Stiege 1 ($T_{WT_Luftkanal}$) zeigt bis Sommer 2007 ein relativ hohes Temperaturniveau. Die gemessenen Werte liegen von Jänner bis März im Mittel bei ca. 14°C. Für die Wärmequelle Grundwasser erscheint dieses Temperaturniveau unter der Berücksichtigung einer Grädigkeit des Wärmetauschers sehr unrealistisch, insbesondere im Vergleich zu den gemessenen Werten im November und Dezember 2007. Diesbezügliche Recherchen haben ergeben, dass dieser Sensor anfangs falsch platziert war, und erst ab Sommer die richtige Temperatur gemessen wurde.

Die gemessenen Luft-Temperaturen am Austritt des Erdreichwärmetauschers in Stiege 3 ($T_{Luft_EWT_aus}$) weisen auf eine recht großzügige Dimensionierung hin, da die Temperatur hier nie unter 5°C sinkt.

Die Luft-Temperatur am Austritt des Sole-Wärmetauschers in Stiege 4 ($T_{Luft_SoleWT_aus}$) zeigt ab Sommer 2007 einen sehr ähnlichen Verlauf wie die Temperatur am Austritt des Grundwasser-Wärmetauschers.

Die Messstelle $T_{\text{Luft_ZLG_aus}}$ befindet sich am frischluftseitigen Austritt des Abluftwärmerückgewinnungs-Wärmetauschers des in Stiege 3 angeordneten Zentral-Lüftungsgeräts. Die in das Zentral-Lüftungsgerät eintretende Luft wird über den Sole-Wärmetauscher in Stiege 4 vorgewärmt bzw. -gekühlt. Durch die Wärmerückgewinnung aus der Abluft ergeben sich während der Heizsaison Austrittstemperaturen um 20°C . Im Dezember fällt die Temperatur auf unter 10°C , d.h. die Luft wird nach dem Solewärmetauscher über die Abluftwärmerückgewinnung nur um ca. 5°C aufgewärmt. Die Ursache dafür ist unklar.

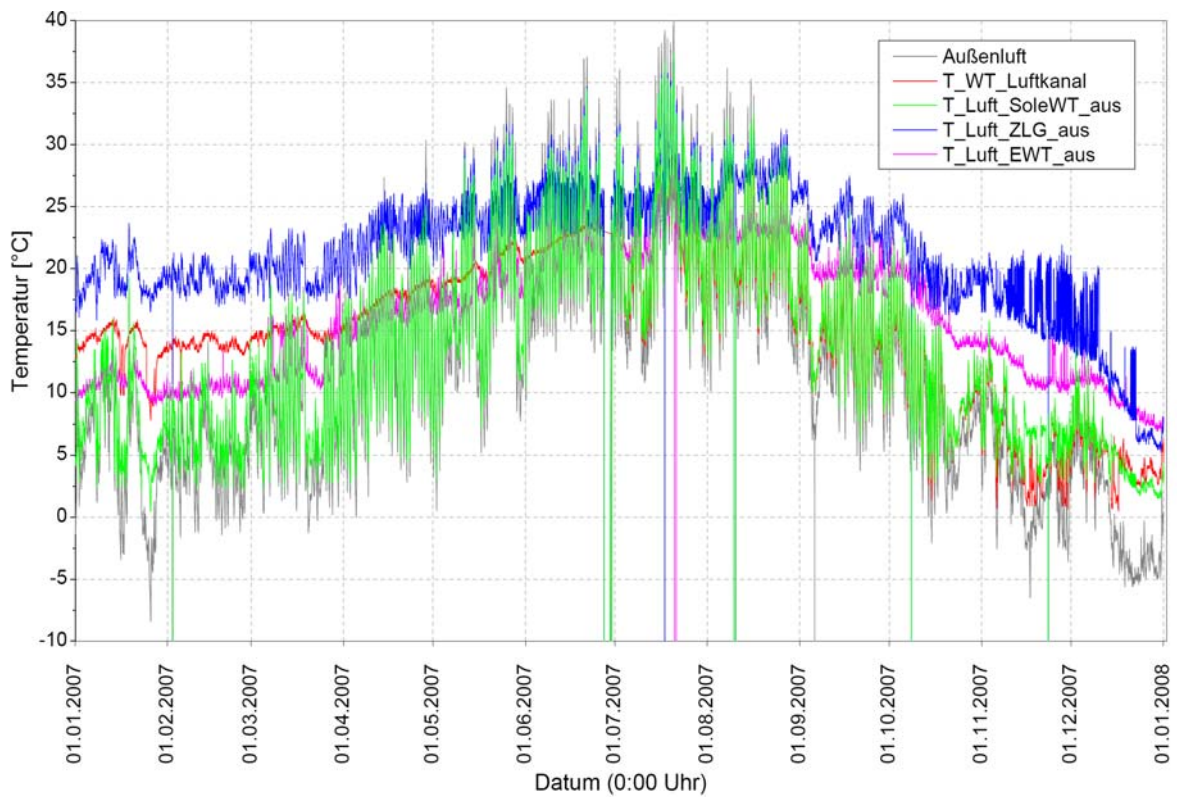


Abbildung 27: Verlauf der gemessenen Luft-Temperaturen sowie der Außenlufttemperatur im Jahr 2007

In den Sommermonaten war die Abluftwärmerückgewinnung anscheinend ebenfalls in Betrieb, da die Austrittstemperatur aus dem Zentral-Lüftungsgerät teilweise wesentlich höher ist, als die Austrittstemperatur aus dem Sole-Wärmetauscher. Hier wäre es vorteilhaft, die Abluftwärmerückgewinnung zu umgehen, um die vorgekühlte Frischluft (Solewärmetauscher) zur Kühlung der Wohnungen nutzen zu können. Dies wird insbesondere dadurch deutlich, dass die Austrittstemperatur aus dem Zentral-Lüftungsgerät zum Teil wesentlich höher liegt als die Außenlufttemperatur, wie auch die Detaildarstellung in Abbildung 28 zeigt.

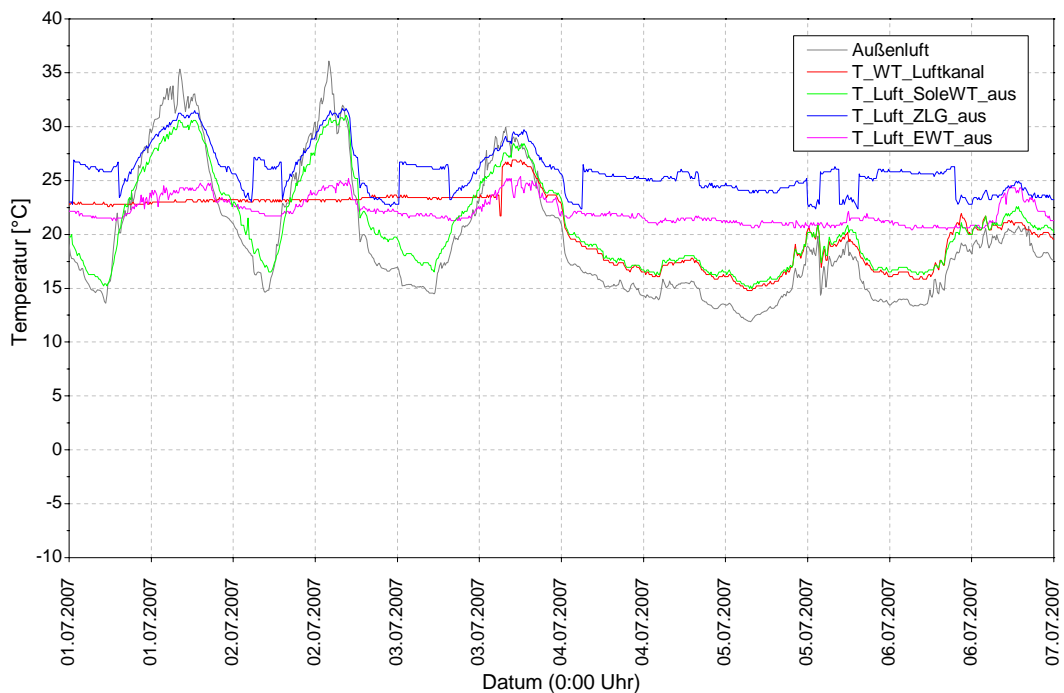


Abbildung 28: Detailansicht der Temperaturen in der Haustechnik für die erste Juliwoche

6 Komfortmessung - IBO - Dr. Lipp

6.1 Einleitung

6.2 Problemstellung und Hintergrund

Dieses Forschungsprojekts kann als Folgeprojekt zum Haus der Zukunft-Forschungsprojekt "Behagliche Nachhaltigkeit – Untersuchungen zur Behaglichkeit und zum Gesundheitswert von Passivhäusern (2004)" verstanden werden. Das Vorgängerprojekt ging im messtechnischen Teil vor allem der Frage nach, ob ein Unterschied in der Behaglichkeit von Passivhäusern festgestellt werden kann, die rein über die Lüftung beheizt werden, im Vergleich mit anderen, die über ein zusätzliches Heizsystem verfügen. Auch die empfundene Schlafqualität bei ein- und ausgeschalteter Lüftung war ein Untersuchungsgegenstand.

Da beim Vorgängerprojekt aus budgetären Gründen nur 5 Einfamilienhäuser untersucht wurden, sollte mit Hilfe dieses Projekts die Fallzahl erhöht werden. Dadurch soll es zu besseren abgesicherten Aussagen kommen. In diesem Projekt liegt fast ein Idealfall vor:

Es wurden vier baugleiche Gebäude mit gleicher Ausrichtung und gleichem Dämmstandard errichtet, die sich aus Sicht der Behaglichkeit im Winter nur durch das Wärmeverteil- und Wärmeabgabesystem unterscheiden.

Dadurch ergibt sich die Möglichkeit die Behaglichkeit in Abhängigkeit vom Wärmeabgabesystem zu untersuchen. Bei den Untersuchungen wurden die neue Methode der EN ISO 7730:2005, welche beim Vorgängerprojekt noch nicht zur Verfügung stand, eingesetzt und mit den aus dem Vorgängerprojekt weiterentwickelten physiologischen Messungen ergänzt. Dadurch sollte auch der Frage nachgegangen werden inwieweit Korrelationen zwischen Behaglichkeitsbewertungen nach EN ISO 7730 (PMV⁴) und nichtinvasiven physiologischen Parametern⁵ wie Herzrate, Blutdruck, Atmung und Pulsausbreitungsgeschwindigkeit bestehen.

Dieses Forschungsprojekt beschäftigte sich daher mit folgenden Fragen zur Behaglichkeit und zur Raumluftqualität von Passivhäusern:

Erleben BenutzerInnen von Passivhäusern einen Komfortunterschied, wenn das Haus

- über Zuluft oder
- über ein anderes Wärmeabgabesystem (Wand-, Decken, Fußbodenheizungen usw.) beheizt wird?

Lassen sich wahrgenommene (aber auch evt. nicht wahrgenommene!) Unterschiede physiologisch und/oder psychophysiologisch (PMV, PPD⁶ und Behaglichkeitskategorien) erfassen?

Wirken sich die unterschiedlichen Wärmeabgabesysteme auf die Wärmeverteilung und die Raumluftqualität aus?

6.3 Ziel der Untersuchungen

Antworten auf die Fragen wurden mit den modernsten Methoden der nichtinvasiven Physiologieforschung, unterstützt durch Fragebögen zur thermischen Behaglichkeit und zum empfundenen Raumklima gesucht. Sie sollen überzeugende, auf die Behaglichkeit und Wohnhygiene ausgerichtete Antworten für Passivhäuser liefern. Dadurch soll dieser energieeffizientesten Bauform schneller zum Durchbruch verholfen und unsere Gesellschaft könnte ein bedeutender Schritt in Richtung nachhaltiges Wohnen geegnet werden.

6.4 Vorarbeiten

Das Projektvorhaben baute auf einer Reihe von Forschungsprojekten zur Untersuchung der thermischen Behaglichkeit und der Schlafqualität mit Hilfe physiologischer Messmethoden auf:

- „Die Auswirkung von Kachelofen- bzw. Radiatorbeheizten Räumen auf physiologische Zustandsparameter beim Menschen“ [Lipp 1999],
- „Die Auswirkung von Kachelofen- bzw. Radiatorbeheizten Räumen auf das Autonome Bild beim Menschen“ [Lipp 2000].
- "Nachhaltige Behaglichkeit – Untersuchungen zur Behaglichkeit und zum Gesundheitswert von Passivhäusern (2004)" [Rohregger 2004].

⁴ PMV - Zur Beurteilung des Klimas in Bezug auf das Temperaturempfinden, wird häufig der Predicted Mean Vote (PMV) herangezogen, eine aus der Behaglichkeitsgleichung berechnete Größe, die angibt, wieviele Menschen ein Klima voraussichtlich als unangenehm bewerten.

⁵ nichtinvasive physiologische Parameter, nicht invasiv = nicht eindringend, einfallend

⁶ PPD – angenommener Prozentsatz der Unzufriedenheit

6.5 Übersicht

Im Kapitel **Grundlagen** werden die thermische Behaglichkeit, ihre physiologischen Grundlagen und die Behaglichkeit in Passivhäusern diskutiert.

Im Kapitel **Methoden** werden die physiologischen Untersuchungsmethoden erklärt und die zugehörigen Mess- und Auswertungsverfahren beschrieben.

Anschließend folgt die Darstellung der **Durchführung der Untersuchungen**. Dabei werden zunächst die psychophysiologischen Bewertungen und die physiologischen Messungen zur Behaglichkeit beschrieben. Schließlich wird die **Auswertung** der erhobenen Messdaten und Bewertungen dargestellt. Bei den physiologischen Messungen werden dabei die wichtigsten Ergebnisse aufgezeigt und analysiert. Diese Darstellungen werden durch die in den Fragebögen erhobenen Bewertungen und die subjektiven Empfindungen des Messteams zum Raumklima ergänzt. Den Abschluss der Studie bildet die Diskussion der **Ergebnisse** der Untersuchungen. Dabei werden auch Überlegungen und Anregungen zu weiteren Forschungsarbeiten in diesem Themenbereich gegeben.

Das **Literaturverzeichnis** gibt einen Überblick über die verwendeten Literaturquellen.

Im **Anhang** sind Fragebögen und Messprotokolle sowie Teile der Messdatenauswertung angelegt.

6.6 Grundlagen

6.6.1 Thermische Behaglichkeit und Thermischer Komfort

„Zwischen den Körperempfindungen der Blutfülle und des Schwitzens einerseits und dem Gefühl des Frierens andererseits gibt es einen Punkt der Indifferenz ohne besonderes Gefühl, der thermische Behaglichkeit oder thermischer Komfort genannt worden ist.

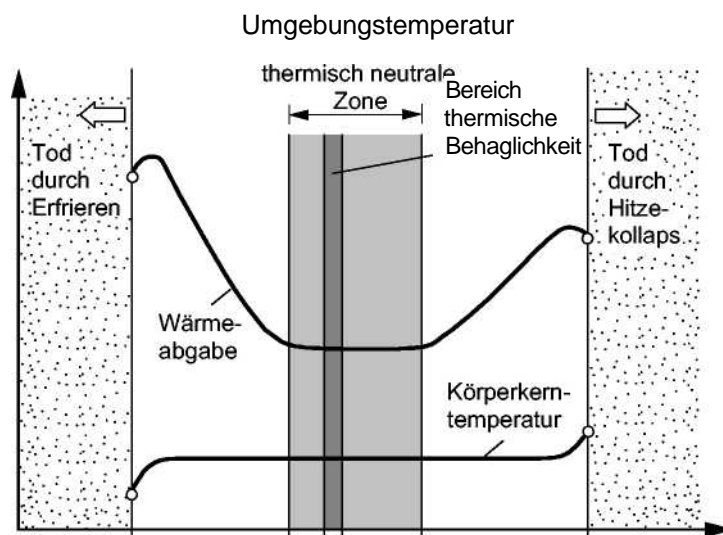


Abbildung 1: Schematischer Zusammenhang zwischen Umgebungstemperatur des Menschen und seiner Körperkerntemperatur bzw. Wärmeabgabe [Richter 2005]

Damit ist ein Zusammenhang zwischen physiologischen Zuständen und Empfindungen der bewussten Person beschrieben. Dieser Zusammenhang ist von größtem Interesse für unser Thema, weil das Ziel von Architektur und Haustechnik subjektiv zufriedene BewohnerInnen und BenutzerInnen sein müssen. Die Zufriedenheit lässt sich aber nur durch geeignete objektive bauliche und haustechnische Maßnahmen erreichen.

6.6.2 Bedingungen für thermischen Komfort (nach ISO 7730)

Das physiologische Geschehen im Körper und die physikalische Wechselwirkung des Körpers mit der Umwelt können in einer Formel zusammengefasst und mit Behaglichkeitsurteilen der bewussten Person statistisch in Verbindung gebracht werden.

Paul Ole Fanger stellt 1972 in seiner bahnbrechenden Arbeit Thermal Comfort [Fanger 1972] die Faktoren der Wärmeproduktion – die Stoffwechselrate, korrigiert für mechanische Arbeit (M) sowie die externe mechanische Arbeit (W), die nicht als Wärme vom Körper abgeführt werden muss – den Faktoren der Wärmeabfuhr gegenüber:

- dem thermischen Widerstand der Bekleidung
- der mittleren Lufttemperatur t_a

- der mittleren Strahlungstemperatur t_r
- der relative Luftgeschwindigkeit v_{ar}
- der Luftfeuchte (dem Wasserdampfpartialdruck) p_a (in Pascal)
- dem konvektiven Wärmeübertragungskoeffizienten t_{ci} in Watt pro Quadratmeter und Grad Celsius

Dies ist eine Wärmebilanzgleichung. Im thermischen Gleichgewicht ist die Differenz von Produktion und Abfuhr gleich Null. Kann das thermische Gleichgewicht ohne Regulationsanstrengungen aufrechterhalten werden, so empfindet die Person thermischen Komfort. Entfernt sich die Differenz von Wärmeproduktion und -abfuhr von Null, so wissen wir, dass der Körper und in weiterer Folge auch die bewusste Person regulierend eingreifen werden. Damit gehen alarmierende Körperwahrnehmungen einher, die sich im Laborversuch per Fragebogen als Wärmeurteile von Versuchspersonen abfragen lassen. Dies hat Fanger getan, und er konnte so ermitteln, unter welchen Bedingungen von Wärmeproduktion und -abfuhr welches mittlere Urteil eines Kollektivs von Versuchspersonen (Predicted Mean Vote, PMV) zu erwarten ist. Die Wärmebilanzgleichung wurde von ihm so angepasst, dass ihr Ergebnis statt W/m^2 ein Wärmeurteil mit einer Skala von -3 („kalt“) über Null bis +3 („heiß“) ist. Aus der Predicted Mean Vote (PMV) errechnet sich die Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD, als der Prozentanteil von „Unzufriedenen“ einer Population, der unter denselben Klimabedingungen die Angaben „kühl“ (-1) und „kalt“ (-2) bzw. „warm“ (-1) und „heiß“ (-2) machen wird. Bei der Erklärung dieser Größen wird stets betont, dass mehr als 95% Zufriedene und weniger als 5 % Unzufriedene empirisch nicht vorkommen. In der Praxis hält man auch 10% oder 15% Unzufriedene noch für vertretbar. Aus derselben Tabelle (PPD als Funktion von PMV) geht aber auch hervor, dass selbst unter Bedingungen, unter denen PMV bei ± 2 liegt (= warm, kühl), noch über 20% der Population zufrieden sein werden.“ [Waltjens 2003]

Bezeichnung	PMV - Index	PPD - Index
zu warm (hot)	+3	99,1
warm (warm)	+2	76,8
etwas warm (slightly warm)	+1	26,1
neutral (neutral)	0	5,0
etwas kühl (slightly cool)	-1	26,1
cool (cool)	-2	76,8
kalt (cold)	-3	99,1

Abbildung 2: Psychophysische Beurteilungsskalen für Predicted Mean Vote (PMV) und Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0,03353 PMV^4 - 0,2179 PMV^2).$$

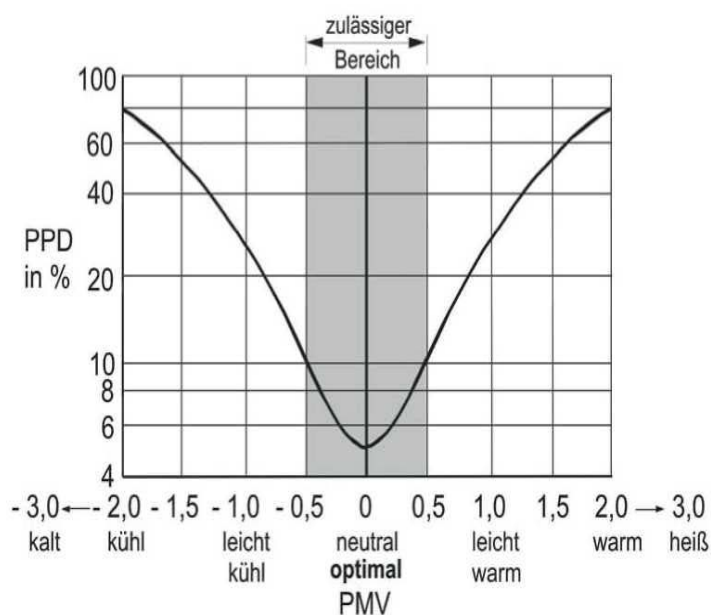


Abbildung 3: Zusammenhang PPD und PMV [Richter 2005]

Randbedingungen:

Der PMV-Index liefert nur gültige Werte, wenn die 6 Hauptparameter innerhalb der folgenden Intervalle liegen (ISO 7730):

$M = 46$ bis 232 W/m^2 (0,8 bis 4 met)

$I_{cl} = 0$ bis $0,310 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ (0 bis 2 clo)

$t_a = 10$ bis $30 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_r = 10$ bis $40 \text{ }^\circ\text{C}$

$v_{ar} = 0$ bis 1 m/s

Die globalen Behaglichkeitsparameter PMV und PPD stellen notwendige aber keine hinreichende Bedingung für thermische Behaglichkeit dar. Diese treffen eine Aussage über das thermische Wohlbehagen des Menschen, ausgehend von der mittleren behaglichen Hauttemperatur im stationären Zustand. Die Gesamtwärmebilanz macht keine Aussagen zur lokalen Wärmestromdichte in unterschiedlichen Bereichen der Körperoberfläche. Zu einer vollständigen Beschreibung sind daher noch andere lokale Parameter notwendig.

6.6.3 Bewertung der thermischen Behaglichkeit (Umgebungskategorien der EN ISO 7730)

Die wärmephysiologische Bewertung erfolgt sowohl nach der globalen thermischen Behaglichkeit als auch nach den relevanten lokalen Behaglichkeitskriterien. Die Behaglichkeitsanalyse wird auf der Basis der sogenannten Umgebungskategorien A, B und C der EN ISO 7730 für Büroräume durchgeführt. Die summative thermische Behaglichkeit, welche die globalen als auch die lokalen Parameter beurteilt, weist eine optimale Aussagekraft auf, da in ihr die Daten aller thermischen Behaglichkeitskriterien einfließen. Es wird eine sogenannte konservative Betrachtung verwendet, d.h. es werden jeweils die ungünstigsten Werte berücksichtigt.

Kriterium	Kategorie		Kombination	Kategorie
PMV, PPD	A		Summative Behaglichkeit	C
Max. Strahlungsasymmetrie	B			
Vert. Lufttemper. - Gradient	A			
Zugluftrisiko	C			

Abbildung 4: Bildung der summativen thermischen Behaglichkeit auf der Basis der Umgebungskategorien A, B und C nach der EN ISO 7730 (Beispiel).

6.6.3.1 PMV-Verteilung, PPD (globaler Parameter)

Für die Umgebungskategorien werden folgende globale Werte in der EN ISO 7730 angegeben:

Kategorie	PMV	PPD
A	$-0,2 < PMV < 0,2$	$< 6\%$
B	$-0,5 < PMV < 0,5$	$< 10\%$
C	$-0,7 < PMV < 0,7$	$< 15\%$

Die PMV wird bei den experimentellen Untersuchungen direkt durch die Bewertung der Versuchsteilnehmer ermittelt.

6.6.3.2 Operative Temperatur

Für die operative Temperatur und die maximale Luftgeschwindigkeit werden in der EN ISO 7730 folgende Werte für Büroräume (im Sommer, Kühlungsperiode) angegeben:

Kategorie	Operative Temperatur			Max. mittlere Luftgeschw.
A	24,5	±	1,0 °C	0,12 m/s
B	24,5	±	1,5 °C	0,19 m/s
C	24,5	±	2,5 °C	0,24 m/s

6.6.3.3 Zugluftisiko

Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn in Abhängigkeit von der Umgebungskategorie die örtliche Luftgeschwindigkeit unter Beachtung von lokaler Lufttemperatur und lokalem Turbulenzgrad die Grenzwerte der folgenden Tabelle nicht überschreitet.

Kategorie	Prozentsatz an Unzufriedenen auf Grund von Zugluft (DR)
A	< 10%
B	< 20%
C	< 30%

Dieses Kriterium wird zur Begrenzung einer zu hohen konvektiven Wärmeabgabe der zugluftempfindlichen Körperbereiche (Nacken, Fußgelenke) angewendet. In Abhängigkeit von Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Turbulenzgrad und Aktivität gibt das Zugluftisiko DR (Draught Rating oder Draft Risk) den Prozentsatz der Raumnutzer an, die über unbehagliche Zugserscheinungen klagen:

$$DR = (\vartheta_M^* - \vartheta_L) (w_L - 0,05)^{0,6223} (3,14 + 0,37 w_L Tu)$$

DR in % ... vorausgesagter Prozentsatz unangenehme Zugluft empfindender Raumnutzer

$\vartheta_M^* = 34 \text{ °C}$ charakteristische Oberflächentemperatur der für Zugluft empfindlichen Körperpartien bei \dot{q}_{Br} und $(\delta/\lambda)_{KI}$

ϑ_L in °C mittlere Lufttemperatur in der Umgebung des Menschen

w_L in m/s mittlere Luftgeschwindigkeit in der Umgebung des Menschen (bei $w_L < 0,05 \text{ m/s}$ ist $w_L = 0,05 \text{ m/s}$ einzusetzen)

Tu in % Turbulenzgrad der Raumluftströmung.

Daraus lassen sich maximal zulässige Luftgeschwindigkeiten sowohl für den Winter als auch für den Sommerbetrieb bestimmen. Die Gleichung für das Zugluftisiko gilt in erster Linie für Personen bei leichten und sitzenden Tätigkeiten. Bei höheren Aktivitätsgraden ist Zugluftbeeinträchtigung geringer.

6.6.3.4 Maximale Strahlungsasymmetrie

Für die Strahlungsasymmetrie gelten folgende Werte:

Kategorie	Maximale Strahlungsasymmetrie in K			
	Warme Decke	Kühle Wand	Kühle Decke	Warme Wand
A	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 7	< 13	< 18	< 35

6.6.3.5 Vertikaler Lufttemperaturgradient

Der vertikale Lufttemperaturunterschied zwischen Kopf und Fußgelenken (1,1 m und 0,1 m über dem Fußboden) darf für die Umgebungskategorien folgende Werte nicht überschreiten:

Kategorie	Vertikaler Lufttemperaturunterschied
A	< 2 °C
B	< 3 °C
C	< 4 °C

6.6.3.6 Fußbodenoberflächentemperatur

Die zulässigen Oberflächentemperaturen bei Fußbodenheizungen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen. Für verstärkte Randzonen (außerhalb der Aufenthaltszone) gilt in der Heizperiode ein Wert von maximal 34 °C.

Kategorie	Oberflächentemperatur des Fußbodens
A	19 bis 29 °C
B	19 bis 29 °C
C	17 bis 31 °C

Mit Hilfe dieses Datensatzes kann die summative Umweltkategorie eines Raumes bestimmt werden.

6.7 Physiologische Grundlagen

6.7.1 Thermoregulation und Behaglichkeit

Im Folgenden sollen die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Temperaturempfinden und Behaglichkeit kurz dargestellt werden. Ausführliche Darstellungen findet man u.a. in [Waltjen 1997, 2003] und der dort zitierten Literatur oder in den Physiologielehrbüchern [Silbernagel 1991], [Schmidt 1995], [Campenhausen 1993].

Aufgabe der Thermoregulation ist es, die Kerntemperatur trotz Schwankungen von Wärmeaufnahme, Wärmebildung und Wärmeabgabe auf einem Sollwert (im Mittel 37 °C) zu halten. Der Sollwert unterliegt einer tageszeitlichen Schwankung von ca. ± 0.5 °C. Sollwertschwankungen von längerer Dauer werden beim Menstruationszyklus und, krankhafterweise, bei Fieber beobachtet [Waltjen 1997, 2003], [Hildebrandt 1998].

Der Hypothalamus (siehe „Das autonome Nervensystem“) ist das Steuerzentrum der Thermoregulation. Hier und in Haut und Rückenmark befinden sich Thermorezeptoren, die die Kerntemperatur registrieren und Informationen an den Hypothalamus weiterleiten. Steigt die Kerntemperatur über den zur Zeit gültigen Sollwert z.B. durch körperliche Tätigkeiten, so wird zum Einen die Hautdurchblutung und damit der Wärmetransport vom Kern zur Haut erhöht, zum Anderen wird die Schweißsekretion vermehrt, was die Hautoberfläche kühlt und somit den nötigen Temperaturgradienten zur Wärmeabgabe schafft.

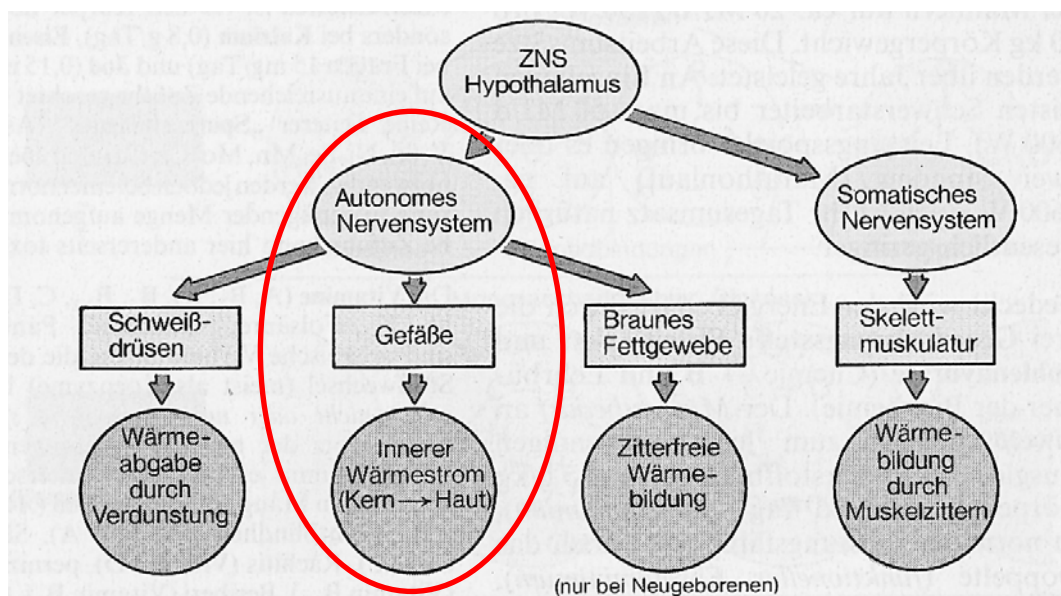


Abbildung 5: Nervale Beeinflussung des Wärmehaushaltes [Silbernagel 1991]

Eine Umgebungstemperatur wird als „behaglich“ empfunden, wenn sich die Hautdurchblutung auf einem mittleren Niveau befindet und weder Schweißdrüsenaktivierung noch Zittern zur Regelung der Kerntemperatur eingesetzt werden müssen. Diese Behaglichkeitstemperatur hängt nicht nur von der Umgebungstemperatur, sondern auch von Kleidung, körperlicher Aktivität, Wind, Luftfeuchtigkeit, Strahlung und physiologischer Befindlichkeit ab. Die Behaglichkeitstemperatur liegt für den sitzenden, leicht bekleideten Menschen (Hemd, kurze Unterhose, lange Baumwollhose) bei geringer Luftbewegung (unter 0,5 m/s) und bei einer relativen Luftfeuchte von 50 % bei etwa 25–26 °C [McIntyre 1982]. In einer thermisch behaglichen Umgebung wird die Temperaturregulation des Körpers nur über die Durchblutung bzw. den Blutkreislauf durchgeführt (Abb.5, roter Kreis). Die beste Chance, Behaglichkeit physiologisch zu messen, ist somit durch die Bestimmung des Zustands des Autonomen Nervensystems bzw. des Blutkreislaufes gegeben.

6.7.2 Das autonome Nervensystem

Das autonome Nervensystem wird an der Peripherie in zwei Subsysteme unterteilt, das sympathische und das parasympathische Nervensystem. Ein wichtiger Gehirnnerv des Parasympathikus ist der Nervus vagus, der „herumvagabundierende“ Nerv. Er fasert sich vielfach auf und betreut besonders viele Organe, unter anderem das Herz.

Das autonome Nervensystem reguliert jene Funktionen, auf die wir willentlich nur sehr bedingt Einfluss nehmen können. Es stimmt die Systeme der Versorgung und der Entsorgung aufeinander ab und sorgt für ein geordnetes Zusammenwirken. Dadurch werden die verschiedenen Funktionskreise koordiniert und zu einer leistungsfähigen Ganzheit zusammengefasst. Es reguliert unter anderem Herztätigkeit, Blutdruck, Verteilung der Blutströme, Atemtiefe und Atemfrequenz, Thermoregulation, Drüsensekretion (z.B. Speichel und Verdauungssäfte), Magen- und Darmmotorik sowie Blasenentleerung.

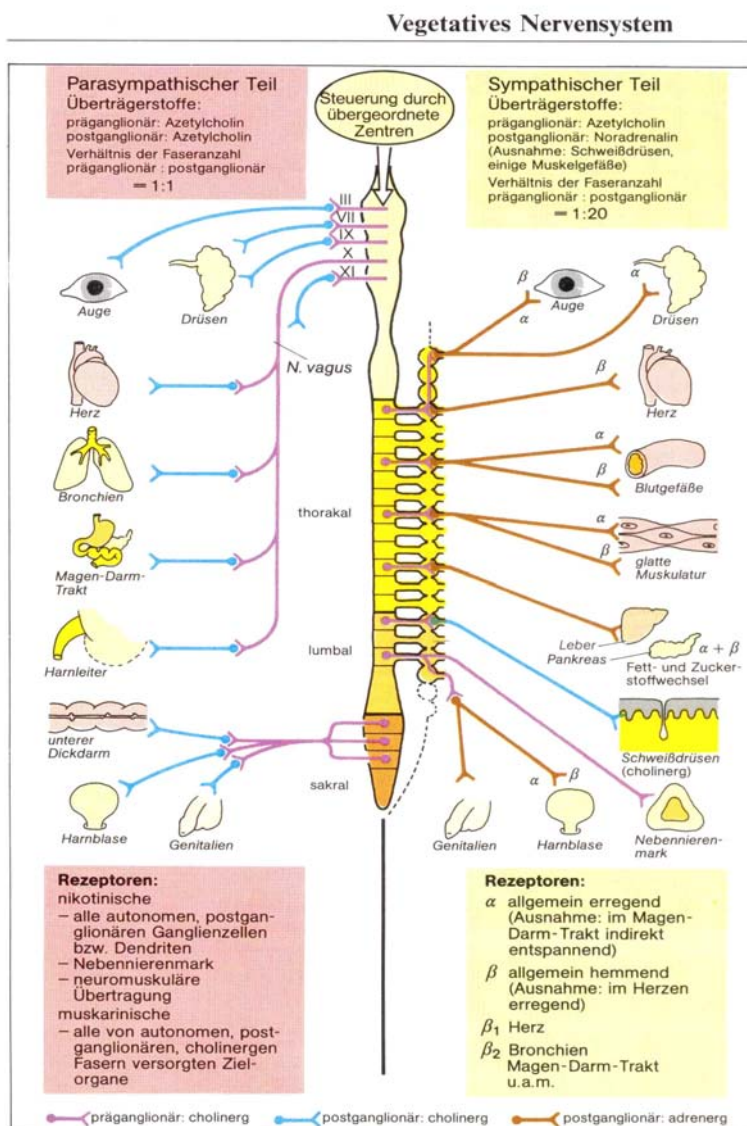


Abbildung 6: Autonomes (vegetatives) Nervensystem (schematische Übersicht) [Silbernagel 1991]

Das autonome Nervensystem steht über den Hypothalamus als übergeordnete Steuerungsebene in enger Verbindung mit dem limbischen System, das Emotionen und Gefühle vermittelt, und mit dem endokrinen System.

An den Synapsen am Ende der postganglionären Leitungstrecke setzt das sympathische System Noradrenalin, das parasympathische Acetylcholin frei. Acetylcholin wird durch ein Enzym, die Acetylcholinesterase, sehr schnell abgebaut, die Synapse ist wieder für eine weitere Signalübertragung frei. Noradrenalin hingegen wird erst durch eine Wiederaufnahme in die präsynaptische Membran entfernt. Deshalb laufen auch alle Veränderungen von Variablen, die durch den Nervus Vagus zustande kommen, schnell ab, die durch den Sympathikus vermittelten langsamer.

Sympathikus und Parasympathikus haben großteils antagonistische Wirkungen auf die einzelnen Organe: Bei sympathischer Dominanz sind die Pupillen geweitet, Atem- und Herzfrequenz gesteigert, Luftröhre und Bronchien geweitet und Großteile des Blutes strömen in die Muskulatur, ins Gehirn und in die Lunge. Man spricht von einer ergotropen (ergon = Tat, Arbeit; tropos = Richtung) Reaktion, d.h. der Organismus ist auf wache Leistungsbereitschaft ausgerichtet. Wenn die parasympathischen Einflüsse vorherrschen, sind Atem- und Herzfrequenz ruhig, die Muskeln sind entspannt, die Blutströme werden in den Magen-Darm-Trakt geleitet. Dies ist die trophotrope Reaktion (trophos = Ernährung). Viele Organe werden sowohl von sympathischen wie auch von parasympathischen Nerven innerviert.

Die Aufgaben des vegetativen Nervensystems und somit auch des Sympathikus und des Vagus sind die Regulation des Organismus gegenüber seiner Umgebung wie z.B. die Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur von 37 °C bei unterschiedlichsten Umgebungstemperaturen, die Steuerung und Modulation der biologischen Rhythmen des Organismus (z.B. des Herzrhythmus, der Herzfrequenz) und schließlich auch die Adaptation an äußere Anforderungen (z.B. Reaktion auf eine Veränderung der Umgebungstemperatur wie z.B. Kälte- und Wärmereize).

6.8 Behaglichkeit im Passivhaus

Im Passivhaus kann hoher Komfort, Behaglichkeit und angenehmes Raumklima bei einem minimalen Energieverbrauch erreicht werden [Land NÖ 2003]. Durch konsequente Dämmung werden Wärmeverluste so stark verringert, dass schon sehr geringe Wärmemengen ausreichen, um die Raumtemperatur aufrechtzuerhalten. Der Heizwärmebedarf eines Passivhauses ist daher um bis zu einen Faktor 10 geringer als beim Durchschnitt des Gebäudebestandes. Umschließungsflächen wie Wände und Fußböden gegen Keller erreichen im Passivhaus aufgrund des ausgezeichneten Wärmeschutzes auch bei sehr kalten Außentemperaturen noch eine innere Oberflächentemperatur, die nur um 0,5 °C bis 1 °C geringer als die Raumlufttemperatur ist. Die Oberfläche von Passivhausfenster ist dann um 2 °C bis 3 °C geringer als die Raumlufttemperatur. In Bestandsgebäuden mit schlechter Wärmedämmung sind die Außenwände im Winter wesentlich kälter als die Innenwände [Kaufmann 2002]. Dies führt zum Effekt der „Strahlungstemperatur-Asymmetrie“, die umso unangenehmer empfunden wird, je stärker die Temperaturunterschiede ausgeprägt sind. An den Fenstern, deren Wärmedämmwirkung gegenüber den Wänden in der Regel geringer ist, bildet sich ohne Heizkörper ein Kaltluftabfall, der den Aufenthalt in der Nähe von konventionellen Fenstern an kalten Wintertagen besonders unkomfortabel macht. Temperaturdifferenzen, wie sie beispielsweise von einem Heizkörper oder einer kalten Fensterfläche herrühren können, reichen aus, um Zugluftgeschwindigkeiten im Bereich von 0,1 m/s hervorzurufen, die als unangenehm empfunden werden. Im Passivhaus kann die Luftbewegung nahezu problemlos überall im Aufenthaltsbereich unter 0,07 m/s durch gehalten werden [Feist 2003].

Im Passivhaus bedingen die hohen Innenoberflächentemperaturen im Winter somit ein Strahlungsklima, welches als sehr behaglich empfunden wird. Diese hohe Behaglichkeit wird bei Häusern, die nicht mit dem Energiestandard eines Passivhauses errichtet sind, nur mit Heizkörpern unter dem Fenster, einer Wandheizung oder einer Fußbodenheizung erreicht.

Der noch erforderliche Restwärmebedarf im Passivhaus wird häufig durch die Nacherwärmung der Zuluft über ein Nachheizregister des Lüftungssystems, welches im sehr luftdichten Passivhaus für den notwendigen Luftwechsel sorgt, abgedeckt. So kann die automatische Wohnraumkomfortlüftung gleichzeitig auch für die Heizwärmeverteilung genutzt werden. Meist reicht die Zuluftnachheizung als alleinige Wärmequelle aus.

Viele Passivhäuser sind jedoch auf Wunsch der BewohnerInnen mit einem zusätzlichen Heizsystem (z.B. Wandheizung, Deckenheizung oder kleiner Ofen) ausgestattet.

Ob diese zusätzlichen fühlbaren Wärmequellen das Strahlungsklima und damit die Behaglichkeit des Passivhauses nachhaltig erhöhen, war Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Studie.

6.9 Raumluftqualität und Lüftung im Passivhaus

Die kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage stellt einen zentralen Bestandteil des Passivhauses dar, sie garantiert bei der sehr luftdichten Bauweise des Passivhauses hygienisch einwandfreie Raumluftqualität. Mit der kontrollierten Wohnraumlüftung wird kalte Frischluft angesaugt und gefiltert. Im Erdwärmetauscher und im Lüftungsgerät erfolgt die Erwärmung der Frischluft. Die Luft strömt über ein Rohrsystem in die Wohn- und Schlafräume ein und gelangt über Stiegenhaus und Flur in Küche, Bad und WC. Dort wird die verbrauchte Luft über das Rohrsystem abgesaugt und zum Lüftungsgerät geführt. Die Wärme wird im Wärmetauscher auf die Zuluft übertragen, die Abluft ins Freie geblasen. Eine zusätzliche Vorerwärmung der Frischluft über einen Erdwärmetauscher ist möglich und bei Passivhäusern notwendig. Damit wird der Nachheizbedarf weiter gesenkt und im Sommer kann auch die Frischluft gekühlt werden.

Mit einer richtig eingestellten und dimensionierten Lüftungsanlage lässt sich also der hygienisch notwendige Luftwechsel dauerhaft auf energieeffiziente Weise und **ohne Einbußen an Behaglichkeit** sicherstellen und nach Bedarf regeln. Besonders wichtig ist dabei die Vermeidung des Zugluftrisiko und eine schalloptimierte Anlage. Diese beide Kriterien führen zu den häufigsten Ärgernissen beim Betrieb von Lüftungsanlagen.

6.10 Methoden

6.11 Behaglichkeitsuntersuchungen

Um die Behaglichkeitsbeurteilungen und die Einstufungen nach den Umgebungskategorien der EN ISO 7730 zu erhalten wurde die empfundene Raumtemperatur mittels Fragebogen erhoben und alle anderen erforderlichen Parameter und Kennwerte gemessen bzw. aus den Messwerten errechnet. Die Messungen umfassten die Raumlufttemperatur, die Oberflächentemperaturen der Umschließungsflächen und die Luftgeschwindigkeiten. Zusätzlich wurden noch die Raumluftfeuchte und der CO₂-Gehalt der Luft gemessen. Aus diesen Kennwerten wurde dann die Einstufung in der Umgebungskategorie für die Wohnung nach der EN ISO 7730 bestimmt.

6.12 Physiologische Untersuchungen

6.12.1 Orthostase-Test

Die Behaglichkeitsuntersuchungen basierten auf einem standardisierten Kreislaufbelastungstest, der durch einen passiven Orthostase-Test durchgeführt wird. Mit Hilfe eines Kipptisches wurde eine starke Kreislaufbelastung in unterschiedlichen thermischen Raumklimasituationen – Lüftungsheizung, Deckenheizung, Wandheizung und Fußbodenheizung – in den Hauptwohnräumen der untersuchten Wohnungen simuliert. Bei diesem Testablauf liegt die Versuchsperson zunächst ca. 10 Minuten lang waagrecht auf dem Kipptisch und wird schließlich sehr rasch in senkrechte Position gekippt. Durch diese Lageänderung steigt die Herzfrequenz der Versuchsperson stark an. Nach 10 Minuten Stehen wird die Versuchsperson in die Liegeposition zurückgekippt und bleibt weitere 10 Minuten in liegender Ruheposition. Die Änderungen der Herzfrequenz bei den Lageänderungen geben Aufschluss über die Kreislaufbelastung der Versuchsperson in der untersuchten Situation.

Abbildung 7 verdeutlicht den Anstieg der Herzfrequenz bei der Lageänderung vom Liegen zum Stehen und vom Stehen zum Liegen.

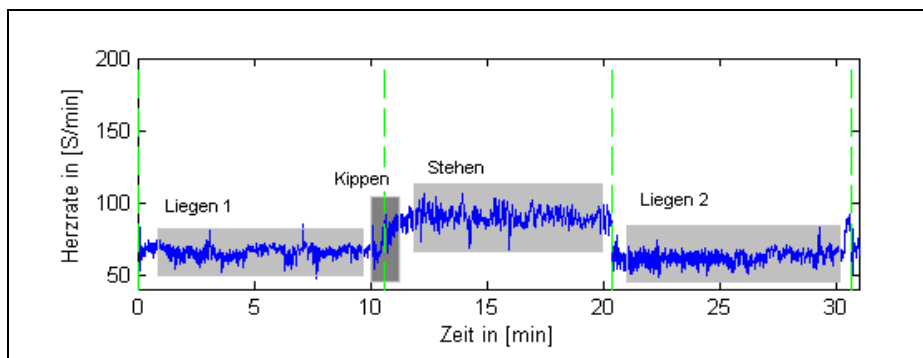


Abbildung 7: Die Herzfrequenz der Versuchsperson liegt in der Ruhephase (Liegen 1) im Mittel bei ca. 70 Schlägen pro Minute. Beim Kippen steigt die Herzfrequenz um etwa 20 Schläge auf 90 Schläge pro Minute an, bleibt während der Stehphase auf diesem erhöhten Wert und fällt mit dem Zurückkippen in die Ruhelage wieder auf die ursprünglichen 70 Schläge pro Minute ab.

Vorangegangene Untersuchungen zeigten, dass der Anstieg der Herzfrequenz und damit die Kreislaufbelastung unter für den Menschen entspannteren (behaglicheren) Bedingungen geringer ist, als unter weniger behaglichen Raumklimabedingungen [Lipp 1999], [Lipp 2000].

6.12.2 Messung der Aktivität des Autonomen Nervensystems

6.12.2.1 Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität

Die Herzfrequenz ist die wichtigste Stellgröße eines komplexen Regelnetzwerkes, an dem Herz, Kreislauf, Atmung, Temperatur, Stoffwechsel und psychomentele Einflüsse beteiligt sind. Dies verleiht der Herzfrequenz ihre typische zeitliche Struktur, die als Herzfrequenzvariabilität messbar wird.

Um den Tonus (die Aktivität) der einzelnen Äste des autonomen Nervensystems beschreiben zu können, führt man eine Spektralanalyse durch: Die Zeitreihe wird mit Hilfe der Fouriertransformation vom Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert und als Leistungsspektrum dargestellt. Längere Zeitreihen werden zuvor in Segmente von fünf Minuten Länge zerlegt. Ein vergleichbarer Vorgang ist die spektrale Aufspaltung des weißen Lichts mit Hilfe eines Glasprismas in die Regenbogenfarben. Die unterschiedlichen Farben entsprechen verschiedenen Frequenzen elektromagnetischer Wellen (siehe auch Abb.8).

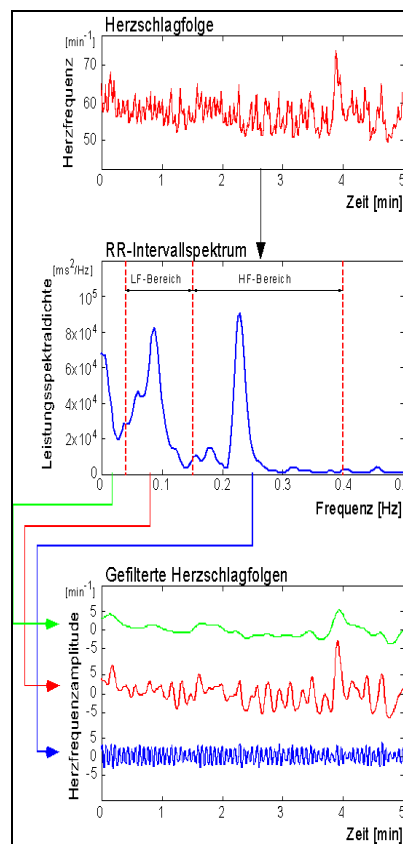


Abbildung 8: Aufzeichnung der Originalherzfrequenz (oben) einer liegenden, gesunden, 30jährigen Frau mit Frequenzanalyse (Mitte) und Filterung (unten); [Moser 1995]

Folgende Frequenzbänder werden berechnet bzw. quantifiziert:

HF (high frequency): Der HF-Bereich umfasst Schwankungen mit Periodendauern von 2,5 Sekunden bis 7 Sekunden (0,15–0,4 Hz). Somit entspricht die Leistung im HF-Band der Aktivität des Parasympathikus und spiegelt hauptsächlich Herzfrequenzvariationen wieder, die auf Modulation über die Atmung zurückzuführen sind.

LF (low frequency): Das LF-Band umfasst den Frequenzbereich von 7–25 Sekunden (0,04–0,15 Hz). Die Leistung in diesem Band wird sowohl vom Parasympathikus (tiefe Atemzüge) als auch vom Sympathikus beeinflusst. Diese Region wurde früher auch Barorezeptorbereich genannt, da die Aktivität dieses Rezeptors hier sehr gut wiedergespiegelt wird. Die niederfrequenten Komponenten der Herzfrequenzvariabilität korrespondieren mit der Blutdruckrhythmik mit einer Frequenz von ca. 0,1 Hz.

LF/HF (vegetativer Quotient, VQ): Der Quotient aus den beiden vorangehenden Parametern spiegelt das momentane vegetative Aktivierungsniveau des Organismus wieder und ist das derzeit beste verfügbare Maß der „autonomen Balance“. Höhere Werte zeigen eine aktive, leistungsorientierte Einstellung des Körpers, tiefe Werte eine auf Erholung ausgerichtete.

Die angeführten Parameter (Frequenzbänder) werden in der Regel logarithmisch dargestellt.

6.12.2.2 HRV (Herzfrequenzvariabilitäts)-Parameter

Aus der oben dargestellten Frequenzanalyse und weiterführenden methodischen Berechnungen [Bettermann 1996] ergeben sich folgende HRV (Herzfrequenzvariabilitäts)-Parameter:

- HR – Herzfrequenz in Schlägen pro Minute
- logRSA – Median der absoluten Differenzen aufeinanderfolgender Momentanherzfrequenzen
- SDNN – Standardabweichung aller normalen RR-Intervalle
- ATMF – Atemfrequenz
- QPA – Puls-Atem-Quotient (Quotient aus HR und ATMF)
- QF – Vegetativer Quotient (Quotient aus LF und HF), ein Maß für die vegetative Balance

6.12.2.3 Messinstrument, -apparatur

Zur Messung der Herzfrequenzvariabilität und der Pulsdynamik wurde ein Spezialesystem der Abteilung Neurologie des Sozialmedizinischen Zentrums Süd – Kaiser-Franz-Josef-Spital (KFJ), verwendet. Das System wurde am Atominstitut der Österreichischen Universitäten entwickelt und dient am KFJ als Untersuchungssystem für Spezial- und Forschungszwecke. Der Kipptisch wurde ebenfalls vom KFJ zur Verfügung gestellt.

6.13 Durchführung der Untersuchungen

6.13.1 Untersuchungsvoraussetzungen

Es nahmen 12 Versuchspersonen an den Untersuchungen teil. Für 9 Versuchspersonen konnte die komplette Versuchsserie durchgeführt werden. Drei Versuchspersonen konnten aus terminlichen Gründen die Versuchsserie nicht beenden. Alle VersuchsteilnehmerInnen wurden vor dem ersten Versuch neurologisch untersucht, um neurologische Fehlregulationen auszuschließen.

Alle Messdaten und Fragebögen der VersuchsteilnehmerInnen wurden anonymisiert erhoben und abgelegt, um den Datenschutz der Versuchspersonen zu gewährleisten. Auf Fotos der VersuchsteilnehmerInnen während der Versuchsdurchführung wurde ebenfalls aus Gründen des Datenschutzes verzichtet.

6.13.2 Versuchsbedingungen

Da es unmöglich war, vor den Versuchspersonen das Heizungssystem geheim zu halten, konnte die Versuchsserie nicht als Blindversuch konzipiert werden. Daher können die subjektiven Beurteilungen der Raumklimasituation und der Raumluftqualität durchaus mit der Meinung und der persönlichen Einstellung der Versuchspersonen zur jeweiligen Heizungs- bzw. Lüftungssituation gefärbt sein. Dieser Umstand muss in der Diskussion der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die Wohnungen wurden "normal" betrieben. Jeder Versuchsteilnehmer wurde immer zur selben Tageszeit untersucht bzw. gab seine Bewertungen ab. Die Wochenrandtage wie Montag, Samstag und Sonntag waren ausgeschlossen.

Allgemeine Versuchsbedingungen

- 4 Passivhaus-Baukörper, identische Orientierung
- Jänner, Februar 2007: Temperaturen nur bis zu 5 °C
- eine Messung pro Haus bei möglichst, bis auf die Beheizungsart, gleichen Bedingungen
- 9–12 Versuchspersonen pro Messung

Die Versuchsreihe begann am 30.1.2007 in einer Wohnung mit einer reinen Luftheizung. Da bei diesem ersten Versuch die Zeit aufgrund der zusätzlichen neurologischen Untersuchungen sehr knapp war, wurde diese Versuchsreihe nicht gewertet und am Ende noch einmal wiederholt.

Daher war der Ablauf wie folgt:

01.02.2007: Wohnung mit Deckenheizung

06.02.2007: Wohnung mit Wandheizung

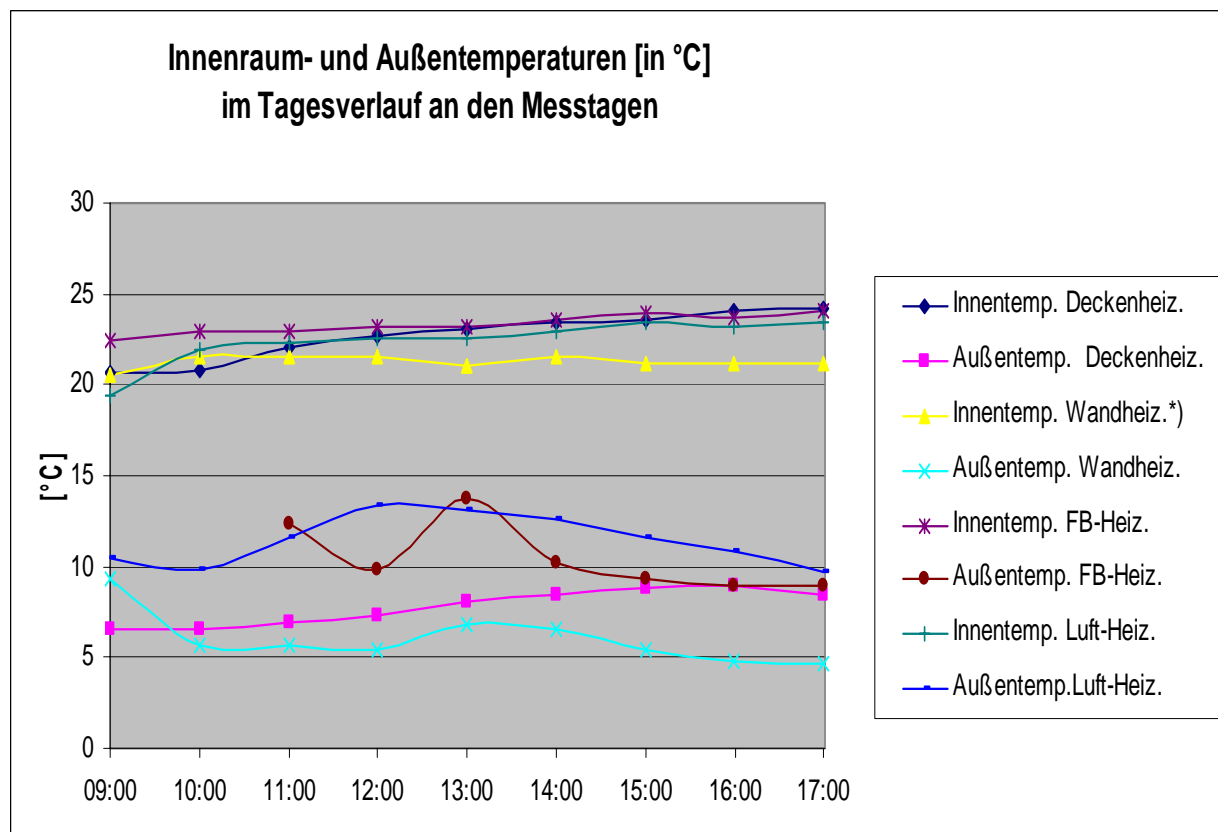
08.02.2007: Wohnung mit Fußbodenheizung

12.02.2007: Wohnung mit Lüftungsheizung

6.13.2.1 Temperaturen

Aus den folgenden Abbildungen der Temperaturverläufe außen und innen ist zu erkennen:

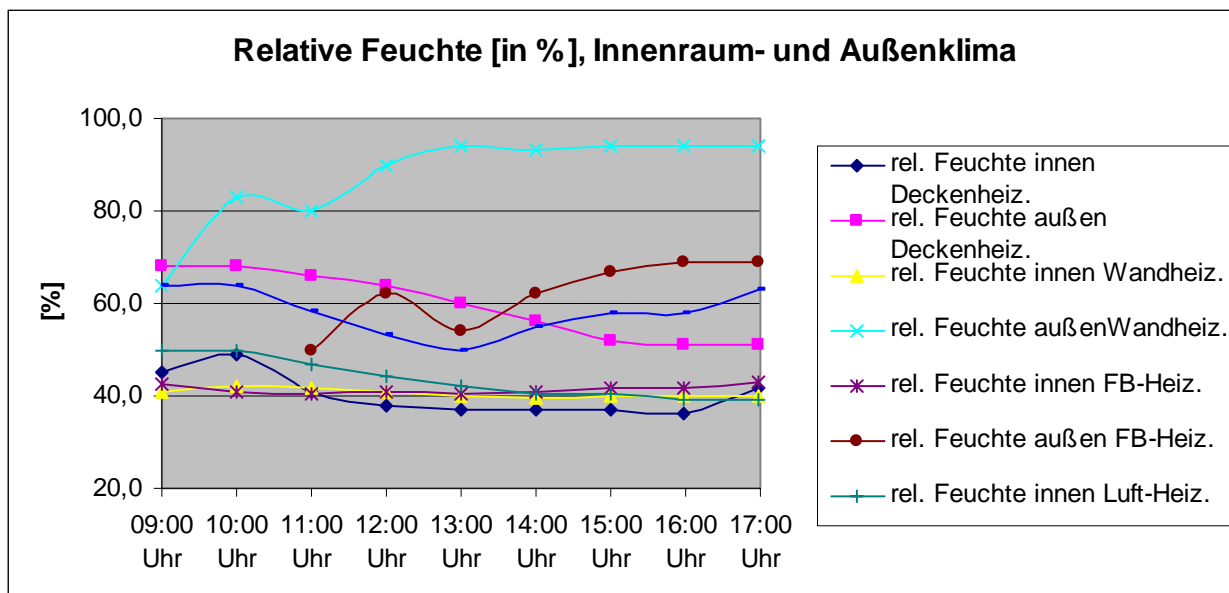
- Die höchsten Temperaturen außen traten beim Versuch in der Wohnung mit Fußbodenheizung auf.
- Die höchsten Innentemperaturen traten ebenfalls in der Wohnung mit der Fußbodenheizung auf.
- Obwohl beim Versuch in der Wohnung mit der Luftheizung die höchste Außentemperatur morgens auftrat, hatte diese morgens die niedrigste Temperatur (19,7 °C).
- Beim Versuch mit der Wandheizung waren die tiefsten Außentemperaturen und auch die tiefste mittlere Tagestemperatur (minimale Außentemperatur tagsüber: 4,7 °C).



	<i>Tagesmittelwert Temperatur in °C</i>	<i>minimale Temperatur in °C</i>	<i>maximale Temperatur in °C</i>
Innentemp. Deckenheiz.	22,7	20,7	24,2
Außentemp. Deckenheiz.	7,8	6,6	8,9
Innentemp. Wandheiz.*)	21,3	20,5	21,6
Außentemp. Wandheiz.	6,0	4,7	9,3
Innentemp. FB-Heiz.	23,3	22,4	24,1
Außentemp. FB-Heiz.	10,1	8,9	13,8
Innentemp. Luft-Heiz.	22,4	19,4	23,5
Außentemp. Luft-Heiz.	11,4	9,7	13,3

6.13.2.2 Luftfeuchten

Die mittleren relativen Luftfeuchten betragen im gesamten Versuchsverlauf 40%–43%. Dies ist für mechanisch belüftete Räume ein sehr guter Wert. Zu bedenken ist jedoch, dass im Versuchszeitraum keine extrem niedrigen Außentemperaturen aufgetreten sind.



6.14 Durchführung der Behaglichkeitsuntersuchungen

Die Behaglichkeitsuntersuchungen fanden in den Hauptwohnräumen der Wohnungen statt. Jede Versuchsperson war mindestens eine halbe Stunde vor Versuchsbeginn in der Wohnung, um sich thermisch zu akklimatisieren.

6.14.1 Kreislaufbelastungstests

Für die Durchführung der Kreislaufbelastungstests wurde der Kipptisch im Zentrum des Wohnraumes aufgestellt. Der Abstand des Kipptisches von der Wand mit Wandheizung betrug dabei etwa 1,5 bis 2 Meter. Nach dem Anlegen der EKG-Elektroden und des Pulssensors bzw. nach der Blutdruckmessung absolvierten die Versuchspersonen zunächst den passiven Orthostase-Test, ein 30-minütiges Messprogramm: 10 min Liegen – Kippen – 10 min Stehen – Zurückkippen – 10 min Liegen. Beim Stehen wurde jede Minute zusätzlich der Blutdruck gemessen.

6.14.2 Fragebogen zur thermischen Raumklimasituation

Nach der Akklimatisation an die Messumgebung der thermischen Raumklimasituation im Hauptwohnraum der untersuchten Wohnung beurteilten die VersuchsteilnehmerInnen die thermische und die Raumluft-Situation des Raumes sowie ihre momentane physische und psychische Anspannung anhand eines Fragebogens. Der Fragebogen befindet sich im Anhang.

6.14.3 Fragen zum Wohnklima an die WohnungsnutzerInnen und subjektive Raumklimabeurteilung

Das Messteam machte ein Interview zum Raumklima mit den WohnungsbewohnerInnen. Außerdem wurde eine Beurteilung der Raumluftqualität durch das Messteam vorgenommen.

6.15 Auswertung

In den folgenden Darstellungen der Auswertungen der Behaglichkeitsuntersuchungen sind die einzelnen Wohnungen anonymisiert mit folgenden Kürzeln bezeichnet:

S3T1 ... Lüftungsheizung

S2T1 ... Deckenheizung

S2T2 ... Wandheizung

S1T1 ... Fußbodenheizung

An den Behaglichkeitsuntersuchungen haben 12 Versuchspersonen (VP01–VP12) teilgenommen. 9 Versuchspersonen konnten das Programm abschließen.

6.15.1 Physiologische Messungen zur Behaglichkeitsuntersuchung

Den Auswertungen aller physiologischen Messungen ist vorzuschicken, dass aufgrund des geringen Umfangs der Untersuchungen (4 Passivhauswohnungen, 12 Versuchspersonen) diese nicht darauf ausgelegt waren, statistisch abgesicherte Ergebnisse zur Behaglichkeit im Passivhaus hervorzubringen. Die Ergebnisse sollen weitere Hinweise auf mögliche Wirkungen der Behaglichkeit im vegetativen Nervensystem liefern.

6.15.1.1 Auswertung des EKG- und Pulssignals

Abbildung 9 zeigt die berechnete Herzfrequenz aus dem EKG-Signal sowie aus dem Druckpulssignal. Die Erkennung der Herzrate aus dem Druckpulssignal basiert hierbei auf der Methode des steilsten Anstiegs. Die R-Zacken-Erkennung erfordert eine komplexere Erkennungsmethode (siehe Anhang).

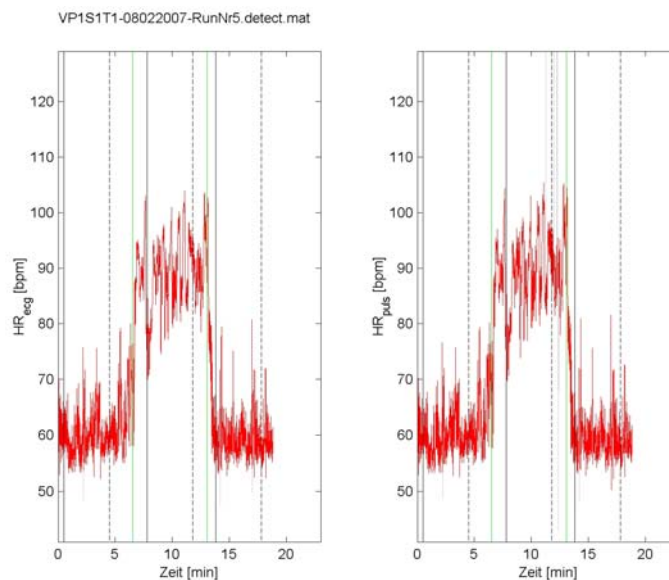


Abbildung 9: Datenauflistung. Die grünen Linien zeigen die Events, die schwarzen Linien markieren Beginn (-) und Ende (-) der zur Berechnung der HRV-Parameter herangezogenen Phasen.

Die RR-Intervalle stellen die Basis der Berechnung der HRV-Parameter dar (Herzratenvariabilität).

6.15.1.2 Auswertung des Blutdruckverlaufes

Einen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen psychophysiologischer Beurteilung und physiologischen Messwerten ergab die Auswertung der diastolische Blutdruckveränderung beim Aufkippen und in Abhängigkeit von den PPD. Der mittlere Blutdruck aller Versuchspersonen aus der Pulskurve gerechnet ist in Abb. 10 dargestellt. Der Verlauf der Änderung des Blutdrucks einer VP beim Kippversuch, gemessen mit dem Blutdruckmessgerät, ist in Abb. 11 dargestellt.

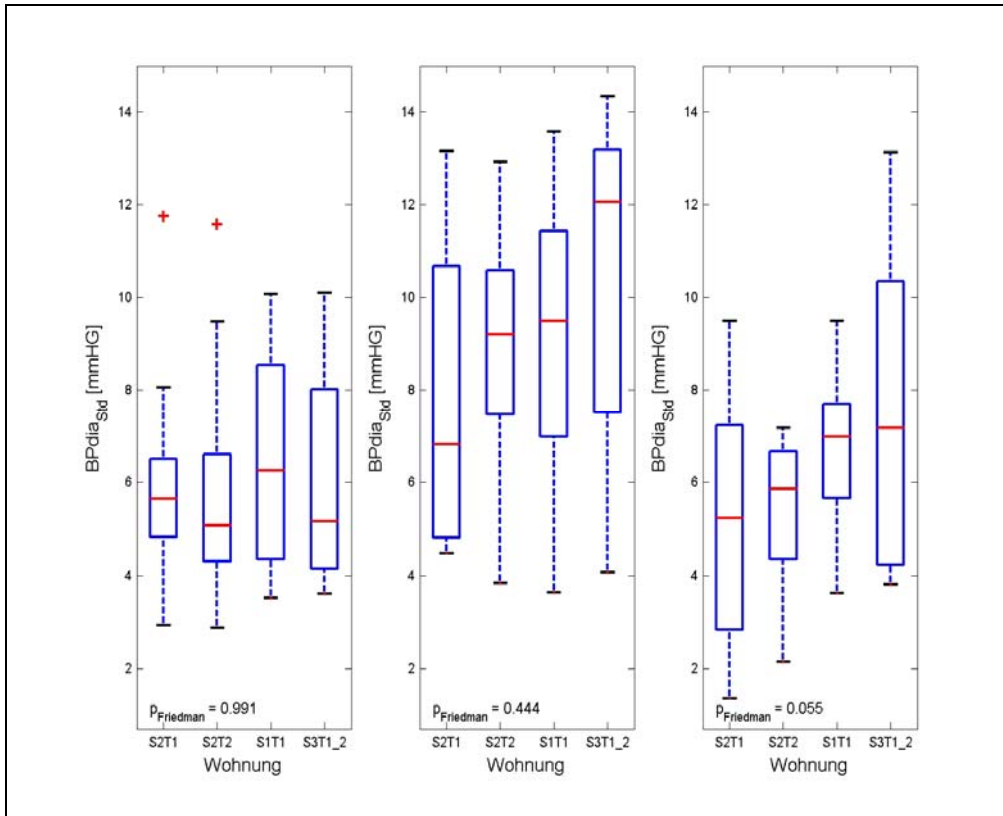


Abbildung 10: Verlauf des Blutdrucks aller Versuchspersonen

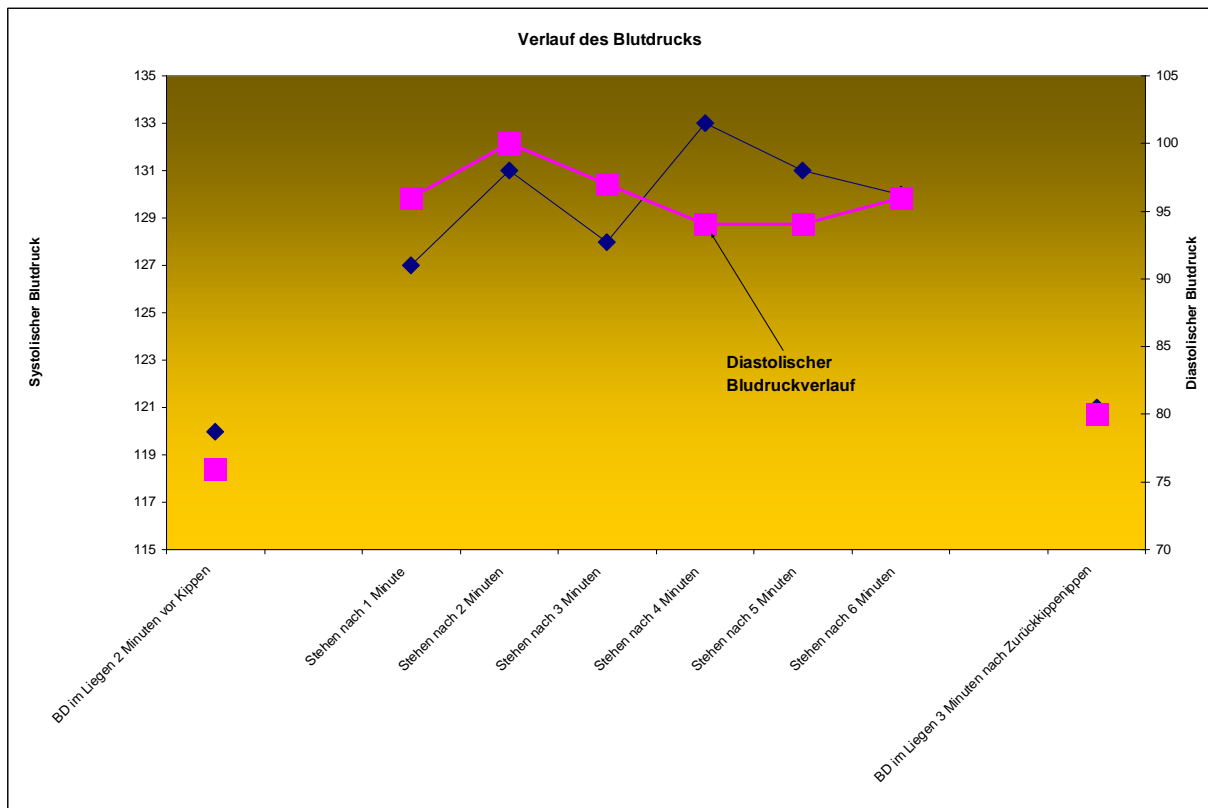


Abbildung 11: Verlauf des Blutdrucks einer Versuchsperson

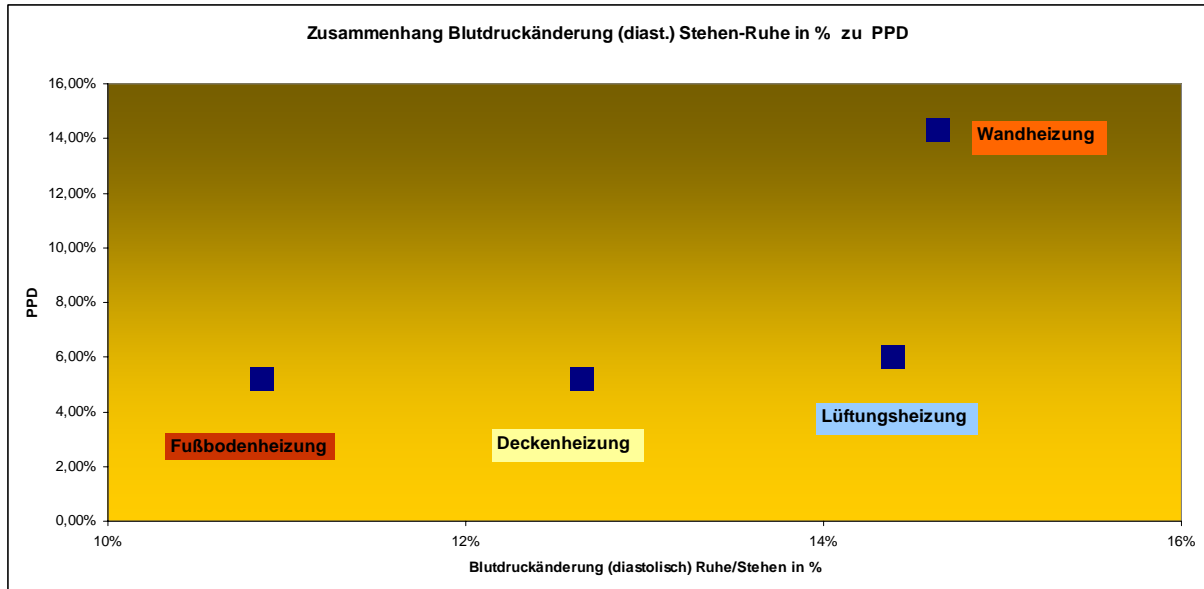


Abbildung 12: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD

Abb. 12 deutet auf einen möglichen Zusammenhang Blutdruckänderung im Stehen zu PPD hin. Dieser mögliche Zusammenhang muss genauer unter sehr kontrollierten thermischen Bedingungen untersucht werden. Die Änderungen sind gering, da auch die PPD-Bewertungen sehr gleichmäßig ausgefallen sind. Dies wurde für funktionierende Passivhauswohnungen genau so erwartet.

6.16 Fragebögen zur Thermischen Behaglichkeit, Luftqualität und Luftfeuchte

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Ergebnisse der Fragebögen zur Erhebung der Thermischen Behaglichkeit in Form der empfundenen Raumtemperatur, Luftqualität und Luftfeuchte in den vier verschiedenen beheizten Passivhauswohnungen. Jede Versuchsperson gab die Bewertung der empfundenen Temperatur, der Raumluftfeuchte und der Zugluftempfindung an 2 verschiedenen Plätzen in der Wohnung ab.

6.16.1 Körperliche und physische Anspannung

Dieser Fragebogen diente dazu, Änderungen in der Grundgesamtheit zu erkennen. Behaglichkeit wird von vielen Faktoren beeinflusst, ebenso die gewählten nichtinvasiven physiologischen Parameter. Daher ist es wichtig zu wissen, wie die VPen ihren eigenen psychischen und physischen Zustand zu den Messzeitpunkten einschätzen. Aus den folgenden Abbildungen ist zu erkennen, dass sich die Einschätzung der körperlichen Anspannung beim Versuch mit der Deckenheizung von den übrigen Fällen unterscheidet.

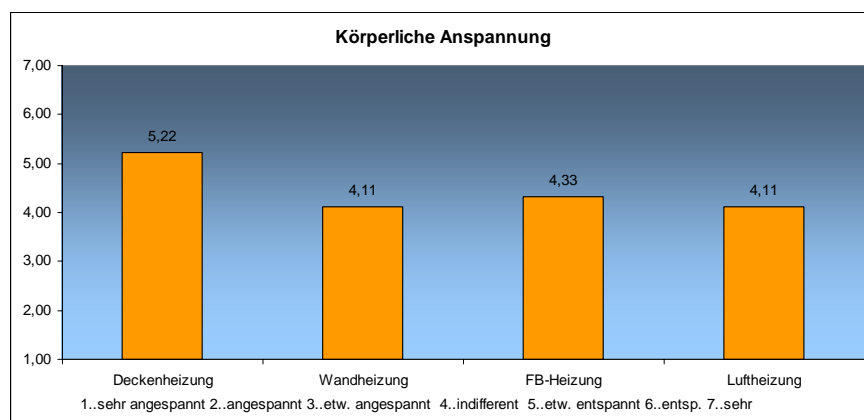


Abbildung 13: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD

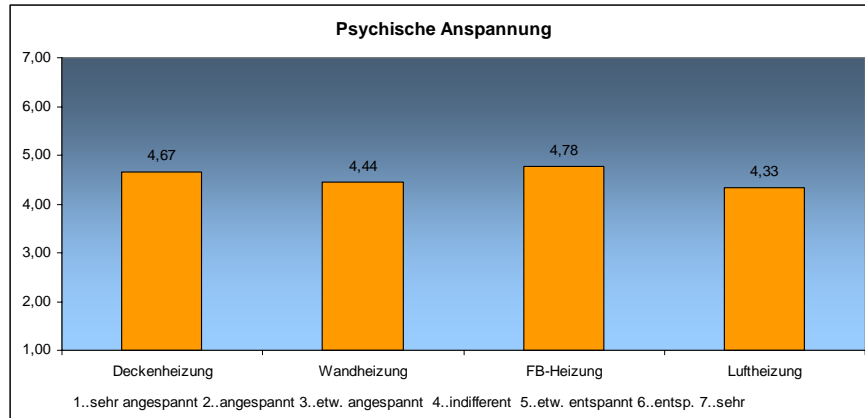


Abbildung 14: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD

Bei allen anderen Versuchen unterscheiden sich die Selbsteinschätzungen der VPen nicht signifikant. Dieser Umstand könnte bei physiologischen Parametern eine Rolle gespielt haben. Jedoch lässt sich dieser Effekt auf Grund der noch sehr geringen Erfahrung im Umgang mit diesen physiologischen Parametern im Bereich der Behaglichkeitsforschung nicht "herausrechnen" bzw. quantitativ berücksichtigen. Dieser Unterschied kann also andere Effekte überdecken.

6.16.2 Luftqualität

Interessant ist die Einschätzung der Luftqualität der VPen im Vergleich mit den gemessenen CO₂-Konzentrationen. Bei der Messung der CO₂-Konzentrationen in der Wohnung mit der Deckenheizung gab es einen Sensorausfall, sodass nur mehr der CO₂-Wert am Tagesende bestimmt werden konnte. Dieser stimmt mit den Werten der Wohnung mit der Wandheizung und der Fußbodenheizung überein.

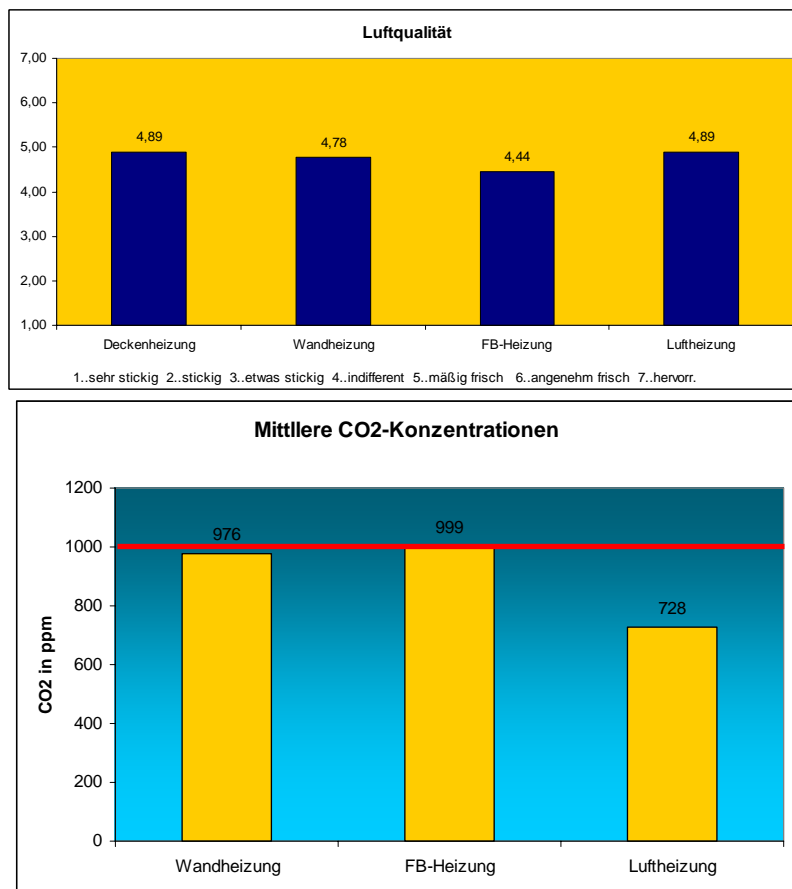


Abbildung 15: Zusammenhang Bewertete Luftqualität - CO₂-Konzentrationen

Aus der Abbildung 15 wird deutlich, dass es in der Wohnung mit der reinen Luftheizung deutlich die niedrigsten CO₂-Konzentrationen gab. Dies ist leicht dadurch erklärbar, dass zur Beheizung mit der Lüftung die Lüfterstufe 2 eingestellt werden musste. Bei den anderen Wohnungen war die Lüfterstufe 1 eingestellt, da die Wärme über die anderen Abgabesysteme in die Wohnungen eingebracht wurde. Vergleicht man die Einschätzung der Luftqualität mit den CO₂-Konzentrationen, so fällt folgendes auf:

- Obwohl die Wohnung mit der Luftheizung deutlich niedrige CO₂-Konzentrationen aufwies, wurde die Luftqualität nicht deutlich besser beurteilt. Dieses Phänomen ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass nachgeheizte (warme) Luft nicht als so "frisch" beurteilt wird wie kühlere Luft.
- Die mittleren niedrigsten CO₂-Konzentrationen liegen sehr nahe an dem Pettenkofer-Grenzwert von 1000 ppm, ab dem eigentlich gelüftet werden sollte. Daher stimmt die Einschätzung der VPen mit der üblichen Erfahrung überein, welche die Luftqualität im Bereich zwischen indifferent und mäßig frisch beurteilen.
- Da an den Messtagen eine deutlich höhere Personenbelegung vorhanden war, als im Alltag üblich, ist davon auszugehen, dass für normale Personenbelegungen die Luftmengen richtig eingestellt sind und dann deutlich niedrigere mittlere CO₂-Konzentrationen vorhanden sind.

Die Messungen zeigen einen Nachteil der reinen Zulufttheizung auf: Die Luftmengen orientieren sich im Beheizungsfall nicht an den hygienischen Bedürfnissen der BewohnerInnen, sondern an der vorhandenen Heizlast. Dadurch kommt es in diesem Fall zu einer "Überbelüftung" der Wohnungen, welche auf Grund der höheren Lufttemperatur nicht einmal als angenehm frisch bzw. hervorragend frisch beurteilt wird.

6.16.3 Luftfeuchte

Die folgende Abbildung zeigt die Beurteilung der Raumluftfeuchte in den verschiedenen Wohnungen durch die VPen. Es ist klar zu erkennen, dass die Luftfeuchten als "genau richtig" eingeschätzt wurden. Dies stimmt mit den Messwerten für die Luftfeuchten im Bereich 40%–43% relative Luftfeuchte überein. Es muss jedoch auf Grund der Erfahrung festgestellt werden, dass sich dieses Bild deutlich verschlechtert, wenn tiefere Außentemperaturen vorhanden sind.

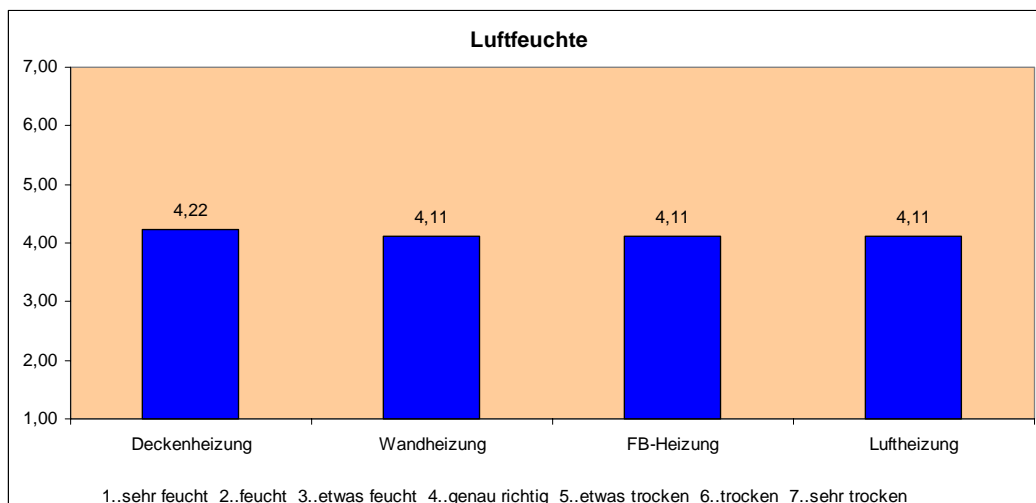


Abbildung 16: Beurteilung der Luftfeuchten durch die VPen

6.16.4 Thermische Behaglichkeit

Aus der Temperaturbewertung der VPen wurde die PMV ermittelt und daraus das PPD berechnet. Abbildung 17 zeigt die Bewertungen der einzelnen VPen zu jeder Beheizungsart. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich die Bewertungen nur im Bereich zwischen etwas kühl - genau richtig - etwas warm befinden. Dies war auf Grund des Dämmstandards und der realisierten Haustechnik auch zu erwarten. Die Abbildung zeigt aber auch deutlich, dass es beim Versuch in der Wohnung mit der Wandheizung "etwas kühl" war. Dafür gibt es eine einfache Erklärung:

Die mittlere Raumlufttemperatur lag mit 21,3 °C um mehr als 1 °C tiefer als bei allen anderen Versuchen.

Dieser "niedrige" Wert hat wahrscheinlich zwei Ursachen:

1. Es waren während des Versuchs die tiefsten Außentemperaturen vorhanden.
2. Die Passivhaustüre zum Windfang wird außerhalb der Messzeit immer einen Spalt geöffnet, da das Katzenklo im Windfang steht.

Jedoch bemerkten die Versuchspersonen an den Beurteilungspositionen auch leichte Zugserscheinungen. Dies kann eine Folge der Kombination Wandheizung – Glasfläche– Lüftungsanlage an der Beurteilungsposition sein.

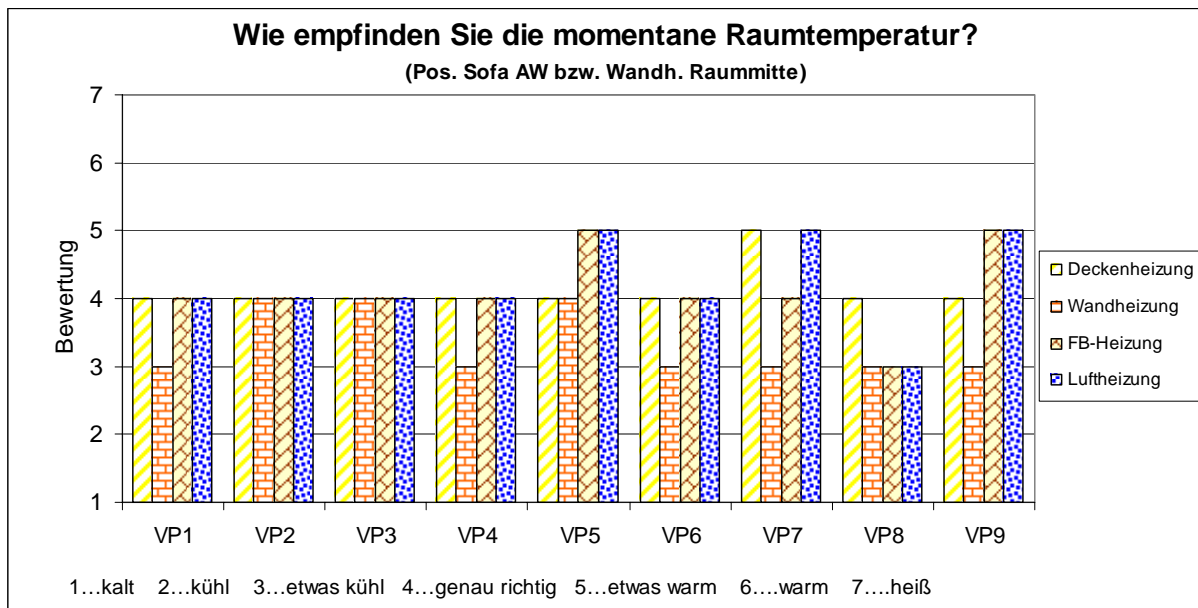


Abbildung 17: Psychophysische Bewertung der thermischen Behaglichkeit der einzelnen VPen bei den unterschiedlichen Beheizungsarten

Die Bewertungen der Versuchspersonen führten zu den in Abbildung 18 und 19 dargestellten Ergebnissen.

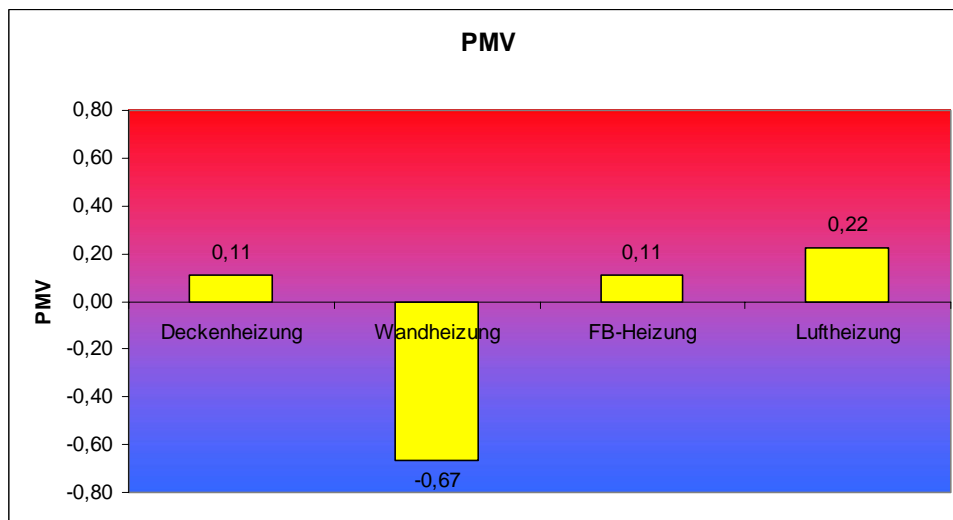


Abbildung 18: Ergebnis der Temperaturbewertung (PMV) in den verschiedenen Wohnungen

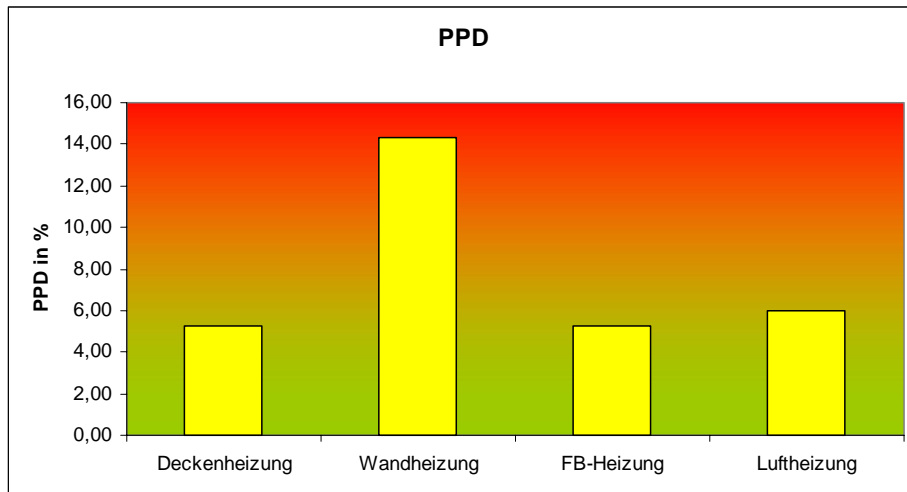


Abbildung 19: PPD-Ergebnisse für die verschiedenen Wohnungen

Alle Systeme, außer das Wandheizungssystem, funktionieren nach der Behaglichkeitsnorm ISO EN 7730:2005, ausgezeichnet. Sie fallen in die beste summative Behaglichkeitskategorie A. Die Wandheizung würde in B fallen. Die Probleme bei der Wandheizung können technisch wahrscheinlich relativ leicht behoben werden (Passivhaustüre schließen und Lüftungsanlage neu einregulieren). In der Praxis wird dieses Problem jedoch nicht so einfach zu beheben sein, da es nach Wissenstand der Autoren noch keine "passivhaustaugliche Katzentür" gibt.

6.17 Ergebnisse der Interviews mit den BewohnerInnen und Selbsteinschätzung des Messteams

Im Folgenden werden einige wichtige Ergebnisse aus den Interviews des Messteams mit den BewohnerInnen dargestellt. Diese beziehen sich auf das thermische Verhalten der Wohnungen und die Raumluftqualität. Die subjektiven Einschätzungen des Messteams werden auch wiedergeben.

6.17.1 Luftheizung

Eindruck der BewohnerInnen:

- Zu trockenes Raumklima (Aquarium aufgestellt)
- Die Raumtemperierung ist nicht raumweise möglich
- Die Räume im Obergeschoß (v.a. Schlafräume) sind zu warm
- Aufheizen auf die gewünschte Raumtemperatur nach dem Wochenende dauert zu lange

Eindruck des Messteams:

Die Raumluft ist nicht abgestanden, aber dennoch etwas stickig (vielleicht auch eine Folge der dichteren Personenbelegung an den Messtagen). Der Frischlufteindruck trotz permanenter Luftheizung fehlt und die Lüftungsgeräusche sind deutlich hörbar (teilweise sogar für VPn störend).

6.17.2 Deckenheizung

Eindruck der BewohnerInnen:

- keine Beschwerden der Bewohner bezüglich des thermischen Verhaltens und der Raumluftqualität

Eindruck des Messteams:

Ein angenehmes Raumklima mit angenehmer Temperaturverteilung und Oberflächentemperaturen (Wand, Verglasung, Fußboden). Die Lüftung ist nicht hörbar. Dies wurde auch von den Versuchspersonen positiv vermerkt.

6.17.3 Wandheizung

Eindruck der BewohnerInnen:

- Das Fehlen der Heizkörper (zum Trocknen der Kinderkleidung) wird als störend empfunden
- Subjektiv zu trockene Raumluft, die Pflanzen trocknen sehr rasch aus
- Es darf im Bereich der Wandheizung nichts montiert werden

Eindruck des Messteams:

Raumlufthqualität ist weitgehend in Ordnung. Trotz ähnlicher Innenraumlufth- und Oberflächentemperaturen der Verglasung wie bei der Deckenheizung treten leichte Zugscheinungen beim Sofa, das direkt an der Außenwand steht bzw. bei den großflächigen Verglasungen an der West-Fassade, auf. Es entsteht ein geringfügiges Unbehaglichkeitsgefühl, eventuell auch durch Strahlungsasymmetrien oder durch Luftströmungen.

6.17.4 Reduzierte Fußbodenheizung

Eindruck der BewohnerInnen:

- keine Beschwerden, sehr zufrieden mit der Situation

Eindruck des Messteams:

Sehr gute Raumlufthqualität und die höchsten Raumlufthtemperaturen von allen gemessenen Wohnungen. Der Messtag ist ein sonniger Tag mit relativ hohen Außentemperaturen (> 8 °C). Die Raumhelligkeit an diesem Tag beeinflusst wahrscheinlich zusätzlich die Behaglichkeitsempfindungen.

7 Nachhaltiges Qualitätssicherungsmanagement durch mehrstufige Qualitätsbewertung anhand eines Demonstrativbauvorhabens - Arge TQ und Architekt Werner Hackermüller

Bericht von Architekt Werner Hackermüller

Dieser Teil der Untersuchung teilt sich in

- eine vergleichende Analyse mehrerer Qualitätsbewertungssysteme, insbesondere des TQ-tools (total quality tool), inklusive Kritik
- die mehrstufige Bewertung durch den Architekten und
- die nachweisliche Qualitätsbewertung mittels TQ-tool durch die Arge TQ

7.1 Einleitung Qualitätssicherungstools - die babylonische Verwirrung – Erfahrungen (aus unserer) Praxis

7.1.1 Bewertungstools umfassend

Die folgenden Bewertungssysteme werden zur Zeit praktisch angewendet. Sie sind teilweise ähnlich strukturiert, in manchen Punkten überschneiden sie sich.

- TQ – total quality tool verbessert im neuen TQB (total quality building/bauen) Im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ - BMvit wurden innovative Bauprojekte (Neubau und Sanierung) nach Kriterien des nachhaltigen Bauens realisiert. Total Quality dokumentiert die Qualität eines Gebäudes von der Planung über den Bau bis zur Nutzung im TQ-Gebäudezertifikat. Das Zertifikat ist das Endprodukt des integrierten TQ-Planungs- und Bewertungsprozesses. Die Zertifizierung macht die Qualität eines Gebäudes sichtbar, nutzbar und vergleichbar und bringt so für die Vermarktung Vorteile und Sicherheit.⁷

Die Bewertung erfolgt in 2 Stufen – Planung (optional) und Fertigstellung

- klima:aktiv Standard des Lebensministeriums
Im Gebäudebereich bietet klima:aktiv geförderte, individuelle Beratung und Qualitätssicherung für den Neubau und für die Gebäudesanierung - vom Wohnhaus bis zum gewerblichen Gebäude.
Um die Qualität eines Gebäudes messbar und vergleichbar zu machen, wurde der klima:aktiv Gebäudestandard entwickelt.⁸

Deutlicher Schwerpunkt dabei ist die Energiefrage (mit ihren Auswirkungen auf das Klima)

- Grundstücksbeirat für geförderte Wohnhäuser in Wien - Das Land Wien hat im Jahr 1989 in seinem Wohnbauförderungsgesetz festgelegt, dass Wohnbauvorhaben vor Erledigung der Ansuchen auf Gewährung einer Förderung hinsichtlich ihrer planerischen, ökonomischen und ökologischen Qualitäten zu bewerten sind. Diese Qualitätsprüfung erledigen die Mitglieder des Grundstücksbeirates und erteilen jeweils rund zehn bis fünfzehn Wohnbauvorhaben eine „Förderungsempfehlung“, wenn sie obig genannte Qualitäten erfüllen.⁹

Bisherige Schwerpunkte waren Planung, Ökologie und Ökonomie – ergänzt ab 2008 mit der vierten Säule der Nachhaltigkeit – der sozialen Nachhaltigkeit.

Analoge Instrumente in finden sich in den Bundesländern

- TEGOVA (The European Group of Valuers Associations) ein europaweiter Zusammenschluss der Verbände der Immobilienbewerter. Ziel dieses Zusammenschlusses ist die Etablierung von europaweiten Bewertungsstandards in der Immobilienbewertung, der Informationsaustausch zwischen den nationalen Verbänden, die Lobbyarbeit bei den Gremien der europäischen Union, die Etablierung einer einheitlichen hohen Qualifikation der Sachverständigen und deren kontinuierliche Weiterbildung.¹⁰

- Internationale Bewertungen

- Minergie (CH) ist eine weltweit geschützte Marke für nachhaltiges Bauen und ist der wichtigste Energiestandard in der Schweiz für Niedrigenergiehäuser. Als Ergänzung gilt

Minergie P– ähnlich dem Passivhaus-Standard und

Minergie eco – verstärktes Eingehen auf ökologische Faktoren.

Die Anforderungen sind für zwölf Gebäudekategorien (MFH, EFH, Verwaltung, Schulen, Verkauf, Restaurants, Versammlungslokale, Spitäler, Industrie, Lager, Sportbauten, Hallenbäder)

⁷ <http://www.tq-building.org>

⁸ <http://www.klimaaktiv.at>

⁹ <http://www.gestaltungsbeirat.at>

¹⁰ <http://de.wikipedia.org/wiki/TEGoVA>

verschieden definiert. Ebenso verschieden sind die Anforderungen bei der Sanierung von Altbauten und für Neubauten.¹¹

- BREEAM (GB) gibt Aufschluss über die umweltrelevante Gesamtleistung eines Gebäudes, von der Planung über die Ausführung bis hin zur Nutzung. Objekte werden nach einer Skala von „bestanden“ über „gut“ und „sehr gut“ bis „exzellent“ bewertet und erhalten ein entsprechendes Zertifikat. Aus Sicht der Bau- und Immobilienbranche in Großbritannien gilt das Verfahren als das Maß schlechthin für die Bewertung umweltfreundlichen Designs und Managements.¹²
- Leed (USA) ist ein Schwerpunktprogramm des US Green Building Councils (USGBC). LEED lässt sich auf neue und bereits bestehende Geschäfts- und Verwaltungsgebäude sowie im großvolumigen Wohnbau anwenden. Die Bewertung berücksichtigt energetische und ökologische Grundsätze und hat eine Standardisierung im Bereich "green building" zum Ziel. Evaluiert werden die Umweltauswirkungen eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Zertifiziert werden nur jene Gebäude, die bestimmte Grundbedingungen des ökologischen Bauens erfüllen. Die Bewertung erfolgt durch eine Punktevergabe für einzelne Kriterien. Die Summe der erreichten Punkte entscheidet, wie das Gebäude bei der Zertifizierung eingestuft wird. Als Bewertungsgrundlage wird ein Kriterienkatalog herangezogen.¹³

7.1.2 Bewertungstools Detailparameter

- Energieausweis: ist mit dem Typenschein eines Auto vergleichbar. Je nach Bundesland sind die Berechnungsmodelle etwas unterschiedlich. Der wichtigste Kennwert ist aber in jedem Energieausweis enthalten: Die Energiekennzahl für ein Gebäude (spezifischer Heizwärmebedarf). Gemäß der umzusetzenden EU-Richtlinie benötigt man bei allen neuen Gebäuden einen Energieausweis bereits beim behördlichen Bauverfahren. Auch bei umfassender Sanierung, bei Zu- und auch bei Umbauten ist ein Energieausweis nötig. Seit 2009 ist ein Energieausweis ebenfalls bei Verkauf, Verpachtung oder Vermietung von Häusern, Wohnungen, Büros oder Betriebsobjekten vorzulegen. Die Gültigkeitsdauer des Energieausweises beträgt zehn Jahre. Verantwortlich für das Vorliegen ist der Bauherr, der Vermieter bzw. der Verkäufer des Objekts.¹⁴
- PHPP: Als Nachweis des Passivhaus- Standards ist eine Berechnung mit dem Programm Passivhaus- Projektierungs- Paket (PHPP) des Passivhaus-Institutes in Darmstadt durchzuführen. Die normale Energiekennzahl-Berechnung (nach OIB) ist dafür nicht geeignet. Das PHPP umfasst:
 - die Berechnung von Energiebilanzen
 - die Projektierung der Komfortlüftung
 - die Auslegung der Heizlast
 - und die Berechnung des Primärenergiebedarfes

Ein Problem entsteht durch die unterschiedlichen Rechenansätze der einzelnen Programme, die untereinander nicht abgestimmt sind.

- Ol_3 -Index – ökologische Bauelement- und Gebäudebewertung
Die Herstellung eines Baustoffes oder einer Baukonstruktion wird in einem Bilanzmodell dargestellt. Untersucht werden Stoff- und Energieflüsse, bei der Erzeugung entstehende Nebenprodukte, Abfälle, Emissionen in Luft, Wasser, Boden und Energie (Abwärme). Jedes Produkt und Nebenprodukt hat Auswirkungen auf den Treibhauseffekt (GWP), trägt zur Versauerung der Böden bei (Versauerungspotential AP) und die Herstellung benötigt Energie (Primärenergieaufwand PEI). Aus den Stoff- und Energieflüssen werden die dadurch verursachten Wirkungen berechnet. Eine zusammenfassende Bewertung, unter der Berücksichtigung von Treibhauspotential, Versauerungspotential und Primärenergie, für ein Gebäude bzw. eine Konstruktion von 0 bis 100 ergibt in Summe den Ol_3 -Index. Unterstützende Unterlagen und Programme sind z.B. im baubook (ökologische Datenbank für Baustoffe einschliesslich Hilfsbaustoffe (siehe unter <http://www.baubook.at/>)) zu finden.
- Nutzwertgutachten – ausschließlich relative Bewertung der Einheiten innerhalb eines Projektes – dh der Grundwert (meist eine Wohnung im 1.Stock) beträgt immer 1,00 – aus dem Nutzwert lässt sich

¹¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Minergie>

¹² http://www.ecobauconsulting.de/pageID_5454307.html

¹³ http://www.iswb.at/ecobuilding/ecoBuilding_international.htm

¹⁴ <http://www.energieausweis.at>

daher die Qualität (und der relative Wert) einer Einheit innerhalb des Gebäudes, nicht aber z.B. innerhalb einer Stadt ablesen.

Für die Ermittlung der Nutzwerte im Nutzwertgutachten sind folgende Parameter maßgeblich:

- Nutzfläche: Die Nutzfläche der betreffenden Wohnung samt zusätzlicher Flächen wie Terrasse, Garten, Keller oder ähnlichem ist aus dem behördlich genehmigten Bauplan zu errechnen.
- Richtnutzwert (RNW): dieser wird vom, mit der Erstellung des Nutzwertgutachtens beauftragten, Zivilingenieurs aufgrund der allgemeinen Verkehrsauffassung festgesetzt.
- Abstriche/Zuschläge: für verschiedene Umstände (Lage, Belichtung und ähnliches) werden prozentuale Zuschläge oder Abstriche vom Richtnutzwert vorgenommen, die im Nutzwertgutachten genau benannt und beziffert werden.
- BauKG – Unterlage für spätere Arbeiten
 - Der Bauherr hat dafür zu sorgen, dass eine Unterlage für spätere Arbeiten am Bauwerk erstellt, angepasst und in geeigneter Weise aufbewahrt bzw. übergeben wird.
 - Die Unterlage muss die zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer bei späteren Arbeiten wie Nutzung, Wartung, Instandhaltung, Umbauarbeiten oder Abbruch erforderlichen Angaben über die Merkmale des Bauwerks (wie Zugänge, Anschlagpunkte, Gerüstverankerungspunkte, Gas-, Wasser- und Stromleitungen) enthalten, die bei späteren Arbeiten (z.B. Umbau, Wartung) zu berücksichtigen sind.
 - Die Unterlage ist vom Planungs Koordinator in der Vorbereitungsphase zusammenzustellen und bei Fortschritt der Arbeiten oder bei eingetretenen Änderungen durch den Baustellenkoordinator anzupassen. Die Erstellung und Durchführung der Anpassung obliegt sowohl den Koordinatoren als auch dem Bauherrn.
 - Der Bauherr hat dafür zu sorgen, dass die Unterlage für die Dauer des Bestandes des Bauwerks in geeigneter Weise aufbewahrt wird. Wird das Bauwerk während der Ausführung oder nach Fertigstellung vom Bauherrn an eine andere natürliche oder juristische Person oder sonstige Gesellschaft mit Rechtspersönlichkeit übergeben, hat diese für die Aufbewahrung der Unterlage in geeigneter Weise zu sorgen (z.B. Hinterlegung bei Hausverwaltung nach Eigentümerwechsel).¹⁵

7.1.3 Vergleich der Bewertungsprogramme

Die Inhalte der Bewertungstools gliedern sich in folgende Kriterien auf und sind mit diversen Verschiebungen in allen Tools ähnlich enthalten:

- Infrastruktur und Planung
- Ressourcenschonung
- Komfort und Raumluftqualität

Nicht bzw. sehr schwach enthalten sind z.B. Kriterien wie

- Strukturelle Wirtschaftlichkeit,
 - schwierig zu bemessen, aber essentiell für die Gesamtwirtschaftlichkeit (Beispiel: ein Aufwand der soziale Qualitäten bringt ist anders zu bewerten als ein Aufwand, der strukturelle, konstruktive Schwächen eines Projektes „kaschiert“)
- soziale Qualitäten bzw. die Qualität der Lage des Grundstücks
 - sind nicht direkt enthalten. Ansatzweise werden die Punkte bei der Bewertung des Grundstücksbeirats Wien bzw. durch die Wirtschaftlichkeitsdaten der Bauwirtschaft berücksichtigt.
- Folgekosten und life cycle costs
 - neben den Energiekosten fallen hier auch Wiederverwendungskosten, Recyclierbarkeit, Erneuerungszyklen (wie oft und wie leicht kann z.B. das Haustechniksystem erneuert werden) und natürlich sozial bedingte Flexibilität (bzw. Umbaukosten) an. Manche kurzfristige Einsparung könnte sich dabei als äußerst kurzfristig und damit teuer herausstellen.

Was ist nachhaltige Qualität? - Nachhaltige Inhalte

Im Folgenden eine kurze Auflistung von Bewertungskriterien nach heutigem Wissen – womit klargestellt sein soll, dass diese Auflistung rechtzeitig evaluiert werden muss. Die Umsetzung in den jeweiligen Bewertungstools wird in der rechten Spalte ergänzt.

¹⁵ http://www.arbeitsinspektion.gv.at/AI/Bauarbeiten/Koordination/080seite_14.htm

<p>Infrastruktur- und Planungsqualitäten Alltagstaugliche Funktionalität Lage und Infrastruktur Lagewert Erschliessung und Öffentlicher Verkehr Nahversorgung Soziale Infrastruktur und Freizeitangebot Qualitative Lagebewertung - Geomantie, Elektromagnetismus, Radon, Orientierung, Umgebungsschall, Grünraumbezug, soziale Umgebung</p> <p>Planungsqualitäten Flexibilität - Änderungen durch Lebenszyklus und technische Neuerungen Freiraumqualitäten</p> <p>Soziale Qualitäten Sicherheit Fahrradtauglichkeit Barrierefreiheit Allgemeinräume</p> <p>Gesundes Bauen Wärmebrückenfreiheit Luftdichtes Bauen</p> <p>Ressourcenschonung Energieeffizienz LCA - life cycle assesement z.B. Transportkosten CO₂ Recyclierbarkeit</p> <p>Energie Heizwärmebedarf, Heizlast - Energieausweis Warmwasserenergiebedarf Hilfsstrom Haushaltsstrom</p> <p>Primärenergieaufwand Erneuerbare Energieträger</p> <p>Wasser Regenwassernutzung und Versickerung Dachbegrünung Abwasser</p> <p>Ökologie Umweltfreundliches Bauen Baubiologie Gesundes Wohnen Ökologie - Umwelt Schadstoffvermeidung, Umweltschonung und Klimaschutz OI3 Bewertung - GWP, AP, PEI - erweitert durch POCP, ODP, NP Vermeidung PVC, PU, HFKW Lösungsmittelarme Bitumen(voranstriche) - GIS Code Arbeitnehmerschutz - Arbeitnehmer Leichtflüchtige Lösungsmittel Schadstoffe, z.B. Asbest, lungengängige Dämmstoffe</p>	<p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat</p> <p>-----</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat - klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>- Grundstücksbeirat - Grundstücksbeirat</p> <p>-----</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat - klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat</p> <p>-----</p> <p>- klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ</p> <p>-----</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat - alternativ PHPP</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat</p> <p>-----</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat - klima:aktiv, TQ</p> <p>- klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat</p> <p>- klima:aktiv, TQ</p> <p>- klima:aktiv, TQ, BauKG - klima:aktiv, TQ, BauKG</p>
--	---

<p>Baubiologie - Mensch Gesundes Wohnen - Komfort - Raumluftqualität Sommertauglichkeit - z.B. PHPP oder Bauphysik Schallschutz Komfortlüftung - z.B. PHPP, www.komfortlüftung.at Formaldehyde Lösungsmittel VOC - EMI Code, GUT Materialien mit staatlichem Umweltzeichen Messung Radon, Elektrosmog</p> <p>Wirtschaftlichkeit</p> <p>Errichtungskosten- Wirtschaftlichkeitsdaten der Bauwirtschaft Geometrie (BGF, WNFI, Ic Wert, Fassaden- und Fensterflächen, Erschliessung Struktur und Baumethode Ausstattung Haustechnik Lebenszykluskosten (LCCA life cycle cost analysis) Errichtungskosten Betriebskosten Entsorgung WERTerhaltung Sozialer und Technischer Lebenszyklus Veränderung der WERTE - VORdenken statt NACHdenken Versuch einer Prognose + Reaktion darauf</p>	<p>- klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ</p> <p>- klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ - klima:aktiv, TQ</p> <p>- ebendort enthalten</p> <p>- ebendort teilweise enthalten</p> <p>- Grundstücksbeirat - Grundstücksbeirat</p>
---	---

7.1.3.1 Kritik

Bei Betrachtung aller Qualitätsbewertungen fällt auf, dass

- keine ZIELGRUPPEN definiert werden
– d.h. dass die wesentliche Frage: „Für wen wird die Bewertung durchgeführt?“ nicht gestellt wird.
Damit verbunden ist auch die fehlende Varianz der Bewertung je nach Standpunkt/Wertmassstab der Zielgruppe!
Eine umfassende Bewertung muss den Standpunkt des Betrachters miteinbeziehen und wird damit zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen.
- der ZEITPUNKT der BEWERTUNG nicht definiert ist.
d.h. der Betrachter weiss nicht, ob es sich um eine Absichtserklärung – einen „Werbegag?“ oder die Abbildung der realen Qualitäten handelt.
damit verbunden stellt sich die Frage
- WARUM INTERESSIERT SICH NIEMAND DAFÜR?
keine Zeitungen, keine Medien, keine „stakeholder“ haben ehrliches Interesse an einer Qualitätsbewertung – und das zum Schaden aller!
- Warum das so ist, kann ich nur in einem

Exkurs

über

Qualitätssicherung im Alltag

zu ergründen versuchen.

Behauptung 1:

Kein Produkt unseres täglichen Lebens wird mit so wenig Wissen und objektiver Information gekauft wie (Wohn)Bau.

Für Autos, Kühlschränke, Fotoapparate etc. sind Bewertungen selbstverständlich.

Im eBay sind Bewertungen des Produktes sowie aller „shareholder“ bereits selbstverständlich

Nur HÄUSER UND WOHNUNGEN KAUFEN WIR ANHAND WELCHER GRUNDLAGEN UND KRITERIEN ?

Warum?????????

Behauptung 2:

Bei allen Produkten unseres täglichen Lebens ist eine Preisstaffelung anhand von nachgewiesenen (und damit nachweisbaren!!) Qualitäten um den Faktor 10 eine Selbstverständlichkeit – wird vom Kunden akzeptiert und HONORIERT.

Wären (Wohn)Bauwerke ähnlich genau und nachhaltig bewertet – wie wäre dann die Preisstaffelung? - lassen wir den Lagewert bei dieser Betrachtung außer „Konkurrenz“ – dann ist die Preisstaffelung kleiner als Faktor 2.

Zur Klarstellung: ich will mit dieser Behauptung die Baukosten bei besserer Qualität (für den Kunden) absenken – bei entsprechender Qualifizierung genauso machbar wie bei allen anderen Konsumgütern.

Qualität, die der Kunde nicht erkennt – honoriert er natürlich auch nicht

und damit Behauptung 3:

mit einer nachvollziehbaren Qualitätsbewertung

- Wären die Zeitungen längst interessiert
- Wäre die Qualität generell besser/höher
- Wären die Baukosten niedriger
- Wäre der Kunde sicherer
- Wäre die „Bauwirtschaft“ besser beleumundet und
- Wären die Unternehmen (und das sind zum Glück viele !), die auch heute gute Qualität liefern, besser und für den Kunden nachvollziehbar von „schwarzen Schafen“ differenziert

Und damit - Behauptung 4 – vorläufig die letzte -:

- Würden ALLE Beteiligte gewinnen
- WIN – WIN - WIN

Qualitätssicherung (in unserer) Praxis

Zur Sicherung der Qualität durchlaufen unsere Planungen routinemässig mehrere mehrstufige Qualitätsbewertungen – ich würde sie gerne zusammenfassen!

Begonnen haben wir mit TQ - total quality – später TQB,

parallel mit der klima:aktiv (Passivhaus) Bewertung.

Die Bewertung des Grundstücksbeirates (Grundstücksbeirat) ist in Wien obligatorisch

Heute arbeiten wir primär mit unserem eigenen QS-tool, das

- mit möglichst vorhandenem Datenmaterial
- damit Datenverluste bestmöglich vermeidet,
- die Ergebnisse der o.a. Bewertungssysteme getrennt errechnet, und
- uns bei der Umsetzung der Qualitätsziele unterstützt

Ziel

ist eine nachvollziehbare QUALITÄTSSICHERUNG durch ein geeignetes WERKZEUG / tool.

Nicht eine „SCHÖNE“ QUALITÄTSSICHERUNG, sondern

- optimale QUALITÄT vom Projektstart bis zur Übergabe
- durch eine relativ einfache MEHRSTUFIGE QUALITÄTSKONTROLLE
- Steigerung der Eigenverantwortung (der Planer)
- Steigerung der Projektqualität
- Und – aber erst fürs Marketing ! -
- doch noch die „schöne“ Qualitätszahl

Als notwendige Schritte in Ergänzung zu den bereits angesprochenen Bewertungstools sehen wir

- Festlegen der Beteiligten – Akteure – stakeholder
- Abstimmung der Stakeholder. Ziele
- Bewertungs. Varianzen
- Informationsaustausch zur Vermeidung der babylonischen Sprachverwirrung
- Festlegung der Zeit. Stufen - Meilensteine

Resümee (in unserer) Praxis

Wir haben das System für alle Planungen übernommen

- Alleine das Konkretisieren der Projektphasen und Meilensteine hat die interne Abwicklung deutlich erleichtert – notwendig dazu war allerdings die durchgängige Neuordnung von der Ablage, der Planbezeichnung bis zur Datenerfassung
- Die – in vielen Punkten sicher noch verbesserungswürdigen – Zieldefinitionen schon bei der Projektentwicklung hat zu einer deutlichen internen Planungssicherheit geführt – wir hoffen (und dem Vernehmen nach stimmt es) auch bei der Bauherrschaft – nicht nur für das Projekt Esslinger Hauptstraße
- Die Projektqualität ist bei allen Projekten gestiegen und
- auch die Arbeitsqualität ist durch die erhöhte Eigenverantwortlichkeit

7.2 Mehrstufige Bewertung im Detail

Zumindest im Bereich des (geförderten) mehrgeschossigen Wohnbaus lässt sich ein einheitlicher Projektablauf feststellen. Wesentlich erscheint dabei, dass sich „Meilensteine“ sowohl für die Datenerfassung als auch für die Qualitätsdefinitionen herauskristallisieren. Werden diese „Meilensteine“ zusammenfassen, so kann eine nachhaltige Qualität leichter und konsequenter umgesetzt werden.

Die folgenden Überlegungen sind aus dem Arbeitsbereich des Verfassers gegeben, d.h. sie gelten vorwiegend/ausschließlich für den Aufgabenbereich Wohnbau im städtischen Bereich – und hier ebenfalls für die Verhältnisse Wiens.

Durch die damit verbundene Transparenz werden die gewünschten Qualitäten für alle Beteiligten – Bauherr, Planer, Ausführer und Kunde – erkenntlich und sichtbar.

Eine marktgerechte Bewertung dieser vier „Akteure“ – in Medien wie eBay längst eine Selbstverständlichkeit – könnte die Folge sein.

TQ(B) – oder klima:aktiv oder ähnliche Bewertungstools – liefern dazu einen nützlichen Rahmen

Zu diesem Zweck wurde von uns auf Basis des TQ-tools ein vereinfachtes Datenblatt als **QSM-tool** (QualitätsSicherungsManagement - Werkzeug) entwickelt, um in jeder Phase rasch und transparent auf geänderte Parameter quantitativ eingehen zu können.

Die Bewertungsgruppen wurden dazu weniger auf technisch wissenschaftlicher Basis sondern stärker nach Zielgruppen umstrukturiert.

7.2.1 Begriffsdefinitionen

Qualität(en) als Oberbegriff für quantifizierbare und nichtquantifizierbare positive Bewertung (Beschreibungen) nach vorher z. B. im Rahmen einer Unternehmenskultur definierten Zielen – diese Qualitäten können und sollen von den Bauherren (-trägern) auch als USP – unique selling position – eingesetzt werden.

Qualitätssicherung als Ziel, diese Qualitäten von der Projektidee bis in die Realisierung nachweislich einzuhalten und sicherzustellen.

Qualitätssicherungsmanagement als Weg, die Qualitäten methodisch umzusetzen /besser und leichter umsetzen zu können und eventuell auch verbessern zu können.

Tool als praktikables Werkzeug, um diese Qualitätssicherung /-verbesserung mit vertretbarem Aufwand zielgruppenspezifisch umsetzen zu können.

Als **Akteure** werden zur Vereinfachung eingesetzt – auch wenn diese oft aus mehreren Gesellschaften oder Personen bestehen:

- **Bauherr** – Investor, (Förderungsstelle), Auftraggeber, ÖBA – der Bauherr ist der Akquisitionsphase eventuell durch Planer unterstützt; detto in der Ausführungsphase durch die örtliche Bauaufsicht, er bleibt aber als Bauherr die handelnde Person
- **Planer** – Architekt, Konsultanten, (Behörden)
- **Ausführende** – ausführende Firmen, Generalunternehmer
- **Kunde** – Mieter, Käufer,

ergänzend dazu die

- **Gesellschaft** – als Vertreter der Allgemeinheit, eines politischen Willens, einer „Baukultur“; dieser Gesellschaft ist der Bauherr im Rahmen seiner Unternehmenskultur, seiner Firmenphilosophie verpflichtet

In jeder Phase gibt es mindestens 2 Akteure, die

- am Anfang der Phase die Zielqualitäten festlegen und
- am Ende jeder Phase die Zieldaten überprüfen und gegebenenfalls anpassen;

Das führt zu neuen Zieldaten für die nächste Phase.

7.2.2 Meilensteine

Ein wichtiger Punkt in der Umsetzung erscheint uns die gemeinsame Konkretisierung der Daten und Beschreibungen zu bestimmten Zeitpunkten – den „Meilensteinen“.

Durch Zusammenfassen aller (Qualitäts)Daten zu diesen Zeitpunkten lassen sich die Qualitäten vergleichen, die Veränderungen beurteilen und eventuell Gegensteuerungen zu einem frühen und damit effizienten Zeitpunkt erarbeiten.

Zielgruppenorientiert

bedeutet in diesem Fall die Ausrichtung der Qualitätsmerkmale nicht nach technisch wissenschaftlichen Parametern sondern nach den Interessen der Zielgruppen (Akteure siehe oben)

Praktikabel

ist in diesem Zusammenhang das Ziel, statt primär objektiven (und wissenschaftlich beweisbaren) Qualitätsbewertungen (ohne diese in Abrede stellen zu wollen) ein einfaches Werkzeug zu entwickeln, das

- mit vorhandenem Datenmaterial
- ohne grossen Aufwand
- zielgruppenorientiert
- mehrstufig
- mit anderen Bewertungssystemen – z. B. klima:aktiv
- subjektiv und
- relativ (in Bezug auf jeweils ein konkretes Projekt)

auf gegebene Veränderungen (der Qualitäten) zu reagieren und diese quantitativ abzubilden.

Nicht eine „schöne“ Qualitätszahl ist das Ziel, sondern der Methode, durch eine relativ einfache, laufende und mehrstufige Qualitätskontrolle eine optimale (und objektiv nachweisbare) Qualität sicherzustellen.

7.3 Ziel

Ziel ist eine **nachhaltige** Qualitätssicherung durch ein geeignetes Werkzeug / tool

Im Zug dieser Nachhaltigkeitsdefinition wurde bei annähernd gleichen Inhalten das TQ-tool von einem technische orientierten in einen zielgruppenorientierten Bewertungskatalog umgearbeitet.

Einzelne Parameter wurden zur Vereinfachung des Verfahrens gekürzt (z. B. wurde das Transportmanagement aus diesem Grund zu einem einzigen Kriterium mit einer einfachen „ja/nein“ - Bewertung vereinfacht und aus der Energiebewertung herausgenommen).

Was verstehen wir unter **Nachhaltigkeit**

Für die Allgemeinheit

- Reduktion der Umweltbelastungen
- Ressourcenschonung
- Optimierte reduzierter Primärenergieeinsatz

Für den Nutzer

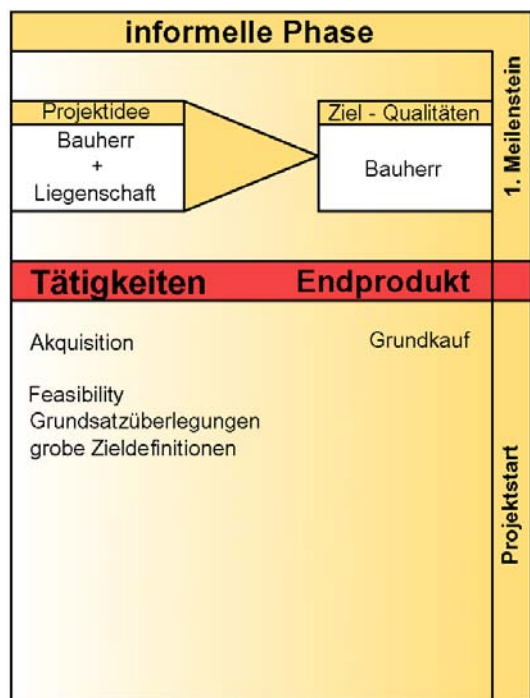
- Alltagstauglichkeit
- Gesunde Wohnbedingungen
- Leistbare Kosten in Anschaffung und Betrieb

7.4 Planungsablauf - Projektphasen - Meilensteine

Der Planungsablauf wird zunächst idealisiert dargestellt und in 1 (Entwicklung des/ vor dem „Projekt“) + 3 (Planungsphasen während des Projektes) + 1 (Monitoring nach dem Projekt) = somit 5 „Projekt“phasen eingeteilt, wobei sich diese Teilung bei unseren Projekten bereits gut bewährt hat.

Generelle Übersicht der Phasen

informelle Phase		Entwurfsphase		Detailphase		Bauphase		Monitoring Phase	
Projektidee Bauherr + Liegenschaft	Ziel - Qualitäten Bauherr	Planungs-Qualitäten Bauherr + Planer	Ist - Qualitäten Bauherr Planer	Bau - Qualitäten Bauherr + Ausführende	Ist - Qualitäten Bauherr Ausführende	Verkaufs-Qualitäten Bauherr + Liegenschaft	Ist - Qualitäten Bauherr Ausführende Bauherr + Ausführende Kunde	Bau - Qualitäten Bauherr + Ausführende	Ist - Qualitäten Bauherr Ausführende
1. Meilenstein		2. Meilenstein		3. Meilenstein		4. Meilenstein			
Tätigkeiten	Endprodukt	Tätigkeiten	Endprodukt	Tätigkeiten	Endprodukt	Tätigkeiten	Endprodukt	Tätigkeiten	Endprodukt
Akquisition Feasibility Grundsatzüberlegungen grobe Zieldefinitionen	Grundkauf	Bildung von Projektteams integrale Planung Vorentwurf Entwurf Ausschreibung	Einreichungen: bei • Grundstücksbeirat • Baubehörde Baubeschreibung Energiepass Baubauftrag	Bauverhandlung(en) Förderung Verhandlung zielorientierte Variantenergründung Ausführungsplanung Detailplanung	Baubescheid Förderungsbescheid Baubeginn optimierte Ausführungspläne Verkaufsunterlagen Nutzwertgutachten	örtliche Bauaufsicht Abrechnung Verkauf	Fertigstellung Objektdokumentation	Monitoring	Optimierung Feedback
Qualitätsbewertung Zielkatalog		Qualitätsbewertung Planung Qualitätsbewertung Planer (durch Bauherr)		Qualitätsbewertung Ausführungsplanung		Qualitätsbewertung fertiges Produkt Qualitätsbewertung ausführende Firma (durch Bauherr) Qualitätsbewertung Bauherr (durch Kunden)		Qualitätsbewertung optimiertes Projekt	



1. Akquisitionsphase, informelle Phase, Projektentwicklungsphase

egal ob über Wettbewerb (genauer gesagt VOR einem Wettbewerb), über Grundstücksbeschaffung durch die Planer oder bei einer klassischen Bauauftragung Bauherr – Planer, die **Projektidee** entsteht aus den „Zutaten“ Bauherr (Investor, ...) und Liegenschaft – grobe Eckdaten, eine grobe Feasibility, erste Skizzen und das Festlegen von Basisqualitäten folgen daraus;

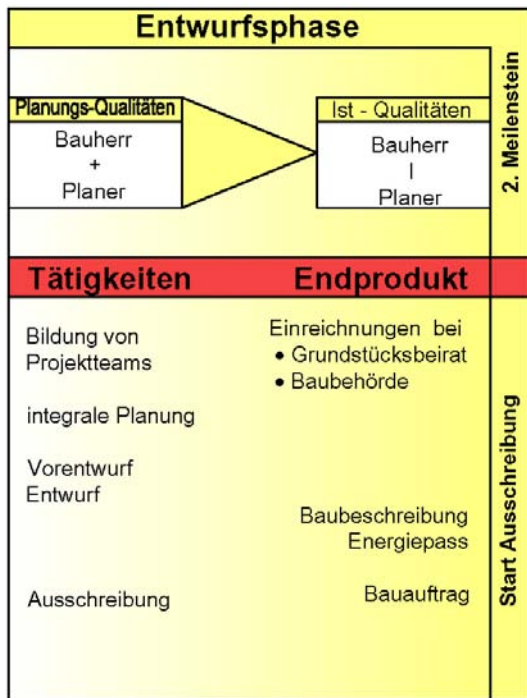
zu überprüfen sind diese Vorgaben mit der Unternehmenskultur des Bauherren (Ziele in Richtung Ökologie, Kundenorientiertheit, Ökonomie, Gesundheit,Nachhaltigkeit, etc.) die Projektidee, die Bewertung der Ziele, spiegelt somit die kulturellen Ressourcen des Bauherren wider;

– nach Prüfung dieser Vorgaben kommt es zum Grundkauf und damit zum

konkreten Projektstart – mit konkreten Zielqualitäten (und –daten)

als Vorgabe und (vertraglich einvernehmlich) vereinbarte Qualitätsvorgabe für den Planer; dieser markiert somit den

1 . Meilenstein

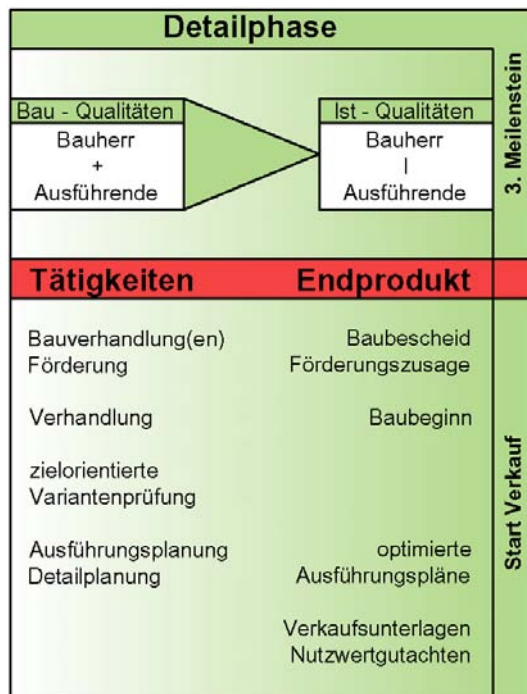


2. **Planungsphase - Entwurfs- und Einreichphase**
 Projektteams (Konsulenten, konkrete handelnde Personen,..) werden gebildet
 Grundlagensammlung, Vermessung, Vorentwurf, Entwurf,
 Vorbesprechungen und bei den Behörden Konsulentenbesprechungen – ideal in Form integraler Planung

Konkretisierung der Planungsqualitäten und –daten zuletzt in der Ausschreibung
 Einreichung bei Grundstücksbeirat (Wien)
 Einreichung bei der Baubehörde
 Ausführungsvorausplanung
 Ausschreibung – (möglichst zielorientierte)
 Baubeschreibung

Nachweislicher Vergleich der Planungsdaten mit den Zieldaten als

2 . Meilenstein



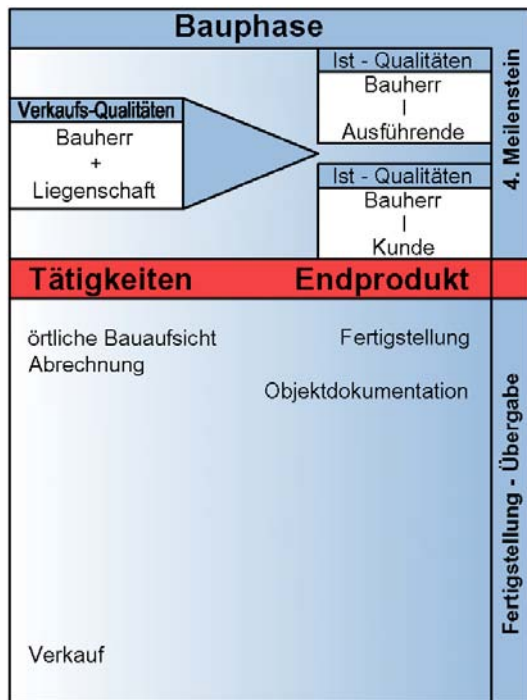
3. **Detailphase - Ausführungsplanungsphase**
 Vergabe – zielorientierte Variantenbildung auf Basis dieser Qualitätsvorgaben
 Detailplanung
 Verkauf(spläne) – und Verkaufsbaubeschreibung
 Ausführungsbeginn
 Nutzwertgutachten – (Vor)gutachten

Überprüfung der geplanten (ausgeschriebenen) mit den wirtschaftlich ökonomisch umsetzbaren Qualitäten;

spätestens zum Zeitpunkt Verkauf sind die Ausführungsdaten und –qualitäten festgelegt
Zu diesem Zeitpunkt werden die festgelegten Qualitäten vertraglich an die Ausführenden übertragen.

Gleichzeitig werden diese Qualitäten mit den Nutzern verbindlich festgelegt.

3 . Meilenstein



4. Bauphase

bis zur Fertigstellung

während der Bauphase sind die vereinbarten Qualitätsstandards nachweislich zu überprüfen und zu dokumentieren;

Behauptung: so wie die Unternehmenskultur mit der nachweislichen Umsetzung der Qualitätsstandards wächst – so wächst die „Baukultur“ der Ausführenden mit der laufenden und eigenverantwortlichen Qualitätskontrolle.

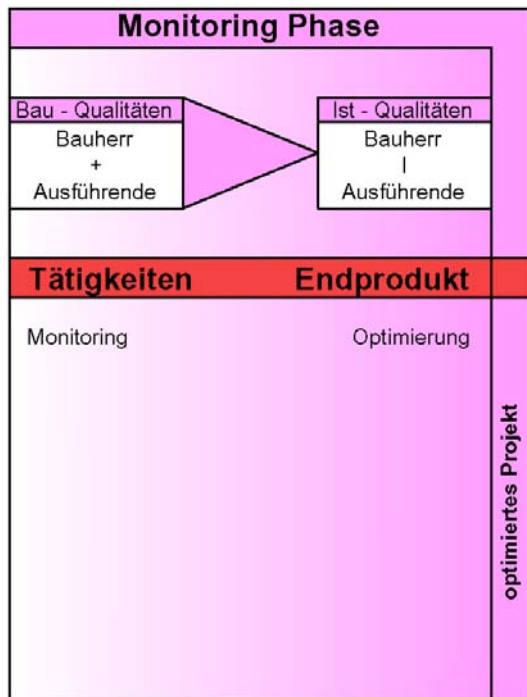
Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Bauausführenden – bei entsprechender Motivation und Information – auch ohne direkte monetäre Abgeltung an einer qualitätvollen Umsetzung interessiert sind.

Objektdokumentation und Bestandspläne
Prüfung der Qualitätsziele

in dieser Phase prüft der Bauherr –vertreten durch die „Örtliche Bauaufsicht“ – die vereinbarten mit den realisierten Qualitäten;

Damit sind auch die vereinbarten Qualitäten für den Nutzer überprüft und sichergestellt. Messungen sind in dieser Phase unerlässlich und im Vergleich mit dem damit verbundenen Qualitätsgewinn (ganz zu schweigen von einem allenfalls drohenden Prozessrisiko) als preiswert anzusehen; nicht realisierte Qualitäten können durch Wandlung nachgebessert werden oder in der folgenden Monitoringphase an die Zielvorstellungen herangebracht nachgebessert werden.

4 . M e i l e n s t e i n



5. **Monitoringphase** – Optimierungsphase
 Gerade haustechnische Anlagen können/müssen in den ersten Jahren gemessen, optimiert und nachreguliert werden. Bei Sonnenkollektoren und den Pufferspeichern ist der Effekt bekannt, dass falsche Rücklauftemperaturen, zu hohe Speichertemperaturen, der Zeitpunkt des Back-up Betriebes etc. entscheidend für den Energienutzungsgrad der Sonnenenergie ist. Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinnung über Soleleitungen, Wärmepumpen sind ebenfalls durch Beobachtung über einen längeren Zeitraum deutlich zu optimieren.

Auch wirtschaftlich kann es interessant sein, die aktuellen Förderungsmöglichkeiten optimal einzusetzen (z.B. das derzeit gültige Ökostromgesetz widerspricht (in städtischen Lagen) durch den angebotenen geförderten Einspeisetarif einer „Insellösung“). Gleiches gilt für Regelungen betreffend Kanaleinmündungsgebühren in Kombination mit einem Brunnen etc. Das Benutzerhandbuch und die Unterlage für spätere Arbeiten (aus dem BauKG) können und sollten in dieser Phase entsprechend evaluiert werden.

Am Ende dieser ca. 2-jährigen Monitoringphase sollte das Gebäude optimiert eingeregelt an die Nutzer übergeben werden können. Eine Überprüfung nach dieser Phase wird notwendigerweise deutlich verbesserte Werte bringen als direkt nach der Bauphase

5 . M e i l e n s t e i n

Der oben dargestellte Planungsablauf stellt sicher einen idealisierten Ablauf dar. Gleichzeitig sind die wesentlichen Punkte aus den Planungsabläufen der letzten Jahre herauskristallisiert und versuchen, Fehlerpotenziale und „Sackgassen“, verursacht durch Informationslücken, weitgehend zu reduzieren – im Wesentlichen, mit geringen projekt- und zeitbezogenen Unterschieden, entspricht er daher doch den realen Gegebenheiten.

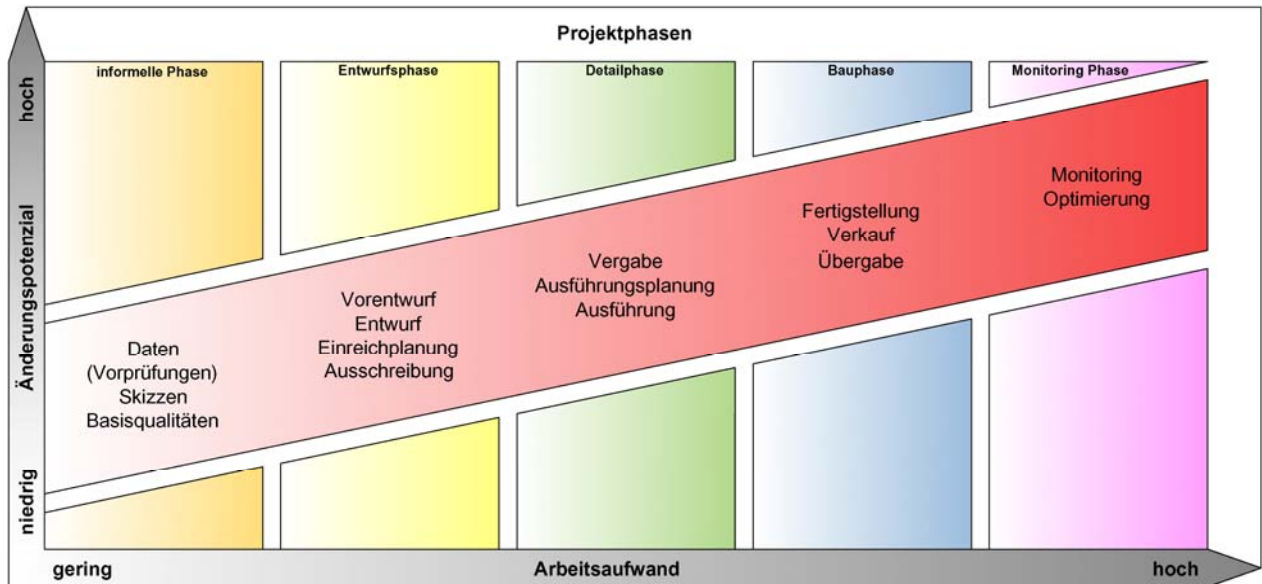
Darüberhinaus kann aber mit diesem Ablauf auf Änderungen sowohl technischer Natur wie auch in den Wertmaßstäben (Varianzbildung) rasch und unkompliziert reagiert werden – und gerade **dieses rasche Reagieren(können) stellt eine wesentliche Qualität unserer Baukultur dar.**

Insofern ist durch diese Kongruenz eine Voraussetzung für eine praktikable und gelebte Umsetzung geschaffen.

Nicht der Planungsprozess steuert die Umsetzung – die gelebte Umsetzungspraxis wird im Idealfall von einer praktikablen Planungsmethodik (Qualitätssicherungsmethodik) unterstützt.

Je früher Qualitäten festgelegt werden, desto geringer ist erfahrungsgemäß der Aufwand, der für die Umsetzung erforderlich ist. Das gilt genauso und insbesondere für Änderungen (Varianten) während des Projektverlaufs.

Ein frühzeitiges Erkennen der Qualitätsveränderungen hilft daher bei der Umsetzung von Änderungsstrategien.



7.6 Zeitplan, Projekt 22., Esslinger Hauptstraße 17

Darstellung des Zeitablaufes und Versuch, teilweise nachträglich eine Übereinstimmung mit dem „Idealablauf“ herzustellen.

0 Akquisition und Projektstart

im Sommer 2002 – als Ziele werden vereinbart

- Wohnbau in mehreren Stiegen entsprechend der Vorgabe des Bebauungsplanes – Ziel sollten ca. 4.000 m² förderbare Wohnnutzfläche z. B. in 5 Stiegen mit je 10 Wohnungen sein
- Passivhausqualität
- Holzfertigteilbauweise
- Ökologische Qualitäten, soweit wirtschaftlich vertretbar

Projektstart im Herbst 2002

1 Entwurfsphase

- **Vorentwurf, Entwurf** im Frühjahr und Sommer 2003
- **Passivhausseminar** in Hamburg im Februar 2003 – in einem Gespräch mit DI Krapmaier vom Energieinstitut Vorarlberg entsteht die Idee, die für Vergleichszwecke ideale Anordnung von nahezu gleichen Baukörpern für eine Forschungsarbeit über verschiedene Energiesysteme zu nutzen
- **Lehrgang TQ-tool** auf der Donau Universität Krems im Frühjahr 2003 – Vortragender Dr. Manfred Bruck – das Entwurfs-Projekt Esslinger Hauptstraße 17 wird als Übungsprojekt TQ-zertifiziert – dabei konstruktive Kritik an TQ-tool in Richtung Zielgruppen, leichterer Dateneingabe und besserer Marktransparenz
- **Entwurf bis Einreichung** im Herbst 2003 – Baubewilligung aufgrund eines Anrainereinspruches erst im Dezember 2004
- **Einreichung Grundstücksbeirat** im Herbst 2003 – positive Stellungnahme aufgrund des Einspruches der Anrainer Herbst 2004– in der Ausschreibung wird vereinbart
 - Wohnbau in mehreren Stiegen entsprechend der Vorgabe des Bebauungsplanes
 - ca. 3.900 m² förderbare Wohnnutzfläche, 5 Stiegen mit 4 x 10 und 1 x 6 Wohnungen sein – durch die Planung des „Torhauses“ mit Fahrradabstellplatz und Werkstätte sowie eines Hobbyraumes (werden nicht als Wohnnutzflächen gerechnet) wurde die Wohnnutzfläche um ca. 100 m² verringert
 - Passivhausqualität
 - Holzfertigteilbauweise
- **Einreichung der Forschungsarbeit HdZ** im Herbst 2004 – positive Stellungnahme Dezember 2004 mit dem Ziel
 - unterschiedliche Haustechniksysteme demonstrativ zu vermessen und zu vergleichen
 - diese Haustechniksysteme auch physiologisch zu vergleichen, und
 - durch ein mehrstufiges Qualitätssicherungssystem auf Basis des TQ-tools die nachhaltige Qualitätssicherung /-steigerung auch im engen finanziellen Rahmen der Wohnbauförderung zu demonstrieren

Ausschreibung Herbst 2004

2 Detailphase

Verhandlung mit den GU Frühjahr 2005,

Vergabe an Firma Leyrer+Graf im Mai 2005 - vertraglich vereinbart wird:

- verschiedene Haustechnikvarianten gem. Forschungsauftrag HdZ
- Einsatz von erneuerbaren Energieträgern wie Solaranlage, Wärmepumpe, Solewärmetauscher, Erdwärmetauscher, Brunnenwasserenergie (Luftvorwärmung)
- Messtechnik
- Wohnnutzfläche ca. 3.890 m²
- Passivhausqualität für die gesamte Anlage
- Holzfertigteilbauweise

Baubeginn Juni 2005 – gleichzeitig

Vermarktung der Wohnungen

3 Bauphase Sommer 2005 bis September 2006 – als Ziele werden vereinbart

- Wohnbau in mehreren Stiegen entsprechend der Vorgabe des Bebauungsplanes – Ziel sollten ca. 3.900 m² förderbare Wohnnutzfläche, 5 Stiegen mit 4 x 10 und 1 x 6 Wohnungen sein – Umplanung des „Torhauses“ im EG wegen Vorschreibung eines Traforaumes (auch im Zusammenhang mit der Nachbarliegenschaft ON15 - der Hobbyraumes im OG bleibt
- Passivhausqualität
- Holzfertigteilbauweise

Fertigstellung und Übergabe der Anlage September 2006

4 Monitoringphase

Herbst 2006 – Sommer 2008 - als Ziele werden vereinbart

- Die Energieflüsse gem. HdZ Projekt werden in den nächsten beiden Wintersaisonen gemessen
- Die physiologischen Komfortmessungen gem. HdZ Projekt werden im Winter 2006/2007 gemessen
- Die Haustechnikanlage wird im Zuge der Messungen nachjustiert und optimiert

Übergabe der optimierten Anlage an den Bauherren

Fertigstellung der gegenständlichen Studie HdZ im Herbst 2008

Auch wenn die einzelnen Phasen nicht immer genau wie in der Idealvorstellung zusammenfielen, so konnte doch eine durchgängige Linie nachvollzogen werden. Besonders wichtig dabei war, dass die Datenerfassung mit allen Folgegutachten zu einem Zeitpunkt erfolgten; z. B. die Daten für die Auswechslungsplanung, die Verkaufspläne und das Nutzwertgutachten müssen mit dem Polierplanstand zu diesem Zeitpunkt tunlichst übereinstimmen – je genauer diese Kongruenz erfolgt desto weniger Rückfragen und Verunsicherung bei den Beteiligten wird hervorgerufen

7.7 Exemplarische Auszüge aus der mehrstufigen Bewertung

Massnahmen	Werkzeuge
PHPP (Energieausweis) Kostenvergleich ökologische Baugrundnutzung Wassernutzungskonzept - Grauwasser, Regenwasser Wassersparametern ökologische Baustoffwahl	PHPP (Energieausweis) Kostenanalyse Feasibility mit Ergänzung Variantenbildung Einfluss von Stadtplanung ?!!
ÖB Index ÖB Index	ÖB Index mit Ergänzung Variantenbildung mit Ergänzung Variantenbildung
Rumba Abteilkonzept Variantenbildung zB Regenwassernutzung, Grauwassernutzung Themenwohnen - Vorgabe des Planungsziales ökologische Baustoffwahl Radonmessung, Schutzschichten oder Bauplatzwahl Schutzschichten, Haustechnikplanung Lüftung, Vermeidung von Kältebrücken	Rumba mit Ergänzung Variantenbildung mit Ergänzung Variantenbildung
Lüftung Ausbaumaterialien Planung, Simulation, oder "qualitative Bewertung" Simulation Haustechnikplanung	zB bauXund Tabelle Fanger PHPP Berechnung Bowien (ÖB RL4) Sonnenstandsdiagramm Leistungsbeschreibung
Grundrisse und Fensteranordnung, Stützenfreiheit, Lage Schacht, ??	
Fenster im EG, Eingangstüren, Schliessplan, übersichtlichkeit Brandschutzkonzept Eingang, Wege, Bäder, Nachbarschaftsanalyse	Checkliste Baubeschreibung ÖB RL 2 Detailplanung mit Checkliste Legen mit Checkliste aller Risiken (analog BauKGSiGe Plan)
Grundstücksauswahl	Checkliste bei Bauaufsicht und Endabnahme Lageplan mit Infrastruktur
Planung unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit	Checkliste Gebäudekosten < Wirtschaftlichkeitsdaten Bauwirtschaft
Gebäudekonfiguration, Ausstattungsqualität, Wahl der Haustechnik, Wahl der Baumaterialien und Ausstattung, Detaillausbildung,	Gebäudekosten < Wirtschaftlichkeitsdaten Bauwirtschaft Berechnung Berechnung LCC

informeller Phase	Entwurfsphase	Detailphase	Bauphase	Monitoring Phase
Ressourcenschonung				
Bodenschutz Schonung der Trinwasserressourcen	Energiebedarf des Gebäudes			
Vermeidung der Belastung für Mensch und Umwelt				
Reduktion des motorisierten Individualverkehrs	atmosphärische Emissionen			
	Abfallvermeidung			
	Vermeidung von Belastungen durch Baustoffe			
Vermeidung von Radon elektrobiologische Hausinstallation	Vermeidung von Radon			
	elektrobiologische			
	Hausinstallation			
NutzerInnenkomfort				
Behaglichkeit (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) Tageslicht Sommer im Dezember	Qualität der Innenraumluft (natürliche Lüftung und Lüftungsanlagen)			
	Schallschutz in den Topps			
	bedienungsfreundliche Gebäudeautomation			bedienungsfreundliche Gebäudeautomation
Langlebigkeit				
Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung				
Sicherheit				
Umgebungsrisiko	Brandschutz		Einbruchschutz	
	Barrierefreiheit			
Planungsqualität				
Qualitätssicherung bei der Errichtung				
Anbindung an die Infrastruktur			Bauaufsicht Endabnahme	
Infrastruktur und Ausstattung				
Ausstattungsmerkmale der Wohnung und Wohnanlage				
Kosten				
Anschaffungskosten				
				Folgekosten Lebenszykluskosten

Haustechnikvarianten	HAUS 1 - 4		HAUS 1				
	HAUS 1 - 4	HAUS 1 - 5	HAUS 1	HAUS 2	HAUS 3	HAUS 4	HAUS 5
Anzahl Wohneinheiten (WE)	40	46	10	10	10	10	6
Heizwärmebedarf	8,06	8,05	7,90	7,90	8,13	8,32	7,97
Heizlast	9,74	9,74	9,63	9,63	9,76	9,94	9,69
Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist	10,68	10,67	10,57	10,57	10,69	10,87	10,62
PE HT	43,97	47,68	34,17	34,17	53,14	54,40	72,39
PE gesamt	123,72	127,42	113,91	113,91	132,89	134,15	152,14
PE Hilfsstrom	13,33	13,24	14,50	14,50	11,33	12,98	12,64
PE Heizung nicht erneuerbar	16,23	17,47	6,59	6,59	25,04	26,71	25,69
PE Heizung erneuerbar	2,83	2,46	5,32	5,32	0,66	0,00	0,00
CO2 Emissionen Heizung, WW + Hilfsstrom	10,90	11,75	8,61	8,61	13,06	13,34	17,39
CO2 Emissionen Heizung, WW	7,54	8,41	4,95	4,95	10,20	10,07	14,21
CO2 Emissionen Heizung	4,09	4,40	1,66	1,66	6,31	6,73	6,47

Haustechnikvarianten	1	2	3	4	5	6	7
	Gas BW solar + PV luft E KWL dez E Vorheiz	Gas BW solar + PV luft E KWL dez Sole	Gas BW solar + PV luft E KWL dez EWT	Gas BW solar + PV luft E KWL zentral Sole	Gas BW KWL dez Sole	W/W WP fb de wa KWL dez Brunnen	Kompakt Sole
Anzahl Wohneinheiten (WE)	5	9	1	4	6	20	1
Heizwärmebedarf	8,68	7,97	8,27	7,92	7,97	7,90	9,40
Heizlast	10,20	9,69	9,91	9,67	9,69	9,63	10,27
Wärmelast, die von der Zuluft transportierbar ist	11,13	10,62	10,84	10,60	10,62	10,57	11,21
PE HT	55,75	53,06	53,90	50,73	72,39	34,17	62,36
PE gesamt	135,50	132,80	133,65	130,47	152,14	113,91	142,11
PE Hilfsstrom	13,34	12,62	12,62	10,40	12,64	14,50	8,60
PE Heizung nicht erneuerbar	27,73	25,69	26,56	25,57	25,69	6,59	18,80
PE Heizung erneuerbar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,32	6,65
CO2 Emissionen Heizung, WW + Hilfsstrom	13,68	13,00	13,21	12,41	17,39	8,61	15,71
CO2 Emissionen Heizung, WW	10,32	9,82	10,04	9,79	14,21	4,95	13,54
CO2 Emissionen Heizung	6,98	6,47	6,69	6,44	6,47	1,66	4,74

Je früher die Qualitäten definiert werden, desto geringer sind in weiterer Folge die „Leerläufe“ zwischen den einzelnen Phasen

					10			Akquisitionsphase				
					ideal	max	wertung					
0 Projektbeschreibung												
1 Ressourcenschonung												
1.1 Energiebedarf des Gebäudes								100%	10,00	7,67	B	
Erichtung Rohbau		PEI	kWh/m²,a	10	100	3	30,00	2,33	7,78	B	> TQ	
Erichtung Rohbau einschl.Transport	nicht berechnet - Dateneingabe zu kompliziert											
Primärenergiebedarf Haustechnik			kWh/m²	40	140	3	35,00	3,00	10,00	A++	Einsatz erneuerbarer Energieträger > PHPP	
Energiebedarf Haustechnik			kWh/m²	20	80	3	35,00	2,25	7,50	B	PH-standard > PHPP	
PE / E			%	20%	270%	4	100%	2,72	15,80	C	Planungsziel ökol.PH <= 100% > PHPP	
Energiebedarf Heizung	hwfb = phpp1_25		kWh/m²	5	140	8	15,00	7,41	9,28	A+	PH-standard > PHPP	
Energiebedarf VWW	genormt, daher nicht (wenig) beeinflussbar										realistisches Ziel - VWW Verbrauch - m³/PJ, JP > PHPP	
PE Hilfsstrom - PV nicht berücksichtigt			kWh/m²,a	8	27	3	12,00	2,38	7,94	B	PH-standard > PHPP	
Heizlast			kWh/m²	8	40	3	10,00	2,81	9,39	A+	PH-standard > PHPP	
Kühllast	nicht berechnet - Kühlung bei Wohnbau nicht zulässig											
LEK			m	10	50	2	15,00	1,75	8,75	A	PH-standard > Datenblatt	
Charakteristische Länge Cl			m	5,00	1,25	2	2,50	0,67	3,33	F	> Datenblatt	
Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Heizwärmebedarf	siehe PE / E										ev nur Beschreibung - in PE / E enthalten	
Solaranlage für VWW-beretung	auch in PE / E enthalten		m² / VWE	4,00	0,00	2	2,50	1,25	6,25	C	kann entfallen - siehe PE / E	
PV Einsparung			kWh/m²,a	30	0	3	20,06	2,01	6,68	C	kann entfallen - siehe PE / E	
PV - Anteil zu Haustechnikstrom			%	200%	0%	1	167%	0,84	18,38	A	kann entfallen - siehe PE / E	
1.2 Bodenschutz								58%	5,80	5,67	D	
Versiegelung der nicht bebauten (bebaubaren) Flächen				0,00	1,00	4	0,30	2,80	7,00	B	> Datenblatt	
Ökologische Wertigkeit der bebauten Fläche - Flächenrecycling											unbebaute Fläche	
Ökologie des Baulandes - Verbesserung durch freiraumplanerisches Konzept							x	3,00	10,00	A++	> Freiflächenkonzept	
1.3 Schonung der Trinkwasserressourcen								90%	9,00	8,00	A	
Wasserspararmaturen		klima.aktiv kriterium		1			x	1,00	10,00	A++	> Ausschreibung	
Wasserspararmaturen 2		klima.aktiv kriterium		1			x	1,00	10,00	A++	> Ausschreibung	
Brunnen für Gartenbewässerung				3			x	3,00	10,00	A++	Nutzung des vorhandenen Brunnens > Ausschreibung	
Brunnen für Grauwassernutzung (WC spülung etc)				2				0,00	0,00	G	nicht geplant	
Kaltwasserzähler				4			x	4,00	10,00		> Ausschreibung	
1.4 effektive Nutzung von Baustoffen								86%	8,60	8,29	A	
Baustoffe recycelbar		Bewertung analog klima.aktiv		10	0	2	8	1,60	8,00	A	> Bauteilkatalog, Ausschreibung	
Trennbare Innenwandbauten				1			x	1,00	10,00	A++	> Bauteilkatalog, Ausschreibung	
Trennbare Außenwandbauten				2			x	2,00	10,00	A++	> Bauteilkatalog, Ausschreibung	
Trennbare Dachbauten				1			x	1,00	10,00	A++	> Bauteilkatalog, Ausschreibung	
Trennbare Geschossdecken				2			x	2,00	10,00	A++	> Bauteilkatalog, Ausschreibung	
Regionale Produkte				1			x	1,00	10,00	A++	> TQ	
Transportmanagement				2				0,00	0,00	G	nicht geplant	

					Bewertungsschwerpunkt Wirtschaftlichkeit							
					Pkte max	davon	davon	Diff				
					10	0 - 10	%	%	zu 0			
0	1	2	3	4	28,1		21,61	67,98	46,38	46,38		
Akquisitionsphase												
Entwurfsphase												
Detailphase												
Bauphase												
Monitoringphase												
Ressourcenschonung					3,75	15	12,38	8,25	12,28	8,19	-0,07	-0,07
Energiebedarf des Gebäudes												
Bodenschutz						6	100%	6,00	100%	6,00	0,00	0,00
Schonung der Trinkwasserressourcen						5	58%	2,90	58%	2,90	0,00	0,00
effektive Nutzung von Baustoffen						1	90%	0,90	80%	0,80	-0,10	-0,10
						3	86%	2,58	86%	2,58	0,00	0,00
Verminderung der Belastung für Mensch und Umwelt					1,88	15	11,45	7,63	10,90	7,27	-0,36	-0,36
atmosphärische Emissionen						2	76%	1,52	78%	1,56	0,04	0,04
Abfallvermeidung						4	70%	2,80	70%	2,80	0,00	0,00
Abwasser						2	100%	2,00	90%	1,80	-0,20	-0,20
Reduktion des motorisierten Individualverkehrs						1	83%	0,83	75%	0,75	-0,08	-0,08
Vermeidung von Radon						2	100%	2,00	100%	2,00	0,00	0,00
Vermeidung von Belastungen durch Baustoffe						1	0%	0,00	0%	0,00	0,00	0,00
Vermeidung von Radon elektrobiologische Hausinstallation						1	30%	0,30	0%	0,00	-0,30	-0,30
Vermeidung von Schimmel						2	100%	2,00	100%	2,00	0,00	0,00
NutzerInnenkomfort					2,33	14	12,26	8,76	11,29	8,06	-0,70	-0,70
Qualität der Innenraumluft (natürliche Lüftung und Lüftungsanlagen)						2	100%	2,00	100%	2,00	0,00	0,00
Behaglichkeit (Temperatur, Luftfeuchtigkeit)						3	82%	2,46	83%	2,50	0,04	0,04
Tageslicht						4	78%	3,12	58%	2,32	-0,80	-0,80
Sonne im Dezember						2	100%	2,00	100%	2,00	0,00	0,00
Schallschutz in den Tops						1	68%	0,68	90%	0,90	0,21	0,21
bedienungsfreundliche Gebäudeautomation						2	100%	2,00	79%	1,57	-0,43	-0,43
bedienungsfreundliche Gebäudeautomation												
Langlebigkeit					4	8	8,00	10,00	7,10	8,88	-1,13	-1,13
Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen						3	100%	3,00	70%	2,10	-0,90	-0,90
Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung						5	100%	5,00	100%	5,00	0,00	0,00
Sicherheit					1	4	2,30	5,75	2,30	5,75	0,00	0,00
Einbruchschutz						1	90%	0,90	30%	0,30	-0,60	-0,60
Brandschutz						2	40%	0,80	70%	1,40	0,60	0,60
Barrierefreiheit						0	70%	0,00	93%	0,00	0,00	0,00
Umgebungsrisiko						1	60%	0,60	60%	0,60	0,00	0,00
Planungsqualität					6,75	25	21,45	8,58	25,00	10,00	1,42	1,42
Folgekostenabschätzung						10	80%	8,00	100%	10,00	2,00	2,00
inhaltliche Planungsqualität						5	69%	3,45	100%	5,00	1,55	1,55
Qualität aus dem Planungsprozess						10	100%	10,00	100%	10,00	0,00	0,00

7.8 persönliche Schlussfolgerung

Überprüfung mittels TQ-tool

Wir haben aus der Anfangsbewertung von ca. 3,65 (Eigenbewertung bei Ende des Vorentwurfs) trotz harter wirtschaftlicher Rahmenbedingungen heute eine (vom Institut für Baubiologie gemeinsam mit dem Ökologieinstitut) geprüfte Bewertung von 4,0 – dh eine deutliche Verbesserung.

Diese führen wir auf folgende Punkte zurück:

- Verbesserung der Haustechniksysteme im Zug der „Haus der Zukunft“ Untersuchungen
- Möglichkeit, die vorgegebenen Qualitätsziele durch Variantenbildungen auch kostenmäßig zu optimieren
- Höhere Aufmerksamkeit bei der planerischen und baulichen Umsetzung durch nachvollziehbare und überprüfbare Qualitätsvorgaben
- Der damit verbundene höhere Informationsstand hat frustrierende Irrwege weitgehend vermieden und daher bei allen Beteiligten zu einer erhöhten Einsatzfreude geführt

Die eingangs gesetzte Erwartung einer nachhaltigen Qualitätssicherung hat sich daher aus unserer Sicht voll bestätigt.

7.9 TQ - Prüfbericht

7.9.1 Allgemeine Projektbeschreibung

Bezeichnung	Eingabe	Anmerkungen
Gebäudenutzung	Wohnen	
Gebäudetyp	Mehrfamilienhaus	
Bauweise	Holzleichtbau	
TQ-Bewertung: Planungsphase/Fertigstellung	Errichtung – Fertigstellung	
Ausstellungsdatum Errichtungszertifikat	TQ- 30.09.2008	ausgestellt durch Arge TQ-Partner IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH in Abstimmung mit dem Österreichischen Ökologie-Institut
Anschrift	A-1220 Wien, Esslinger Hauptstraße 17	
Eigentümer	Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.m.b.H. A-1150 Wien, Märzstr. 1 http://www.familienhilfe.at	
Verwalter	Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.m.b.H. A-1150 Wien, Märzstr. 1	
Rückfragen für die Bewertung	Arch. DI Werner Hackermüller	
Telefon	+43-1-715 81 82-0	
E-Mail	office@hackermüller.at	
Baujahr	2005/2006	
Katastralgemeinde	Essling	
Grundstücksnummer	330/1, 330/2	
Einlagezahl	4471	
Voraussichtliche Nutzungsdauer für Rohbau	65 Jahre	

Alle für die TQ-Zertifizierung relevanten Unterlagen liegen bei der ArgeTQ bzw. beim Bauträger Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.m.b.H. oder beim Architekten auf. Die Zertifizierung basiert auf Angaben des Bauträgers bzw. des planenden Architekten.

Planerteam

Bezeichnung	Name / Firma	Adresse
Architektur	Arch. DI Werner Hackermüller	Steckhovengasse 17/3, A-1130 Wien
Haustechnik	Technisches Büro Käferhaus GmbH	Neustadlg. 9, A-2103 Langenzersdorf
Elektrotechnik	Technisches Büro Käferhaus GmbH	Neustadlg. 9, A-2103 Langenzersdorf
Bauphysik	Dr. Karlheinz Hollinsky & Partner Ziviltechnikerges.m.b.H.	Münichreiterstr. 22 und 27, A-1130 Wien
Örtliche Bauaufsicht	Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.m.b.H., Dipl.-Ing. Payam Mahjoubian	Märzstr. 1, A-1150 Wien

Klimadaten und Seehöhe

Bezeichnung	Eingabe	Bewertung	Anmerkungen
Jährliche Heizgradtage (20°C/12°C)	3.372 Kd/a		Kd/a ... Kelvintage pro Jahr
Jahressumme Globalstrahlung (horizontal)	1.076 kWh pro m ² und Jahr		kWh/m ² ... Kilowattstunden pro m ² horizontaler Fläche
Jahresniederschlag	530 mm pro Jahr		mm ... Millimeter
Seehöhe	157 Meter		

Nähere Angaben zum Nutzungskonzept

Art der Bewirtschaftung: mehrgeschossiger sozialer Wohnbau (46 Wohneinheiten)

Wer trägt die Verantwortung für Reinigung, Wartung und Instandhaltung? Familienhilfe - gemeinnützige Bau- und Siedlungsges.m.b.H., A-1150 Wien, Märzstr. 1

Gibt es ein Konzept für Reinigung, Wartung und Instandhaltung? Ja

Wie viele Personen werden die Wohnhausanlage voraussichtlich benutzen? Rund 150 Personen

Wie viele Quadratmeter Nutzfläche stehen pro Person zur Verfügung? Rund 26 Quadratmeter pro Person (je nach Belegung) bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von 84 Quadratmeter.

Bau- und Ausstattungsbeschreibung

Die Wohnhausanlage - bestehend aus sechs Baukörpern (davon 1 Torhaus, 4 baugleiche Passivhäuser in Leichtbauweise mit unterschiedlichen Heiz- und Wärmeabgabesystemen und ein weiteres Wohnhaus) - befindet sich im 22. Wiener Gemeindebezirk. Direkt an der Esslinger Hauptstraße liegt das „Torhaus“, in dem Gemeinschaftseinrichtungen und ein Hausbetreuer-Büro vorgesehen sind. Dahinter gestaffelt angeordnet befinden sich die fünf Wohnkomplexe, die zum ruhigen hofseitigen Grünbereich orientiert sind.

Alle fünf Wohnhäuser sind unterirdisch mit einer Tiefgarage verbunden. Die Hauseingänge der Gebäude befinden sich an einem internen Verbindungsweg und sind mit großzügigen Vorgärten versehen. Sämtliche Geschoss- und Maisonettenwohnungen weisen Freibereiche auf: im Erdgeschoß Mietergärten, in den oberen Geschoßen Loggien oder Dachterrassen.

Die Kellergeschosse sind in Massivbauweise errichtet und komplett von den oberen Geschossen thermisch entkoppelt. Ab dem Erdgeschoss aufwärts ist die Tragkonstruktion in Holzleicht-Fertigteilbauweise ausgeführt und mit einer hochwärmegeprägten, luft- und winddichten sowie wärmebrückenfreien Außenhülle versehen.

Technische Details: Wesentliche Wand- und Deckenaufbauten

Bezeichnung	Planungsergebnis	U-Wert in W/m²K
ACHTUNG: Werte aus Einreichung		
WA01 Außenwand tragend	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 22 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 10 cm Holzwolesandwichplatte, 1,0 cm Systemputz	0,12 W/m²K
WA011 Außenwand tragend (Installationsebene/Nassräume)	1,0 cm Fliesen, 1,2 cm GKi, 7 cm Installationsebene (Luftschiicht), 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 22 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 10 cm Holzwolesandwichplatte, 1,0 cm Systemputz	0,13 W/m²K
WA02 Außenwand nicht-tragend	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 18 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 14 cm Holzwolesandwichplatte, 1,0 cm Systemputz	0,11 W/m²K
WA021 Außenwand nicht-tragend (Installationsebene/Nassräume)	1,0 cm Fliesen, 1,2 cm GKi, 7 cm Installationsebene (Luftschiicht), 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 18 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 14 cm Holzwolesandwichplatte, 1,0 cm Systemputz	0,12 W/m²K
WA03 Außenwand hinterlüftet	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 22 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 10 cm Holzwolesandwichplatte, 4,0 cm Hinterlüftung, 2,5 cm Holzverbundplatte	0,12 W/m²K
WA04 Außenwand hinterlüftet	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,5 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 18 cm Steinwolldämmung zw. Holzsteherkonstruktion, 14 cm Holzwolesandwichplatte, 4,0 cm Hinterlüftung, 2,5 cm Holzverbundplatte	0,11 W/m²K
WA05 Außenwand Liftschacht	18 cm Stahlbetonwand, 25 cm mineral. Dämmplatten, 1 cm Systemputz	0,15 W/m²K
WA06 Feuermauer	1,5 cm Gipsputz, 20 cm Durisol DMi 20/13, 10 cm mineral. Dämmung	0,31 W/m²K
WA 07 Erdberührte Kelleraußenwände (lt. Ausschreibung)	Stahlbeton je nach stat. Erfordernis, bituminöse Abdichtung, 8cm XPS-Dämmung	Keine Angabe
WA08 Außenwand kleines Haus (=Torhaus)	1,5 cm Gipsputz, 20 cm Durisol DMi 20/13, 7 cm EPS, 1 cm Systemputz	0,37 W/m²K
WI01 Wand gegen unbeheiztes Stiegenhaus	18 cm Stahlbeton, 10 cm mineral. Dämmung, luftdicht verklebte Folie, 1,2 cm Gipskartonplatte	0,35 W/m²K
WI02 Wohnungstrennwand (nicht-tragend)	1,2 cm Gipsfaserplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipsfaserplatte, 10 cm Vollholzsteher, dazw. mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipsfaserplatte, 2 cm Isover-TDP 25/20, 1,2 cm Gipsfaserplatte, 10 cm Vollholzsteher, dazw. mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipsfaserplatte, 4 cm mineral. Dämmung	0,14 W/m²K
WI03 Innenwand (tragend)	2x1,2 cm Gipsfaserplatte, 10 cm Vollholzsteher, dazw. mineral. Dämmung, 2x1,2 cm Gipsfaserplatte,	0,41 W/m²K
WI04 Innenwand (nicht-tragend)	2x1,2 cm Gipskartonplatte, 8cm. mineral. Dämmung, 1,2 cm GKP	0,42 W/m²K
WI06 Gipskartonständerwand gegen Aufzugsschacht im DG (mehrschalige Trennwand)	2x1,2 cm Gipskartonplatte, 8cm. mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipskartonplatte, 8cm. mineral. Dämmung, 2x1,2 cm Gipskartonplatte	0,23 W/m²K
DD02 Flachdach extensiv begrünt	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,8 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 24 cm Holzbalken, dazw. mineral. Dämmung, 1,6 cm OSB-Platte, 15 cm XPS-Dämmung, PAE-Folie, 6cm Gefällebeton, Abdichtung, 2,5 cm Drainageplatten, 7cm Extensivbegrünung	0,09 W/m²K
DD04 Flachdach konventionell (vorhanden??)	1,2 cm Gipskartonplatte, 4 cm mineral. Dämmung, 1,8 cm Gipsfaserplatte, luftdicht verklebte Folie, 1,6 cm OSB-Platte, 24 cm Holzbalken, dazw. mineral. Dämmung, 1,6 cm OSB-Platte, 15 cm XPS-Dämmung, PAE-Folie, 6cm Gefällebeton, Abdichtung, 6cm Sand/Kies, 4cm Plattenbelag in Sandbett	0,10 W/m²K
DA01 Aussendecke Erker	1,5 cm Parkettboden, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 3cm Trittschalldämmplatten, 4cm Polystyrolbeton, 1,6cm OSB-Platte, 24 cm Holzbalken, dazw. mineral. Dämmung, 1,6 cm OSB-Platte, 20 cm Holzwoleleichtbauplatten, 1cm Systemputz	0,09 W/m²K
DI01 Wohnungstrenndecke	1,5 cm Parkettboden, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 3cm Trittschalldämmplatten, 4cm Polystyrolbeton, 1,6cm OSB-Platte, 24 cm Holzbalken, dazw. mineral. Dämmung, 1,6 cm OSB-Platte, 1,5 cm Gipsfaserplatte, Latten auf Federbügel, dazw. 4 cm mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipskartonplatte	0,21 W/m²K
DI01-1 Wohnungstrenndecke	1 cm Fliesen in Dünnbett, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 3cm Trittschalldämmplatten, 4cm Polystyrolbeton, 1,6cm OSB-Platte, 24 cm Holzbalken, dazw. mineral. Dämmung, 1,6 cm OSB-Platte, 1,5 cm Gipsfaserplatte, Latten auf Federbügel, dazw. 4 cm mineral. Dämmung, 1,2 cm Gipskartonplatte	0,21 W/m²K
DI02 Innendecke – Wohnraum gegen Garage, unbeheizten Keller	1,5 cm Belag, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 3cm Trittschalldämmplatten, 25cm Polystyrol-Hartschaum, 20 cm Stahlbeton	0,13 W/m²K
DI03 Innendecke – Wohnraum gegen Erdreich	1,5 cm Belag, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 3cm Trittschalldämmplatten, 25cm Polystyrol-Hartschaum, 1cm Abdichtung mit Alu-Bahn, 20 cm Stahlbeton	0,13 W/m²K
DI04 Decke über Fahrradraum, unbeheizt	1,5 cm keram. Belag, 5cm Zementestrich, PAE-Folie, 2,5cm Trittschalldämmplatten, 1cm Schüttung, 18 cm Stahlbeton, 8cm	0,30 W/m²K

Bezeichnung	Planungsergebnis	U-Wert in W/m ² K
	Heralan-DF	
Erdberührte Kelleraußenwände (lt. Ausschreibung)	Stahlbeton je nach stat. Erfordernis, bituminöse Abdichtung, 8cm XPS-Dämmung	Keine Angabe
Gründach über Keller/Garage	20 cm STB-Decke, 3-10 cm Gefällebeton, 1 cm Abdichtung, 5 cm XPS-Dämmung, Filtervlies, 4cm Drainageschicht, Filtervlies, 42,5 cm Humus	Keine Angabe
Fenster	Holz-Alu-Profile (Bruckner), 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung U _g =0,5 W/m ² K, g-Wert: 0,5, Thermix-Glasabstandhalter	<= 0,8 W/m ² K

Beschreibung der Haustechnik

Heizung

In einer Versuchsreihe im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ werden hier unterschiedliche Haustechniksysteme wissenschaftlich untersucht und dokumentiert.

Stiege 1 (Haus E) und 2 (Haus D):

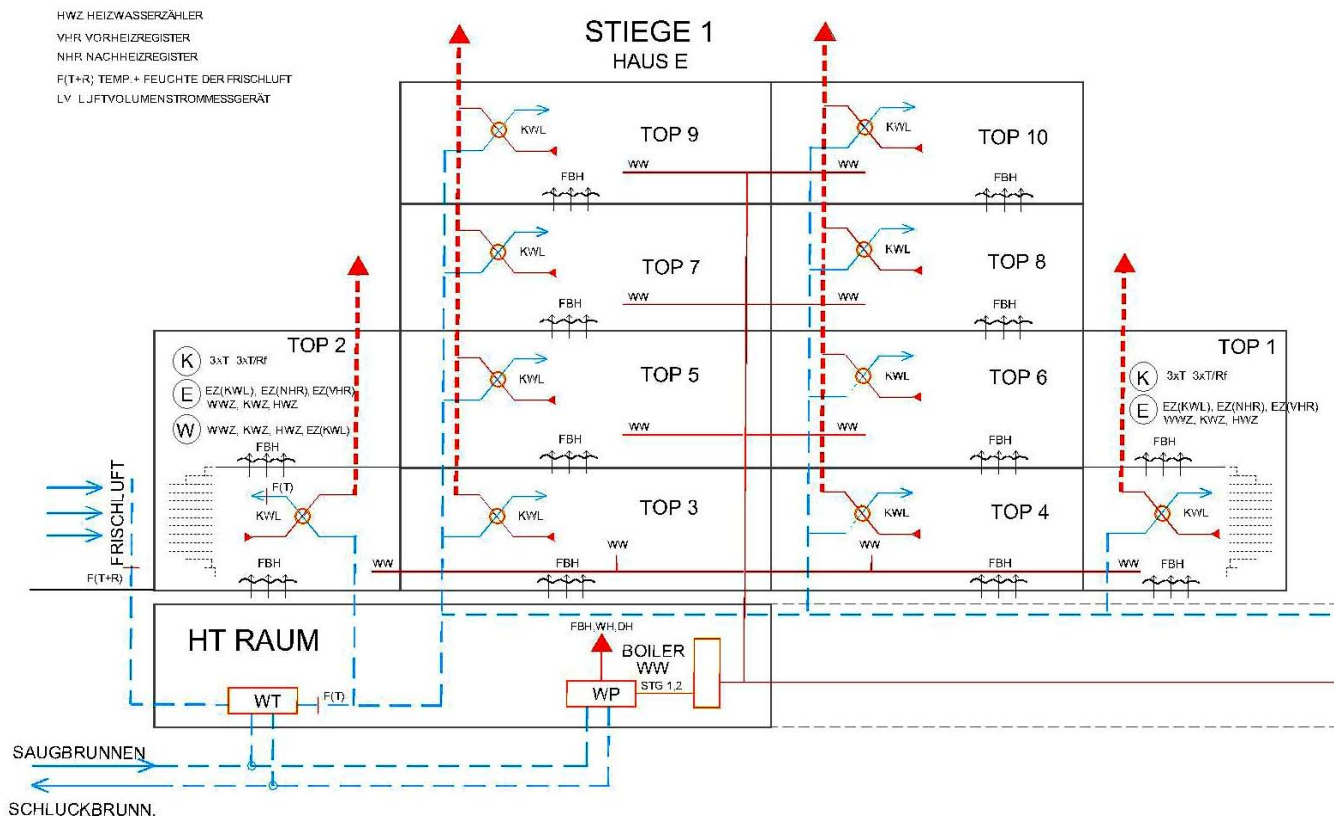
- Vorwärmung der Frischluft durch Grundwassernutzung als Energiequelle
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung
- Nacherwärmung in den einzelnen Wohnungen über Bauteilheizung (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung)
- Zentrale Warmwasserbereitung mittels Grundwassernutzung, Wärmepumpe und Warmwasserspeicher

Stiege 3 (Haus C), 4 (Haus B) und 5 (Haus A)

- Vorwärmung der Frischluft über Erdreich- oder Solewärmetauscher; alternativ zusätzlich über Fassadenansaugung bzw. über Dach
- Dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung; alternativ zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung gekoppelt mit thermischen Solarkollektoren
- Dezentrale Nachheizregister in den einzelnen Wohnungen
- Zentrale Warmwasserbereitung mittels Gasbrennwertkessel und zentralem Warmwasserspeicher
- Solare Unterstützung der Warmwasseraufbereitung
- Alternativ in einer Wohneinheit: Dezentrales Kompaktgerät dezentraler Wärmepumpe und Warmwasserspeicher

Schema der Haustechnikvarianten

Stiege 1



Warmwasseraufbereitung:

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe in einem zentralen Boiler mit einer E-Patrone zur wöchentlichen Aufheizung über 60 Grad (Legionellenschaltung).

Heizung und Lüftung:

Die Beheizung erfolgt über ein kontrolliertes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung welches sich in jeder Wohnung befindet.

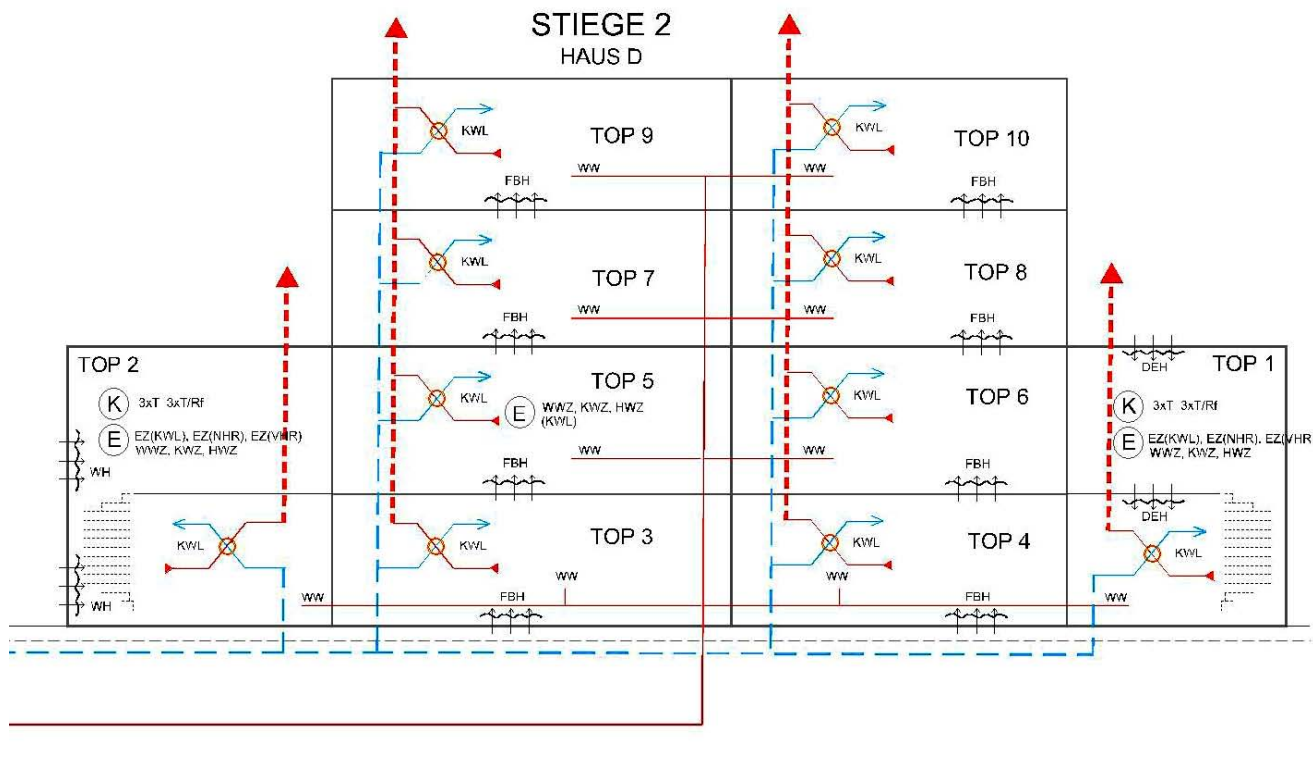
Dabei wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen, welche durch Wärmerückgewinnung der Abluft erwärmt wird.

Die Frischluftansaugung erfolgt zentral und wird mittels Grundwasser über einen Wärmetauscher vorgewärmt.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung der Wohnungen erfolgt über eine Fußbodenheizung im Randbereich (nicht vollflächig), welche durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe betrieben wird.

Bei allen Wärmetauschern wird ein Bypass so angebracht, dass in den Sommermonaten eine unerwünschte Erwärmung der Zuluft vermieden werden kann.

Stiege 2



Warmwasseraufbereitung:

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe in einem zentralen Boiler mit einer E-Patrone zur wöchentlichen Aufheizung über 60 Grad (Legionellenschaltung).

Heizung und Lüftung:

Die Beheizung erfolgt über ein kontrolliertes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung welches sich in jeder Wohnung befindet.

Dabei wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen, welche durch Wärmerückgewinnung der Abluft erwärmt wird.

Die Frischluftansaugung erfolgt zentral und wird mittels Grundwasser über einen Wärmetauscher vorgewärmt.

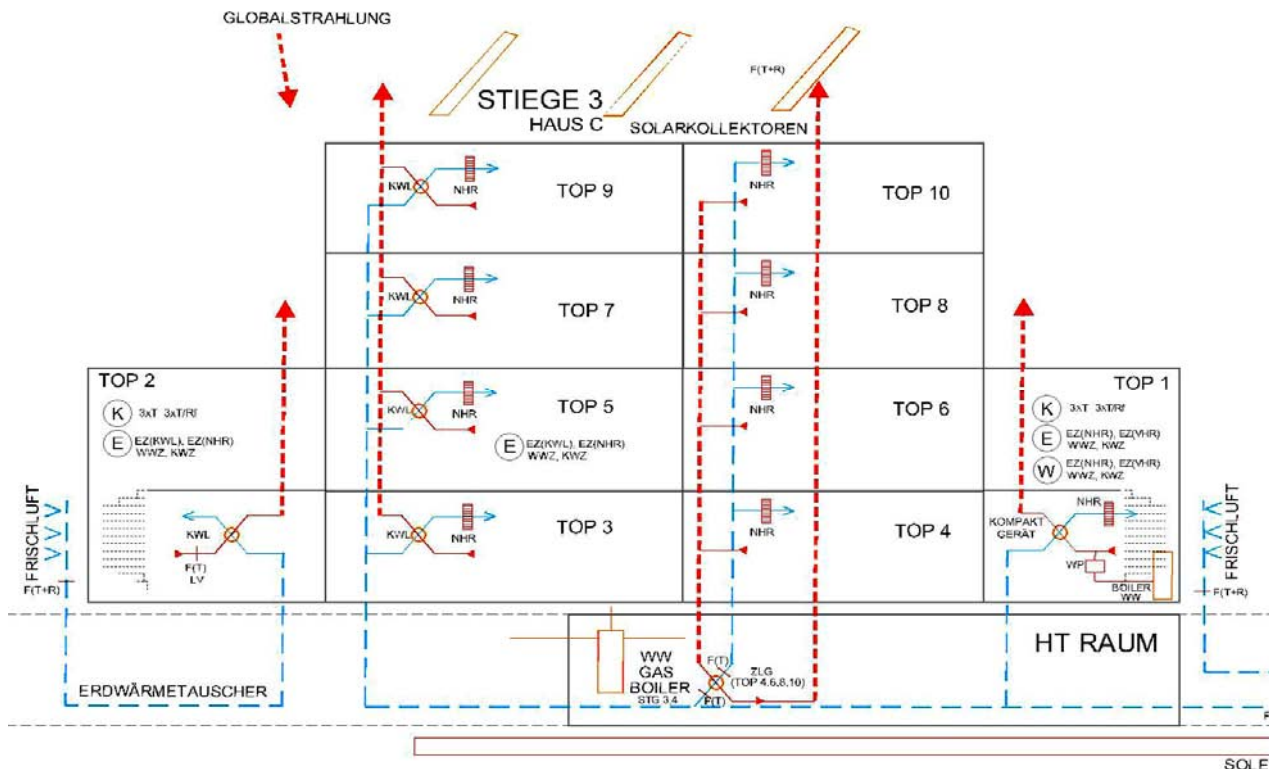
Die erforderliche Restwärme für die Beheizung von Top 1 erfolgt über eine Deckenheizung welche durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe betrieben wird.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung von Top 2 erfolgt über eine Wandheizung welche durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe betrieben wird.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung der Top 3 bis Top 10 erfolgt über eine Fußbodenheizung im Randbereich (nicht vollflächig), welche durch eine Wasser-Wasser Wärmepumpe betrieben wird.

Bei allen Wärmetauschern wird ein Bypass so angebracht, dass in den Sommermonaten eine unerwünschte Erwärmung der Zuluft vermieden werden kann.

Stiege 3



Warmwasseraufbereitung:

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt mit Ausnahme von Top 1 über einen zentralen Gasbrenner mit Boiler und wird solar unterstützt.

Heizung und Lüftung:

Die Beheizung erfolgt über ein kontrolliertes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung.

Dabei wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen, welche durch Wärmerückgewinnung der Abluft erwärmt wird.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung der Wohnungen wird dezentral mittels elektrischem Nachheizregister, welches sich in den Wohnungen befindet, eingebracht.

Die Frischluftansaugung erfolgt zentral und wird über eine Soleleitung (Grabenkollektor) mit Wärmetauscher vorgewärmt.

Die Frischluft für Top 2 wird über einen Erdwärmetauscher vorgewärmt

Die kontrollierten Lüftungsgeräte befinden sind bei Top 1, 2, 3, 5, 7 und 9 in den jeweiligen Wohnungen.

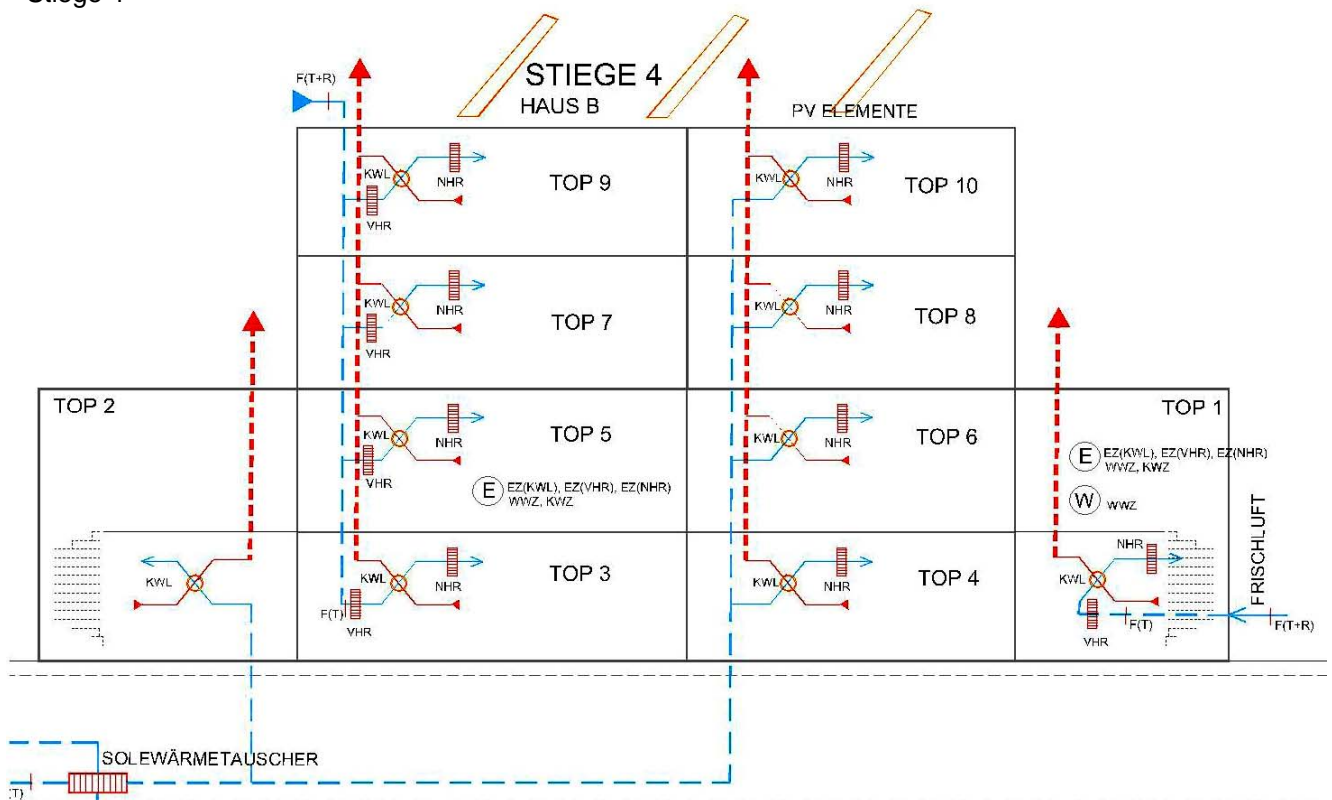
Top 4, 6, 8 und 10 werden durch ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt, d.h. die Abluft der o.e. Wohnungen wird in Sammlern in die Haustechnikzentrale geführt und dort zur Wärmerückgewinnung verwendet und danach über Dach abgeführt. Auch bei dieser Variante wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen.

Bei Top 1 erfolgt auch die Warmwasserbereitung über einen dezentralen Boiler, der durch eine der kontrollierten Wohnraumlüftung nachgeschaltete dezentrale Wärmepumpe erwärmt wird (Kompaktgerät)

Bei allen Wohnungen ist ein Stromkreis für Anschlussmöglichkeiten eines E-Heizkörpers mit dazugehörigen Schukosteckdosen in allen Aufenthaltsräumen vorgesehen. Im Bad wird ein Infrarotstrahler angebracht.

Bei allen Wärmetauschern wird ein Bypass so angebracht, dass in den Sommermonaten eine unerwünschte Erwärmung der Zuluft vermieden werden kann.

Stiege 4



Warmwasseraufbereitung:

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt über einen zentralen Gasbrenner mit Boiler und wird solar unterstützt.

Heizung und Lüftung:

Die Beheizung erfolgt über ein kontrolliertes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung welches sich in jeder Wohnungen befindet.

Dabei wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen, welche durch Wärmerückgewinnung der Abluft erwärmt wird.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung der Wohnungen wird dezentral mittels elektrischem Nachheizregister, welches sich in den Wohnungen befindet, eingebracht.

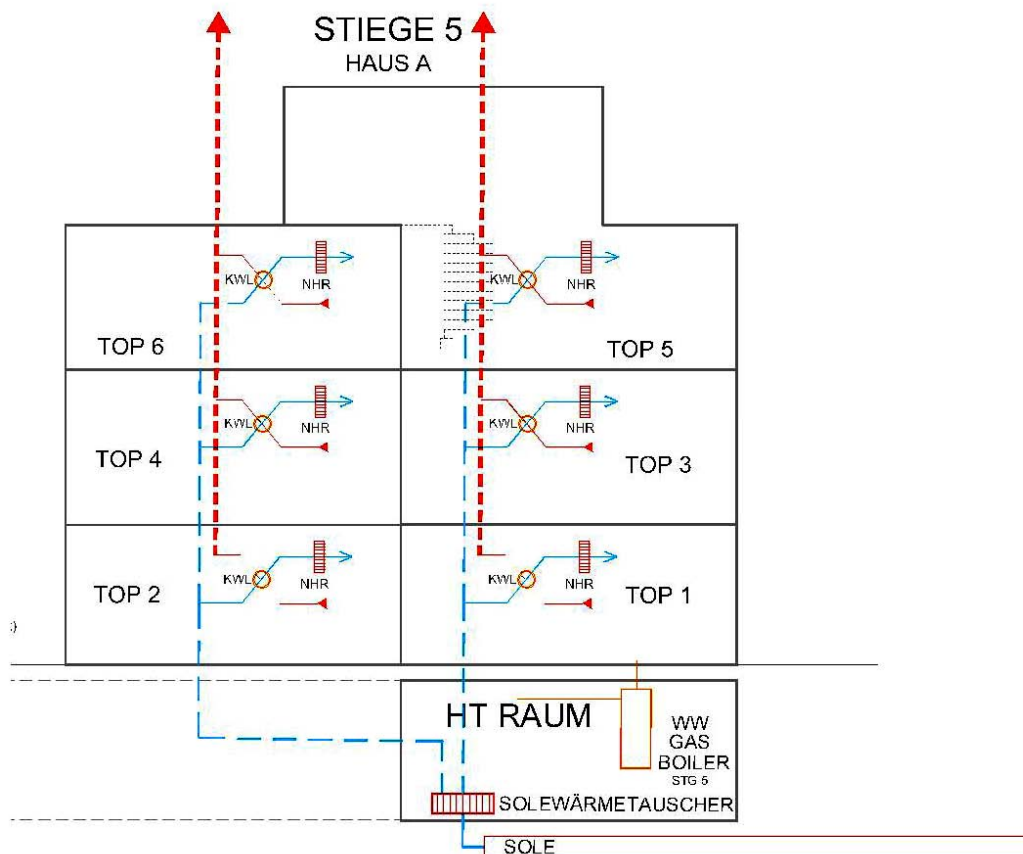
Die Frischluftansaugung erfolgt

- für Top 2, 4, 6, 8 und 10 zentral und wird über eine Soleleitung (Grabenkollektor) mit Wärmetauscher vorgewärmt;
- für Top 1 über die Fassade und wird bei Bedarf elektrisch vorgewärmt;
- für Top 3, 5, 7 und 9 über Dach und wird bei Bedarf elektrisch vorgewärmt.

Bei allen Wohnungen ist ein Stromkreis für Anschlussmöglichkeiten eines E-Heizkörpers mit dazugehörigen Schukosteckdosen in allen Aufenthaltsräumen vorgesehen. Im Bad wird ein Infrarotstrahler angebracht.

Bei allen Wärmetauschern wird ein Bypass so angebracht, dass in den Sommermonaten eine unerwünschte Erwärmung der Zuluft vermieden werden kann.

Stiege 5



Warmwasseraufbereitung:

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt über einen zentralen Gasbrenner mit Boiler.

Heizung und Lüftung:

Die Beheizung erfolgt über ein kontrolliertes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung welches sich in jeder Wohnungen befindet.

Dabei wird ausschliesslich Frischluft in die Wohnräume eingeblasen, welche durch Wärmerückgewinnung der Abluft erwärmt wird.

Die erforderliche Restwärme für die Beheizung der Wohnungen wird dezentral mittels elektrischem Nachheizregister, welches sich in den Wohnungen befindet, eingebracht.

Die Frischluftansaugung erfolgt zentral und wird über eine Soleleitung (Grabenkollektor) mit Wärmetauscher vorgewärmt.

Bei allen Wohnungen ist ein Stromkreis für Anschlussmöglichkeiten eines E-Heizkörpers mit dazugehörigen Schukosteckdosen in allen Aufenthaltsräumen vorgesehen. Im Bad wird ein Infrarotstrahler angebracht.

Bei allen Wärmetauschern wird ein Bypass so angebracht, dass in den Sommermonaten eine unerwünschte Erwärmung der Zuluft vermieden werden kann.

Flächenaufstellung des Gebäudes

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Netto-Grundfläche (NGFa)	5.730 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe
Hauptnutzfläche (HNF) des Gebäudes	3.880 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe
Nebennutzfläche (NNF) des Gebäudes	1.500 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe (inkl. Tiefgarage, Fahrradabstellräume, Kellerabteile)
Nutzfläche gesamt (NF) des Gebäudes	5.380 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe
Funktionsfläche (FF) des Gebäudes	50 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe
Verkehrsfläche (VKF) des Gebäudes	250 m ²		nach ÖN B1800 Bauträgerangabe
Beheizte bzw. beheizbare Brutto-Grundfläche	5.162,50 m ²		nach ÖN B 8110-1 Bauträgerangabe
Überbaute Grundfläche (Altbestand)	0,00 m ²		Bauträgerangabe
Überbaute Grundfläche (Neubau)	1.605 m ²		Bauträgerangabe
Überbaute Grundfläche (gesamt)	1.605 m ²		Bauträgerangabe
Sonstige versiegelte Fläche	805 m ²		z.B. Rampe, Gehwege, Müll-, Spielplatz Bauträgerangabe
Grundstücksfläche (tatsächliche Fläche)	4.520 m ²		Bauträgerangabe
Vermietbare Wohnnutzfläche	3.880 m ²		Planerangabe, davon SOS-Kinderdorf- Einrichtungen (Wohngruppe und Wohngemeinschaft) 336 m ²
Büroflächen	0,00 m ²		
Lokalfächen (Restaurant, Beisl)	0,00 m ²		
Verkaufsflächen (Läden)	0,00 m ²		
Allgemeine Flächen (Gänge)	250 m ²		Bauträgerangabe
Technik (Haustechnik)	60 m ²		Bauträgerangabe
Flächen der allgemeinen Teile, die einer periodischen Reinigung bedürfen	100 m ²		Bauträgerangabe
Gemeinschaftsräume	48 m ²		Waschraum (Bauträgerangabe)
Kellerflächen	230 m ²		Bauträgerangabe
PKW-Stellplätze innen	Ja		46 in Tiefgarage
PKW-Stellplätze außen	NEIN		

7.9.2 Ressourcenschonung

Verwendete Baustoffe und Transport

Bezeichnung	Verbrauch in kg	Transport in km ¹	Verwendetes Beförderungsmittel ²	Anmerkungen
Berücksichtigt wurden die Massen von Haus A bis E (Stiege 1-5) inkl. Tiefgarage (ohne Torhaus)				
Asphaltbeton	60.123 kg	50 km	LKW	Planerangabe
Armierungsstahl (Betonstahl)	98.841 kg	150 km	LKW	Planerangabe
Beton (Stahlbeton exkl. Armierung)	3.788.913 kg	30 km	LKW	Planerangabe
Gefällebeton	248.492 kg	30 km	LKW	Planerangabe
Estrichbeton	435.154 kg	30 km	LKW	Planerangabe
Polystyrolbeton	78.468 kg	40 km	LKW	Planerangabe
Holzspanbeton	44.183 kg	80 km	LKW	Planerangabe
Mineral. Putz	38.808 kg	80 km	LKW	Planerangabe
Gips(faser)platte	303.971 kg	80 km	LKW	Planerangabe
Glas: Wärmeschutzglas 3-fach (0.5 W/m ² K)	1.093 m ²	120 km	LKW	Planerangabe
Mineral. Dämmung	78.813 kg	100 km	LKW	Planerangabe
Polystyrol	26.831 kg	100 km	LKW	Planerangabe
Holzbaustoffe (Kantschnittholz)	217.228 kg	80 km	LKW	Planerangabe
OSB-Platten	106.007 kg	100 km	LKW	Planerangabe
Holzwoleleichtbauplatten	52.550 kg	100 km	LKW	Planerangabe
Bitum. Abdichtung	60.850 kg	100 km	LKW	Planerangabe

¹ km Transport ab Werk/Händler bis zur Baustelle, inklusive leere Rückfahrten

² Verwendetes Beförderungsmittel ab Händler/Werk bis zur Baustelle

1-1 Energiebedarf des Gebäudes

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung**	Anmerkungen
Primärenergie (nicht erneuerbar) für die Errichtung des Rohbaus (Baustoffproduktion) pro m ² NGF und Jahr*	15,56 kWh/m ² .a	5	Bezug: Netto-Grundfläche, berücksichtigt wurden die Massen lt. TQ-Definition von Haus A bis E (Stiege 1-5) inkl. Tiefgarage (ohne Torhaus)
Primärenergie für die Errichtung des Rohbaus (Transport der Baustoffe) pro m ² NGF und Jahr*	0,92 kWh/m ² .a		Bezug: Netto-Grundfläche, berücksichtigt wurden die Massen lt. TQ-Definition von Haus A bis E (Stiege 1-5) inkl. Tiefgarage (ohne Torhaus)
Primärenergie für Raumwärme und Warmwasserbereitung pro m ² beheizte BGF und Jahr*	47,68 kWh/m ² .a		Bezug: beheizte Brutto-Grundfläche
Heizlast pro m ² beheizte BGF und Jahr*	0,01 kW/m ²		Planerangabe
Heizlast	68,8 kW		Planerangabe (PHPP-Ergebnis für 4 Baukörper bezogen auf beh. BGF)
Jahresnutzungsgrad gesamte Heizanlage	90,00 Prozent		Planerangabe
Heiz- und Warmwasserwärmebedarf gesamt; pro m ² beheizte BGF und Jahr	26,11 kWh/m ² .a		Planerangabe
davon: Heizwärmebedarf; pro m ² beheizte BGF und Jahr	8,05 kWh/m ² .a	5	Planerangabe (PHPP-Ergebnis bezogen auf beh. BGF)
davon: Warmwasserwärmebedarf; pro m ² beheizte BGF und Jahr	18,06 kWh/m ² .a		Planerangabe
LEK-Wert	16,33		aus Planerangaben ermittelt
Charakteristische Länge	2,261 m		aus Planerangaben ermittelt
Äquivalenter LEK-Wert	6,35		aus Planerangaben ermittelt
Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Heizwärmebedarf	12 Prozent	1	
Solaranlage für die Warmwasserbereitung	es wird eine Solaranlage verwendet	5	56 bis 60 % solarer Deckungsgrad an Warmwasserbereitung

* Bezogen auf die Nutzungsdauer Rohbau (siehe „0 Allgemeine Projektbeschreibung“)

** Die Bewertungsskala reicht von -2 bis +5 Punkten. Ein Ergebnis von 0 entspricht in etwa der durchschnittlichen Qualität des Baubestandes.

1-2 Bodenschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Versiegelungsgrad der unbebauten Fläche	27,62 Prozent	3	Falls die überbaute Grundfläche $\geq 80\%$ der Grundstücksfläche ausmacht, ist dieses Kriterium fakultativ.
Ökologische Wertigkeit der bebauten Fläche	Erschlossenes Bauland	0	
Ökologie des Baulandes	Verbesserung durch freiraumplanerisches Konzept (unterbaute Fläche weniger als 1,5m überschüttet)	2	Falls die überbaute Grundfläche $\geq 80\%$ der Grundstücksfläche ausmacht, wird die Ökologie des Baulandes nicht bewertet.

1-3 Schonung der Trinkwasserressourcen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Regenwassernutzung vorhanden	Nein		Anmerkung: Grünflächenbewässerung mittels Brunnenwasser vorhanden
Wassersparende Sanitäreinrichtungen vorhanden	Ja		Nachweis: Planerangabe
Wohnungswasserzähler vorhanden	Ja		Nachweis: Planerangabe
Gesamtbewertung		4	

1-4 Effiziente Nutzung von Baustoffen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Masse des Rohbaus	5.640,33 t		Massenauszug liegt vor
Baustoffe mit Anteil an recyceltem oder wiedergewonnenem bzw. wieder verwendetem Material	In der Ausschreibung berücksichtigt, aber nicht umgesetzt	0	Nachweis liegt vor, Baurägerangabe
Trennbarkeit in sortenreine Fraktionen bei Sanierung oder Rückbau: - Trennbare Innenwandaufbauten - Trennbare Außenwandaufbauten - Trennbarer Bodenaufbau - Trennbare Geschosdecken	Ja Ja Ja Ja	5	Nachweis: siehe Wand- und Deckenaufbauten der Baubeschreibung
Produktauswahl	überwiegend regionale Produkte für Rohbau und Ausbau	5	Herkunftsnachweis liegt vor, Baurägerangabe
Transportmanagement	ansatzweise vorhanden	0	Baurägerangabe
Transportmittel für Baustofftransport zur Baustelle (inkl. Leerfahrten)	237.944 tkm LKW		tkm ... Tonnenkilometer befördert mit LKW

2 Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt

2-1 Atmosphärische Emissionen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Beitrag zum Treibhauseffekt (Treibhausgaspotenzial für 100 Jahre)	6,28 kg CO ₂ Eq/m ² .a		kg CO ₂ -Equivalent pro m ² beheizte Brutto-Grundfläche und Jahr
davon: Aus der Baustoffherstellung	1,65 kg CO ₂ Eq/m ² .a		wie oben
davon: Aus dem Transport der Baustoffe	0,24 kg CO ₂ Eq/m ² .a		wie oben
davon: Aus der Raumwärmeversorgung für die Gebäudenutzung	4,41 kg CO ₂ Eq/m ² .a	4	wie oben
CO ₂ -Emissionsklasse	10,00		

2-2 Abfallvermeidung: Trennung des Baustellenabfalls

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Liegt ein Abfallkonzept inkl. Vermeidungskonzept für Bautätigkeit und späteren Rückbau/Abbruch vor?	Ja		Trennung gemäß Baurestmassenverordnung, Verwertung teilweise gewährleistet
Gesamtbewertung		2	

2-3 Abwasser

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Schmutzwasserentsorgung	nicht bewertet; wird nur bei Einfamilienhäusern bewertet		
Versickerung des gereinigten Regenwassers von bebauten und versiegelten Flächen	war Planungsziel	5	100% Versickerung mit Reinigung

2-4 Reduktion des motorisierten Individualverkehrs

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Rahmenbedingungen für ein Verkehrskonzept		3	Gesamtbewertung für Rahmenbedingungen 1A bis 1E
1A. Beschreibung der Möglichkeiten des Verzichts auf das Auto liegt vor	Ja		Nachweis: Baurägerangabe
1B. Möglichkeit für Car-Sharing vorgesehen	Nein		
1C. Zufahrtmöglichkeit für Lieferdienste vorgesehen	Ja		Prinzipiell möglich
1D. Erreichbarkeits-/ Entfernungangaben von Einrichtungen des täglichen Bedarfs liegen vor	Ja		Nachweis: Baurägerangabe
1E. Erreichbarkeits- / Entfernungangaben öffentlicher Haltestellen liegen vor	Ja		Nachweis: Baurägerangabe
2. Fahrradabstellplätze		4	Gesamtbewertung für Fahrradabstellplätze 2A bis 2G
2A. Keine Abstellplätze vorhanden	Nein		
2B. Versperrbarer Sammelraum	Ja		Nachweis: Plandokumente, Baurägerangabe (Sammelräume pro Stiege)
2C. Versperrbarer Sammelraum leicht zugänglich	Ja		Nachweis: Plandokumente, Baurägerangabe
2D. Bügel für Fahrradsicherung im versperrbaren Sammelraum	Nein		
2E. Abstellplätze für mehr als 50% der BewohnerInnen im versperrbaren Sammelraum vorhanden	Ja		Nachweis: Plandokumente, Baurägerangabe
2F. Abstellplätze im Freien vorhanden	Ja		Fahrradboxen
2G. Abstellplätze im Freien sind wettergeschützt	Ja		

2-5 Reduktion von Belastungen durch Baustoffe

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Vermeidung von PVC		3	Gesamtbewertung für Vermeidung von PVC
- Kein PVC bei Elektrokabeln	Nein		
- Kein PVC in Sanitärinstallationen	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Kein PVC bei Bodenbelägen	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Kein PVC bei Fenstern	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Kein PVC bei Folien	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Kriterium in der Ausschreibung berücksichtigt	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
2. Vermeidung von PUR und PIR in Schäumen, Dichtungen, Dämmungen		5	Gesamtbewertung für Vermeidung von PUR und PIR
- Beim Fenstereinbau	Ja		
- Bei der Rohrdämmung	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Bei der Installationsfixierung	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Bei der Füllung von Hohlräumen	Ja		Nachweis liegt vor (Bauräger-, Planerangabe)
- Kriterium in der Ausschreibung berücksichtigt	Nein		
3. Chemischer Holzschutz			

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
- Wird außen Holz verwendet?	Ja		
- Chemischer Holzschutz außen	Nein	Wird nicht bewertet	Teilbewertung Holzschutz außen; Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
- Konstruktiver Holzschutz	Nein		
- Wird innen Holz verwendet?	Ja		
- Chemischer Holzschutz innen	Gem. österreich. Holzschutzmittelverzeichnis	1	Teilbewertung Holzschutz innen; Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
4. Lösungsmittelarme bzw. –freie Voranstriche, Anstriche, Lacke und Klebstoffe		4	Gesamtbewertung f. lösungsmittelarme bzw. –freie Anstriche, Lacke und Kleber
- Verzicht auf Alkydharzlacke	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
- Verzicht auf Nitrolacke	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
- Verwendung lösungsmittelarmer Voranstriche	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
- Verwendung lösemittelfreier Verlegeunterlagen	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)
- Überwiegender Einsatz von Naturklebstoffen	Nein		
- Lösungsmittelgehalt in der Ausschreibung berücksichtigt	Nein		

2-6 Vermeidung von Radon

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Gesamtbewertung für Vermeidung von Radon		5	Gesamtbewertung
Radonrisikopotenzial durch Radonkarten erhoben	Ja, falls erforderlich wurden auch Maßnahmen ergriffen		Radonkarte liegt vor
Baustoffe nach ÖN S5200 untersucht	Nein		

2-7 Elektrobiologische Hausinstallation

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Gesamtbewertung für Elektrobiologische Hausinstallation		nicht bewertet	
Ist die Vermeidung von Elektromog ein Planungsziel?	Nein		war kein Planungsziel

2-8 Vermeidung von Schimmel

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Trockenheit des Rohbaus	Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte vor Wohnungsbezug	5	Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)

7.9.3 Komfort für Nutzerinnen und Nutzer

3-1 Qualität der Innenraumluft

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Lüftungskonzept / -system	Mechanische Lüftung/Wohnnutzung	5	Gesamtbewertung Innenraumluft
Art der Lüftungsanlage	Mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung		
Zuluftfilter: Frischluft \geq F7, Abluft \geq G4	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträger-, Planerangabe)
Effizienz der WRG $>$ 75% und spezif. Strombedarf \leq 0,4 W/(m ³ h)	Ja		WRG...Wärmerückgewinnung Nachweis liegt vor (Planerangabe)
Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe	Ja		Nachweis liegt vor (Bauträgerangabe)

3-2 Behaglichkeit

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1. Behaglichkeit im Sommerbetrieb		3	Teilbewertung Sommerbetrieb
Anzahl der Tops	46 Tops		
Behaglichkeit des kritischsten Aufenthaltsraumes:	Verteilung der Tops siehe unten		Wohn- o. Schlafräum, Büro ... (basierend auf Einreichplanung)
Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $>$ 5000 kg/m ² über Grenzwert, ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat	9 Tops		Nachweis durch dynam. Gebäudesimulation oder Berechnung gemäß ÖN B 8110-3 (Planerangabe)
Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 3000 bis 5000 kg/m ² über Grenzwert, ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat	4 Tops		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 (Planerangabe)
Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 1500 bis 3000 kg/m ² über Grenzwert, ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat	19 Tops		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3
Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 0 bis 1500 kg/m ² über Grenzwert, ev. Klimatisierung mit oder ohne Kälteaggregat	14 Tops		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3
Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung ohne Kälteaggregat	0 Tops		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3
Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung mit Kälteaggregat	0 Tops		Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3
Keine Berücksichtigung der Behaglichkeit im Sommer	keine		
2. Im Winterbetrieb		5	Teilbewertung Winterbetrieb
Auslegungsbedingungen	Temperaturunterschied Wand/Luft kleiner 1 K, Temperaturunterschied Glas/Luft kleiner 4 K		Berechnungsnachweis liegt vor K...Kelvin

3-3 Tageslicht

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Tageslichtquotient* ist größer oder gleich 2 bei:	ca. 100 % der Tops (im größten Wohnraum)	5	Nachweise liegen vor Verbaustand: Aug. 2008

* In 2m Raumtiefe, 1m Seitenabstand von Wand; Nutzebene: 0,85cm über Fußbodenoberkante.

3-4 Sonne im Dezember

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
1,5 Sonnenstunden erreichen am 21.12. :	ca. 55 % der Tops (im größten Wohnraum)	2	Nachweise liegen vor (Einschätzung basierend auf Einreichplanung der Nachbarbebauung Esslinger Hauptstr. 15) Verbauungsstand: August 2008

3-5 Schallschutz in den Wohnungen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Baulandkategorie	Kategorie 4: Kerngebiet		anhand Ö-Norm 8115-2; Gebäude befindet sich in Wien
Nicht transparente Außenbauteile	mind. 49 dB (Außenwände WA01-WA04) 56 dB (WA06 – Feuermauer)	3	Bewertetes Schalldämmmaß R_w in Abhängigkeit v. Außenschallpegel $L_{A,eq}$ bei Tag; Nachweis liegt vor ((Rechen- bzw. Bemessungswert Planerangabe)
Transparente Außenbauteile	39 dB	2	in Abhängigkeit vom Verglasungsanteil der Fassade pro Raum unterschiedliche Anforderungen an den R_w -Wert Bewertetes Schalldämmmaß R_w in Abhängigkeit v. Außenschallpegel $L_{A,eq}$ bei Tag; Nachweis liegt vor (Planerangabe)
Trennwände zwischen Wohneinheiten	65 dB (WI02 Wohnungstrennw. nicht-tragend)	3	Bewertetes Schalldämmmaß R_w (Trennwände); Nachweis liegt vor (Rechen- bzw. Bemessungswert Planerangabe)
Decken zwischen Wohneinheiten – Wert A	≥ 65 dB (Wohnungstrenndecken DI01/DI01-1)	3	Bewertetes Schalldämmmaß R_w (Decken zwischen Wohneinheiten); Nachweis liegt vor (Rechen- bzw. Bemessungswert Planerangabe)
Decken zwischen Wohneinheiten – Wert B	≤ 48 dB (Wohnungstrenndecken DI01/DI01-1)	0	Bewerteter Normtrittschallpegel $L_{n,w}$ (Decken zwischen Wohneinheiten); Nachweis liegt vor (Rechen- bzw. Bemessungswert Planerangabe)
Basispegel (A-bewertet) $L_{A,95}$	- dB(A)	Nicht bewertet*	Basispegel (A-bewertet) $L_{A,95}$ (Schallschutzmessung in einem ausgewählten Top)
Differenz zwischen energieäquivalentem Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel und Basispegel (A-bewertet)	- dB(A)	Nicht bewertet*	(Schallschutzmessung in einem ausgewählten Top)

* Planungszertifikat

3-6 Gebäudeautomation

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Qualitätslevel	Elektroinstallation berücksichtigt Nutzungsänderungen/-erweiterungen durch Leerverrohrung	2	Nachweis: siehe Plandokumente; Bauträgerangabe

7.9.4 Langlebigkeit

4-1 Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderung	Teilergebnisse siehe unten	2	Gesamtbewertung
Dimensionierung der Deckenkonstruktion erlaubt Nutzungsänderungen	Ja		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente
Grundkonstruktion mit leicht austauschbaren Subsystemen	Ja		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente
Raumhöhen größer gleich 2,75 m	Nein		Nachweis: Plandokumente
Ausreichende Kapazität an Versorgungsschächten	Ja		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente
Versorgungsleitungen nur in als fix betrachteten Wänden	Nein		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente
Elektroinstallation mittels BUS-System oder ausreichende Kapazität an Leerverrohrung	Ja		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente
Beschreibung von baulichen und haustechnischen Maßnahmen für Nutzungsänderungen vorhanden	Nein		Nachweis: Bauträgerangabe bzw. Plandokumente

4-2 Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Grundlagen Gebäudebetrieb und Instandhaltung	Teilergebnisse siehe unten	5	Gesamtbewertung
Leitfaden für Wartung und Instandhaltung	Ja		Nachweis liegt beim Bauträger auf
Leitfaden für Betrieb	Ja		Nachweis liegt beim Bauträger auf
Dokumentation der Gebäudetechniksysteme	Ja		Nachweise liegen beim Bauträger auf
Dokumentation des Gebäudes	Ja		Nachweis liegt beim Bauträger auf
Vollständige Ausführungszeichnungen	Ja		Nachweise liegen beim Bauträger auf

7.9.5 Sicherheit

5-2 Einbruchsschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Ist erhöhter Einbruchsschutz ein Planungsziel?	Ja	2	
Gewählte Schutzmaßnahmen	Einbruchshemmende Türen und Fenster		Nachweis: Planer- bzw. Bauträgerangabe

5-3 Brandschutz

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Brandschutz	Teilergebnisse siehe unten	4	Gesamtbewertung
Besondere Anforderungen an Baustoffe (Grundkonstruktion)	Ja (teilweise)		
Besondere Anforderungen an Innenausstattung	Nein		
Besondere Anforderungen an Brandschutzmaßnahmen im Haustechnikbereich	Ja		Bauträgerangabe
Besondere Anforderungen an Brandmeldeeinrichtungen und automatische Löschanlagen	Ja (teilweise; ansonst wie im Wr. Wohnbau)		
Besondere Anforderungen an Fluchtwegkonzept	Ja (teilweise; ansonst wie im Wr. Wohnbau)		

5-4 Barrierefreiheit

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Barrierefreiheit	Teilergebnisse siehe unten	5	Gesamtbewertung
Barrierefreiheit als Planungsziel?	Nein		
Ausstattungsmerkmale:			
Lift	durchgängig vom KG bis zum Dachgeschoss		Nachweis: Plandokumente, Bauträgerangabe
Barrierefreie allgemeine Erschließungsflächen	Ja		Nachweis: Plandokumente, Bauträgerangabe
Mit geringem Aufwand barrierefrei gestaltbare Tops	Ja		Nachweis: Plandokumente, Bauträgerangabe; Einstufung gilt für 60% der WE (tlw. Maisonettenwohnungen)

5-5 Umgebungsrisiken

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Hochwasser	Basisrisiko nicht gegeben		
Muren	Basisrisiko nicht gegeben		
Lawinen	Basisrisiko nicht gegeben		
Geologische Stabilität	Basisrisiko nicht gegeben		
Erdbebensicherheit	Bedingungen nach ÖN B4015-1 erfüllt		Bauträgerangabe
Welche Schutzmaßnahmen wurden zur Verringerung eines Basisrisikos getroffen?	keine		kein Basisrisiko vorhanden
Blitzschutz: Verbesserter Blitzschutz gegenüber behördlichen Auflagen	Nein		
Freiwilliger Blitzschutz realisiert	Nein		
Hochspannungsanlagen	empfohlener Abstand wurde eingehalten		Bauträgerangabe
Spannung der nächsten Hochspannungsleitung	Nicht bekannt		
Abstand zur nächsten Hochspannungsleitung	mehr als 1.000 Meter		

7.9.6 Planungsqualität

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Planungsqualität	siehe unten	4	Gesamtbewertung
Nutzungskonzept	Ja		Bauträgerangabe
Zielvorgaben für Entwurfsbereiche	Ja		Bauträgerangabe
Variantenanalyse	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Verwaltung/Service	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Strom	Nein		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Brennstoffe	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Wasser	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Abwasser	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Wartung/Instandhaltung	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Reinigung	Ja		Bauträgerangabe
Folgekostenabschätzung Umbaukosten	Nein		für typische Nutzungsänderungen
Gebäudemanagement-Konzept	Ja		Bauträgerangabe
Gebäudeinformationssystem (GIS)	Nein		Bauträgerangabe

7.9.7 Qualitätssicherung bei der Errichtung

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
TQ-Bewertung für Errichtung oder Planung?			Errichtung
Bauaufsicht	Umfassende Messungen: Blower Door, Thermo, Schall	5	siehe oben
Endabnahme	Prüfumfang hoch, detaillierte Dokumentation	5	siehe oben

7.9.8 Infrastruktur und Ausstattung

8-1 Anbindung an die Infrastruktur

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Anzahl der EinwohnerInnen der Stadt / der Gemeinde	Stadt mit mehr als 100.000 EinwohnerInnen		
Entfernung zu:	Teilergebnisse siehe unten	3	Gesamtbewertung, Stand: Febr. 2007
Einkaufsmöglichkeiten (täglicher Bedarf)	ca. 150 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Freizeiteinrichtungen (Sport/ Kultur/Soziales)	ca. 1000m bzw. 500 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Restaurant/Lokal	ca. 300 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Parks, Aufenthaltsmöglichkeit im Freien	ca. 50 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Apotheke	ca. 700 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Praktischer Arzt, Praktische Ärztin	ca. 700 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Haltestelle öffentlicher Verkehr	ca. 100 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)
Car-Sharing	> 1.000 m		Nachweis vorhanden (Planer- bzw. Bauträgerangabe)

8-2 Ausstattungsmerkmale der Wohnungen und der Wohnanlage

Bezeichnung	Planungsergebnis	Bewertung	Anmerkungen
Ausstattungsmerkmale	siehe unten	4	Gesamtbewertung
1. Ausstattungsmerkmale der Wohnungen			
Anzahl der Wohnungen	46 Wohnungen		
1A. Wohnungen mit Balkon/Loggia/Terrasse kleiner 4 m ² (bzw. 2.Loggia/Balkon/Wintergarten > 4m ²)	0 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1B. Wohnungen mit Balkon/Loggia/Terrasse größer 4 m ²	46 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1C. Wohnungen mit Dachterrasse	14 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1D. Wohnungen mit Garten zur alleinigen Nutzung, Garten größer 20 m ²	18 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1E. Wohnungen mit Garten zur alleinigen Nutzung, Garten kleiner 20 m ²	8 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe (zusätzliche Vorgärten)
1F. Wohnungen mit Garten zur Mitbenutzung	46 Wohnungen		Nachweis: Bauträgerangabe
1G. Wohnungen mit begehbare Abstellkammer, Abstellkammer größer 1 m ²	8 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1H. Wohnungen mit Laminat-, Parkett- oder Keramikböden in den Wohn- und Schlafzimmern	46 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe
1I. Wohnungen mit Badewanne und Dusche und/oder 2 Waschtischen	8 Wohnungen		Nachweis: Einreichpläne, Bauträgerangabe (lt. Grundrisse)
2. Ausstattungsmerkmale der Wohnanlage			
2A. Gemeinschaftsraum	Ja		Torhaus
2B. Kinderspielplatz	Ja		
2C. Sauna	Nein		
2D. Dampfbad	Nein		
2E. Solarium	Nein		
2F. Hobbyraum	Ja		Torhaus
2G. Freibad	Nein		
2H. Hallenbad	Nein		
2I. Fitnessraum	Nein		

7.10 Bewertungsergebnisse im Überblick

Das sind Ihre Ergebnispunkte

4,00

Kriterium bzw. Gruppe	Ergebnispunkte	Gewichtungsfaktor	Gewichtete Ergebnispunkte	Wann wird dieses Kriterium bewertet?
1 Ressourcenschonung	3,08	0,1389	0,43	
1.1 Energiebedarf des Gebäudes	4,00	0,3000	1,20	
1.1.1 Primärenergie (nicht erneuerbar) für die Errichtung des Rohbaus	5,00	0,2500	1,25	
Heizwärmebedarf	5,00	0,2500	1,25	
1.1.4 Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Heizwärmebedarf	1,00	0,2500	0,25	
Solaranlage für die Warmwasserbereitung	5,00	0,2500	1,25	
1.2 Bodenschutz	1,67	0,2000	0,33	
1.2.1 Versiegelungsgrad der unbebauten Fläche	3,00	0,3333	1,00	Falls die bebauungsbezogene Grundfläche kleiner ist als 80% der Grundstücksfläche
1.2.2 Ökologische Wertigkeit der bebauten Fläche	0,00	0,3333	0,00	
1.2.3 Ökologie des Baulandes	2,00	0,3333	0,67	Falls die bebauungsbezogene Grundfläche kleiner ist als 80% der Grundstücksfläche
1.3 Schonung der Trinkwasserressourcen	4,00	0,2000	0,80	
1.4 Effiziente Nutzung von Baustoffen	2,50	0,3000	0,75	
1.4.1 Baustoffe mit Anteil an recyceltem oder wiedergewonnenem Material	0,00	0,3333	0,00	
1.4.2 Trennbarkeit in sortenreine Fraktionen bei Sanierung oder Rückbau	5,00	0,3333	1,67	
1.4.3 Produktauswahl	5,00	0,1667	0,83	
Transportmanagement	0,00	0,1667	0,00	

2 Verminderung der Belastungen für Mensch und Umwelt	4,26	0,1389	0,59	
2.1 Atmosphärische Emissionen	5,00	0,2632	1,32	
Beitrag zum Treibhauseffekt aus der Raumwärmeversorgung für die Gebäudenutzung	5,00	1,0000	5,00	
2.2 Abfallvermeidung	2,00	0,1053	0,21	
2.2.1 Minimierung des Baustellenabfalls	2,00	1,0000	2,00	
2.3 Abwasser	5,00	0,1053	0,53	
2.3.1 Schmutzwasserentsorgung	Nicht bewertet	0,0000		Wird nur für Einfamilienhäuser bewertet
2.3.2 Versickerung des gereinigten Regenwassers von bebauten und versiegelten Flächen	5,00	1,0000	5,00	Falls Versickerung ein Planungsziel ist
2.4 Reduktion des motorisierten Individualverkehrs	3,50	0,1053	0,37	
2.4.1 Rahmenbedingungen für ein Verkehrskonzept	3,00	0,5000	1,50	Wird nicht für Einfamilienhäuser bewertet
2.4.2 Fahrradabstellplätze	4,00	0,5000	2,00	Wird nicht für Einfamilienhäuser bewertet
2.5 Reduktion von Belastungen durch Baustoffe	4,00	0,2632	1,05	
2.5.1 Vermeidung von PVC	3,00	0,2500	0,75	
2.5.2 Vermeidung von PUR und PIR in Schäumen, Dichtungen, Dämmungen	5,00	0,2500	1,25	
2.5.3 Chemischer Holzschutz außen	3,00	0,1250	0,38	Falls außen Holz verwendet wird
Chemischer Holzschutz innen	5,00	0,1250	0,63	Falls innen Holz verwendet wird
2.5.4 Lösungsmittelarme bzw. -freie Voranstriche, Anstriche, Lacke und Klebstoffe	4,00	0,2500	1,00	
2.6 Vermeidung von Radon	5,00	0,0526	0,26	
2.7 Elektrobiologische Hausinstallation	Nicht bewertet	0,0000		Falls die Vermeidung von Elektromog Planungsziel ist
2.8 Vermeidung von Schimmel	5,00	0,1053	0,53	

3 NutzerInnenkomfort	4,24	0,1389	0,59	
3.1 Qualität der Innenraumluft	5,00	0,2000	1,00	
3.2 Behaglichkeit	4,00	0,2000	0,80	
3.2.1 Im Sommerbetrieb	3,00	0,5000	1,50	
3.2.2 Im Winterbetrieb	5,00	0,5000	2,50	
3.3 Tageslicht	5,00	0,1500	0,75	
3.4 Sonne im Dezember	5,00	0,1500	0,75	
3.5 Schallschutz in den Tops	3,70	0,2000	0,74	
Bewertetes Schalldämmmaß R_w Nicht-transparente Außenbauteile	5,00	0,1000	0,50	
Transparente Außenbauteile	3,00	0,1000	0,30	
Trennwände zwischen Wohneinheiten	3,00	0,2000	0,60	
Bewertetes Schalldämmmaß R_w (Decken zwischen Wohneinheiten)	3,00	0,1000	0,30	
Bewerteter Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ (Decken zwischen Wohneinheiten)	0,00	0,1000	0,00	
Basispegel $L_{A,95}$	5,00	0,2000	1,00	Wird nur nach Baufertigstellung bewertet
energieäquivalenter Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel	5,00	0,2000	1,00	Wird nur nach Baufertigstellung bewertet
3.6 Gebäudeautomation	2,00	0,1000	0,20	
4 Langlebigkeit	4,50	0,1111	0,50	
4.1 Flexibilität der Konstruktion bei Nutzungsänderungen	4,00	0,5000	2,00	Wird nicht für Einfamilienhäuser bewertet
4.2 Grundlagen für den Gebäudebetrieb und die Instandhaltung	5,00	0,5000	2,50	Wird nicht für Einfamilienhäuser bewertet

5 Sicherheit	3,67	0,1111	0,41	
5.1 Einbruchschutz	2,00	0,3333	0,67	Falls Einbruchschutz ein Planungsziel ist
5.2 Brandschutz	4,00	0,3333	1,33	
5.3 Barrierefreiheit	5,00	0,3333	1,67	
6 Planungsqualität	4,00	0,1111	0,44	
7 Qualitätssicherung bei der Errichtung	5,00	0,1111	0,56	
7.1 Bauaufsicht	5,00	0,5000	2,50	Wird nur nach Baufertigstellung bewertet
7.2 Endabnahme	5,00	0,5000	2,50	Wird nur nach Baufertigstellung bewertet
8 Infrastruktur und Ausstattung	3,50	0,1389	0,49	
8.1 Anbindung an die Infrastruktur	3,00	0,5000	1,50	
8.2 Ausstattungsmerkmale der Wohnungen und der Wohnanlage	4,00	0,5000	2,00	Wird nicht für reine Büro/Gewerbenutzung bewertet

Legende:	Ergebnispunkte Gruppe	Gewichtungsfaktor Gruppe	Gewichtete Ergebnispunkte Gruppe
	Ergebnispunkte Untergruppe	Gewichtungsfaktor Untergruppe	Gewichtete Ergebnispunkte Untergruppe
	Ergebnispunkte einzelne Kriterien	Gewichtungsfaktor einzelnes Kriterium	Gewichtete Ergebnispunkte einzelnes Kriterium

Erklärungen zur Bewertung: Die gewichteten Ergebnispunkte der Gruppen werden aufsummiert und ergeben die Gesamtbewertung, die Sie ganz oben in diesem Blatt finden.

Fakultative Kriterien werden mit "Nicht bewertet" beschrieben, und der dazugehörige Gewichtungsfaktor wird Null.

7.11 Erläuterungen wichtiger Qualitätskriterien

Das Total Quality (TQ)-Zertifikat besteht aus einer vierseitigen Kurzzusammenfassung sowie dem vorliegenden ausführlichen Tabellenteil.

Im Folgenden werden einige wichtige, im Zertifikat vorkommende Begriffe bzw. Sachverhalte zusätzlich erläutert.

Heizwärmebedarf

Der **Heizwärmebedarf (HWB)** ist jene Wärmemenge die einem Gebäude im Normaljahr (Jahr mit durchschnittlichem Klima) zugeführt werden muss, um die gewünschte Raumtemperatur aufrecht zu erhalten. Der Heizwärmebedarf wird in Kilowattstunden (kWh) angegeben.

Der **spezifische Heizwärmebedarf** ist der auf die beheizte Brutto-Grundfläche (BGF) bezogene Heizwärmebedarf eines Gebäudes bzw. Raumverbandes. Die Brutto-Grundfläche ist gemäß ÖN B 1800 als Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes definiert. Der spezifische Heizwärmebedarf wird in $\text{kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ angegeben.

Mit dem Ziel der Vergleichbarkeit wurde ein standardisiertes Berechnungsschema in der Europäischen Norm EN 832 festgelegt. In diese Berechnung des Heizwärmebedarfs fließen Klimadaten des Standortes in Form der Monatsmittelwerte der Globalstrahlung und der Lufttemperaturen ein. Auch Nutzungsdaten (Lüftungsverhalten, Abwärmen von Personen und Geräten) werden einbezogen. Die EN 832 wurde bei der Übernahme in das nationale Normenwerk von einzelnen Ländern unterschiedlich adaptiert. So wird in Deutschland (DIN EN 832) der Energiebedarf zur Warmwasserbereitung in den HWB hineingerechnet, in Österreich (ÖN EN 832) nicht.

Heizenergiebedarf

Der **Heizenergiebedarf** ist jene Energiemenge, die dem Gebäude im mittleren Jahr zur Deckung des Heizwärmebedarfs zugeführt werden muss (Brennstoffe, Fernwärme). Der Heizenergiebedarf wird aus dem Heizwärmebedarf unter Berücksichtigung des Jahres-Nutzungsgrades des/der Wärmebereitstellungssystems(e) errechnet. Als Heizenergie wird stets die Endenergie betrachtet, also jene Energiemenge, die auch bezahlt werden muss. Beträgt zum Beispiel der spezifische Heizwärmebedarf $30 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ und der Jahres-Nutzungsgrad 90% , ergibt sich ein spezifischer Heizenergiebedarf von $30/0,9 = 33,33 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$; bei Verwendung von Heizöl EL mit einem Heizwert von rund 10 kWh/l entspricht das $33,33/10 = 3,33 \text{ l Heizöl}$ pro m^2_{BGF} und Jahr.

Schallschutz

Im Rahmen der Total-Quality-Bewertung wird der Schallschutz einerseits an Hand von Planungsnachweisen (rechnerische Nachweise der Schallschutzeigenschaften von Außen- und Trennbauanteilen wie Außenwände, Fenster, Wohnungstrennwände, Geschoßdecken) und andererseits durch stichprobenartige Messungen nach der Errichtung erfasst und bewertet. Gemessen werden zwei Größen: Der Basispegel und – je nach Situation – der Dauerschallpegel bzw. der Beurteilungspegel.

Der **Basispegel** (genauer: der A-bewertete Basispegel $L_{A,95}$) ist vereinfacht definiert ein Geräuschpegel, der in 95% der Messzeit überschritten wird. Er wird durch den Lärm am Standort (Baulandkategorie), die Schallschutzeigenschaften der Bauteile und die Raumnutzung beeinflusst. Bei Räumen mit spezieller Nutzung wie z.B. Großraumbüros ist der Basispegel praktisch von der Baulandkategorie unabhängig. Der Basispegel kann durch Messungen ermittelt werden.

Der **Dauerschallpegel** (genauer: der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$) dient der Beschreibung von Schallereignissen mit schwankendem Schalldruckpegel und ist bei dauernder Einwirkung dem unterbrochenem Lärm oder Lärm mit schwankendem Schallpegel energieäquivalent. Er steht umgangssprachlich formuliert für die durchschnittliche Lärmbelastung.

Treten im Rahmen dieser durchschnittlichen Lärmbelastung markante, störende Schallereignisse wie z.B. „Pfeiftöne“ oder Ähnliches auf, wird an Stelle des Dauerschallpegels der **Beurteilungspegel** bestimmt, der diesem Effekt Rechnung trägt.

Die Messungen werden in einem ausgewählten – der Erfahrung nach – eher ungünstig situierten Top – durchgeführt.

Da nicht alle Schallschutzeigenschaften in allen Tops gemessen werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der vorliegenden Nachweise Mängel auftreten. Durch die Überprüfung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mängel vorhanden sind, reduziert.

Thermische Behaglichkeit

Behaglichkeit im Sommerbetrieb

Wenn ein Mensch sich in einem Raum befindet, dann ist die tatsächlich gefühlte Temperatur eine Mischtemperatur aus der Lufttemperatur und den Oberflächentemperaturen der inneren Raum-Oberflächen. Diese tatsächlich gefühlte Temperatur bezeichnet man als **empfundene Temperatur**. Gelingt es die Oberflächentemperaturen niedriger als die Raumlufttemperatur zu halten, dann ist auch die empfundene Temperatur niedriger als die (tatsächliche) Lufttemperatur.

Je mehr Masse (Wände, Decke, Boden, Einrichtung) zur Verfügung steht, desto geringer ist der Anstieg der Oberflächentemperaturen bei gleicher Wärmeaufnahme. Wird die bei Tag aufgenommene (solare) Wärme möglichst gering gehalten (z.B. durch außen liegenden Sonnenschutz) und kann sie in der Nacht durch Querlüftung mit kühler Nachtluft wieder abgeführt werden, dann kann ein immer weiteres Ansteigen der Oberflächentemperaturen und damit der empfundenen Temperatur bei sommerlichen (kurzzeitigen) Hitzeperioden vermieden werden.

In ÖN B 8110-3 werden Anforderungen bezüglich des Schutzes vor sommerlicher Überwärmung (Mindestspeichermassen) gestellt. Dieser rechnerische Nachweis wird für den kritischsten Aufenthaltsraum einer Wohnung/eines Tops durchgeführt (herangezogen werden Wohn- oder Schlaf- bzw. Arbeitsräume, nicht bewertet wird die Küche). In diesem Nachweis werden bauliche Maßnahmen (speicherwirksame Massen, Fensterqualität, Größe und Orientierung der Verglasungen, Sonnenschutzeinrichtungen, etc.), die Auswirkungen auf den Wärmeeintrag in das Gebäude und die Wärmespeicherung im Gebäude haben, bewertet. Im Total-Quality-Kriterienkatalog werden gegenüber ÖN B 8110-3 hinausgehende Anforderungen (höhere Speichermassen) zur Erlangung einer guten oder sehr guten Bewertung gefordert.

Unangenehm hohe empfundene Temperaturen treten durch Überwärmung auf: einerseits bei unzureichender thermischer Speichermasse (schlägt sich in der TQ-Bewertung nieder) und/oder bei unzureichendem Sonnenschutz (schlägt sich in der TQ-Bewertung dann nicht nieder, wenn der Sonnenschutz zwar vorhanden ist, aber nicht entsprechend eingesetzt wird, ist also teilweise abhängig vom Nutzerverhalten).

Eine genaue Berechnung der Anzahl der Stunden, an denen bestimmte Lufttemperaturen bzw. empfundene Temperaturen im Raum im Sommer auftreten, ist nur mittels dynamischer Gebäudesimulation möglich. Längerfristige Hitzeperioden mit hohen Nachtlufttemperaturen können nur durch aktive Entwärmung, d.h. durch Klimatisierung (Luft-, Bauteilkühlung) bewältigt werden.

Thermische Behaglichkeit im Winterbetrieb

Für die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit im Winter wird in der Total-Quality-Bewertung die Differenz zwischen der inneren Oberflächentemperatur der Wand bzw. der Verglasung und der Raumlufttemperatur herangezogen. Die Berechnung erfolgt unter der Annahme, dass die Außenlufttemperatur gleich der Normaußentemperatur ist. Die Normaußentemperatur ist jene Außentemperatur, die für die Dimensionierung der Heizung herangezogen wird. Sie liegt für die meisten österreichischen Standorte im Bereich von -12°C bis -14°C . Die Berechnung wird für die ebene Außenwand bzw. die Verglasungsmitte von Verglasungen durchgeführt. Im Bereich von Kanten, Ecken, Fenster- bzw. Tür-Anschlüssen können auch tiefere innere Oberflächentemperaturen auftreten.

Bei großen Verglasungen mit hohen U-Werten (etwa $U_{\text{Glas}} \geq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, das bedeutet, dass bei einer Temperaturdifferenz von 1 K pro m^2 Verglasungsfläche eine Wärmeleistung von 1,6 W von innen nach außen abgeführt wird und damit dem Innenraum „verloren“ geht) können an kalten Tagen bei entsprechend niedrigen inneren Oberflächentemperaturen Zugerscheinungen durch Kaltluftabfall an der inneren Glas-Oberfläche auftreten.

Messungen

Die im Folgenden beschriebenen Messungen werden nach Baufertigstellung gefordert.

Thermografie

Die Thermografie liefert Oberflächentemperaturverteilungen mit hoher Auflösung. Die thermografische Analyse der äußeren Gebäudeoberflächen erlaubt damit eine großflächige, qualitative und zerstörungsfreie Untersuchung der Wärmedämmeigenschaften von Gebäudeoberflächen. Eine genaue Ermittlung der U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizienten) ist auf diese Weise nicht möglich; das Auffinden bestimmter Wärmebrücken (wie z.B. nicht ausreichend gedämmte auskragende Bauteile, Wärmebrücken

aufgrund von Durchstoßungen der Wärmedämmung oder aufgrund von Baustoffwechsel) hingegen schon. Thermografie-Aufnahmen der Gebäudehülle bei Überdruck (innerer Luftdruck größer als der äußere Luftdruck) liefern darüber hinaus Informationen über Undichtheiten der Gebäudehülle.

Im Rahmen der TQ Messungen werden außenthermografische Aufnahmen überall dort durchgeführt, wo die Außenfassaden leicht erfassbar sind (z.B. Straßenfronten). Da für die Messung eine Mindesttemperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenlufttemperatur von ca. 20 °C erforderlich ist, können die Messungen nur in der kalten Jahreszeit durchgeführt werden.

Da nicht alle Außenflächen gemessen werden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der vorliegenden Nachweise Mängel auftreten. Durch die Überprüfung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mängel vorhanden sind, reduziert.

Messungen der Luftdichtheit

Wenn im Gebäude eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung eingebaut ist, wird auch die Luftdichtheit stichprobenartig gemessen. Bedingung ist, dass die mechanische Lüftung entweder das ganze Gebäude oder zumindest den größten Teil des Gebäudes versorgt. Die Luftdichtheit muss gegeben sein, weil die mechanische Lüftung nur dann eine optimale Wirkung erbringen kann, wenn das Gebäude ausreichend dicht ist. Die Messung wird nach dem „Blower door“-Verfahren durchgeführt. Mit einem Ventilator wird eine Druckdifferenz von ca. 50 Pa zwischen Innen und Außen erzeugt und die Menge der ein- bzw. ausströmenden Luft gemessen.

Da die Luftdichtheit nicht in allen Tops gemessen wird, kann nicht ausgeschlossen werden, dass trotz der vorliegenden Nachweise in anderen Tops Mängel bezüglich der Luftdichtheit auftreten. Durch die Überprüfung ist die Wahrscheinlichkeit, dass Mängel vorhanden sind, reduziert.

8 Schlussfolgerungen

8.1 Haustechniksysteme - Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz, Institut für Wärmetechnik

8.1.1 Zusammenfassung und Bewertung

An der Wohnanlage in der Esslinger Hauptstraße 17 wurden in insgesamt 12 Wohnungen von November 2006 bis Juni 2008 Messungen durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte für das Jahr 2007, da hier Messdaten für ein vollständiges Kalenderjahr vorliegen.

Die Messung der Außenbedingungen zeigt, dass im Jahr 2007 im Sommer relativ hohe Außenluft-Temperaturen und Strahlungswerte aufgetreten sind. Ein Vergleich mit einem generierten Wetterdatensatz für Wien (METEONORM, 2004), basierend auf langjährigen Klimadaten, zeigt aber eine relativ gute Übereinstimmung der Heizgradtage ($HGT_{20/12}$) mit den gemessenen Werten, wodurch das Jahr 2007 durchaus als repräsentativ angesehen werden kann.

Die gemessenen Raumlufttemperaturen liegen in allen Wohnungen in den Wintermonaten zwischen 22 und 25°C und damit vor allem für Schlafräume relativ hoch. In den Sommermonaten wurden in einzelnen Wohnungen sehr hohe Raumlufttemperaturen von teilweise weit über 30°C gemessen. Es zeigt sich allerdings, dass in anderen, baugleichen Wohnungen im Mittel die Temperatur um bis zu 5 K niedriger war. Dies deutet auf ein stark unterschiedliches Nutzerverhalten hin, und zeigt auf, dass eine Überhitzung der Wohnräume durch einen gezielten Einsatz von Verschattungsvorrichtungen und Nachtlüftung trotz hoher Außentemperaturen und Strahlungswerte verhindert werden kann.

Die Messdaten der relativen Raumluftfeuchte zeigen durchwegs zu niedrige Werte. So wurden selbst in den Sommermonaten selten Werte höher als 40% gemessen. Im Winter zeigen sich Werte deutlich unter 30% und teilweise sogar unter 20%.

Die Auswertung der Messwerte in Bezug auf den Heizwärmeverbrauch war aufgrund der vorhandenen Daten nur für sechs Wohnungen möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass das Passivhauskriterium bzgl. dem Heizwärmeverbrauch von $<15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ mit Ausnahme einer Wohnung erfüllt wird. Ein Vergleich bzw. eine Bewertung der unterschiedlichen Haustechnikkonzepte aufgrund der gemessenen Verbrauchsdaten ist nicht möglich, da der Verbrauch wesentlich vom Benutzer der Wohnung abhängt, und das Nutzerverhalten nicht ausreichend erfasst werden konnte.

8.1.2 Messergebnisse, Kommentar Architekt Werner Hackermüller

Aufgrund der Vielfalt der untersuchten Parameter konnten einzelne Varianten nur einmal ausgeführt werden. Gleichzeitig sind die Unterschiede bei dem ausgeführten Energieniveau bereits so gering, dass das Nutzerverhalten schon eine bedeutende Rolle spielt und viele Messergebnisse entscheidend beeinflusst. Eine breit angelegte Nutzerbefragung und Auswertung könnte in manchen Punkten noch weitere Fragen klären helfen – der Folgeantrag mit einer breit angelegten Befragung wurde seitens HdZ aus Kostengründen leider abgelehnt.

Trotzdem sind die Ergebnisse äußerst aufschlussreich, da sie in Kombination mit Vorgängerstudien im Analogieschluss durchaus relevante Daten und Erkenntnisse lieferten.

8.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen - IBO - Dr. Bernhard Lipp

8.2.1 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der physiologischen Untersuchungen

Die physiologischen Untersuchungen ergaben, dass die in den Passivhauswohnungen untersuchten unterschiedlichen Heizungs- und Lüftungssituationen keine signifikanten Änderungen in der beobachteten autonomen Regulation der Versuchspersonen hervorrufen.

Es ergeben sich folgende Schlussfolgerungen aus den physiologischen Untersuchungen dieses und des Vorgängerprojekts:

- Wenn man "Behaglichkeit" bzw. "Unbehaglichkeit" in den untersuchten nichtinvasiven Parametern sehen kann, dann sind die erfolgreichsten Kandidaten dafür vagale Parameter und dynamische Blutdruckkennwerte. Ein Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen der psychophysischen Bewertung und den physischen Messwerten ist in Abbildung 12 Kapitel 6 dargestellt. Für systematische Untersuchungen in diesem Bereich muss das derzeitige Messsystem erweitert werden. Es gibt auf dem medizinischen Messgerätemarkt neuerdings auch außerhalb des klinischen Bereiches

einsetzbare dynamische Blutdruckmessgeräte, welche die erforderliche zeitliche Auflösung erreichen und die anderen Parameter, wie Atmung und EKG, miterfassen können.

- Eine systematische Untersuchung dieser Fragestellung erfordert aber auch einen Messraum, bei dem man in der Lage ist, die unterschiedlichen Raumklimaparameter einzustellen. Jedoch darf dieser Raum keine "Klimakammer" sein, denn in einer Klimakammer stellt sich psychologisch und somit psychophysisch sicher keine ganzheitliche Behaglichkeit ein.

Der Versuchsumfang der vorgenommenen Untersuchungen war klein. Sie sind als Hinweis, als Trend für die physiologische Wirkung von thermisch behaglichem Raumklima zu verstehen. Die physiologischen Messungen zeigen in einem Längsschnitt, dass die Methode, wie auch bei vorangegangenen Untersuchungen in ähnlichem Versuchsdesign (Kreislaufbelastung durch Orthostasetest) grundsätzlich für Behaglichkeitsuntersuchungen geeignet ist. Der nächste Schritt wäre eine systematische veränderbare Raumklimasituation, in welcher sich auch psychische Behaglichkeit einstellen kann.

8.2.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Behaglichkeitsbeurteilungen

Die Untersuchungen zeigen eindeutig, dass Passivhauswohnungen typischerweise zu den besten Behaglichkeitsbewertungen nach der EN ISO 7730:2005, der Umgebungskategorie A, führen.

Jedoch führt die Passivhaustechnologie bzw. der Passivhausdämmstandard nicht automatisch zu einer "top-behaglichen" Raumklimasituation. Es können sehr wohl wesentliche Unterschiede aus praktischer bzw. BewohnerInnensichtweise entstehen.

In den dargestellten Untersuchungen war die Beheizung der Wohnungen mit den Flächenheizungssystemen im Vorteil gegenüber der reinen Lüftungsheizung.

Die reine Lüftungsheizung hatte bei den dargestellten Situationen durchaus ihre Probleme. Jedoch darf nie außer Acht gelassen werden, dass es sich bei dieser Diskussion um das erzielte "behagliche und raumklimatische Topniveau" dreht. Probleme traten mit der reinen Lüftungsheizung vor allem in den Bereichen der Temperaturverteilung, dem dynamischen Aufheizverhalten und der Geräuscentwicklung auf. Zur Ehrenrettung der reinen Zuluftheizung in dieser Wohnhausanlage muss festgehalten werden, dass die betrachteten Wohnungen einen extrem ungünstigen Fall für diese Art der Beheizung darstellen. Es handelt sich um

- Maisonette-Wohnungen mit einer Stiege aus dem Hauptraum. Dadurch steigt die warme Luft sehr leicht in das Obergeschoß auf und es stellt sich die beschriebene ungünstige Temperaturverteilung ein. Diese tritt bei einer Wohnung in einer Ebene oder bei einem Haus mit abgetrenntem Stiegenhaus nicht auf.
- Wohnungen, die direkt auf der Tiefgarage stehen. Diese Wohnungen haben nicht nur die höchste Heizlast in der Wohnhausanlage, sondern auch die geringsten solaren Gewinne.

Die anderen Wärmeabgabesysteme kommen mit diesen Randbedingungen sehr gut zu recht und die Wohnung mit der Wandheizung, würde unter den gleichen Rahmenbedingungen (geschlossene Passivhaustüre) wahrscheinlich auch problemlos funktionieren.

Bei der erzielbaren Raumluftqualität hat die reine Zuluftheizung jedenfalls Nachteile, da die

- warme Luft nicht als so frisch beurteilt wird wie kühlere Luft,
- die Luftmengen sich im Winterbetrieb nicht nur am hygienisch erforderlichen Luftwechsel orientieren, sondern an der zu erreichenden operativen Temperatur,
- die Luftheizung auf zu trockene Raumluft, die sich bei geringer Personenbelegung einstellen kann, nicht flexibel reagieren kann.

Diesen Nachteilen steht der Kostenvorteil der Luftheizung gegenüber.

Bei der Abwägung aller Vor- und Nachteile kommen die Autoren zu folgendem Schluss:

Eine reine Zuluftheizung sollte aus Sicht der optimalen Behaglichkeit und Raumluftqualität nur dann verwendet werden, wenn die folgenden Rahmenbedingungen eingehalten werden können:

- Heizlast unter 10 W/m^2 bei einer Raumlufttemperatur von $22 \text{ }^\circ\text{C}$
- keine Zuluft Räume über zwei Geschoße

Diese Bedingungen können wirtschaftlich im Geschoßwohnbau für Randwohnungen nicht eingehalten werden, sehr wohl aber für alle anderen Wohnungen. Genau für diese Randwohnungen müssen ökonomisch und ökologisch optimierte Wärmeabgabesysteme, welche sich in das Passivhauskonzept optimal einfügen, entwickelt werden. Mit diesem optimierten Passivhauskonzept lässt sich uneingeschränkt der beste Behaglichkeitsstandard erreichen

8.3 Zusammenfassende Schussfolgerungen zu den unterschiedlichen Haustechnikvarianten, Architekt DI Werner Hackermüller

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Simulation, der Kostenanalyse, der Qualitätsbewertung und der Komfortmessung empfehlen wir – Preissituation analog 2005 vorausgesetzt - für großvolumige Wohnbauten:

Simulation

Neben der positiven Bestätigung der Ergebnisse der PHPP Berechnung zum Thema Energiebedarf eines Passivhauses sowohl in der Simulation als auch in den Messergebnissen sehen wir den Beweis, dass insbesondere hochgedämmte Bauwerke zur Vermeidung der sommerlichen Überhitzung nur mit einer außenliegenden Beschattung – kombiniert mit den Möglichkeiten einer Nachtlüftung (ideal Querdurchlüftung) - geplant und ausgeführt werden sollten.

Messergebnisse

Heizwärmebedarf:

Aus dem Ergebnis des Heizwärmebedarfs lässt sich erkennen, dass die errechneten Werte gemäß PHPP mit kleinen Abweichungen eingehalten und erreicht wurden. Erwartungsgemäß kann aus der Wahl des Haustechniksystems kein signifikanter Unterschied abgelesen werden.

Warmwasserwärmebedarf:

Gleiches gilt für den Warmwasserbedarf, wo das tatsächliche Nutzerverhalten den Warmwasserenergieverbrauch weit stärker beeinflusst als die Wahl des Systems.

Hilfsenergiebedarf Haustechnik:

Die Werte des Hilfsstromverbrauchs (ca. 0,7 W/m³Luftwechsel) sind als zu hoch einzustufen und lassen sich auf zu hohe Luftwechselraten zurückführen.

Auch hier zeigt sich, wie durch gezieltes Monitoring und anschließende Optimierung der Energieverbrauch gesenkt werden kann – das Ergebnis dieser Optimierung ist aus Zeitgründen in dieser Studie noch nicht enthalten.

Energiebedarf Haushaltsstrom:

Die Werte des Haushaltsstromverbrauchs liegen exakt in den vom PHPP vorgegebenen Rahmen.

Haustechnikkonzept

Lüftungsgerät:

Dezentrale Geräte sind aus Kostengründen derzeit am günstigsten – obwohl oft in der Literatur anders dargestellt, konnten wir diese Erfahrungen am derzeitigen Markt nicht teilen. Dies mag an den stark gefallen Preisen für dezentrale Geräte (im Gegensatz zu zentralen Geräten – Stückzahlen!!) liegen.

Kompaktgeräte sind für Einzellösungen (Einfamilienhäuser, Reihenhäuser) sicher eine preiswerte und qualitativ und ökologisch hochwertige Lösung – für großvolumige Wohnbauten scheinen uns die Kosten derzeit zu hoch.

Ein weiterer Vorteil liegt in der individuellen Regelbarkeit.

Als Nachteil zu sehen ist

- die individuelle Wartung der Geräte - Filtertausch
- der kalte Schacht (Fortluft und Frischluft – beide kalt – führen im Schacht durch alle Wohnungen)
- erhöhte Möglichkeit der Fehlbedienung – gänzlichliches Abschalten der Lüftung
hier könnte eine Koppelung mit dem Stromkreis z.B. des Kühlschranks zumindest die Mindeststufe „vorgegeben“ sein (Stufe 0 – Mindestmenge ca. 20-25% der Sollleistung gemäß PHPP)

Als Ausblick könnten semidezentrale Lösungen (in der Studie nicht untersucht, da erst später - aber mittlerweile - am Markt) angesehen werden, die genau diese „Nachteile“ umgehen und lösen. Die Kostenseite wird erst nach größerer Markteinführung untersucht werden können.

Restwärmeeinbringung:

Hier stehen auf der einen Seite Mehrkosten von ca. 3.500 €/Wohneinheit oder ca. 40,- bis 45,- €/m² einem doch deutlichen Komfortgewinn gegenüber.

Für die Restwärmeeinbringung über eine getrennte Heizung spricht aus unserer Sicht:

- wird die Restwärme nicht elektrisch erzeugt, sondern über einen Heizkreislauf, so erhöhen sich die Kosten für die „Luftheizungsvariante“ um ca. 2.000 €/WE – d.h. der Kostenvorteil wird deutlich kleiner;
- stellt man dem auch noch den erhöhten Primärenergiefaktor (und damit auch die Kosten) des elektrischen Stroms gegenüber, so haben sich die Mehrkosten in ca. 20 Jahren amortisiert (Primärenergiefaktor > 2,5; Kosten ca. ähnlich im Verhältnis zu Gas) (15kWh/m²,a * 80 m² i.M. = 1.200 kWh/a * Mehrkosten von ca. 8 Eurocent/kWh = 96 €/a (ca. 100€/a) - bei Einrechnung der Energiepreiserhöhungen entsprechend schneller
- abhängig vom Nutzerverhalten kann es bei ständig laufender Lüftung in Standardstellung zu trockener Luft kommen - eine dauernde Lüftung ist bei Restwärmeeinbringung über die Luft aber unabhängig von der Belegung und Anwesenheit der Bewohner notwendig; diese Faktoren sind bei getrennter „Restheizung“ leicht(er) zu beheben und in den Griff zu bekommen.
- Aus nahezu allen Studien und auch unseren eigenen Messungen und Befragungen heraus ist der Wunsch der Nutzer abzulesen, die Raumtemperatur über die normgemäße (und lt. PHPP eingestellte und berechnete) Temperatur von 20°C in den Wohnräumen anzuheben. dieser Wunsch ist bei einer getrennten Restwärmeeinbringung leicht (und ohne Reduktion der Luftfeuchtigkeit) erfüllbar.

Warmwasserbereitstellung:

Alleine aus dem Kriterium der Legionellenvermeidung sollte (außer bei der Variante Kompaktgerät) das Warmwasser nur über ein Frischwassermodul erzeugt werden.

Die Frage – zentral mit Zirkulation oder dezentral – ist stark von der Wohnungsanzahl und der Situierung/Anordnung der Wohnungen abhängig – diese Frage wurde in dieser Studie aus Gründen der bereits vorhandenen Variantenvielfalt nicht untersucht – das dezentrale Frischwassermodul kombiniert mit einer Niedrigtemperaturheizung (2-Leiter Wohnungsstation) hat sich aber bei Folgeprojekten bereits bewährt.

Erneuerbare Energie:

Solare Warmwasseraufbereitung – über einen zentralen Schichtladespeicher – ist seit vielen Jahren erprobt und „rechnet“ sich innerhalb von ca. 10 Jahren (aufgrund der vielfach vorliegenden Studien hier nicht gesondert untersucht

der Einsatz von Fotovoltaik – zumindest für den Haustechnik-Hilfsstrom – ist ökologisch sinnvoll – aus Kostengründen derzeit aber nicht „darstellbar“

Wärmepumpen sind sicher sinnvoll – der tatsächliche „Gewinn“ muss aber mit dem erhöhten Primärenergieeinsatz (und den höheren Energiekosten) gegengerechnet werden, womit sich ein tatsächliches Einsparungspotenzial von ca. 30% bis max. 50% ergibt

Nicht unerwähnt bleiben sollten die Energiegewinne aus der Soleleitung bzw. dem Erdwärmetauscher. Den deutlich höheren Gestehungskosten des Erdwärmetauschers stehen verhältnismäßig wenig höhere Frischlufttemperaturen gegenüber. Ein weiterer Vorteil zugunsten der Soleleitung liegt dann vor, wenn die Sole zur Vorwärmung der Frischluft auf das Dach geführt wird.

8.4 Schussfolgerungen und Erfahrungen Qualitätssicherungsmanagement, Architekt DI Werner Hackermüller

Durch die mehrstufige Bewertung entsteht eine win-win Situation für alle Beteiligten

- Bank
- Bauherr, Bauträger
- Planer
- Ausführende
- Kunde

Vorteile

Bauherr und Planer legen bei Planungsbeginn – ideal vor Projektbeginn – nachvollziehbare QUALITÄTEN und die Bewertungsvarianz fest

Nur angesprochene Qualitäten (die auch in der Ausschreibung stehen) haben „Chancen“ auf Überprüfbarkeit und damit rechtzeitige Korrekturmöglichkeiten und Umsetzungen

Qualitätsneutrale Varianten sind nachvollziehbar ebenso möglich wie nachträglich erkannte Qualitäten (Rechts)klarheit für alle Beteiligten (Bank – Bauherr - Nutzer)

Die Qualität der Projektabwicklung vom Auftraggeber/Auftragnehmerverhältnis zur Teamarbeit steigert die EIGENVERANTWORTLICHKEIT und damit auch die PROJEKTQUALITÄT

Bewertungsvarianz

Die Bewertungsmaßstäbe ändern sich laufend

Als Stärke unserer Methode bzw. unseres Tools sehen wir die Möglichkeit

1. darauf flexibel reagieren zu können und
2. durch Verknüpfung der Daten gleichzeitig marktgängige Bewertungen (z.B. klima:aktiv, TQ, Grundstücksbeirat etc.) durchzuführen

Strategie - wie geht es weiter?

Wirtschaftlichkeit unter Beachtung des Zeithorizonts - LCCA (life cycle cost analysis- wann, wie oft und welche Teile muss ich in der Gesamtlebenszeit des Gebäudes sanieren - mit welchem Aufwand - aus welchem Grund?)

Nutzung von Synergieeffekten – z.B.

- Installationsvorsatzwände aus Schallschutzgründen sind gleichzeitig eine ideale Voraussetzung für Flexibilität
- Beschattung und Solarenergienutzung
- Verwendung lokaler Topografie und Gegebenheiten (z.B. natürliche Quelle)

Transparenz und Vereinfachung des Informationsflusses Bauträger – Planer - Kunde

Zahlen alleine genügen nicht – auch verbale Kommunikation ist notwendig – Vergleich ISO 9000 – individuelle Strategie / objektive, externe Prüfung anhand dieser Zielvorgaben

QM-tool – Siedlung - Einsatz bei großflächigen städtebaulichen Bauvorhaben

Wie bringe ich die grundlegenden Informationen zum Kunden - MEDIEN

Bei Erreichen einer marktfähigen kritischen „Menge“ besteht die Chance einer breiteren MEDIENAKZEPTANZ

Am Ende steht eine BEWERTUNG

- des PLANERS
- der AUSFÜHRENDEN
- des BAUTRÄGERS

als **ENTSCHEIDUNGSHILFE** für

- die BANK bei der Finanzierung einer sicheren Anlage
- den BAUTRÄGER bei der Wahl eigenverantwortlicher Gesamt. Planer
- den BAUTRÄGER bei der Beauftragung qualifizierter Ausführer
- den KUNDEN bei der Wahl eines vertrauenswürdigen Bauträgers
bei der Auswahl eines hochqualitativen Projektes

QUALITÄT, die nicht vermittelt wird,

kommt beim Endkunden nicht an

– und wird nicht honoriert

In diesem Sinn können Alle nur gewinnen

WIN – WIN – WIN

9 Ausblick / Empfehlungen

9.1 Ausblick

Häuser der Zukunft können (wirtschaftlich) nur mit einem ganzheitlichen, integrativen Denk- und Planungsansatz realisiert werden – Einzellösungen, wie auch das Passivhaus führen zwar zu einer deutlichen Energieeinsparung – eine nachhaltige Qualität im ganzheitlichen Sinn wird damit allein noch nicht erreicht.

Um ein Passivhaus zu bauen, bedarf es einer rechtzeitigen Berücksichtigung verschiedener Faktoren während der Planungs- und Ausführungsphase. Mit der Unterstützung des TQ-tools können einige Überlegungen schon frühzeitig in der Planung berücksichtigt und umgesetzt werden. Im Vorfeld ist daher dafür zu sorgen, dass:

- die gewünschten Qualitäten und das Setzen von Qualitätszielen und deren Einhaltung festgelegt wird
- eine frühzeitige Planung von Details und eine Verbesserung des Planungsablaufs eingehalten wird
- die Ausführungsdetails mit den Firmen im Vorfeld abgeklärt werden
- eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Bauträger, Planer, Haustechnikern und Generalunternehmern stattfindet

Damit können die teilweise fehlende Erfahrung bei Generalunternehmern mit Passivhäusern, sowie der Haustechnikplaner bei der Entwicklung von passivhaustauglichen Konzepten vorzeitig ausgeräumt werden.

Aus heutiger Sicht lässt sich die Umsetzung des Projekts als positiv beurteilen. Basierend auf den Erfahrungen aus dem Projekt Esslinger Hauptstraße 17 werden zurzeit bei der Familienhilfe weitere Wohnbauten im Passivhausstandard geplant und gebaut.

9.2 Empfehlungen, Dr. Hermann Schranzhofer, Dr. Andreas Heinz, Institut für Wärmetechnik

Aufgrund der ausgewerteten Messergebnisse können an dieser Stelle noch folgende Empfehlungen und Verbesserungsvorschläge für die Betreiber und Bewohner der Wohnanlage gemacht werden:

- Die niedrigen Werte der relativen Raumluftfeuchte könnten dadurch erhöht werden, indem mehr innere Feuchtquellen (z.B. Pflanzen) in den Wohnungen angeordnet werden. Außerdem sollte überprüft werden, ob an den dezentralen Einzellüftungsgeräten eventuell ein zu hoher Volumenstrom eingestellt ist (Ventilatorstufe), was ebenfalls eine Ursache der niedrigen Luftfeuchte sein kann. Ganz generell sollte in den Wintermonaten der Luftwechsel (auch über Fenster) gering gehalten werden.
- Eine Überhitzung der Wohnräume in den Sommermonaten kann durch einen gezielten Einsatz von Verschattungsvorrichtungen und Nachtlüftung verhindert werden. Diese Maßnahmen können auch manuell und mit wenig bis keinem Energieaufwand realisiert werden.
- Die Messdaten weisen darauf hin, dass die dezentralen Einzellüftungsgeräte ganzjährig mit beiden Ventilatoren betrieben wurden (konstanter Stromverbrauch für die KWL über das Jahr). Falls keine Anforderungen an eine mechanische Lüftung auch im Sommer bestehen (z.B. Fensteröffnung wegen Lärm, Allergien etc. nicht möglich) kann die Lüftungsanlage eigentlich abgeschaltet werden (Feist, 2001). Bei Betrieb der Lüftung im Sommer, wäre es von Vorteil, den Abluftventilator abzuschalten (falls möglich), und nur den Zuluftventilator zu betreiben. Dadurch wäre eine leichte Kühlfunktion mit der vorgekühlten Frischluft (z.B. über den Erdreichwärmetauscher) möglich. Ein Regelbetrieb mit beiden Ventilatoren und Abluftwärmerückgewinnung sollte im Sommer nicht gefahren werden, da sich dadurch in der Regel eine Nachwärmung der Frischluft über die Abluft ergibt. Hierfür gibt es teilweise geeignete Sommereinsätze, die statt dem Kreuzstromwärmetauscher eingebaut werden können.
- Es wäre sinnvoll, die in den Häusern vorhandene Messtechnik weiter zu betreiben, da dies ohne hohen finanziellen Aufwand möglich ist. Dadurch könnte die Wirksamkeit unterschiedlicher Maßnahmen überprüft und evtl. weitere Verbesserungen vorgenommen werden.

9.3 Empfehlungen zur Wahl des Haustechniksystems, Architekt DI Werner Hackermüller

Aus diesen Überlegungen empfehlen wir daher (und haben es in Folgeprojekten bereits in dieser Weise umgesetzt)

- eine Niedrigtemperaturheizung
- idealerweise „reduzierte“ Fußbodenheizung mit einer Auslegung von 15 – 20 W/m²
- eine Radiatorheizung – ca. 20% günstiger – hat insbesondere bei der Verwendung eines Pufferspeichers wieder größere Nachteile
- kombiniert mit einem (solar unterstützten) Pufferspeicher
- Warmwasseraufbereitung mittels dezentralem Frischwassermodul (2-Leiter Wohnungsstation)
- der Energieträger ist regional stark unterschiedlich – ökologisch (und für eine CO₂ neutrale Energienutzung) wäre eine „geeignete“ Fernwärme bzw. biogene Energieformen wünschenswert;

Insbesondere Komfortansprüche sind auch in diesem Zusammenhang zu überprüfen. Die eindeutigen Vorteile

- eines individuell regelbaren, getrennten Heizsystems in Kombination mit einer Niedrigtemperaturheizfläche für den Kunden,
- der qualitativen Umsetzung des Passivhausstandards
- sowie der Einsatz erneuerbarer Energieträger für die Allgemeinheit

können nur von einem übergeordneten Blickwinkel beurteilt werden. Erst wenn Lebenszykluskosten einschliesslich aller Nebenkosten (CO₂ Steuer, Gesundheitskosten, etc.) in die Bewertung einfließen, kann von einer ganzheitlichen Betrachtung gesprochen werden.

Dieser Ansatz muss politisch motiviert, gesteuert sein.

9.4 Empfehlungen zur Qualitätssicherung, Architekt DI Werner Hackermüller

Die Steigerung der Qualität mithilfe eines geeigneten Qualitätssicherungssystems lässt sich nachweislich darstellen. Zur weiteren Umsetzung, Akzeptanz und „Marktverbreitung“ wird empfohlen

- dieses (oder ein analoges) Qualitätssicherungssystem mit den Bewertungssystemen der Förderungsstellen zu vernetzen - die Reduktion auf ein Bewertungssystem könnte die Bereitstellung der Daten wesentlich vereinfachen und damit auch die Transparenz der Ergebnisse deutlich verbessern
- dieses (oder ein analoges) Qualitätssicherungssystem in angewandter Form auch bei städtebaulichen Projekten einzusetzen – erst die Anwendung einer „kritischen Menge“ an bewerteten Projekten schafft eine Marktakzeptanz
- die transparente Bewertung der Projektbeteiligten im Interesse aller Beteiligten (stakeholder) zu forcieren
- die Kooperation mit den Medien zu suchen

10 Anhang

10.1 Thermische Gebäude und Anlagensimulation mit TRNSYS

TRNSYS (Transient System Simulation Program) ist ein Programmpaket zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes einschließlich der aktiven und passiven Komponenten zur Energieversorgung (z.B. Heizkessel, Wärmeverteilsystem, TWD, Kollektorsysteme) und zur Bilanzierung der auftretenden zeitabhängigen Energieströme. TRNSYS wurde ursprünglich für die detaillierte Analyse von Gebäuden mit aktiver Solartechnik entwickelt. Heute sind sowohl passive Solarkomponenten als auch herkömmliche Heiz- und Kühleinrichtungen als Modelle erhältlich. Der Vorteil von TRNSYS besteht in seiner Flexibilität und der Möglichkeit, ein System sehr detailliert nachzubilden. TRNSYS ist modular aufgebaut. Es enthält eine große Anzahl von Standardkomponenten, den TYPES, die je nach Anforderung zur Nachbildung des realen Systems zusammengebunden werden können. Die offene Struktur des Programms erlaubt es dem Anwender, selbst erstellte TYPES einzubinden und vorhandene Standardkomponenten zu verändern. Jeder TYPE beschreibt die Funktionsweise einer bestimmten Systemkomponente. Das reale Betriebsverhalten der Komponenten wird in den TYPES mit mathematischen Algorithmen nachgebildet. Zur Lösung des Gleichungssystems, das sich aus den Einzelkomponenten und deren logischen Verknüpfungen im Gesamtsystem ergibt, stehen in TRNSYS verschiedene Lösungsverfahren zur Verfügung. Die Zeitschrittweite und die Genauigkeit, mit der simuliert wird, sind durch den Anwender wählbar. Prinzipiell können alle Eingangs- und Ausgangsgrößen jeder Komponente ausgegeben werden. Die Ausgabegrößen können zudem über definierte Zeitintervalle (Tage, Monate, Jahre) integriert werden.

Gebäudesimulation

Für die dynamische Gebäudesimulation wird das Gebäude in thermische Zonen aufgeteilt. In der Regel werden einzelne Räume oder auch Raumgruppen, die gleiche Randbedingungen wie Nutzung, Belegung oder Verglasung aufweisen zu einer Zone zusammengefasst. Jede Zone wird durch einen Luftknoten repräsentiert, der die Kapazität des Inhalts des Zonenvolumens hat. Die Energiebilanz der Zone wird an diesem Luftknoten durchgeführt. Grundlage der Bilanz ist der Energieerhaltungssatz. Der Strahlungsaustausch zwischen den Oberflächen wird separat gerechnet. Die solaren Gewinne finden nur indirekt Eingang in die Bilanzierung. Die Strahlung wirkt über den Umweg der Absorption an den Hüllflächen der Zone und die nachfolgende konvektive Wärmeabgabe an den Raum auf den Luftknoten. Dies gilt auch für den Strahlungsanteil interner Wärmequellen. Das thermische Modell der Wände basiert auf der Response-Faktoren-Methode von Mitlas und Arsenault. Vor dem eigentlichen Simulationslauf wird das thermische Verhalten der Wand als Transferfunktion berechnet, auf die in der Simulation zugegriffen wird. Die Stoffwerte werden vor der Simulation als Konstanten festgelegt, die Abhängigkeit von physikalischen Zustandsgrößen findet keine Berücksichtigung.

Simulationsmethodik

Die dynamische Gebäudesimulation wird in TRNSYS mit einem Unterprogramm - dem TYPE 56 - durchgeführt. Die Vielzahl der benötigten Gebäude- und Wetterdaten, die Einfluss auf das Gebäudeverhalten haben, wird zunächst extern zusammengestellt und dem eigentlichen TRNSYS - Simulationslauf durch entsprechende Eingabedateien übergeben.

Aus der Nutzung des Gebäudes und der Gebäudegeometrie ergibt sich die Einteilung in thermische Zonen. Mit den, aus den Gebäudeplänen ermittelten Abmessungen, den Materialdaten und weiteren Gebäudedaten (Luftwechselraten, Solltemperaturen etc.) wird über einen Editor (benutzerfreundliche Oberfläche „PREBID“) das „Building Input Description-File“ (.bid) erstellt. Aus der Building Description erzeugt das BID-Programm die Übergabedateien (.bld und .trn) für die TRNSYS-Simulation. Das .bld-File enthält die Geometriedaten des Gebäudes, die Transferfunktionen der Wände sind im .trn- File niedergelegt. Im Userfile .usr werden die für den in der Simulation aufgerufenen TYPE 56 nötigen INPUTS und die verfügbaren OUTPUTS aufgelistet.

Die Eingabedatei für die TRNSYS-Simulation des Gebäudes ist das so genannte Deck-File. Hier werden die Übergabedateien für das Gebäude und die Wetterdaten aufgerufen, eingelesen und mit den in der Simulation benötigten TYPES verknüpft. So werden zum Beispiel die Strahlungsdaten aus dem Wetterdatensatz zuerst in einem Radiation Processor (TYPE 16) nach einem vorgewählten Himmelsmodell auf die Neigung und Orientierung der im .bid vereinbarten Gebäudeaußenflächen umgerechnet, bevor diese an den TYPE 56 übergeben werden können. Die Liste der INPUTS aus dem Userfile wird hier zur Vereinbarung des TYPE 56 im Deck benötigt. Zudem kann die Gebäudesimulation durch andere Komponenten, wie z.B. einem Wärmetauscher für die mechanische Lüftung, ergänzt

werden. Die Ergebnisse der Simulation werden gezielt durch das Aufrufen der gewünschten OUTPUTS in einem Ausgabe-TYPE erzeugt.

Grenzen der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS:

TRNSYS verwendet zur Nachbildung des thermischen Gebäudeverhaltens ein Bilanzmodell mit einem Raumlufknoten pro Zone. Die Raumgeometrie ist nur durch die Größe der Flächen für den Wärmedurchgang und die Strahlungsverteilung zwischen den Flächen berücksichtigt. Die Aussagen über Raum- und Oberflächentemperaturen sind damit auf räumliche bzw. örtliche Mittelwerte beschränkt.

Bei Betrachtung von Komfort und Raumklima in größeren Räumen spielen Luftströmungen eine bedeutende Rolle, z.B. bei Zugserscheinungen oder als Frischluftzug bei Luftheizungen. Die Behandlung solcher Phänomene erfordert eine dreidimensionale Auflösung der Strömungsvorgänge, die nur von CFD Programmen (Computed Fluid Dynamics) geleistet werden. Selbst diese speziellen Programme befinden sich zurzeit für statische dreidimensionale Methoden noch im Validierungsstadium. Das Einknotenmodell von TRNSYS kann nur den Raumluftwechsel pro Zone berücksichtigen.

Das Nutzerverhalten in Gebäuden kann einen Mehrverbrauch an Heizenergie von bis zu 100 % bedingen. Einer Gebäudelastsimulation ist immer ein festes Nutzerschema zugrunde gelegt. Insbesondere die Beschreibung des Lüftungsverhaltens ist kritisch zu betrachten, da nur eine kontrollierte Lüftung beschrieben und berechnet werden kann. Freie Lüftung wird auch über eine feste Luftwechselrate in das Modell eingeführt. Dasselbe gilt für die Bedienung elektrischer Verbraucher und das Auftreten interner Wärmequellen. Aussagen können also nur bezüglich eines Standardnutzers gemacht werden. Eine Überprüfung bei angenommenem falschen Nutzerverhalten kann zum Vergleich herangezogen werden. Untersuchungen von Systemen mit sehr kleinen Zeitschritten sind unter TRNSYS nur eingeschränkt durchführbar. Das Gebäudemodell und die Numerik sind auf die schnelle Berechnung ganzer Jahresdurchläufe, in der Regel im Stundenzeitschritt, angepasst. Der Zeitschritt kann nur als konstant vorgegeben werden und führt bei Größenordnungen kleiner weniger Sekunden zu numerischen Instabilitäten. Die klimatischen Randbedingungen werden in der Regel aus Referenzwetterdaten gebildet, wie sie vom Deutschen Wetterdienst als "Testreferenzjahre" für bestimmte Regionen Deutschlands angeboten werden. Aber auch Klimadatengeneratoren (z.B. Meteororm) erzeugen generierte Jahresprofile der Klimadaten eines Standortes. Solche Datensätze sind künstlich erzeugte Jahresprofile für ein typisches Jahr am Standort. Lange Hitze- und Kälteperioden bleiben meist, da sie nicht typisch für den Standort sind, unberücksichtigt.

Möglichkeiten der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS

Neben den üblichen Simulationsaufgaben, wie:

- Dynamische Heiz- und Kühllastmittlung für die thermischen Zonen.
- Winterliches und sommerliches Temperaturverhalten in den thermischen Zonen.
- Parameterstudien zu Wandaufbauten, Dämmstärken, Fensteranteilen, -qualitäten und -orientierungen.
- Auslegung solarer Brauchwasserbereitungssysteme.

bietet die Simulation mit TRNSYS den Einsatz folgender - heute oftmals unerlässlicher - Komponenten zur Erstellung eines Gebäude- und Anlagenkonzeptes an:

- Dynamische Betrachtung und Auslegung von Fußboden-, Wand- und Deckenregistern und -Hypokausten zur Beheizung und/oder (Nacht-) Kühlung.
- Berücksichtigung des interzonalen Luftwechsels bei Galerien, Atrien und Wintergärten (passive Klimatisierung).
- Zonale Nachbildung (Zu- und Abluft) und Integration kontrollierter Wohnraumlüftungen zu deren Feinabstimmung.
- Dimensionierung von kontrollierten Wohnraumlüftungen mit WRG zur Luftheizung mit nachgeschalteter Luft/Luft-Wärmepumpe und vorgeschaltetem Erdwärmetauscher für Minimalenergiehäuser.
- Nachbildung und wirtschaftliche Dimensionierung von Erdwärmetauschern (zur Luft- und Wasservorwärmung und/oder -kühlung) z.B. im Hinblick auf ganzjährige Vermeidung von Vereisung an Luft/Luft-Wärmetauschern in Wechselwirkung mit dem Erdreich und dem Gebäude.
- Auslegung teilsolarer Raumheizungen mit Niedertemperaturflächenheizung - wirtschaftliche Anlagengesamtdimensionierung bei angestrebten solaren Deckungsgrad.
- Luft- und Fensterkollektoren als Ein- oder Zweikreissysteme mit Steinspeichern und/oder Hypokausten.
- TWD - Anwendungen verschiedener Hersteller und Optimierung in Bezug auf die Fläche, Massivwand, die Verschattungsstrategie usw.

- Erstellen von Heizgeraden für luft- und wassergeführte Systeme als Funktion der Umgebungstemperatur, der Einstrahlung und der internen Gewinne.
- Feinabstimmung verschiedenster Regelungsmechanismen.
- Nachbildung jeder Art und Regelung von Verschattungseinrichtung zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung.

10.2 Literaturangaben Simulationsbericht

- [1] TRNSYS, Transient System Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, Version 15.09, 2001
- [2] Meteonorm, Version 4.00, (1999), METEOTEST, Fabriksstrasse 14, CH-3012 Bern.
- [3] Joachim Clemens, Entwicklung eines einfachen Modells zur Abschätzung der sommerlichen Überwärmung in Gebäuden, Diplomarbeit, Universität Siegen, Mai 2000.
- [4] W. Streicher et al., Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser, Projektbericht im Rahmen der Programmlinie "Haus der Zukunft", Technische Universität Graz 2004.
- [5] ISO-NORM 7730, Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort, 1994.

10.3 Literaturangaben Messdatenauswertung

Heinz A., Schranzhofer H., 2006, Messkonzept zum Projekt: Esslinger Hauptstraße 17, Projektbericht TU-Graz Institut für Wärmetechnik

Feist W., 2001, Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern, Protokollband Nr. 17, Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser Phase II, Herausgeber: Dr. Wolfgang Feist, Passivhausinstitut Darmstadt

METEONORM, 2004, Eine globale meteorologische Datenbank für Ingenieure, Planer und Universitäten, www.meteonorm.com

Recknagel, Sprenger, Schramek, 73. Auflage, 2007, Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik, Oldenbourg Industrieverlag

10.4 Literaturangaben Behaglichkeitsuntersuchungen

[Auer et al. 1989]: Auer, Ingeborg.; Böhm, Reinhard.; Mohnl, Hans.: Klima von Wien. Eine anwendungsorientierte Klimatographie. Wien: Magistrat der Stadt Wien 1989

[Grivel, Candas 1991]: Grivel, F.; Candas, V.: Ambient temperatures preferred by young European males and females at rest. *Ergonomics*, 1991, 34, 3, 365-378

[Fanger 1972]: Fanger, Paul Ole: Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York: McGrawHill 1972

[Hellwig 2005]: Hellwig, Runa Tabea: Thermische Behaglichkeit. Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht. Dissertation TU München 2005

[Waltjen 2003]: Wärmeansprüche des Menschen. Physikalische, physiologische, psychologische und soziale Bedingungen für thermische Behaglichkeit. Wien: IBO 2003

In [Hellwig 2005] zitierte Literatur

[ASHRAE 2004]: ASHRAE Standard 55-2004: Thermal environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta ASHRAE, 2004

[Boerstra et al. 2003]: Boerstra, A.C.; Raue, A.K.; Kurvers, S.K.; van der Linden, A.C.; Hogeling, J.J.N.M.; de Dear, R.: A new dutch adaptive thermal comfort guideline. *Proc. Healthy Buildings 2003*

[CEN 1998]: CEN-Bericht CR 1752: Auslegungskriterien für Innenräume. Europ. Komitee für Normung, Zentralsekretariat Brüssel 1998

[de Dear et al. 1997]: de Dear, R.; Brager, G.; Cooper, D.; Developing an adaptive model of thermal comfort and preference – Final report. ASHRAE RP-884, 1997

- [de Dear, Brager 1998]: de Dear, R.; Brager, G.: Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. ASHRAE Trans. 1998, 104, 1, 145-167
- [de Dear, Brager 2002]: de Dear, R.; Brager, G.S.: Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy and Buildings, 34 (2002), 6, 549-561
- [Fanger, Toftum 2002]: Fanger, P.O.; Toftum, J.: Prediction of thermal sensation in non-air-conditioned buildings in warm climates. Proc. Indoor Air 2002, 92-97
- [Leamann, Bordass 1999]: Leamann, A.; Bordass, B.: Productivity in buildings: the 'killer' variable. Building Research & Information 27 (1999), 1, 4-19
- [Mayer, Schwab 1990]: Mayer, E.; Schwab, R.: Untersuchung der physikalischen Ursachen von Zugluft. gi Gesundheitsingenieur, 111 (1990), 1, 17-30
- [Mayer 1994]: Mayer, E.: Zulässige Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Turbulenzgrad und Raumtemperatur in klimatisierten Räumen. Abschlussbericht. Forschungsvereinigung für Luft und Trocknungstechnik e.V., 3/1/73/94. Frankfurt (Main) 1994
- [Mayer 1998]: Mayer, E.: Ist die bisherige Zuordnung von PMV und PPD noch richtig? KI Luft- und Kältetechnik 1998, 12, 575-577.
- [McCartney, Humphreys 2002]: McCartney, K.J.; Humphreys, M.A.: Thermal comfort and productivity. Proc. Indoor Air 2002, 822-827
- [Nicol, McCartney 2000]: Nicol, F.; McCartney, K.: Smart controls and thermal comfort project. Final Report. Oxford Brooks Univ. School of Architecture. 2000
- [Schrader et al. 1983]: Schrader, G.; Bischof, W.; Horn, H.: Mentale Leistung unter variierten Raumklimabedingungen. Stadt- und Gebäudetechnik, 37 (1983), 7, 212-214
- [van Hoof, Hensen 2005]: van Hoof, J.; Hensen, J.: Nieuwe Nederlandse comfort-normen nader bekeken. TVVL Magazine 2005, 1, 6-13
- [Wyon et al. 1981]: Wyon, D.P.; Andersen, I.; Ludquist, G.R.: The effects of moderate heat stress on mental performance. Chapter 16 in: Cena, K.; Clark, J.A. (Eds.) Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, 1981
- [Wyon 1986]: Wyon, D.P.: The effects of indoor climate on productivity and performance. VVS & energi; Organ för VVS-Tekniska Föreningen, 3, (1986), 59-65

10.5 Abbildungsverzeichnis

ad 1 Architektonisches Konzept

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Lageplan Esslinger Hauptstraße
- Abbildung 2: Ansicht Esslinger Hauptstraße
- Abbildung 3: Grundriss EG, 1. Stock, 1. DG, 2. DG mit statischem und haustechnischem Grobkonzept
- Abbildung 4: schematischer Aufbau der Häuser
- Abbildung 5: Schema der thermischen Hülle, Grundriss und Schnitt
- Abbildung 6: Schema Haustechnikkonzept
- Abbildung 7: Übersicht der Haustechnikkonzepte der einzelnen Häuser

ad 4 Thermische Berechnungen, Ausgangslage und Aufbau der Untersuchung

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 9: Grafische Auswertung der Außenlufttemperatur für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwert (rechts). Für die Monatsmittelwerte sind sowohl Mittelwerte (Symbole) als auch die minimalen und maximalen Werte (Balken) dargestellt.
- Abbildung 10: Grafische Auswertung der Globalstrahlungssummen für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahressumme (rechts).
- Abbildung 11: Grafische Auswertung der Luftfeuchtigkeit für den Standort Wien als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwerte (rechts). Für die Monatsmittelwerte sind sowohl Mittelwerte (Symbole) als auch die minimalen und maximalen Werte (Balken) dargestellt.
- Abbildung 12: Lageplan des Bauvorhabens Esslinger Hauptstraße 17 mit den 5 geplanten Baukörpern (rot).

- Abbildung 13: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im Erdgeschoß eines mittleren Baukörpers (2–4).
- Abbildung 14: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 1. OG eines mittleren Baukörpers (2–4).
- Abbildung 15: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 2. OG eines mittleren Baukörpers (2–4).
- Abbildung 16: Verschattungssituation durch Nachbargebäude im 3. OG eines mittleren Baukörpers (2–4).
- Abbildung 17: Grundriss für Erdgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-601, Architekten Hackermüller.
- Abbildung 18: Grundriss für das 1. Obergeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-602, Architekten Hackermüller.
- Abbildung 19: Grundriss für das 1. Dachgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-603, Architekten Hackermüller.
- Abbildung 20: Grundriss für das 2. Dachgeschoß der Häuser B, C, D, E für das Projekt: Wien22, Esslinger Hauptstraße 17 laut Ausschreibungsplan vom 1. 8. 2004, Plannummer 22EH17-604, Architekten Hackermüller.
- Abbildung 21: Thermische Zonierung des Erdgeschoßes mit den 5 Zonen Top1u, Top2, Top3, Top4u und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).
- Abbildung 22: Thermische Zonierung des 1. Obergeschoßes mit den 5 Zonen Top1o, Top5, Top6, Top4u und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).
- Abbildung 23: Thermische Zonierung des 2. Obergeschoßes mit den 3 Zonen Top7, Top8 und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).
- Abbildung 24: Thermische Zonierung des 3. Obergeschoßes mit den 3 Zonen Top9, Top10 und Stiege zusammen mit den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen (vgl. Tabelle 16).
- Abbildung 25: Das Temperatur-Behaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946 / Teil2. In Abhängigkeit von Außenlufttemperatur und empfundener Raumtemperatur (operative Temperatur) werden drei Bereiche unterschieden, behaglich (grün), zu warm (rot) bzw. zu kalt (blau).
- Abbildung 26: Wochenschema der angenommen inneren Lasten für Belegung (oben), Geräte (Mitte), sowie die der Gesamtwärmeeintrag durch innere Wärmen (unten) bezogen auf die Nettogrundfläche. Die Daten sind Tabelle 17 und

Tabelle 18 entnommen, wobei eine sensible Wärmeabgabe von 60 Watt pro Person angenommen wurde.

- Abbildung 27: Der Jahresheizwärmebedarf (Balken, linke Achse) sowie die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen der thermischen Zonen Top1 – Top10 bzw. für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt). Verglichen werden die Varianten ohne Verschattung, sowie mit externer Verschattung von 50% bzw 20% Transmission.
- Abbildung 28: Monatswerte für den Heizwärmebedarf (Balken, linke Achse) und die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt). Verglichen werden die Varianten ohne Verschattung, sowie mit externer Verschattung von 50% bzw 20% Transmission.
- Abbildung 29: Der Jahresheizwärmebedarf (Balken, linke Achse) sowie die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen der thermischen Zonen Top1 – Top10 bzw. für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt) in der Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 30: Monatswerte für den Heizwärmebedarf (Balken, linke Achse) und die maximale Heizlast (Linien, rechte Achse) bezogen auf die Nettogrundflächen für die Summe der 10 Wohneinheiten (Gesamt) für Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 31: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 32: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung, 50% Transmission.
- Abbildung 33: Überschreitungshäufigkeit der spezifischen Heizlast für die thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung, 20% Transmission.
- Abbildung 34: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 35: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante mit externer Verschattung, 50% Transmission.
- Abbildung 36: Energiebilanzen über die Heizsaison getrennt für alle 10 Wohneinheiten für die Variante mit externer Verschattung, 20% Transmission.
- Abbildung 37: Energiebilanzen über die Heizsaison für den gesamten Baukörper bestehend aus 10 Wohneinheiten für die Varianten ohne Verschattung, und mit externer Verschattung (50%/20%/0% Transmission).
- Abbildung 38: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 39: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 40: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung mit einer Transmission von 50%.
- Abbildung 41: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.
- Abbildung 34: Jahresverlauf der Operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung mit einer Transmission von 20%.
- Abbildung 35: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in den thermischen Zonen Top1 – Top10 für die Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.
- Abbildung 36: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 37: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante ohne Verschattung.
- Abbildung 38: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.
- Abbildung 39: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.
- Abbildung 40: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top1 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.
- Abbildung 41: Stundenwerte im Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermische Zone Top9 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.
- Abbildung 42: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante ohne externe Verschattung.

- Abbildung 43: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 50%.
- Abbildung 44: Stundenauswertung des Behaglichkeitsfeld Außenlufttemperatur – Operative Raumtemperatur für die thermischen Zonen Top1 – Top10 in der Variante mit externer Verschattung und einer Transmission von 20%.

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 20: Einteilung des Simulationsjahres in Stunden, Monate und Tage
- Tabelle 21: Monats- und Jahresauswertung der Meteonorm 5.0 Klimadaten basierend auf 10-Jahres-Mittelwerten für den Standort Wien in Bezug auf Globalstrahlung, Diffusstrahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.
- Tabelle 22: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top1u, Top1o und Top2.
- Tabelle 23: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top3 und Top4u, Top4o.
- Tabelle 24: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top5 und Top6.
- Tabelle 25: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top7 und Top8.
- Tabelle 26: Detaillierte Auflistung aller Begrenzungsflächen samt Konstruktionsaufbau, Fenster- und Rahmenflächen für die thermischen Zonen Top9, Top10 und Stiege.
- Tabelle 27: Die Grundflächen (A), die Nettoraumluftvolumina (V) und die mittlere Raumhöhe (H) für jede Zone. Ebenso aufgelistet sind die opaken Außenflächen (Außenwände und Dachflächen), die transparenten Flächen, sowie der jeweilige Transmissionsleitwert L und mittlere U-Wert. TWM bezeichnet die wirksame einer Zone.
- Tabelle 28: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R, der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.
- Tabelle 29: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R, der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.
- Tabelle 30: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R, der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.
- Tabelle 31: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R, der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.
- Tabelle 32: Konstruktionsaufbauten mit Schichtdicke d , Massendichte ρ , Wärmeleitfähigkeit λ , spezifischer Wärmekapazität c_p , Schichtwiderstand R, der U-Wert, sowie der thermisch wirksamen Masse (TWM) für beide Seiten des Wandaufbaus.
- Tabelle 33: Charakterisierung des verwendeten Fenstertyps durch Angabe der U-Werte von Rahmen und Glas, des Rahmenanteils und des Energiedurchlassgrads g der Verglasung.
- Tabelle 34: Aufteilung der Fensterflächen zusammen mit Rahmen- und Glasanteil auf die thermischen Zonen
- Tabelle 35: Die Ausrichtung der Flächennormalen der 25 Einstrahlungstypen
- Tabelle 36: Wochenschema der Personenbelegung für die Wochentage Mo-Fr, Sa und So für alle thermischen Zonen. Die Werte ergeben sich aus den Nettogrundflächen der Zonen und einer angenommen mittleren Belegungsdichte (vgl. Tab. 3-4, Seite 98, HdZ-Bericht Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser).
- Tabelle 37: Wochenschema der flächenspezifischen Geräteabwärmen für die Wochentage Mo-Fr, Sa und So für alle thermischen Zonen. Die sind Tab. 3-5, Seite 102, HdZ-Bericht Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser, entnommen, wobei eine Wärmewirksamkeit von 50% angenommen wurde.
- Tabelle 38: Variantendefinition der Variante 1, 2 und 3 mit den wichtigsten Parameter bezüglich Heizungssystem, Lüftung und Verschattung.

ad 5 Messdatenauswertung

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Messschema Stiege 1
- Abbildung 2: Messschema Stiege 2

- Abbildung 3: Messschema Stiege 3
- Abbildung 4: Messschema Stiege 4
- Abbildung 5: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP1, Stiege 1,2,3
- Abbildung 6: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP2, Stiege 1,2,3
- Abbildung 7: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP5, Stiege 2,3,4
- Abbildung 8: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP1, Stiege 4
- Abbildung 9: Positionierung der Temperatur-Feuchte-Sensoren in TOP6, Stiege 3
- Abbildung 10: Jahresverlauf der gemessenen Globalstrahlung (oben), relative Außenluftfeuchte (Mitte) und Außenlufttemperatur (unten)
- Abbildung 11: Vergleich der Monatswerte der gemessenen Außenbedingungen mit den generierten Daten aus Meteororm 5.0
- Abbildung 12: Gemessene Globalstrahlung im Juli 2007 im Vergleich zu den mit Meteororm generierten Daten
- Abbildung 13: Vergleich der Raumlufttemperatur im Wohnzimmer von Top1 in Stiege 1 und 4 im Dezember 2007
- Abbildung 14: Vergleich der Raumlufttemperatur im Schlafzimmer von Top1 in Stiege 2 und 3 im Dezember 2007
- Abbildung 15: Raumlufttemperaturen in Stiege 4 Top 1 für alle Messpunkte
- Abbildung 16: Vergleich der Raumlufttemperatur im Wohnzimmer von Top1 in Stiege 1 und 4 im Juli 2007
- Abbildung 17: Vergleich der Raumlufttemperatur im Schlafzimmer von Top1 in Stiege 2 und 3 im Juli 2007
- Abbildung 18: Mittlere Raumluftfeuchte im Dezember 2007 in allen mit Messfühlern ausgestatteten Wohnungen
- Abbildung 19: Temperaturverlauf in der Wohnung Stiege 1 Top 2 im Dezember 2007
- Abbildung 20: Durchschnittlicher Warmwasserbedarf pro Tag [l/d] im Jahr 2007
- Abbildung 21: Spez. Energiebedarf für Warmwasser [kWh/(m².a)] im Jahr 2007
- Abbildung 22: Stromverbrauch (Haushaltsstrom) im Jahr 2007 [kWh/a]
- Abbildung 23: Spez. Stromverbrauch (Haushaltsstrom) im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]
- Abbildung 24: Spez. Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]
- Abbildung 25: Spez. Stromverbrauch für die kontrollierte Wohnraumlüftung mit elektr. Nachheizregister (NHR) und Vorheizregister (VHR) im Jahr 2007 [kWh/(m².a)]
- Abbildung 26: Verlauf der gemessenen Warmwassertemperaturen für Stiege 1 u. 2 sowie für Stiege 3 u. 4 im Jahr 2007
- Abbildung 27: Verlauf der gemessenen Luft-Temperaturen sowie der Außenlufttemperatur im Jahr 2007
- Abbildung 28: Detailansicht der Temperaturen in der Haustechnik für die erste Juliwoche

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Vergleich der Monatswerte der gemessenen Außenbedingungen mit den generierten Daten aus Meteororm 5.0

ad 6 Komfortmessung - IBO - Dr. Lipp

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Schematischer Zusammenhang zwischen Umgebungstemperatur des Menschen und seiner Körperkerntemperatur bzw. Wärmeabgabe [Richter 2005]
- Abbildung 2: Psychophysische Beurteilungsskalen für Predicted Mean Vote (PMV) und Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)
- Abbildung 3: Zusammenhang PPD und PMV [Richter 2005]
- Abbildung 4: Bildung der summativen thermischen Behaglichkeit auf der Basis der Umgebungskategorien A, B und C nach der EN ISO 7730 (Beispiel).
- Abbildung 5: Nervenale Beeinflussung des Wärmehaushaltes [Silbernagel 1991]
- Abbildung 6: Autonomes (vegetatives) Nervensystem (schematische Übersicht) [Silbernagel 1991]
- Abbildung 7: Die Herzfrequenz der Versuchsperson liegt in der Ruhephase (Liegen 1) im Mittel bei ca. 70 Schlägen pro Minute. Beim Kippen steigt die Herzfrequenz um etwa 20 Schläge auf 90 Schläge pro Minute an, bleibt während der Stehphase auf diesem erhöhten Wert und fällt mit dem Zurückkippen in die Ruhelage wieder auf die ursprünglichen 70 Schläge pro Minute ab.
- Abbildung 8: Aufzeichnung der Originalherzfrequenz (oben) einer liegenden, gesunden, 30jährigen Frau mit Frequenzanalyse (Mitte) und Filterung (unten); [Moser 1995]

- Abbildung 9: Datenaufbereitung. Die grünen Linien zeigen die Events, die schwarzen Linien markieren Beginn (-) und Ende (--) der zur Berechnung der HRV-Parameter herangezogenen Phasen.
- Abbildung 10: Verlauf des Blutdrucks aller Versuchspersonen
- Abbildung 11: Verlauf des Blutdrucks einer Versuchsperson
- Abbildung 12: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD
- Abbildung 13: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD
- Abbildung 14: Zusammenhang diastolische Blutdruckänderung im Stehen und PPD
- Abbildung 15: Zusammenhang Bewertete Luftqualität - CO₂- Konzentrationen
- Abbildung 16: Beurteilung der Luftfeuchten durch die VPen
- Abbildung 17: Psychophysische Bewertung der thermischen Behaglichkeit der einzelnen VPen bei den unterschiedlichen Beheizungsarten
- Abbildung 18: Ergebnis der Temperaturbewertung (PMV) in den verschiedenen Wohnungen
- Abbildung 19: PPD-Ergebnisse für die verschiedenen Wohnungen

Anhang IBO 1: Thermische Behaglichkeit – neuere Arbeiten (T. Waltjen)

In diesem Exkurs soll ein Überblick über Ergebnisse neuerer Arbeiten zur thermischen Behaglichkeit gegeben werden, die teilweise auch schon Eingang in die Normung gefunden haben. Als Ausgangspunkt dient die Dissertation von Runa Tabea Hellwig [Hellwig 2005] und darin enthaltene Literaturstellen.

Die grundlegenden Arbeiten von Fanger [Fanger 1972], die Grundlage der Norm ISO EN 7730 wurden, sind in der physikalischen Analyse der Wärmeströme nahezu perfekt. Sie haben aber eine Schwachstelle darin, wie die Predicted Mean Vote (PMV) und die Percentage of Persons Dissatisfied (PPD) ermittelt wird. Es wird nicht unterschieden zwischen dem objektiven Urteil (dem thermischen Empfinden) „es ist kühl“ und dem subjektiven Urteil (der thermischen Behaglichkeit) „mir ist kalt“. In Fangers Denkweise scheint das auch nicht notwendig zu sein, denn, wenn sich der Körper im dynamischen thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindet und daher keine Regulationsanforderungen bestehen, sollte es auch keinen Grund zur Unzufriedenheit geben. Diese Denkweise ist durchaus plausibel, die Wirklichkeit des menschlichen Subjekts scheint aber komplexer zu sein.

Spätere Autoren [Grivel, Candas 1991] haben auf die Unterschiede hingewiesen, ob eine Versuchsperson Wärmeurteile, wie „kühl“ in eine Liste einträgt (sensory thermoneutrality) oder ob sie einen Versuchsleiter anweisen kann, die gegenwärtige Situation zu ändern, wie, „bitte etwas wärmer“ (indecision) oder ob sie jederzeit selbst die Temperatur verändern kann ohne etwas in Listen einzutragen oder jemandem zu bitten (preference). Auch die Entscheidungen, sich etwas anzuziehen oder auszuziehen oder aber die Heizung oder Kühlung zu betätigen, sind nicht äquivalent, obwohl sie auf dasselbe hinauszulaufen scheinen.

So weit war die Sachlage schon seit Jahren bekannt [Waltjen 2003]. Seither, so zeigt die Dissertation Hellwig, sind etliche neue Arbeiten hinzugekommen, die ein gewachsenes Problembewusstsein dokumentieren.

Hellwig vertritt die These, die PMV-Werte der ISO 7730 seien in und für mechanisch belüftete Umgebungen erarbeitet worden und führten daher zu falschen Voraussagen, wenn man sie in frei belüfteten Räumen anwendete. Dabei hat sie nicht die Heizperiode im Auge sondern sommerliche Verhältnisse. Die Toleranz gegenüber hohen Temperaturen, so Hellwig, ist in frei belüfteten Räumen erheblich höher als in klimatisierten. Sobald eine Person in der Lage ist, durch Öffnen und Schließen der Fenster und Verwendung von Verschattungseinrichtungen ihre Lage selbst zu ändern, steigt die Toleranz gegenüber nicht optimalen hohen Temperaturen.

Hellwig nennt folgende neuere Arbeiten die den Komfortbegriff über den Begriffsrahmen der ISO EN 7730 erweitern, die hier nach Hellwig zitiert werden.

Neuere Arbeiten

[de Dear et al. 1997] zeigen „dass in frei belüfteten Gebäuden ein breiteres Spektrum des thermischen Raumklimas akzeptiert wird als in Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen.“ (S.13). Dazu wäre zu fragen, ob die Autoren auch mechanische Belüftungen ohne Kühlfunktion betrachtet haben.

Ein Argument für raumluftechnische Anlagen sei, so Hellwig, die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von komfortablen Raumtemperaturen. Die Arbeiten, die das Argument unterstützten, zeichneten aber ein uneinheitliches Bild. So fand [Wyon 1986] „Abhängigkeiten der Leistungsfähigkeit von der Raumtemperatur Diese Arbeit ist eine der wenigen, die die Leistungsminderung quantifiziert. Danach ist bei sitzender Tätigkeit, leichter Kleidung und einer Raumtemperatur von 26 °C mit einer Leistungsminderung von 13 Prozentpunkten gegenüber 23 °C zu rechnen“. Bei [Wyon et al. 1981] „kann aber auch nachgelesen werden, dass die Gedächtnisleistung bei einem Temperaturanstieg von 23 °C auf 26 °C stark zunimmt, um dann bei weiter ansteigenden Temperaturen wieder abzunehmen.“(S.18). In Versuchen von [Schrader et al. 1983] „verschlechterte sich die Aufmerksamkeit von Schulkindern in Klimakammer-Versuchen bei Temperaturen über 27 °C signifikant. Die feinmotorischen Fähigkeiten verbesserten sich jedoch bei höheren Temperaturen“. (S.19) (Hier wird wahrscheinlich Fähigkeit mit Leistung verwechselt: Fähigkeit ist ein Potential für Leistungen, die erwartbar abrufbar sind. Bei zu hohen Temperaturen entsprechen die erzielbaren Leistungen nicht mehr dem Potential an Fähigkeiten, das bei niedrigeren Temperaturen zur Verfügung steht.)

Im Forschungsprojekt SCATs [Nicol, McCartney 2000 und McCartney, Humphreys 2002], wurden u.a die Lufttemperatur gemessen und die selbstbewertete Produktivität und das thermische Präferenzvotum bei NutzerInnen von 25 Gebäuden in verschiedenen Ländern Europas abgefragt. Die selbstbewertete

Produktivität zeigte keinen Zusammenhang mit der Lufttemperatur, sondern mit dem thermischen Präferenzvotum (wärmer oder kälter oder keine Änderung gewünscht).

Dies scheint im Widerspruch zu den zitierten Arbeiten von Wyon zu stehen. Falls bei Wyons Versuchen eine standardisierte Kleidung verwendet wurde, was im Projekt SCATs wohl kaum der Fall gewesen sein kann, wäre der Widerspruch aber leicht zu lösen. Es bliebe dann die interessante Erkenntnis übrig, dass Menschen thermischen Komfort bei jener Bekleidungsstärke erwarten, die sie (aus welchen Gründen auch immer) tragen wollen. Muss hingegen die Bekleidung der am Arbeitsplatz vorherrschenden Temperatur angepasst werden, so wird offenbar ein Komfortkriterium verletzt, obwohl die Bedingungen für thermischen Komfort erreichbar wären. Worum handelt es sich bei diesem nicht-thermischen Komfortkriterium?

[Leamann, Bordass 1999] stellen dar, dass „Personen, die ihren Einfluss auf das Raumklima hoch einschätzen, ... eine höhere (selbst eingeschätzte) Produktivität als Personen mit geringer Einflussmöglichkeit [haben]. Die Produktivität ist am stärksten assoziiert mit der Einflussnahmemöglichkeit auf Lärm, Beheizung, Kühlung und Lüftung. Allerdings sind die Zusammenhänge mit der Produktivität insgesamt nicht sehr stark. Einflussmöglichkeit auf die Beleuchtung zeigt keinen signifikanten Zusammenhang mit der Produktivität“. Allerdings ergaben sich „signifikante Mittelwertsunterschiede in der selbstbewerteten Produktivität von Personen in frei belüfteten Gebäude (Gebäudetiefe geringer als 15 m) und in klimatisierten Gebäuden (Gebäudetiefe nicht immer aber oft tiefer als 15 m)“ (S.20).

Hier wäre anzumerken, dass die frei belüfteten Gebäude mit geringerer Trakttiefe gleichzeitig auch jene sind, in denen bessere Tageslichtversorgung zu erwarten ist, als in Gebäuden mit großer Trakttiefe.

Behaglichkeitsbewertungsmethoden

Hellwig untersucht in der Folge verschiedene Ansätze der Normung thermischer Behaglichkeit daraufhin, ob sie der Situation frei belüfteter Gebäude gerecht werden.

Die DIN 1946-2: 1994 (ersetzt seit Mai 2005 durch DIN EN 13779: 2005) verwendete als Kriterium die Zufriedenheit mit der Wärme, Feuchte, und Luftbewegung, es soll keine Änderung gewünscht werden. Die geeignete Innentemperatur ändert sich dabei mit der momentanen Außentemperatur. Die Nachfolgenorm DIN EN 13779: 2005 (derzeit aktuell: EN 13779:2007: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme) verweist für die Auslegung der thermischen Behaglichkeit von Nichtwohngebäuden auf die Norm DIN EN ISO 7730: 1995, die keinen Bezug auf die Außentemperatur kennt.

Die CEN CR 1752 [CEN 1998] legt Kategorien der Zufriedenheit mit einer Klasse A: (hohes Erwartungsniveau, weniger als 6 % Unzufriedene, $\pm 1,0$ °C Abweichung vom Idealwert 24,5 °C im Sommer und 22,0 °C im Winter), Klasse B ($\pm 1,5$ °C), und C (weniger als 15 % Unzufriedene, 1,5 °C). Die Idealtemperaturen sind aber in allen Klassen gleich und entsprechen der ISO 7730. In der Neufassung der EN ISO 7730 wird der CEN-Ansatz übernommen und zusätzlich „in einem Abschnitt darauf eingegangen, dass es bestimmte Adaptationsprozesse geben kann, wie beispielsweise die Anpassung der Kleidung, Veränderung der Körperhaltung oder eine verringerte Aktivität. Dies kann in eine Akzeptanz von höheren Temperaturen münden. Daher kann für die Planung von frei belüfteten Gebäuden die Kategorie C herangezogen werden.“ (S. 24)

„E. Mayer [Mayer, Schwab 1990, Mayer 1994, Mayer 1998] stellte eigene Untersuchungen zur Beziehung zwischen PMV und PPD an, bei denen er neben dem thermischen Empfinden auch nach der Zufriedenheit (= thermischen Behaglichkeit) fragte. ... Er modifizierte den Zusammenhang von PMV und PPD nach Fanger ... das Optimum des PMV (= Minimum des PPD) liegt [demzufolge] bei + 0,4 PMV und 16 % Unzufriedenen.“ (Bild 8, S. 28)

Die Kurve für PPD wird also horizontal um + 0,4 PMV gegen die Kurve von PMV, die unverändert bleibt, verschoben. Ebenso wird sie vertikal von ihrem Minimum von 5 % auf ein Minimum von 16 % heraufgerückt.

[Fanger, Toftum 2002] modifizieren das Instrumentarium der EN ISO 7730 durch einen Expectancy-Faktor e (zwischen 0,5 und 1), der postuliert, dass Personen verschieden hohe Erwartungen an die Klimatisierung ihrer Umgebung haben.

- e ist hoch (0,9–1) wenn ein frei belüftetes Gebäude in Regionen steht, in denen Gebäude üblicherweise klimatisiert und die warme Periode im Sommer vergleichsweise kurz ist
- e ist mittel (0,7–0,9) wenn nur einige Gebäude klimatisiert und der Sommer warm ist

- e ist niedrig (0,5–0,7) wenn wenige Gebäude klimatisiert und alle Jahreszeiten warm sind.

Da $PMV_e = PMV \cdot e$, werden deutliche Kälte- und Wärmeempfindungen stärker von diesem „Index der Unempfindlichkeit“ modifiziert, als neutrale Empfindungen, die PMV nahe Null entsprechen.

Betrachtet man die Kombinationen „Anteil Gebäude klimatisiert vs. Länge der heißen Jahreszeit“, so drängt sich auf, es handele sich um einen „Entwicklungsland vs. USA“-Index. Denn warum, wenn nicht aus Gründen der Unterentwicklung, sollten in heißen Ländern Klimaanlage selten sein, und warum, wenn nicht aufgrund der nordamerikanischen Ideologie des Komforts sollten Gebäude auch dort klimatisiert sein, wo es selten warm ist?

Auch Hellwig ist mit dem Index unzufrieden: er müsse in Feldstudien für jedes Land ermittelt werden und wenn er Teil der Normung würde, enthielte er eine positive Rückkoppelung: je mehr klimatisierte Gebäude es in einem Land gäbe, desto mehr gälten die verbliebenen frei belüfteten Gebäude als unkomfortabel lt Norm.

Eine bessere Alternative zur Vermittlung zwischen Methoden, die für kontrollierte thermische Umgebungen entwickelt wurden und den Verhältnissen in Gebäuden, die (im Sommer) thermisch nicht exakt kontrolliert werden, liegt in der ASHRAE-Studie [de Dear et al. 1997, de Dear und Brager 2002, de Dear und Brager 1998] und in der darauf aufbauenden Richtlinie ASHRAE 55: 2004 vor.

„In einer Studie für die amerikanische ASHRAE-Gesellschaft wurden Daten von 160 Bürogebäuden, die sich auf 4 Kontinenten und in verschiedenen Klimazonen befanden, nachträglich neu ausgewertet [de Dear et al. 1997]. Die Daten wurden geteilt in in frei belüftete Gebäude und Gebäude mit Klimatisierung. Die frei belüfteten Gebäude hatten keine Kühlung und wurden über Fenster gelüftet, die die Gebäudenutzer selbst betätigen konnten. Die Nutzer der klimatisierten Gebäude hatten im Gegensatz wenig oder keine Kontrolle über ihr thermisches Raumklima.

In den klimatisierten Gebäuden konnte im Mittel eine gute Übereinstimmung zwischen der Bewertung der thermischen Behaglichkeit durch die Befragten und dem PMV-Modell erreicht werden (Bild 9). Die Neigung der Geraden im Bild wird hauptsächlich verursacht durch den sich mit der Außentemperatur verändernden Dämmwert der Bekleidung.“

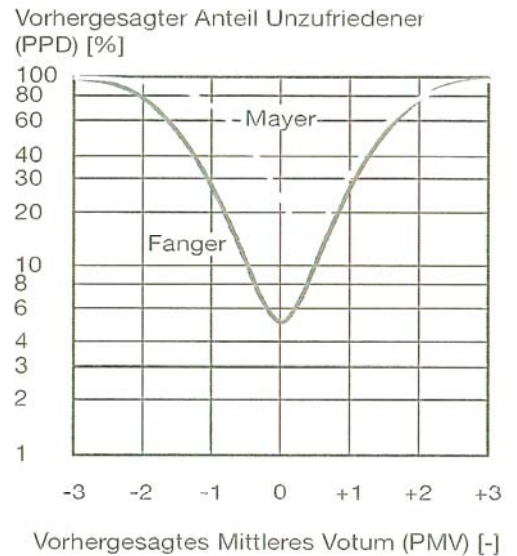
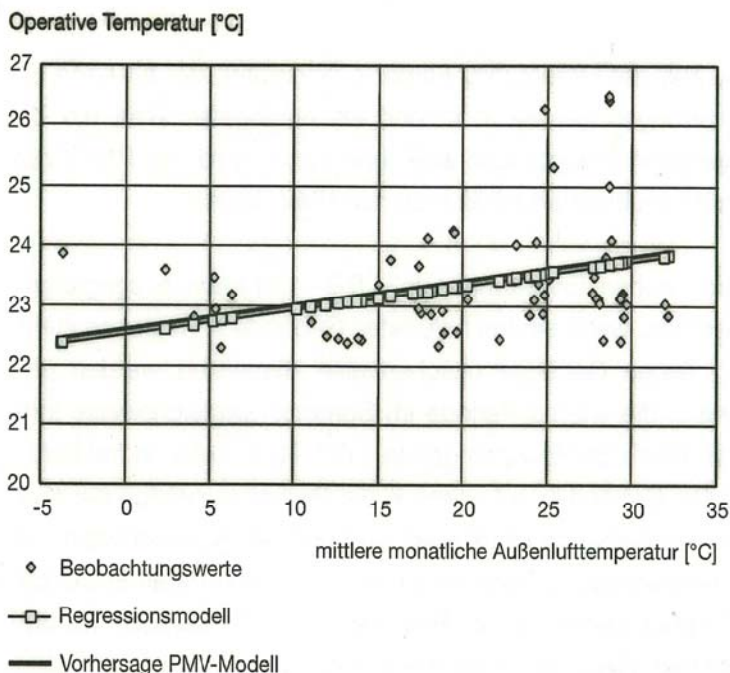


Bild 8 Vorhergesagter Anteil Unzufriedener (PPD) in Abhängigkeit vom Vorhergesagten Mittleren Votum (PMV) nach [Fanger 1982] und [Mayer 1998].

Bild 9 Beobachtete und vorhergesagte behagliche Innentemperaturen für klimatisierte Gebäude in Abhängigkeit von der mittleren monatlichen Außentemperatur. Dargestellt ist ebenso das Regressionsmodell für die beobachteten Werte [de Dear, Brager 2002].

„In den frei belüfteten Gebäuden dagegen traten große Abweichungen zwischen den Antworten der Nutzer und der Vorhersage auf (Bild 10).“

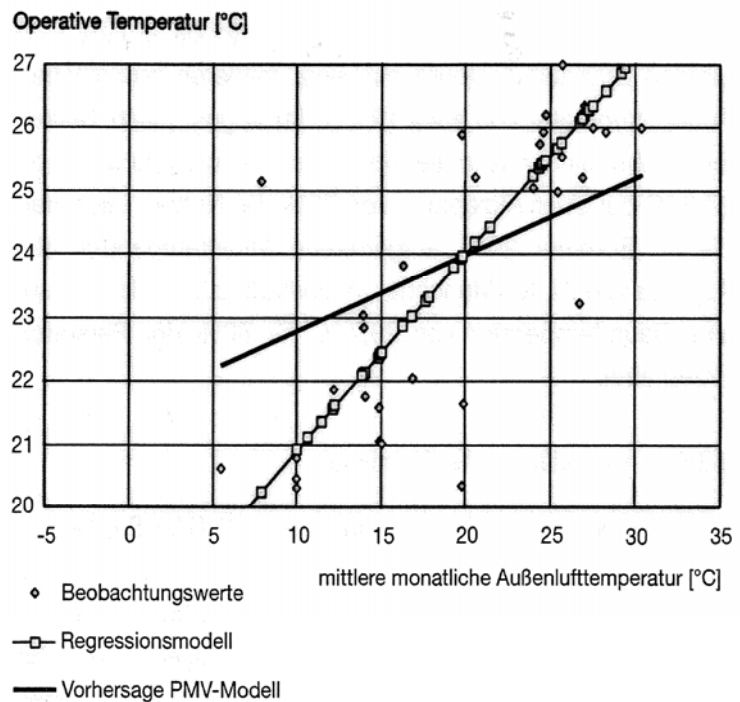


Bild 10 Beobachtete und vorhergesagte behagliche Innentemperaturen für frei belüftete Gebäude in Abhängigkeit von der mittleren monatlichen Außentemperatur. Dargestellt ist ebenso das Regressionsmodell für die beobachteten Werte [de Dear, Brager 2002].

„In frei belüfteten Räumen empfinden Personen bei höheren mittleren monatlichen Außenlufttemperaturen höhere operative Innentemperaturen behaglich als das PMV-Modell vorhersagt. Um die Unterschiede zwischen klimatisierten und frei belüfteten Gebäuden zu erklären, wurde untersucht, ob Unterschiede im Bekleidungsgrad, der relativen Luftfeuchte, dem Aktivitätsgrad und der Luftgeschwindigkeit vorlagen. All diese Untersuchungen konnten die Abweichungen nicht erklären. Daher wurde der Unterschied auf den aktuellen Kontext, in dem sich die Personen befanden, und auf die damit verbundenen Erwartungen zurückgeführt. Die Ergebnisse in [de Dear Brager 2002] zeigen, dass Nutzer von frei belüfteten Gebäuden toleranter gegenüber einem weiteren Spektrum der Behaglichkeitsparameter sind als Nutzer von klimatisierten Gebäuden. [de Dear, Brager 1998] fanden Temperaturbandbreiten mit 80 % Akzeptanz von 4 K bei mechanisch belüfteten Gebäuden und von ca. 7 K bei frei belüfteten Gebäuden.

Die Ergebnisse aus [de Dear, Brager 2002] wurden in eine revidierte Fassung des ASHRAE-Standards 55 [ASHRAE 2004] aufgenommen. Damit liegt ein einfaches Bewertungsinstrument für behagliche Temperaturen in frei belüfteten Räumen vor (Bild 11).“

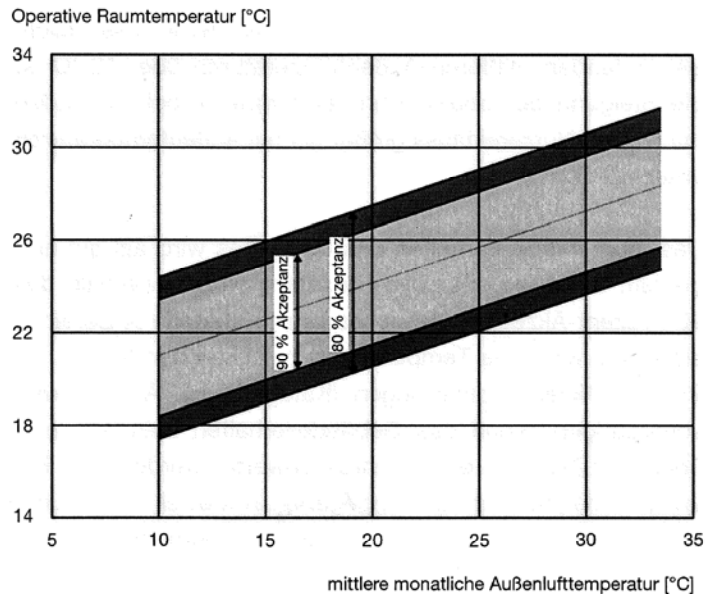


Bild 11 ASHRAE Standard 55 [ASHRAE 2004]: Behagliche operative Raumtemperaturen für frei belüftete Räume.

„Für Außentemperaturen von unter 10 °C und über 33,5 °C ist der Ansatz nicht anzuwenden.“ Er ist nur anzuwenden, wenn das Heizsystem ausgeschaltet ist. „Der Ansatz gilt ausdrücklich für leichte sitzende Tätigkeiten von 1 bis 1,3 met.“(S. 30 ff)

In Wien beträgt das höchste Monatsmittel der Temperaturen im Juli und August knapp unter 20 °C. Dem entspricht nach ASHRAE 55 eine oberste akzeptierte Innentemperatur von ca. 27 °C. Die 10 °C-Grenze der mittleren monatlichen Außentemperaturen wird in Wien im April erstmals und im Oktober letztmals überschritten [Auer et al. 1989]. Das sind genau die Monate, in der die Heizsaison beginnt und endet. .

Eine Weiterentwicklung des ASHRAE-Modells ist die Niederländische Richtlinie [Boerstra et al. 2003, van Hoof, Hensen 2005]. Sie trifft Annahmen darüber, welchen Einfluss die BenutzerInnen eines Gebäudes haben: Gibt es einen Dresscode im Betrieb? Kann die Temperatur der Klimaanlage individuell geregelt werden? Sind die Fenster öffenbar? Statt der mittleren monatlichen Außentemperatur wird die laufende mittlere Außentemperatur herangezogen, die sich aus dem Mittel der Außentemperaturen des aktuellen Tages und der drei vorangegangenen Tage zusammensetzt.

Die Formel, die Hellwig dafür verwendet, lautet:

$$T_{\text{out, m}} = 1 \cdot T_{\text{out, today}} + 0,8 \cdot T_{\text{out, yesterday}} + 0,4 \cdot T_{\text{out, 2 days ago}} + 0,2 \cdot T_{\text{out, 3 days ago}} / 1 + 0,8 + 0,4 + 0,2$$

Auffällig an der Formel ist die dominante Rolle des heutigen Tages, dessen Temperaturen ja im Unterschied zu denen der vergangenen Tage nicht als Erfahrung, sondern nur als Erwartung vorliegen. Diese Erwartung kann durch so unterschiedliche „Methoden“ wie den Blick durch das nicht geöffnete Fenster, durch „Kopf rausstrecken“, durch Blick auf das Thermometer, oder durch Nachrichten zur Wettervorhersage geprägt sein.

Der Geltungsbereich geht unter 10 °C bis hin zu -5 °C.

Der ASHRAE-Ansatz ist entschieden eleganter, weil einfacher! Ein Dresscode bedeutet zB für Frauen etwas anderes als für Männer und der Dresscode für die Direktion ist anders als zB. für die Kollegen im Blaumann.

Hellwig (S. 21) fasst zusammen: „Zur Bewertung des thermischen Raumklimas bei freier Lüftung gibt es [in Europa] keine eigenständigen Normen“.

Die Wärmeempfindungen oder Komforturteile von Benutzern von Gebäuden mit mechanischer Belüftung lassen sich am besten vorhersagen durch die Mayersche Modifikation der ISO 7730, die den Wert für PPD gegenüber PMV verschiebt, sodass das Minimum von PPD nicht mehr bei PMV = 0 liegt, sondern bei PMV = 0,4.

Die Wärmeempfindungen von Benutzern von Gebäuden mit freier Belüftung (Fensterlüftung) lassen sich am besten durch die ASHRAE-Methode vorhersagen, die den Einfluss der mittleren monatlichen Außentemperaturen auf die Erwartungen gegenüber der Innentemperatur heranzieht.

Weitergehende Überlegungen, Schlussfolgerungen

Anzumerken bleibt, dass Normen zum thermischen Komfort in mechanisch belüfteten Gebäuden Zielgrößen für die Heizung und Lüftung bereitstellen sollen. Ein frei belüftetes Gebäude im Sommer wird aber weder beheizt noch gekühlt. Eine Norm, die diesen Fall behandelt, gibt nicht der Haustechnik, sondern der Architektur Vorgaben, deren Erreichung (durch geeignete Orientierung und Größe der Fenster, äußere Hindernisse, Verschattungseinrichtungen, Speichermassen) mit Hilfe von Simulationen geprüft werden muss.

Während der Heizsaison gibt es keine Unterschiede in der Zufriedenheit in Abhängigkeit vom Belüftungssystem. Das Dogma „ein Passivhaus benötigt eine mechanische Lüftung“ kann also bestehen bleiben. Die abweichenden Ergebnisse bei frei belüfteten Gebäuden sind auf die warme Jahreszeit beschränkt. Die erhöhte Temperaturtoleranz liegt auf der Seite der hohen Temperaturen.

Ob die Ergebnisse zu Lüftungsanlagen, bei Hellwig eingeteilt in teilklimatisierte und vollklimatisierte Anlagen, auch auf die mechanischen Lüftungen der Passivhäuser zutreffen, kann nicht abschließend beurteilt werden.

Die Fenster öffnen können, bedeutet mehr als nur selbstbestimmter Zugang zu guter Luft. Es bedeutet Teilnahme an den Luftbewegungen draußen, Teilnahme an den Geräuschen draußen, Gespräche mit Personen vor dem Fenster, der Blick ins Freie und der Sonnenschein von draußen ohne Glas dazwischen. Das alles mag in die positiven Urteile Eingang gefunden haben ohne dass es eigens abgefragt worden ist.

Die Zusammenhänge zwischen freier Belüftung, Einflussmöglichkeiten, größerer Zufriedenheit bei ausreichenden Einflussmöglichkeiten, Rolle der mittleren monatlichen Außentemperatur auf die gewünschte Innentemperatur und die größere Toleranz gegenüber höheren aber auch tieferen Temperaturen, als durch PMV vorhergesagt, unter diesen Umständen, sind eine bemerkenswerte Erweiterung der normierten Komfortkonzepte.

Die Einflussmöglichkeiten, die in der besprochenen Arbeit als wirksam herausgestellt werden, sind eine überall in der Literatur implizit auftretende aber nie explizit benannte unabhängige Größe des menschlichen Verhaltens und sind von der thermischen Behaglichkeit zu unterscheiden. Das doppelte Bedürfnis, etwas tun zu können, aber nichts tun zu müssen, also frei zu sein, findet sich auch in anderen Bereichen der Architektur und des Wohnens.

Anhang 2: Auswertung des EKG- und Pulssignals

Abbildung 9 zeigt die berechnete Herzfrequenz aus dem EKG-Signal sowie aus dem Druckpulssignal. Die Erkennung der Herzrate aus dem Druckpulssignal basiert hierbei auf der Methode des steilsten Anstiegs (Vorverarbeitung mittels Bandpass-Filter). Die R-Zacken-Erkennung erfordert eine komplexere Erkennungsmethode.

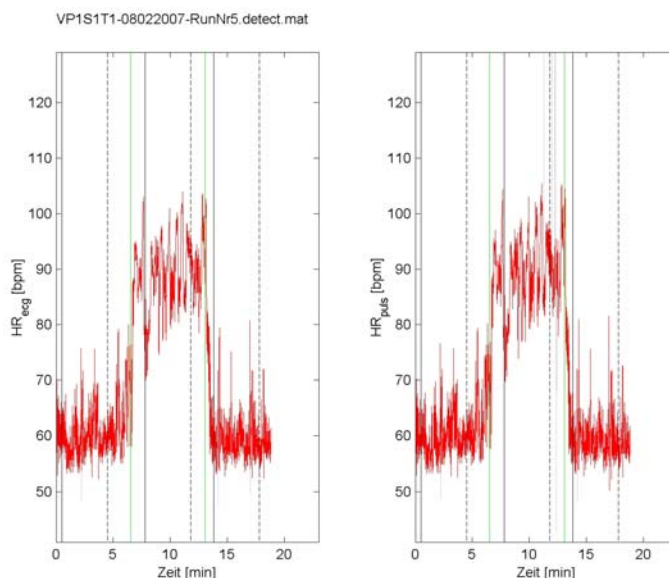


Abbildung IBOA1: Datenaufbereitung. Die grünen Linien zeigen die Events, die schwarzen Linien markieren Beginn (-) und Ende (--) der zur Berechnung der HRV-Parameter herangezogenen Phasen.

Die RR-Intervalle stellen die Basis der Berechnung der HRV-Parameter dar (Herzratenvariabilität). Die Datenvorverarbeitung beinhaltet folgende Schritte:

- Artefakterkennung (sehr einfaches Verfahren mittels Kombination aus Absolutwertkriterium, %-Abweichung zum Vorgänger und Standardabweichung im beobachteten Zeitsegment. Markierte Artefakte werden interpoliert.
- 4-Minuten-Epochen der einzelnen Phasen werden extrahiert. Das ist notwendig, um transiente Vorgänge auch bei den kürzeren Datensätzen weitgehend auszuschließen.
- Frequenzbereichsparameter: Oversampling mit 4 Hz (Cubic Spline Interpolation), lineares Detrending, AR-Methode mittels Burg, Modellordnung 20.

In Abbildung IBOA2 sind einige HRV-Parameter dargestellt. Ungültige Epochen sind durch den Median innerhalb der Epoche/Person ersetzt, da die intraindividuelle Streuung geringer ist als die interindividuelle Streuung. Es sind VP1 bis VP9 für die Boxplots herangezogen worden. Mittels Friedman wurden die fünf Messdurchläufe (Luftheizungswohnung wurde zweimal gemessen) auf Unterschiede geprüft. Für einzelne vagale Kennwerte zeigen sich dabei Unterschiede in der Kippphase logRSA bei S2T2 oder der Änderung des diastolischen Blutdrucks.

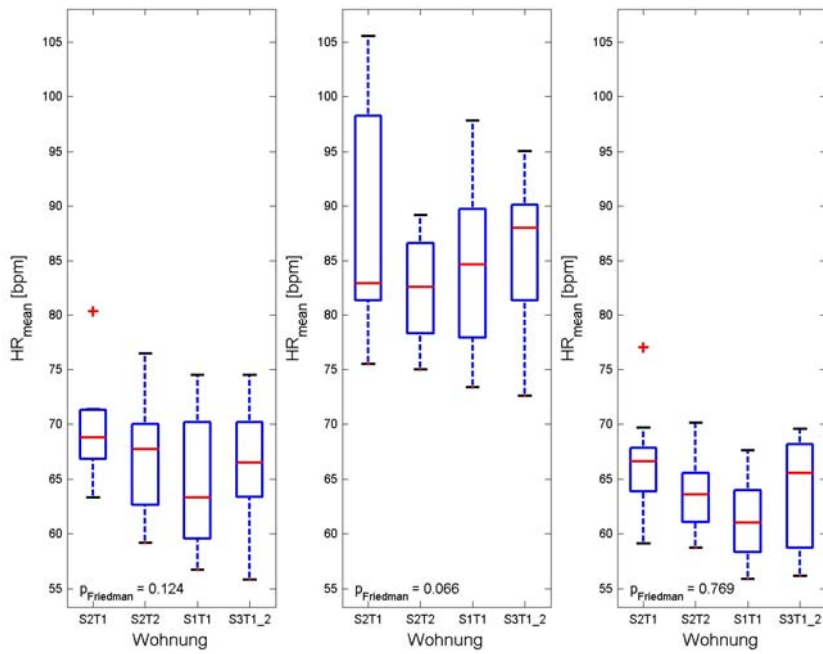


Abbildung IBOA2: Mittlere Herzraten in den einzelnen Wohnungen über den Versuchsverlauf

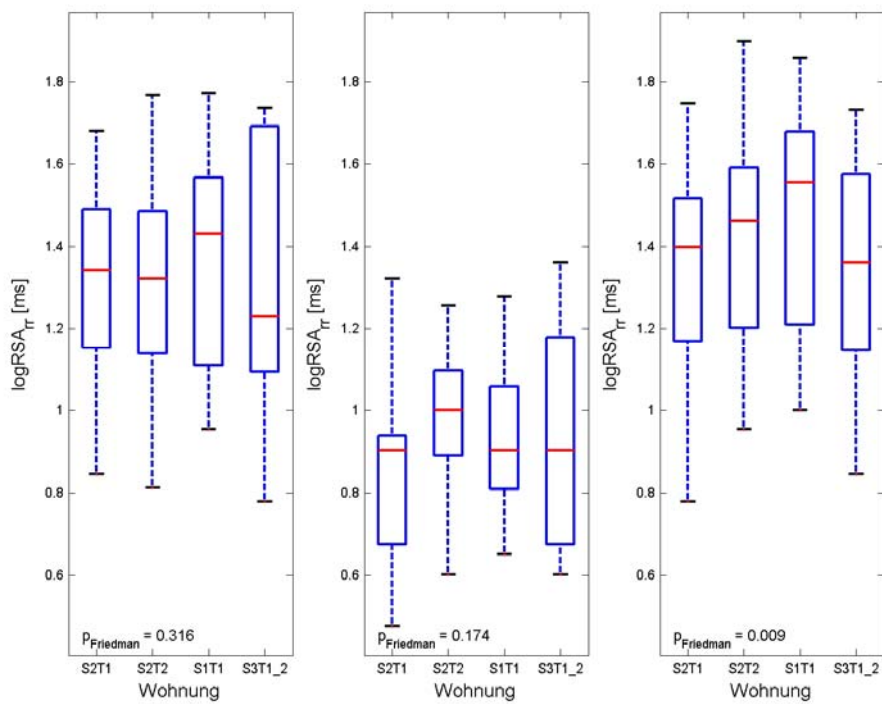


Abbildung IBOA3: Mittlere logRSA in den einzelnen Wohnungen über den Versuchsverlauf

Die intraindividuelle Streuung ist bei manchen VPen durchaus ausgeprägt, wie die folgende vergleichende Darstellung zeigt:

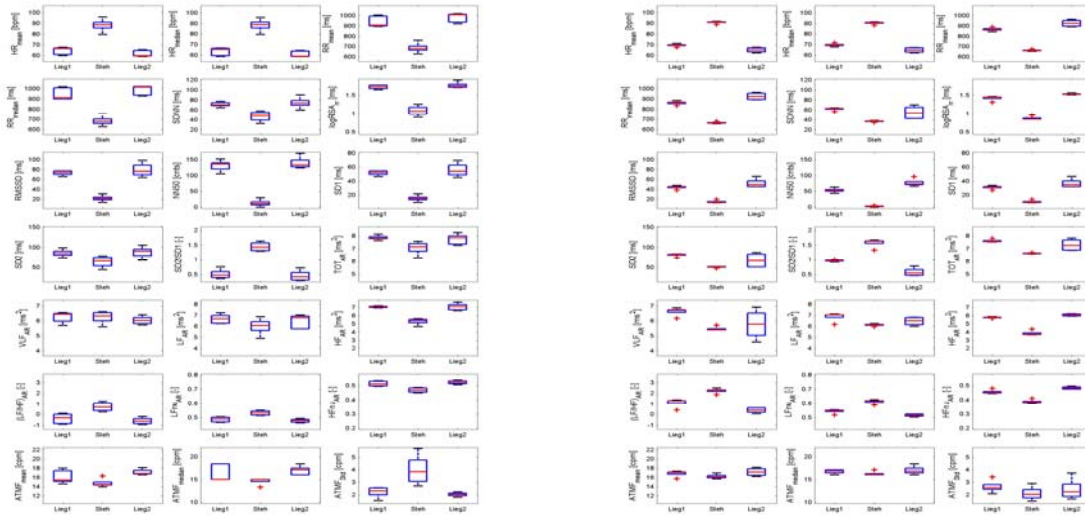


Abbildung IBOA4: Unterschiedliche intraindividuelle Streuung der StudienteilnehmerInnen (VP1 bzw. VP3 [rechts])

Die Analyse der transienten Vorgänge im Bereich Lieg-Steh bzw. Steh-Lieg ist ein komplexes Vorhaben und erfordert eine komplexe Artefakterkennung, wie Abbildung IBOA5 zeigt.

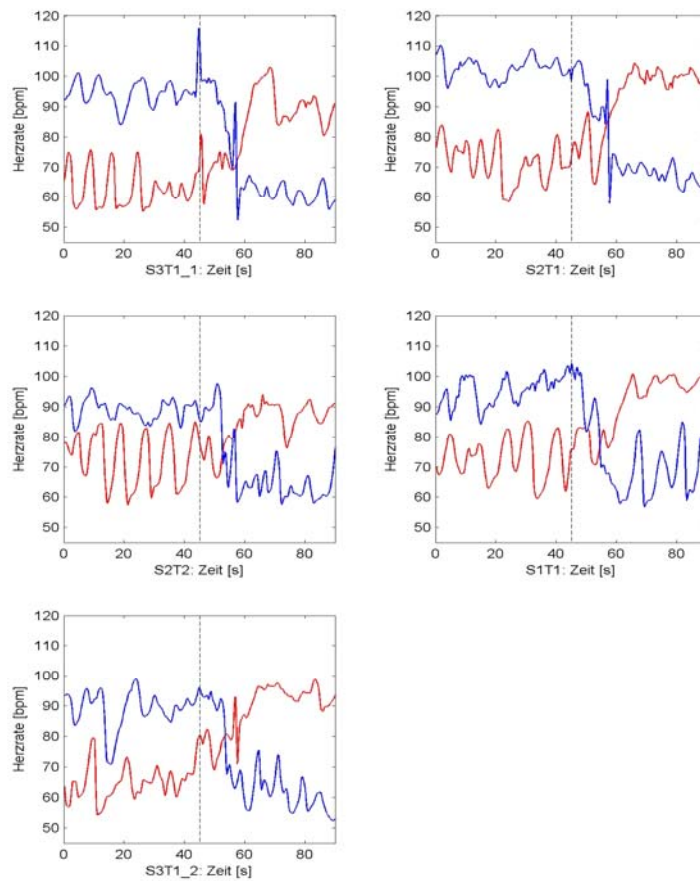


Abbildung IBOA5: Transiente Vorgänge bei Lieg-Steh (rot) bzw. Steh-Lieg (blau) der VP5.

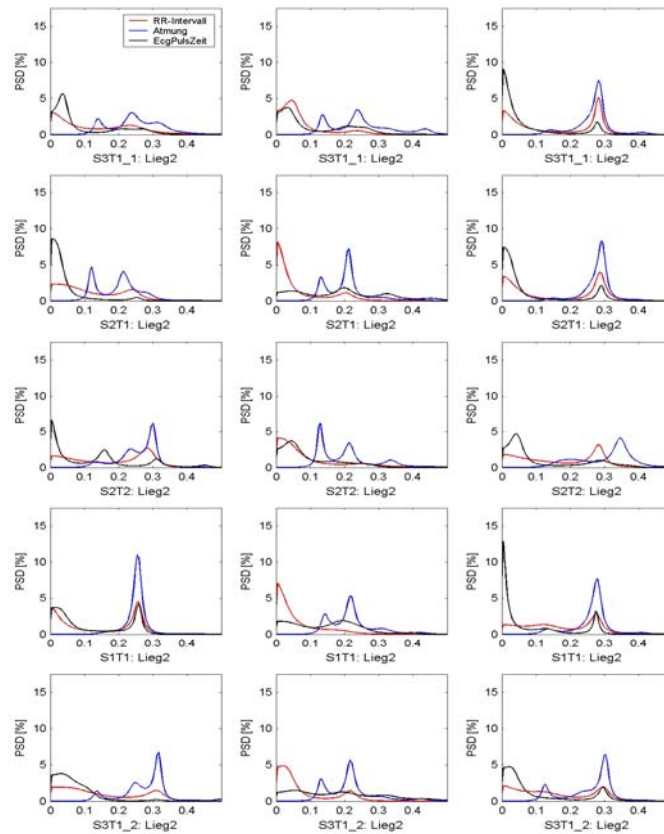


Abbildung IBOA6: Frequenzanalyse der RR-Intervalle, Atmungssignal und Distanz der R-Zacke zu steilstem Anstieg der Druckpulskurve (i.R. um 200ms).

Interessant ist, wie fallweise die normierte PSD (Power Spectral Density) vom RR-Intervall, Atmung und ‚EcgPulsZeit‘ im Atmungsband um z.B. 0.25 Hz "zusammenfallen". Welche physiologische Bedeutung dies im Zusammenhang mit den hier gemachten Untersuchungen hat, konnte noch nicht geklärt werden. Dazu werden zukünftige Studien in einem leicht kontrollierbaren "thermischen Umfeld" notwendig sein.

Glossar IBO

ATMF	Atemfrequenz
EKG	Das Elektrokardiogramm (EKG) ist die Registrierung der Summe der elektrischen Aktivitäten aller Herzmuskelfasern. Elektrokardiogramm heißt auf Deutsch <i>Herzspannungskurve</i> , gelegentlich wird es auch <i>Herzschrift</i> genannt.
Fouriertransformation	Die Fourier-Transformation ist eine Integraltransformation, die einer gegebenen Funktion eine andere Funktion (ihre Fourier-Transformierte) zuordnet. Sie ist eng mit der Laplace-Transformation verbunden. In vielen Einsatzgebieten wird sie dazu verwendet, um für zeitliche Signale (z. B. ein Sprachsignal oder einen Spannungsverlauf) das Frequenzspektrum zu berechnen (vgl. Fourier-Analyse). Allgemein umfasst der Begriff Fourier-Transformation eine Reihe sehr ähnlicher Transformationen, welche Funktionen (auch endliche und unendliche Folgen sind Funktionen) in Frequenzkomponenten oder Elementarschwingungen zerlegen.
Herzfrequenz	Die Herzfrequenz oder Herzschlagfrequenz ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute. Sie wird angegeben in min^{-1} oder als bpm (beats per minute).
Herzfrequenzvariabilität	Der Abstand zwischen zwei Herzschlägen wird meistens definiert als die Zeit zwischen dem Beginn zweier Kontraktionen der Herzkammern. Dieser Beginn der Kammerkontraktion erscheint im Elektrokardiogramm (EKG) als ausgeprägte sog. <i>R-Zacke</i> . Der Abstand zwischen zwei R-Zacken wird daher als <i>RR-Intervall</i> bezeichnet. Das gemittelte RR-Intervall lässt sich mathematisch in die Herzfrequenz umrechnen. Die realen RR-Intervalle schwanken um diesen Mittelwert, wobei diese Abweichungen sich sogar von Schlag zu Schlag ändern können; dies bezeichnet man als Herzfrequenz- oder Herzratenvariabilität (HRV).
Orthostase-Test	Die Versuchspersonen werden bei diesem Test auf einer kippbaren Liege angeschallt. Nach der Aufnahme der physiologischen Kenndaten im Liegen wird die Liege innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes (typisch 4 Sekunden) automatisch in eine nahezu senkrechte Position gebracht. In dieser Position werden wieder die physiologischen Kenndaten aufgenommen. Bei diesem Test kommt es zu einer passiven Kreislaufbelastung. Die Herzfrequenz steigt dabei um ca. 20 – 25 Schläge pro Minute an.
Puls	Die Herzschlagfrequenz (HF) wird häufig mit dem Puls gleichgesetzt, was inhaltlich nicht richtig ist, weil die Herzschlagfrequenz nur ein Teilaspekt des Pulses ist. Die Pulsqualitäten umfassen neben der Häufigkeit des Herzschlages die Regelmäßigkeit, die Druckanstiegsgeschwindigkeit, den absoluten Druck und das Füllungsvolumen.

10.6 Fragebogen zur Erhebung der Thermischen Behaglichkeit

Versuchsteilnehmer VP: _____

Fragebogen zur thermischen Behaglichkeit

Datum:	Uhrzeit:
Ort: Esslinger Hauptstr. 17, Stg.____ / Top_____	
Position im Raum:	

Wie ist Ihre momentane Stimmung?

sehr schlecht	schlecht	mäßig	ausgeglichen	gut	sehr gut	ausgezeichnet

Wie empfinden Sie die momentane Raumtemperatur?

kalt	kühl	etwas kühl	genau richtig	etwas warm	warm	heiß

Wie empfinden Sie die momentane Luftqualität?

sehr stickig	stickig	etwas stickig	indifferent	mäßig frisch	angenehm frisch	hervorragend frisch

Wie empfinden Sie die momentane Luftfeuchte?

sehr feucht	feucht	etwas feucht	genau richtig	etwas trocken	trocken	sehr trocken

Fühlen Sie sich jetzt körperlich angespannt?

sehr angespannt	angespannt	etwas angespannt	indifferent	etwas entspannt	entspannt	sehr entspannt

Fühlen Sie sich jetzt psychisch angespannt?

sehr angespannt	angespannt	etwas angespannt	indifferent	etwas entspannt	entspannt	sehr entspannt

10.7 Raumklimatische Bedingungen bzw. Bekleidungsfaktor:

Versuchsperson: _____ Datum _____ Stg. _____ / Top _____

Clo: _____

Metabolic Rate: _____

Außenklima:

Außenlufttemperatur: _____ °C

Relative Feuchte (außen): _____ %

Innen:

Rauminnenlufttemperatur _____ °C

Relative Feuchte (Rauminnenluft): _____ %

Thermografieaufnahme _____
Konz. _____ ppm

Raumklima bei VP

Raumlufttemp. _____ °C

rel. Feuchte _____ %

CO₂-

Luftgeschwindigkeit _____ m/s

Oberflächentemperaturen:

Deckentemperatur: : _____ °C

Fußbodentemperatur (Randzone im Bereich von Verglasungen): _____ °C

Fußbodentemperatur (Raummitte): _____ °C

Außenwandtemp. (Innenoberfläche): _____ °C

Außenwandtemp. (Innenoberfläche) zw. Fenstern: _____ °C

Innenwandtemperatur: _____ °C

Verglasungstemperatur (Mitte der Verglasung – Griffhöhe Terrassentür) _____ °C

Verglasungstemperatur (Rand rechts) _____ °C

Verglasungstemperatur (Rand links) _____ °C

Rahmentemperatur (über Türgriff) _____ °C

Rahmentemperatur (Rand links unten) _____ °C

Raumbeschreibung:

FB-Belag: _____

Wandfarben: _____