

Evaluierung der raum- weisen Temperaturdifferen- zierung in Wohnungen von Passivhäusern

H. Schöberl, T. Bednar,
R. Hanic, H. Konder
A. Keul

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

13/2015

Impressum:

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

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

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

Evaluierung der raumweisen Temperaturdifferenzierung in Wohnungen von Passivhäusern

DI Helmut Schöberl, Ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar,
DI Radoslav Hanic, DI Hannes Konder,
Ass.Prof. Dr. Alexander Keul
Schöberl & Pöll GmbH

Wien, Dezember 2010

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

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

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

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

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

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	3
Abstract	5
1 Projektbeschreibung	7
1.1 Aufgabenstellung	7
1.2 Motivation.....	7
1.3 Inhalte und Zielsetzungen	8
1.4 Methodische Vorgehensweise	8
2 Datenerhebung und -analyse	10
2.1 BewohnerInnenumfrage.....	10
2.2 Raumklimatische Messungen	13
2.2.1 Messaufbau	13
2.2.2 Messungen des raumweisen Temperaturverhaltens beim Passivhaus Utendorfgasse	13
2.2.3 Detaillierte Messungen zur Validierung des virtuellen Gebäudemodelles	22
2.2.4 Untersuchungen am dynamischen Gebäudemodell	30
3 Zusammenfassung	34
Quellenverzeichnis	37

Kurzfassung

Raumweise Differenzierbarkeit der Temperatur in Passivhäusern ist eine häufige Forderung. Auch in der Literatur ist zu lesen, dass Passivhaus-BewohnerInnen sich oft niedrigere Raumtemperaturen in deren Schlafzimmern als in den anderen Räumen wünschen.

In der Passivwohnanlage 1140 Wien Utendorfgasse wurde bei 11 Wohnungen eine raumweise Temperaturdifferenzierung eingebaut.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes erfolgten umfangreiche Untersuchungen zur Wirkungsweise von Heizregister-Bypassen mit Mischluftboxen und deren Auswirkung auf die Raumtemperaturen sowie die Energieeinsparung und eine Erhebung der Zufriedenheit der BewohnerInnen.

Die Raumtemperaturen sind im Schlafzimmer mit Heizregister-Bypass um 1 Kelvin niedriger als ohne Heizregister-Bypass, (siehe Abbildung 1). Die Raumtemperaturen sind in Räumen mit Heizregister-Bypass höher als in Räumen, wo Fensterlüftung mit gekipptem Fenster angewendet wird. Im Fall der Fensterlüftung kühlen Räume weitestgehend unkontrolliert ab.

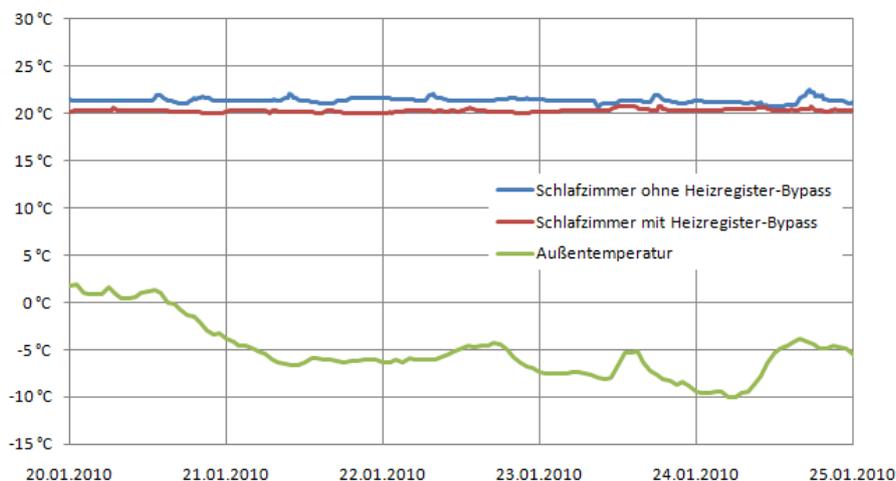


Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen von zwei Schlafzimmern [Schöberl & Pöll GmbH]

Bei der BewohnerInnenumfrage wurde auch die Zufriedenheit mit der Raumtemperatur außerhalb des Wohnzimmers untersucht. Die Umfrage ergab, dass 90 % der Befragten mit den Raumtemperaturen außerhalb des Wohnzimmers zufrieden sind, unabhängig davon ob sie eine raumweise Temperaturdifferenzierung hatten oder nicht. 52,2 % der BewohnerInnen ohne raumweiser Temperaturdifferenzierung und 14,3 % der BewohnerInnen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung lüfteten im Schlafzimmer dauerhaft, um die gewünschte Raumtemperatur zu erzielen. An der Befragung haben Bewohner von 30 der insgesamt 39 Wohnungen teilgenommen (77 % Reichweite).

Die Energieeinsparung zufolge der Raumtemperaturabsenkung im Schlafzimmer bei Nutzung des Heizregister-Bypasses mit Mischluftbox ist insgesamt gering. Infolge der Fensterlüftung, wo realistischerweise das Fenster bei Raumtemperaturen unter 20 °C geschlossen wird, kommt es zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs um 9 % für die belüftete und deren benachbarte Wohnung.

Da 52,2 % der befragten BewohnerInnen ohne raumweiser Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 4,7 % wenn keine der Wohnungen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung ausgestattet ist.

Da 14,3 % der befragten BewohnerInnen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 1,3 % wenn alle Wohnungen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung ausgestattet sind.

Der Unterschied zwischen raumweiser Temperaturdifferenzierung und wohnungsweiser Temperaturregelung für die gesamte Passivwohnhaus-Anlage beträgt für den Heizwärmebedarf somit 3,4 %.

Die Kosten inkl. Montage für einen Heizregister-Bypass mit Mischluftbox betragen ca. 700 Euro pro Raum.

Aus den oben genannten Punkten können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Energetisch betrachtet hat eine raumweise Temperaturdifferenzierung ein ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis. Die raumweise Temperaturdifferenzierung sollte nicht standardmäßig sondern als Sonderausstattung angeboten werden.

Da diese Untersuchung an einem zuluftbeheizten Passivhaus erfolgt ist, wäre es empfehlenswert, eine Untersuchung bei einem über Radiatoren raumweise beheizten Passivhaus durchzuführen, bei der die Häufigkeit des Fensterlüftens und des Abdrehens von Radiatoren erhoben wird.

Abstract

In the passive house Utendorfgasse a room-by-room temperature control was installed in 11 apartments. The experiences were evaluated from a technological and from a sociological point of view.

A frequent demand for passive houses is the ability to differentiate the room-by-room temperature. In literature about passive houses it is also mentioned that residents prefer a lower room temperature in the bedrooms than in the other rooms.

Several extensive investigations regarding the mode of operation of the heater battery – bypasses with fresh air boxes and their impact on the room temperature as well as the energy savings and a residents' satisfaction survey were part of the research project.

The room temperature in the bedrooms with heater battery - bypasses are lower by 1 Kelvin than in those without the bypass (see Figure 1). The room temperature in the rooms with heater battery - bypasses are higher than in the rooms where manual ventilation with open windows was used. In the case of this manual ventilation, the rooms cooled down significantly.

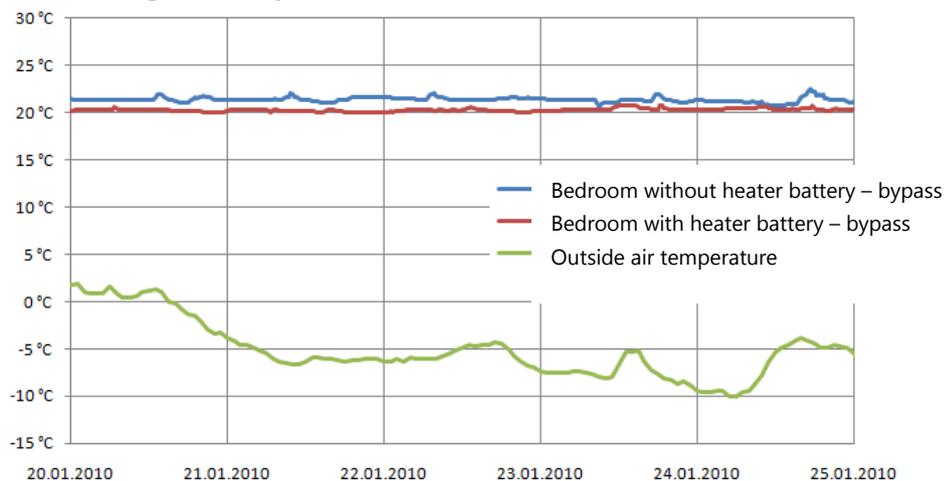


Figure 1: temporal course of the room temperature of 2 bedrooms [Schöberl & Pöll GmbH]

In the survey the residents were also asked about their satisfaction with the room temperature outside the living room. The result was that 90 % were satisfied with the room temperature regardless whether they had they had room-by-room temperature differentiation or not. 52,2 % of residents without and 14,3 % of residents with room-by-room temperature differentiation still used manual ventilation by leaving the windows open constantly to achieve the desired room temperature. Throughout the course of the survey residents of 30 out of the 39 flats have participated (77 % range).

The energy savings achieved by a reduction in the bedroom when using the bypass are small. When using manual ventilation, where windows are generally closed, when the

temperature drops below 20°C, the heat energy demand for the flat itself and the adjacent flats rises by 9 %.

Since 52,2 % of residents without temperature differentiation on a room-by-room basis use constant manual ventilation in the bedrooms, the heat energy demand for the entire building rises by 4,7 %, if none of the residents have temperature control on a room-by-room basis.

Since 14,3 % of the residents surveyed, who have temperature control on a room-by-room basis, use constant ventilation in the bedrooms, the heat energy demand for the entire building rises by 1,3 %, if all residents have temperature control on a room-by-room basis.

Outfitting the whole passive house with room-by-room temperature control or flat-by-flat temperature control therefore results in a difference in heat energy demand of 3,4 %.

The cost for a heater battery - bypass with fresh air box including installation is about 700 Euro per room.

Out of those facts the results can be summarized as follows:

Energy wise the room-by-room temperature differentiation has an adverse cost-benefit ratio. The room-by-room temperature differentiation should not be standard equipment but should only be installed on special request.

Since the investigations were done on a passive house heated by a supply air system, it would be advisable to do further investigation on a passive house heated by radiators room-by-room, where data about both the frequency of the manual ventilation as well as the frequency of radiators being turned on or off is recorded.

1 Projektbeschreibung

1.1 Aufgabenstellung

Im Passivhaus Utendorfgasse [1] wurden je nach Wunsch der BewohnerInnen in festgelegten Wohnräumen Heizregister-Bypässe installiert, um den BewohnerInnen mehr Möglichkeit zur Steuerung der Temperatur in einzelnen Räumen zu geben. Um die Wirkungsweise der installierten Anlage und ihren Einfluß auf den Energieverbrauch zu untersuchen, hat dieses Projekt zum Ziel, Antworten auf folgende zwei Fragen zu finden:

- Wird die raumweise Temperaturdifferenzierung d.h. Bypass um das Heizregister genutzt?
- Wie groß ist die Einsparung?

1.2 Motivation

Zahlreiche Studien, wie sie auch auf den Internationalen Passivhaus Tagungen präsentiert wurden, zeigen, dass die BewohnerInnen von Passivhäusern niedrigere Temperaturen in Schlafzimmern wünschen als in anderen Wohnräumen (siehe z.B. [2] oder [3]). Diese raumweise Temperaturdifferenzierung innerhalb einer Wohnung kann auf mehrere Weisen erfolgen. Eine Variante sind Einzelradiatoren, die in den jeweiligen Räumen platziert werden und diese individuell beheizen. Nach demselben Prinzip funktioniert eine andere Variante, wo strangweise Heizregister für jeden Raum installiert werden. Der Aufwand und die Kosten sind jedoch entsprechend hoch. Die Regulierung der Temperatur mittels Fensterlüftung oder einer Bypassklappe (warm/kalt) ist nicht nur energetisch ungünstig, sondern kann unkontrollierte Einflüsse auf die Lüftungsanlage haben. Außerdem ermöglicht es nur zwei Temperaturen – warm oder kalt. Eine Lösung besteht in der Verwendung von Mischluftboxen, welche im Lüftungsnetz der Wohnung vor dem Schlafzimmer angeordnet werden. Mit dieser Lösung können über ein Raumthermostat in jeweiligen Räumen mittels einer Klappe nachgeheizte und nicht nachgeheizte Zuluft gemischt werden. Diese Lösung wurde bei der Passivhaus-Wohnanlage Utendorfgasse umgesetzt.

Die meisten zuluftbeheizten Passivhäuser sind aus wirtschaftlichen Gründen nur mit einem Nachheizregister pro Wohnung ausgestattet. Eine raumweise Temperaturdifferenzierung ist somit nur über das Öffnen von Fenstern möglich. Die Nutzung von mehreren Nachheizregistern für mehrere Zimmer wäre nicht besonders wirtschaftlich, da jedes einzelne Nachheizregister mit Kosten und Platzeinbußen verbunden ist. Aus diesen Gründen wurde beim Passivhaus Utendorfgasse das oben genannte Bypass-System gewählt, um den BewohnerInnen, welche daran Interesse zeigen, den Wunsch nach raumweiser Temperaturregelung zu ermöglichen.

1.3 Inhalte und Zielsetzungen

Im Rahmen dieses Projektes wird der Einfluß der raumweisen Temperaturdifferenzierung beim konkreten Anwendungsfall (Heizregister-Bypass + Mischluftbox) auf die Raumtemperaturen und den Energiebedarf untersucht. Dazu muss zuerst ein validiertes virtuelles Gebäudemodell geschaffen werden. Um dies zu erreichen, werden zeitintensive Messungen an untersuchten Objekten (Passivhaus Utendorfgasse + Passivhaus Kammweg) notwendig. Dadurch kann ein physikalisch sehr präzises virtuelles Gebäudemodell, insbesondere bezüglich der Fensterlüftung, erstellt werden. Danach können komplexe Zusammenhänge und weitere detaillierte Untersuchungen bezüglich der raumweisen Temperaturdifferenzierung und ihrem Einfluß auf die Energieeinsparung sowie die Raumtemperaturen durchgeführt werden.

1.4 Methodische Vorgehensweise

Das Forschungsprojekt gliedert sich in insgesamt sieben Arbeitspakete, die nachfolgend kurz beschrieben werden:

Arbeitspaket 0:

Befragung aller MieterInnen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung und einer gleichen Anzahl an MieterInnen ohne raumweiser Temperaturdifferenzierung hinsichtlich Fensteröffnungsverhalten und Zufriedenheit mit dem Raumklima.

Arbeitspaket 1:

Messung der Luftströmung zwischen den einzelnen Räumen mit offenen/geschlossenen Zimmertüren bzw. durch geöffnete/gekippte Fenster in zwei Wohneinheiten bei verschiedenen Witterungszuständen. Die Messung der Luftströmung erfolgt durch kontinuierliche Messung der Ausbreitung eines Tracergases.

Arbeitspaket 2:

Kalibrierung des virtuellen Gebäudemodells zur Abbildung der realen Strömungsverhältnisse.

Arbeitspaket 3:

Detaillierte Vermessung zweier Wohneinheiten mit unterschiedlichen Grundrissen unter kontrolliertem BenutzerInnenverhalten zur Validierung des virtuellen Gebäudemodells

- Operative Raumtemperaturen, Raumluftfeuchte, Fensterstellung
- Zulufttemperaturen, Temperatur vor und nach dem Heizregister
- Zuluftmenge
- Wärmezufuhr zum Heizregister (Wärmemengenzähler)
- Ablufttemperaturen der benachbarten Wohneinheiten

Arbeitspaket 4:

Validierung des am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz der TU Wien entwickelten virtuellen Gebäudemodells durch Vergleich der berechneten und gemessenen Parameter.

Arbeitspaket 5:

Messung der Raumtemperaturen und der Raumluftfeuchte im Schlafzimmer in 3 Wohneinheiten mit und 3 Wohneinheiten ohne Einzelraumregelung über den Zeitraum eines Jahres und Befragung der BewohnerInnen hinsichtlich der Zufriedenheit mit den erzielten Raumklimazuständen → Ermittlung des gewünschten Klimas.

Arbeitspaket 6:

Ermittlung der Auswirkung der Einzelraumregelung auf den Heizwärmebedarf und das Raumklima durch Simulation mit dem validierten virtuellen Gebäude.

- Szenario 1: keine Einzelraumregelung – kein Fensteröffnen
- Szenario 2: Einzelraumregelung – kein Fensteröffnen
- Szenario 3: Einzelraumregelung – Fensteröffnen
- Szenario 4: Einzelraumregelung – Fensteröffnen mit Temperaturbegrenzung

2 Datenerhebung und -analyse

2.1 BewohnerInnenumfrage

Die Telefonerhebung konnte mit einer Reichweite von 77 %, also 30 Befragten aus insgesamt 39 Wohneinheiten, erfolgreich abgeschlossen werden. Von den nicht Befragten wurden 4 Zielpersonen dreimal erfolglos angerufen, waren also nicht erreichbar, bei 4 Zielpersonen hatte sich die Telefonnummer geändert und eine Zielperson verweigerte das Interview. Eine Reichweite oder Ausschöpfung von 77 %, also zu über drei Viertel, kann bei einer Gebäudeevaluation als sehr gut bezeichnet werden. Die beiden Gebäude der Passivhausanlage Utendorfgasse haben 39 Wohneinheiten, die auf drei Stiegen zu je 13 Wohneinheiten aufgeteilt sind. Die interviewten Wohneinheiten verteilen sich folgendermaßen:

- Stiege 1 – 8 Interviews (5 Männer, 3 Frauen), 5 unerreichbar
- Stiege 2 – 12 Interviews (9 Männer, 3 Frauen), 1 verweigert
- Stiege 3 – 10 Interviews (4 Männer, 6 Frauen), 3 unerreichbar

Aus jeder telefonisch kontaktierten Wohneinheit wurde bei Melden eines Teilnehmers der oder die jeweils Abhebende interviewt. Von den 30 Interviews wurden 18 (60 %) mit Männern und 12 (40 %) mit Frauen durchgeführt.

Die Umfrage wurde in Übereinstimmung mit den Datenschutzbestimmungen und dem ESOMAR-Ethikcodex anonymisiert. Die befragten BewohnerInnen wurden über den Zweck dieser Befragung aufgeklärt.

Fragenkatalog:

- **T0.** Hat Ihre Wohnung eine raumweise Temperaturregelung? ja / nein / weiß nicht
Welche Räume haben so eine Regelung? SchlafZi / KinderZi / ArbeitsZi /
- **T1a.** Haben Sie sich die Raumtemperatur im SchlafZi anders [als WohnZi] eingestellt? ja / nein
tiefer / gleich / höher als im WohnZi? Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein
- **T1b.** Haben Sie sich die Raumtemperatur im KinderZi anders eingestellt? ja / nein
tiefer / gleich / höher als im WohnZi? Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein
- **T1c.** Haben Sie sich die Raumtemperatur im ArbeitsZi anders eingestellt? ja / nein
tiefer / gleich / höher als im WohnZi? Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein

- alle **T2a**. Sind Sie mit der Raumtemperatur im SchlafZi/KinderZi/ArbeitsZi zufrieden?
ja, sehr / ja, schon / nein – wenn nein, warum? Welche Probleme gibt es?
Was hätten Sie sich anders vorgestellt?
- **T2b**. Hat sich der Sonderwunsch „raumweise Temperaturregelung“ für Sie ausgezahlt? ja / nein – warum?
- alle **T3**. Öffnen Sie zur Temperaturregelung auch Fenster der Wohnung? ja / nein
In welchem Raum? Stoßlüftung? WohnZi - Immer wieder / manchmal / gar nicht?
 - SchlafZi - Immer wieder / manchmal / gar nicht?
 - KinderZi - Immer wieder / manchmal / gar nicht?
 - ArbeitsZi - Immer wieder / manchmal / gar nicht?

Ergebnisse der Befragung:

T0

Hat Ihre Wohnung eine raumweise Temperaturregelung?

Welche Räume haben so eine Regelung?

- Von 30 Befragten gaben 7 eine raumweise Temperaturregelung an. Das sind um zwei Wohneinheiten weniger als auf der dem Evaluator vorliegenden Liste. Die möglicherweise „verleugnenden“ Bewohner wurden nicht weiter konfrontiert. Umgekehrt kam es einige Male vor, dass unter „raumweiser Regelung“ zuerst die Regelung im Wohnzimmer verstanden wurde, also die Frage fälschlich bejaht wurde. Der Irrtum stellte sich beim Nachfragen (wo noch?) rasch heraus. 23 (77 %), also die große Mehrheit, hatte keine raumweise Temperaturregelung.

T1a.

Haben Sie sich die Raumtemperatur im Schlafzimmer anders als im Wohnzimmer eingestellt?

Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein?

T1b.

Haben Sie sich die Raumtemperatur im Kinderzimmer anders als im Wohnzimmer eingestellt?

Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein?

T1c.

Haben Sie sich die Raumtemperatur im Arbeitszimmer anders als im Wohnzimmer eingestellt?

Stellen Sie: immer wieder / manchmal / gar nicht ein?

- Wenig überraschend wurde die Raumtemperatur von Schlafzimmern bei raumweiser Temperaturregelung jeweils tiefer eingestellt. Die Regelung war allerdings (siehe T2a) stark von der allgemeinen Funktionsfähigkeit der Anlage und weniger von Feinregulation abhängig.

alle T2a.

Sind Sie mit der Raumtemperatur im Schlafzimmer/Kinderzimmer/Arbeitszimmer zufrieden?

Welche Probleme gibt es?

Was hätten Sie sich anders vorgestellt?

- Ihre Zufriedenheit mit der Temperatur in Wohnräumen außerhalb des Wohnzimmers gaben
13 (45 %) mit „ja, sehr“,
13 (45 %) mit „ja, schon“ und
(10 %) mit „nein“ an.

Eine Person äußerte keine Bewertung.

Von 30 Befragten äußerten 16 (53 %) keine Probleme, aber 14 (47 %) schon. Die jeweiligen Probleme mit der Anlage waren wie folgt verteilt: In 8 (total 27 %), also 57 % der Problemfälle, produzierte die Anlage aus Sicht der BewohnerInnen zu hohe Temperaturen, in 6 (total 20 %), also 43 % der Problemfälle, zu niedrige. 8 Personen (total 27 %) waren der Meinung, die Anlage – ob raumweise oder nicht – wäre nicht regulierbar.

T2b.

Hat sich der Sonderwunsch „raumweise Temperaturregelung“ für Sie ausgezahlt?

- Von den 7 Befragten, die eine raumweise Temperaturregelung in ihrer Wohnung angaben (möglicherweise um zwei Wohneinheiten zuwenig), äußerten sich 5 (71 %) positiv und 2 (29 %) negativ.

alle T3.

Öffnen Sie zur Temperaturregelung auch Fenster der Wohnung?

In welchem Raum?

Stoßlüftung?

Wohnzimmer/Schlafzimmer/Kinderzimmer/Arbeitszimmer - Immer wieder / manchmal / gar nicht?

- Obwohl die Frage wegen ihrer Formulierung „Temperaturregelung“ teilweise Anstoß erregte („nein, sondern zur Lüftung“), stimmten ihr 26 (87 %) zu – „ja“, 4 (13 %) meinten „nein“, allerdings 3 einschränkend „eher/meist nein“. Stolze 12 (40 %) der Befragten gaben offen Dauerlüften, vor allem im Wohnzimmer und nachts im Schlafzimmer (gekipptes Fenster) zu. Interessant ist der Vergleich mit Frage T2a, der Zufriedenheit mit dem Temperaturniveau. 5 der 12 Dauerlüfter fanden in T2a die Nebenräume zu heiß, nur einer zu kalt. Weitere 4 sprachen dezidiert von Dauerlüftung nachts, davon 3 im Schlafzimmer.
- Dauer/Spaltlüften im Schlafzimmer mit raumweiser Temperaturregelung
1 von 7 =14,3 %.
- Dauer/Spaltlüften im Schlafzimmer ohne raumweiser Temperaturregelung
12 von 23 =52,2 %.

2.2 Raumklimatische Messungen

2.2.1 Messaufbau

Bei den durchgeführten raumklimatischen Messungen wurde das tatsächliche Raumklima unter realer Nutzung erfasst. Bei den Messungen wurden die operativen Raumtemperaturen, die Raumluftfeuchtigkeit und die Fensterstellung erfasst. Um den Einfluss der kontrollierten Wohnraumlüftungen zu erfassen wurden die Luftzustände (d.h. Temperatur und Luftfeuchtigkeit) in der Zuluft gemessen. Damit die Messwerte nicht durch ein mögliches geändertes Verhalten der NutzerInnen nach dem Einbau der Messsensoren verfälscht werden, wurden die Sensoren einige Monate vor den relevanten Messungen eingebaut. So konnten sich die NutzerInnen an die Präsenz der Sensoren gewöhnen und zum gewohnten BenutzerInnenverhalten zurückkehren.

Für die Messungen wurden folgende Sensoren verwendet: (siehe Abbildung 2)

- RTR-53 (T&D Corporation, Japan) - Temperatur und Luftfeuchtigkeit
- RVR-52 (T&D Corporation, Japan) - Spannung
- „Reed“-Kontaktfühler (Fenster - offen/geschlossen)

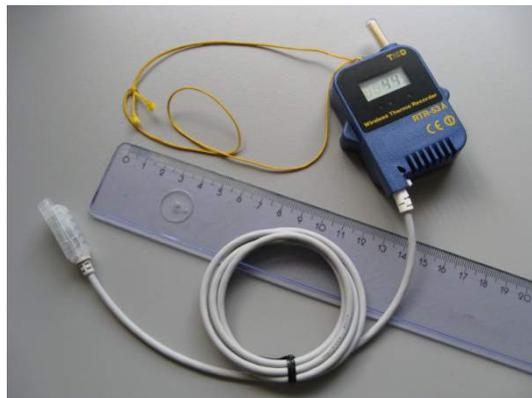


Abbildung 2: Für die Messungen verwendeter Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor als auch Datenlogger RTR-53 (T&D Corporation). [TU Wien, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz]

2.2.2 Messungen des raumweisen Temperaturverhaltens beim Passivhaus Utendorfasse

Es wurden in insgesamt 4 Wohnungen im Passivhaus Utendorfasse Messungen durchgeführt. Von diesen waren 3 Wohnungen mit raumweiser Temperaturregelung ausgestattet. Eine der 4 Wohnungen (ersichtlich in Abbildung 3) verfügte nicht über raumweise Temperaturregelung.

Die raumweise Temperaturregelung erfolgt im Passivhaus Utendorfasse mittels Heizregister-Bypass und sogenannten „Mischboxen“. In den sonstigen Wohnungen wird die Zuluft durch ein Heizregister erwärmt und durch Luftleitungen in die

Aufenthaltsräume verteilt. Die Idee der Einzelraumregelung mittels Heizregister-Bypass und „Mischboxen“ besteht darin, die Zuluft eines Raumes durch Mischung der nachgeheizten Zuluft (z.B. mit 50 °C) und der nicht nachgeheizten Zuluft (zwischen 17 °C und 50 °C) einzustellen. Das Mischungsverhältnis wird durch einen Raumtemperaturfühler geregelt. Das Regelgerät steuert aufgrund der Raumtemperatur das Mischungsverhältnis der beiden Zuluftströme. Das Anlagenschema ist in Abbildung 3 dargestellt.

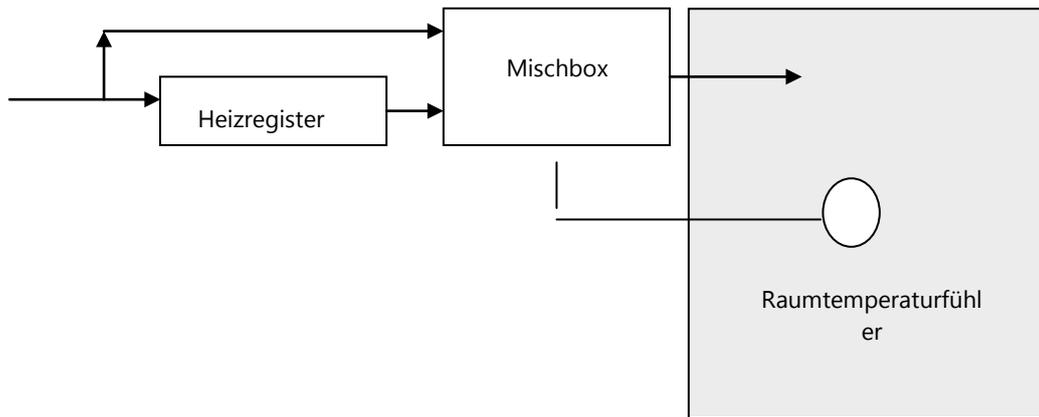


Abbildung 3: Schema der raumweisen Temperaturregelung beim Passivhaus Utendorfsgasse. [Schöberl & Pöll GmbH]

In den Abbildung 4 bis Abbildung 7 sind die Sensorpositionen in den Messwohnungen im Passivhaus Utendorfsgasse zu sehen.

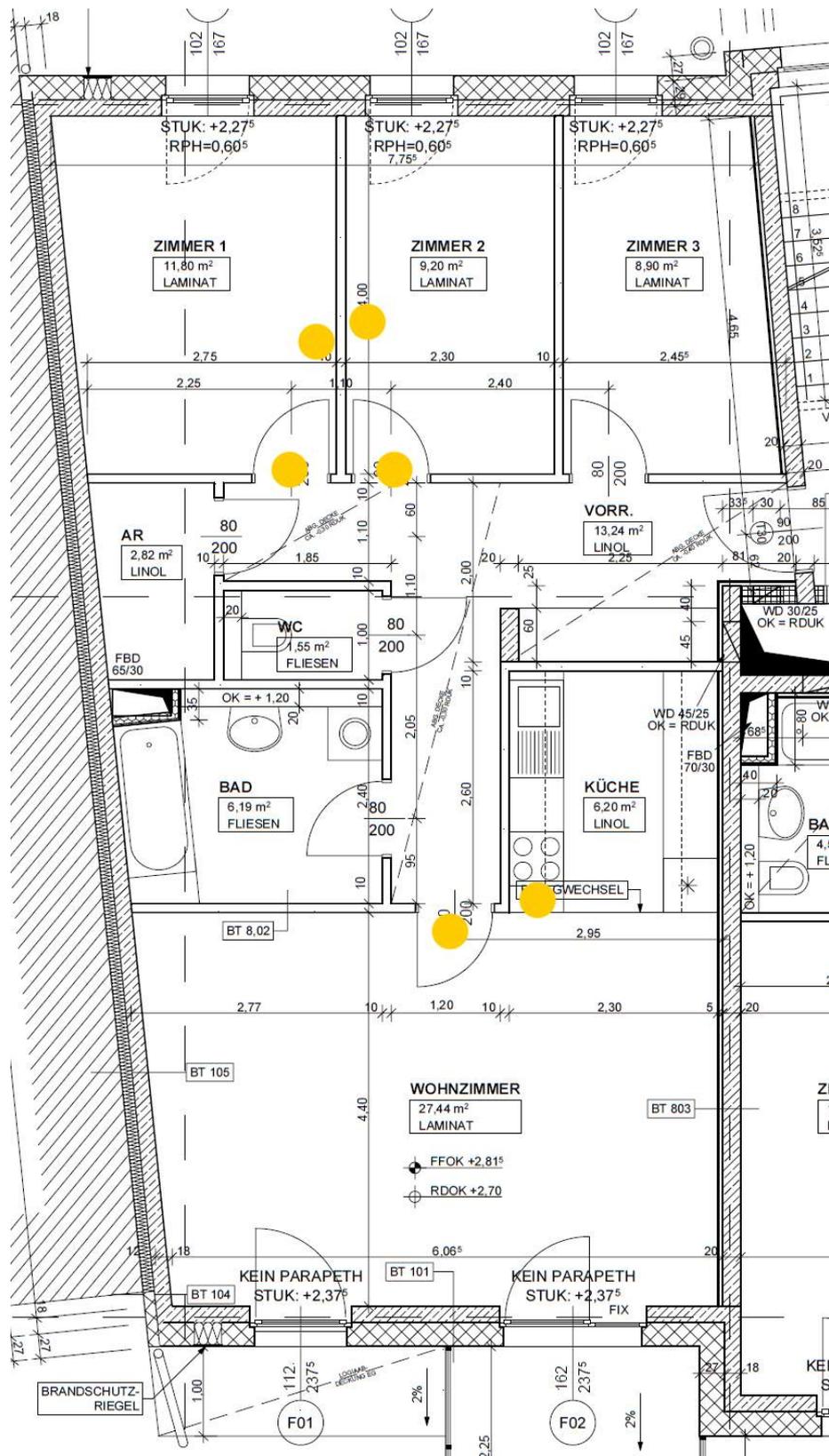


Abbildung 4: Positionen der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren mit den zugehörigen Datenloggern sind als gelbe Kreise dargestellt. Positionen über den Zimmertüren stehen für Sensorpositionen in den Zuluftauslässen. Norden ist oben. [Schöberl & Pöll GmbH, TU Wien]

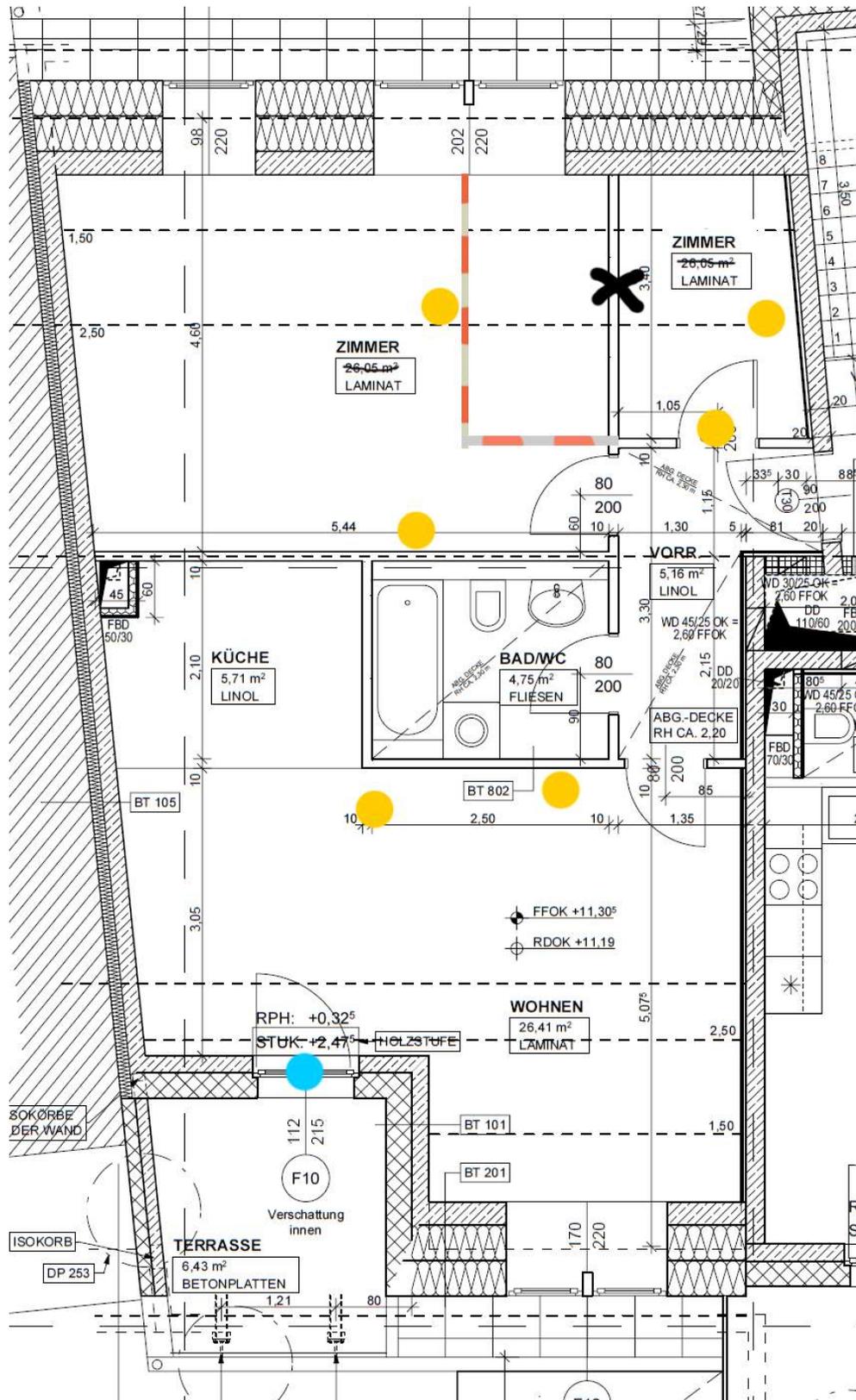


Abbildung 5: Positionen der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren mit den zugehörigen Datenloggern sind als gelbe Kreise dargestellt. Positionen über den Zimmertüren stehen für Sensorpositionen in den Zuluftauslässen. Die Fensteröffnungskontakte mit zugehörigen Spannungssensoren und Datenloggern sind als blaue Kreise dargestellt. Norden ist oben. [Schöberl & Pöll GmbH, TU Wien]

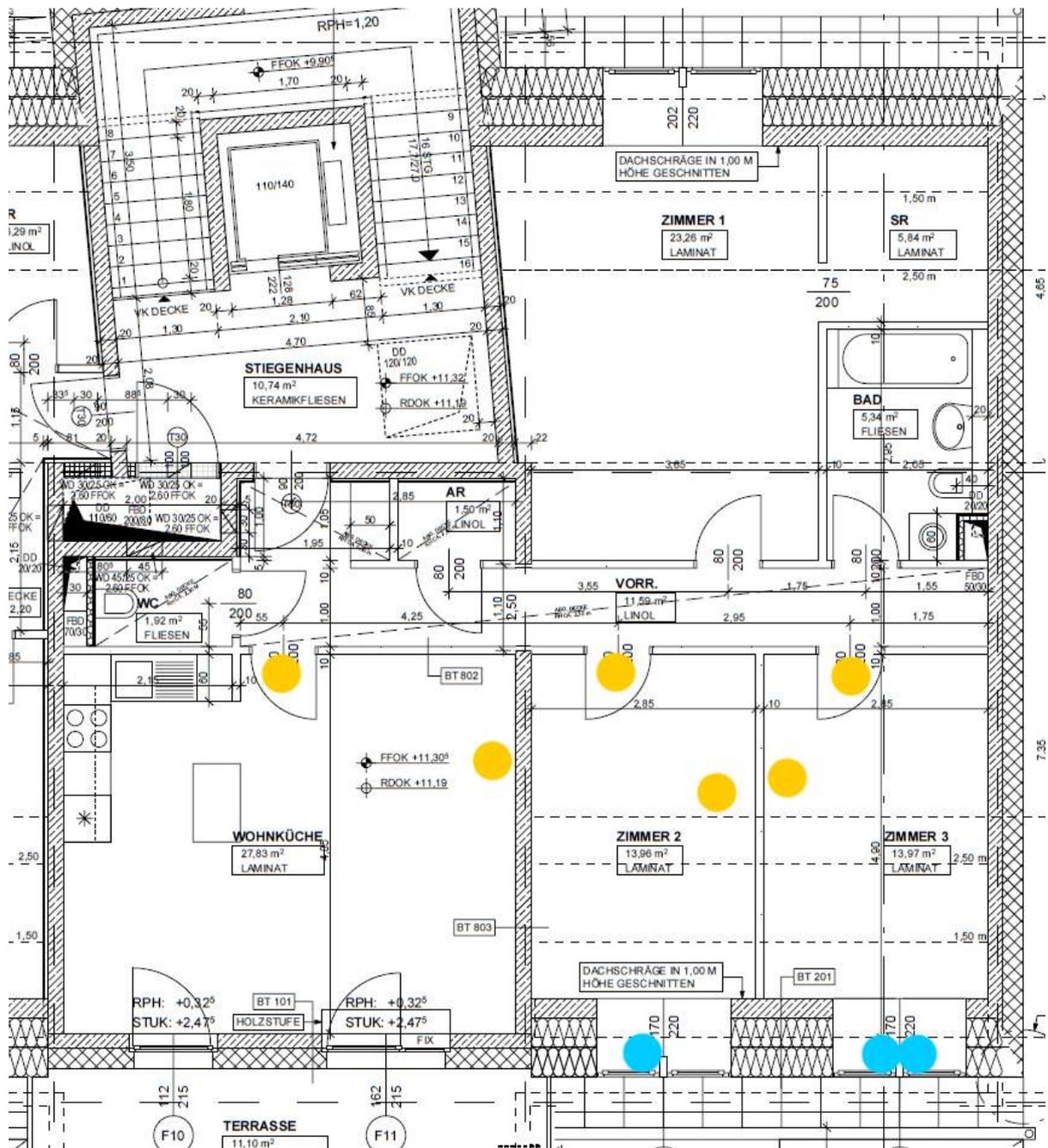


Abbildung 6: Positionen der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren mit den zugehörigen Datenloggern sind als gelbe Kreise dargestellt. Positionen über den Zimmertüren stehen für Sensorenpositionen in den Zuluftauslässen. Die Fensteröffnungskontakte mit zugehörigen Spannungssensoren und Datenloggern sind als blaue Kreise dargestellt. Norden ist oben. [Schöberl & Pöll GmbH, TU Wien]

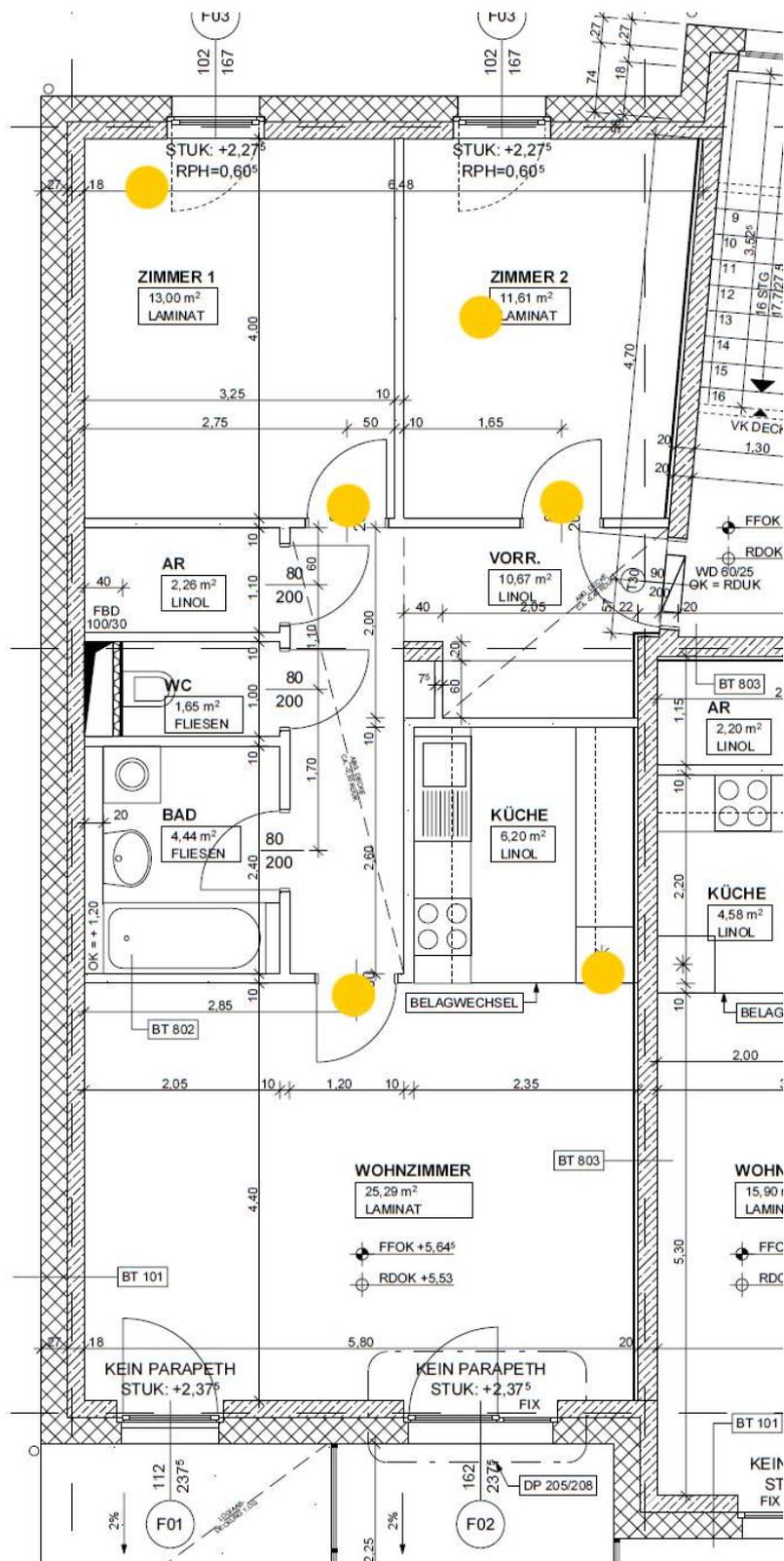


Abbildung 7: Positionen der Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensoren mit den zugehörigen Datenloggern sind als gelbe Kreise dargestellt. Positionen über den Zimmertüren stehen für Sensorpositionen in den Zuluftauslässen. Norden ist oben. [Schöberl & Pöll GmbH, TU Wien]

2.2.2.1 Fensterlüftungsverhalten

Die BewohnerInnen der Wohnungen, in denen Messungen durchgeführt wurden, im Passivhaus Utendorfgasse wurden zusätzlich bezüglich deren Fensterlüftungsverhaltens befragt. Allgemein ist von einem unregelmäßigen Lüften durch Fensterkippen auszugehen. Lediglich in einer Wohnung wird versucht, regelmäßig durch das Kippen von Dachflächenfenstern im Schlafzimmer und Kinderzimmer zu lüften. Im Winter wird sporadisch gelüftet, hauptsächlich in den Kinder- und Schlafzimmern durch kurzzeitiges Öffnen der Fenster. In der Wohnküche wird im Winter nur gelegentlich gelüftet. Im Sommer werden die Fenster auf der Nordseite tags- als auch nachtsüber öfters (manchmal auch ganztags) geöffnet. Auch die Terrassentür in der Wohnküche wird vermehrt im Sommer untertags geöffnet.

Der Grund für das lange Öffnen der Fenster im Sommer auf der Nordseite ist nur bedingt auf die starke Lärmbelastung der Südfassade durch die angrenzende Bahn zurückzuführen. Die BewohnerInnen öffnen die Nordfenster, da sie glauben, dass die Außenluft auf der Nordseite kühler ist als auf der Südseite.

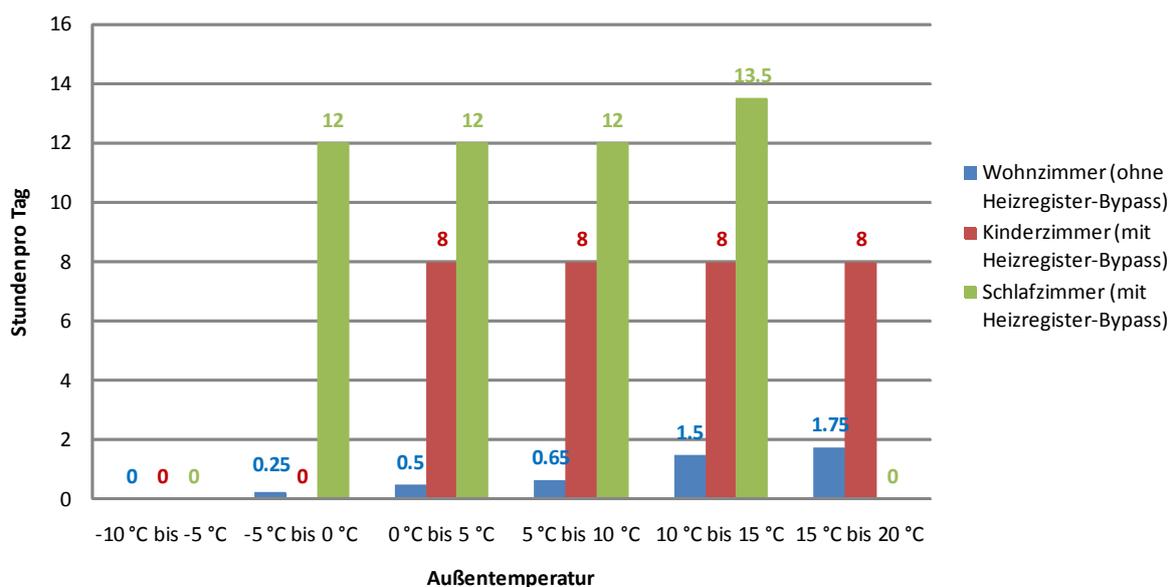


Abbildung 8: Auswertung der gemessenen täglichen Fensteröffnungsdauer in Abhängigkeit der Außentemperatur. [Schöberl & Pöll GmbH]

In Abbildung 8 ist die tatsächlich gemessene tägliche Fensteröffnungsdauer im Winter (November bis Februar) in Abhängigkeit von der Außentemperatur zu sehen. Anhand der Werte für Kinder- und Schlafzimmer (selbe Wohnung) ist ein regelmäßiges Fensterlüftungsverhalten zu beobachten. Das Fensterlüftungsverhalten im untersuchten Wohnzimmer in einer Wohnung ohne Heizregister-Bypass ist stark an die Außentemperatur gebunden. Die Dauer der Fensterlüftung steigt mit steigender Außentemperatur.

2.2.2.2 Raumverhalten

In Abbildung 9 ist die Summenhäufigkeit der gemessenen Raumtemperatur in einer Wohnung mit und einer ohne Bypass dargestellt. Ohne Bypass wurde eine etwas höhere Raumtemperatur gemessen.

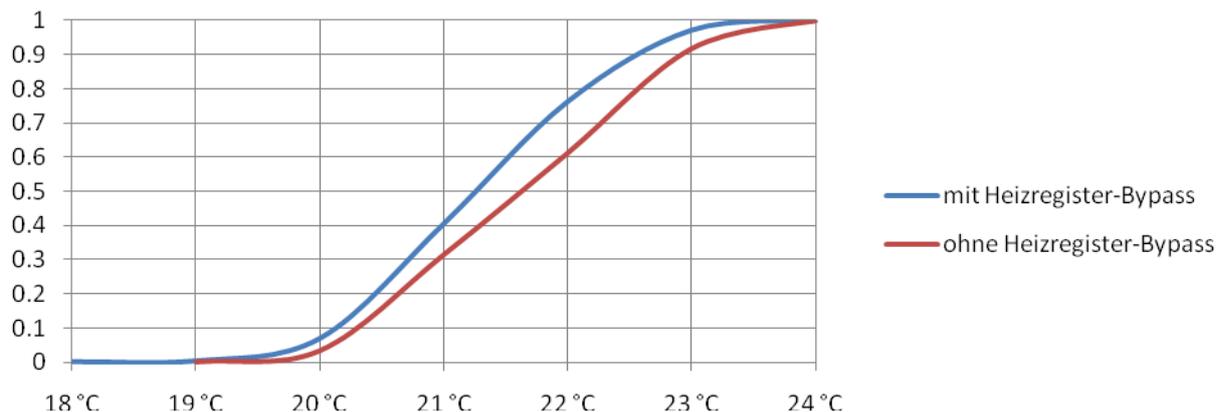


Abbildung 9: Summenhäufigkeit der mittleren Raumtemperatur in der Nacht (22:00 – 06:00) in untersuchten Schlafzimmern im Zeitraum von November 2009 bis Februar 2010. [Schöberl & Pöll GmbH]

In den Abbildungen 10, 11 und 12 ist ein direkter Vergleich eines Schlafzimmers mit und ohne Bypass dargestellt. Erkennbar ist, daß beide Räume in dieser Phase nicht über Fenster gelüftet wurden und sich im Schlafzimmer ohne Bypass eine um 1 Kelvin höhere Temperatur einstellt.

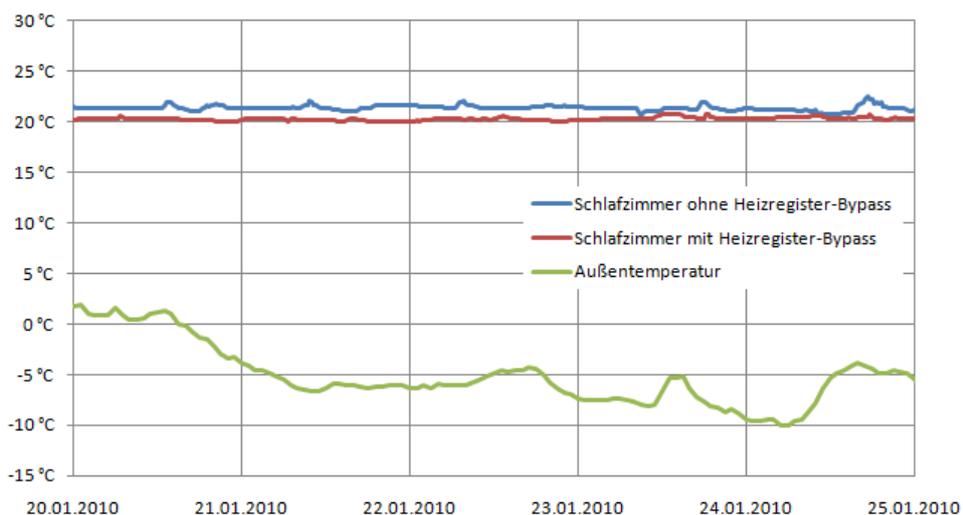


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen von 2 Schlafzimmern – mit und ohne Heizregister-Bypass. Zum Vergleich mit der Außentemperatur. [Schöberl & Pöll GmbH]

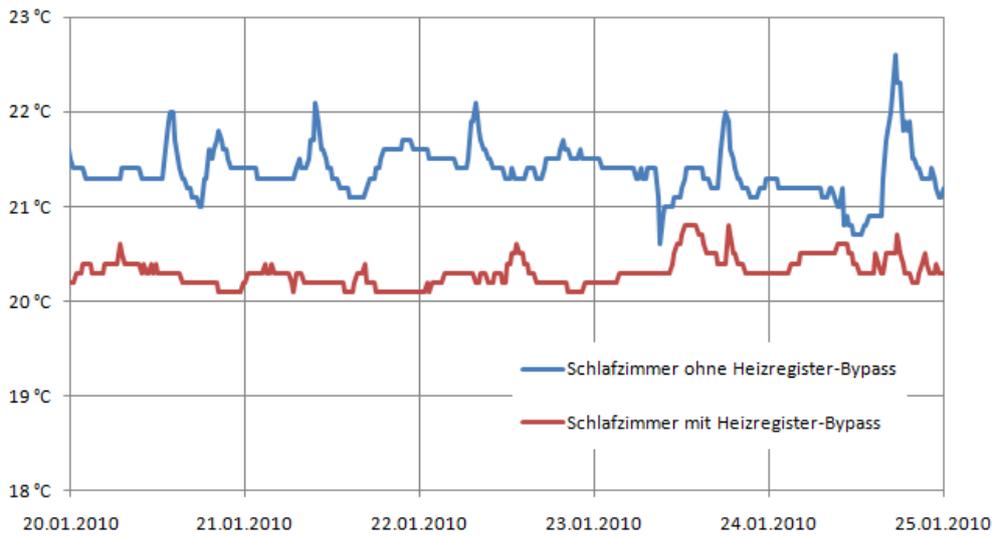


Abbildung 11: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen von 2 Schlafzimmern – mit und ohne Heizregister-Bypass. [Schöberl & Pöll GmbH]

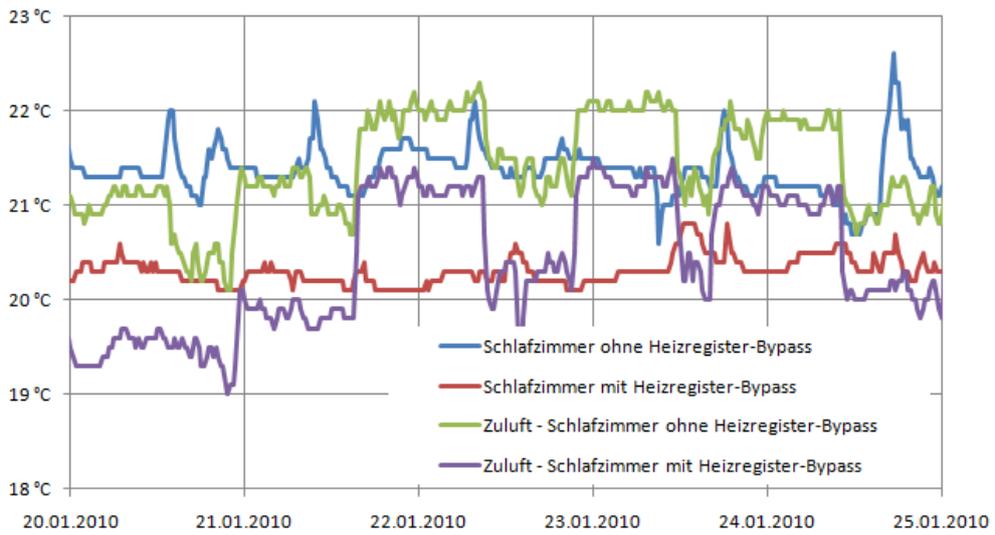


Abbildung 12: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen und Zuluft-Temperaturen von 2 Schlafzimmern – mit und ohne Heizregister-Bypass. [Schöberl & Pöll GmbH]

2.2.3 Detaillierte Messungen zur Validierung des virtuellen Gebäudemodelles

Im Passivhaus Kammelmweg 10 wurde zur Validierung des Simulationsmodells eine Vielzahl von Sensoren in eine Testwohnung eingebaut. Die durchgeführten Messungen sollten Aufschluss über die interzonale Strömung sowie über die Temperaturverläufe in unterschiedlichen Betriebszuständen geben.

Die Messung der interzonalen Strömung – auch mit der Außenzone – erfolgte mittels CO₂-Sensoren mit CO₂ als Tracergas, dessen Konzentrations-Abklingkurven infolge von Tracergasimpulsen in den Räumen ausgewertet wurden.

Im einfachsten Fall einer einzigen Zone 1, welche mit der Umgebung, der Zone 0 im Austausch steht, kann aufgrund der Massenerhaltung, mithilfe der Massenbilanz folgender Zusammenhang aufgeschrieben werden. Da für die folgenden Fälle die Dichte der Luft als konstant angenommen wird, kann statt der Massenbilanz die Volumsbilanz angeschrieben werden. Dabei stellt der Volumenstrom Q_{01} den Luftstrom von der Zone 0 in die Zone 1 (= Q_{10} von der Zone 1 in die Zone 0) dar. Wenn der Luftvolumenstrom auf das Luftvolumen der Zone bezogen wird, ergibt sich die Luftwechselzahl n .

$$V \cdot \dot{c}_1 = Q_{01} \cdot (c_0 - c_1) = n \cdot V \cdot (c_0 - c_1)$$

Q_{10}	Volumenstrom in m ³ /h
c_0, c_1	CO ₂ -Konzentrationen in kg/m ³
n	Luftwechselzahl in h ⁻¹
V	Raumvolumen der Zone 1 in m ³

Durch Messung des Zeitverlaufes der Innenkonzentration in Zone 1 kann der Luftaustausch mit der Außenzone 0 somit unter der Annahme einer konstanten Außenkonzentration gemessen werden.

Die Erweiterung dieses Modells auf 2 bis n Zonen, welche untereinander bzw. mit der Umgebung (Zone 0) im Austausch stehen, führt auf lineare Gleichungssysteme mit 2 bis n Gleichungen, deren Unbekannten die gesuchten interzonalen Volumenströme sind (siehe Abbildung 13).

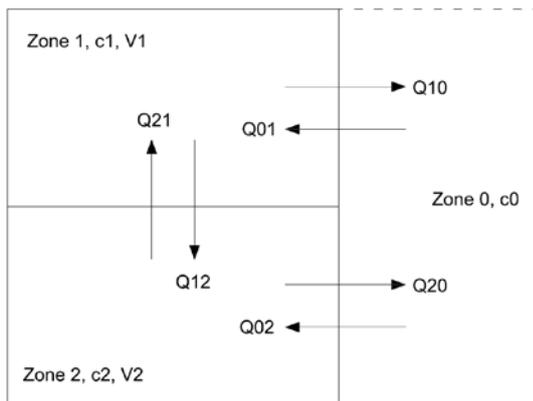


Abbildung 13: Prinzipielle Darstellung eines 2-Zonen-Modells, welches im Austausch mit der Umgebung steht. [TU Wien]

Die Bilanzgleichung des Tracergases für 2 Zonen und die Außenzone führt auf folgende drei Gleichungen.

$$V_0 \cdot \dot{c}_0 = -c_0 \cdot (Q_{01} + Q_{02}) + c_1 \cdot Q_{10} + c_2 \cdot Q_{20}$$

$$V_1 \cdot \dot{c}_1 = +c_0 \cdot Q_{01} - c_1 \cdot (Q_{10} + Q_{12}) + c_2 \cdot Q_{21}$$

$$V_2 \cdot \dot{c}_2 = +c_0 \cdot Q_{02} + c_1 \cdot Q_{12} - c_2 \cdot (Q_{20} + Q_{21})$$

Wobei aus der Luftmassenbilanz folgende Beziehungen abgeleitet werden können.

$$Q_{10} - Q_{01} + Q_{20} - Q_{02} = 0$$

$$Q_{01} - Q_{10} + Q_{21} - Q_{12} = 0$$

$$Q_{02} - Q_{20} + Q_{12} - Q_{21} = 0$$

In obigem System sind für das behandelte Zwei-Zonen-Modell (zuzüglich Umgebung) somit für jeden beliebigen Zeitpunkt t zwei lineare Gleichungen mit den Volumenströmen gegeben.

Bei der Berechnung der gesuchten Volumenströme aus den Messdaten können die beiden obigen Gleichungen bei stetigem Verlauf der Innenkonzentrationen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten t_1 und t_2 ausgewertet werden, wodurch sich die Anzahl der Gleichungen (4) mit der Anzahl der unbekanntes Volumenströme (4) deckt.

Im allgemeinen Fall von n Zonen erhöht sich die Anzahl der Gleichungen für den allgemeinen Fall auf n Gleichungen für den allgemeinen Zeitpunkt t und die Auswertung dieser Gleichungen hat für n Zeitpunkte zu erfolgen wodurch n^2 Gleichungen für n^2 unbekannte Volumenströme entstehen. Im praktischen Fall ist die Anzahl der Zonen, für

die die Volumenströme ausgewertet werden können, durch die Genauigkeit der zur Verfügung stehenden Messtechnik begrenzt.

Die Temperaturverläufe wurden über kalibrierte Widerstände (PT-100) gemessen. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt die Positionen der 20 CO₂ Sensoren (CO₂ 5000-1 bis CO₂ 5000-2, CO₂ 2000-1 bis CO₂ 2000-18) sowie der 9 PT-100 (PT 100-1 bis PT 100-6, PT 100-8 bis PT 100-10).

Folgende Situationen wurden ausgewertet:

- **Fall A:** 06.08.2008 bis 07.08.2008: dezentrale Lüftungsanlage ein, Stufe 2, Innere Lasten durch Heizmatten in
Wohnküche 420 W 8:00 – 18:00
Raum 1 210 W 22:00 – 6:00
Raum 2 210 W 22:00 – 6:00
alle Innentüren geschlossen.
Ziel dieser Auswertung ist die Messung des effektiven Luftwechsels in den drei Aufenthaltsräumen Wohnküche, Raum 1 und Raum 2, der ausschließlich auf den Betrieb der dezentralen, mechanischen Lüftungsanlage zurückzuführen ist.

- **Fall B:** 30.01.2009 bis 02.02.2009: dezentrale Lüftungsanlage aus, Lüftungsöffnungen abgeklebt, Raumthermostaten auf 22 °C, Innere Lasten durch Heizmatten in
Wohnküche 420 W 8:00 – 18:00
Raum 1 210 W 22:00 – 6:00
Raum 2 210 W 22:00 – 6:00
alle Innentüren offen.
Ziel dieser Auswertung ist die Messung des Infiltrationsluftwechsels der gesamten Wohnung, der auf die Undichtheiten in der Gebäudehülle und dem Wind sowie dem Temperaturgefälle Außenzone – Wohnung – Atrium als treibende Kräfte zurückzuführen ist.

- **Fall C:** 02.02.2009 bis 04.02.2009: dezentrale Lüftungsanlage aus, Lüftungsöffnungen abgeklebt, Raumthermostaten auf 22 °C, Innere Lasten durch Heizmatten in
Wohnküche 420 W 8:00 – 18:00
Raum 1 210 W 22:00 – 6:00
Raum 2 210 W 22:00 – 6:00
alle Innentüren geschlossen, Gehflügel Balkontür Raum 2 gekippt.

Die Positionierung der Sensoren ist in Abbildung 14 dargestellt.

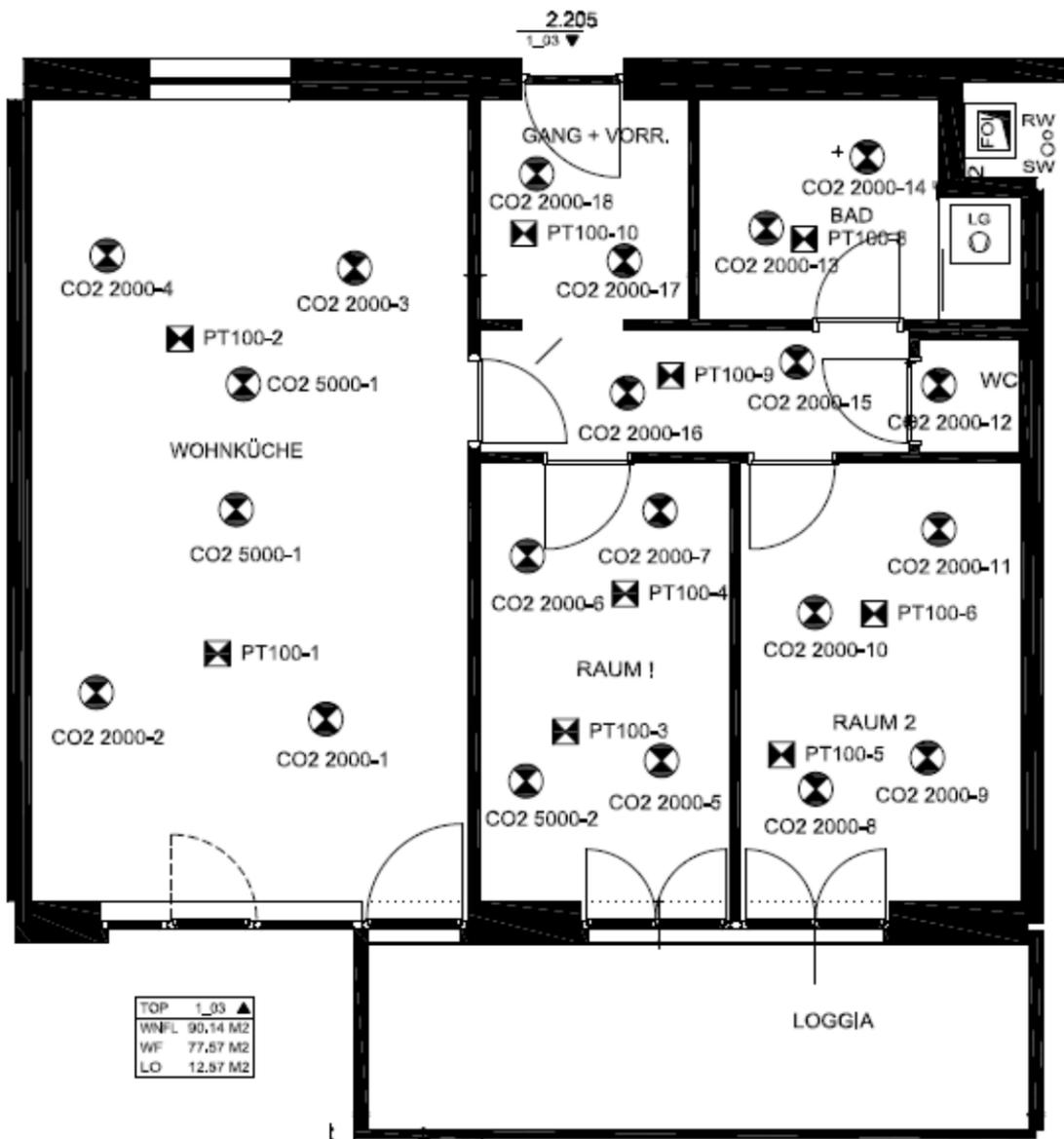


Abbildung 14: Positionen der CO₂- und Temperatursensoren zur Messung der interzonalen Strömung und des Temperaturverlaufes. [TU Wien]

Bei den vorgenannten Betriebszuständen A bis C wurden folgende Verläufe gemessen:

Fall A: mechanische Lüftung

Abbildung 15 zeigt den Verlauf der Innenkonzentrationen abzüglich der Außenkonzentration c_0

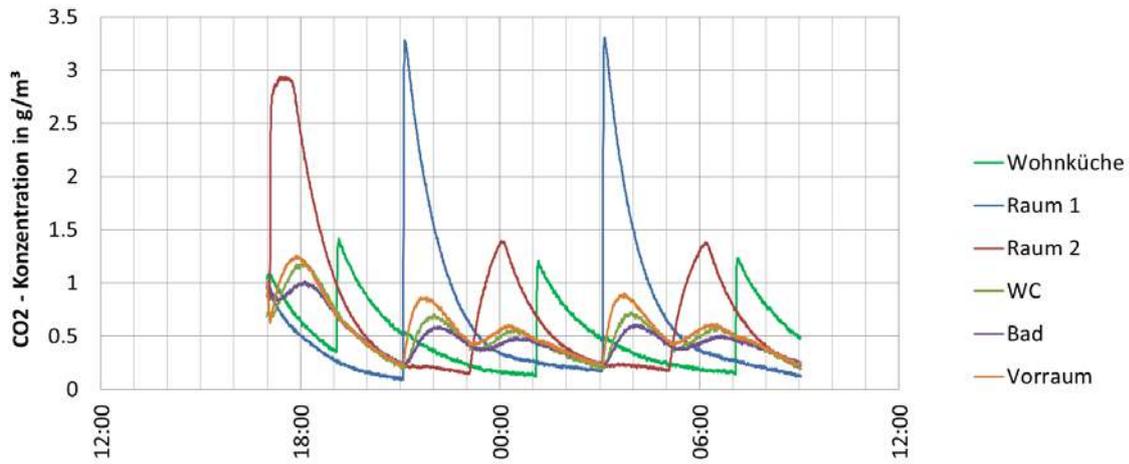


Abbildung 15: Verlauf der Innenkonzentrationen abzüglich der Außenkonzentration c_0 . [TU Wien]

Aus diesen Daten wurde ein effektiver Volumenstrom zwischen den Aufenthaltsräumen und der Außenzone (Zone 0), teilweise auf dem Übertragungsweg Raum – Wohnungsflur – Abluft, hervorgerufen durch die mechanische Lüftungsanlage, ermittelt (siehe Abbildung 16)

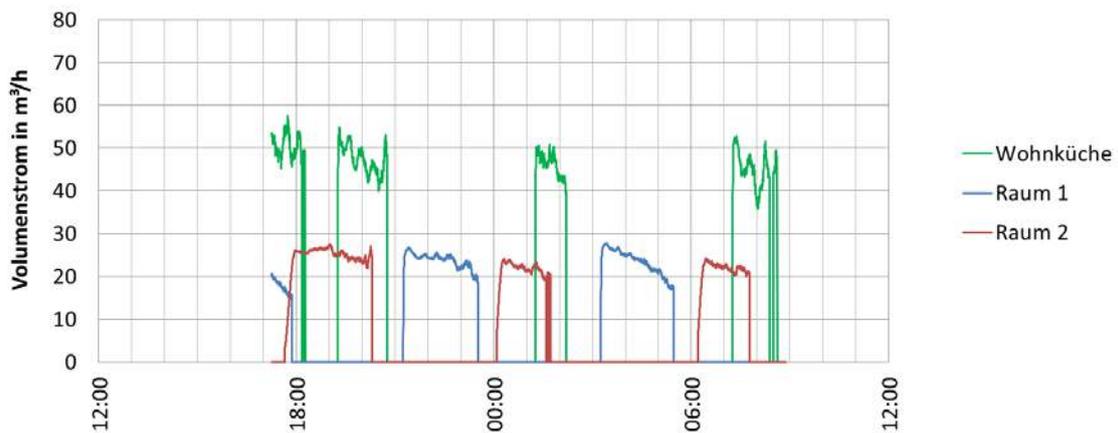


Abbildung 16: Frischluftvolumenstrom hervorgerufen durch die Lüftungsanlage. Die Darstellung enthält nur Messwerte, in denen der Messfehler klein genug ist. [TU Wien]

Fall B und Fall C

Abbildung 17 zeigt den Verlauf der Innenkonzentrationen abzüglich der Außenkonzentration c_0 im Zeitfenster, in welchem von Fall B (alle Türen offen, Wohnung als eine Zone) auf Fall C (sämtliche Innentüren geschlossen, Fenster Raum 1 gekippt) umgestellt wurde:

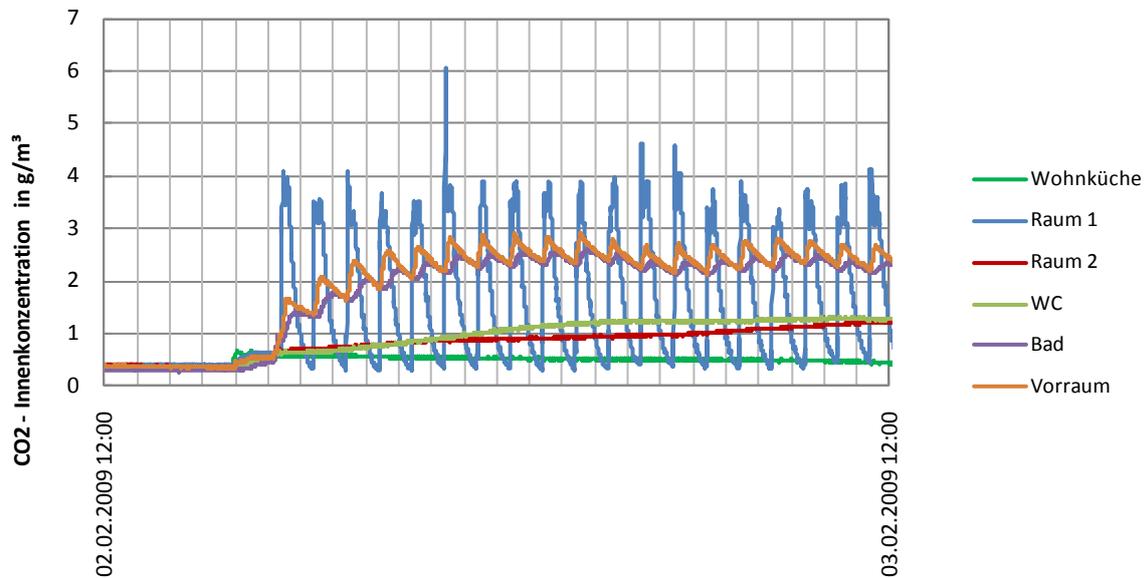


Abbildung 17: Verlauf der Innenkonzentrationen abzüglich der Außenkonzentration c_0 im Zeitfenster, in welchem von Fall B (alle Türen offen, Wohnung als eine Zone) auf Fall C (sämtliche Innentüren geschlossen, Fenster Raum 1 gekippt) umgestellt wurde. [TU Wien]

Aus obiger Darstellung ist ersichtlich, dass zum Zeitpunkt der Messungen für Fall C nur mehr in jenem Raum CO₂ emittiert wurde, in dem die Messung des Volumenstromes aufgrund des gekippten Fensters erfolgte. Die Periodendauer der CO₂-Emissionen wurde von 24 h auf 1 h umgestellt. Die beiden Zonen Bad und Vorraum schwingen mit. Die restlichen Zonen zeigen keine nennenswerte Abhängigkeit von Raum 1. Bad und Vorraum schwingen mit, da diese durch undichte Bauteile begrenzt werden.

Abbildung 18 zeigt den Verlauf der gemessenen Innen- und Außentemperaturen sowie den Öffnungszustand der Innentüren der Wohnung.

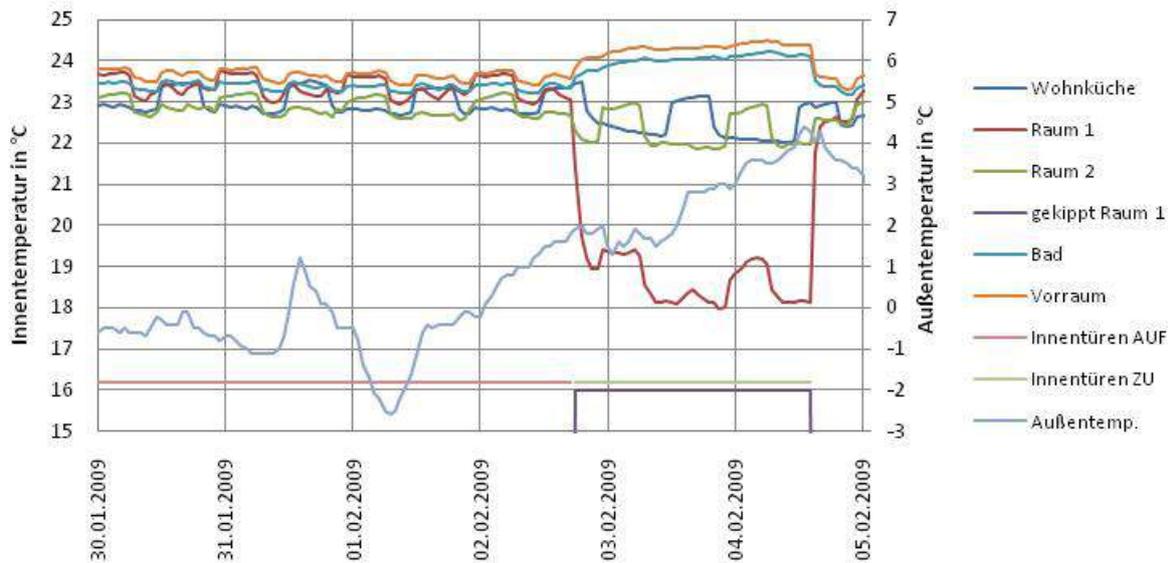


Abbildung 18: Verlauf der gemessenen Innen- und Außentemperaturen sowie der Öffnungszustand der Innentüren der Wohnung. [TU Wien]

Abbildung 19 zeigt die Auswertung des gemessenen Volumenstromes Q_{01} für den Fall B, wenn also sämtliche Innentüren geöffnet sind, die Wohnung als Einzelzone betrachtet werden kann und die Lüftungsanlage ausgeschaltet und abgeklebt ist.

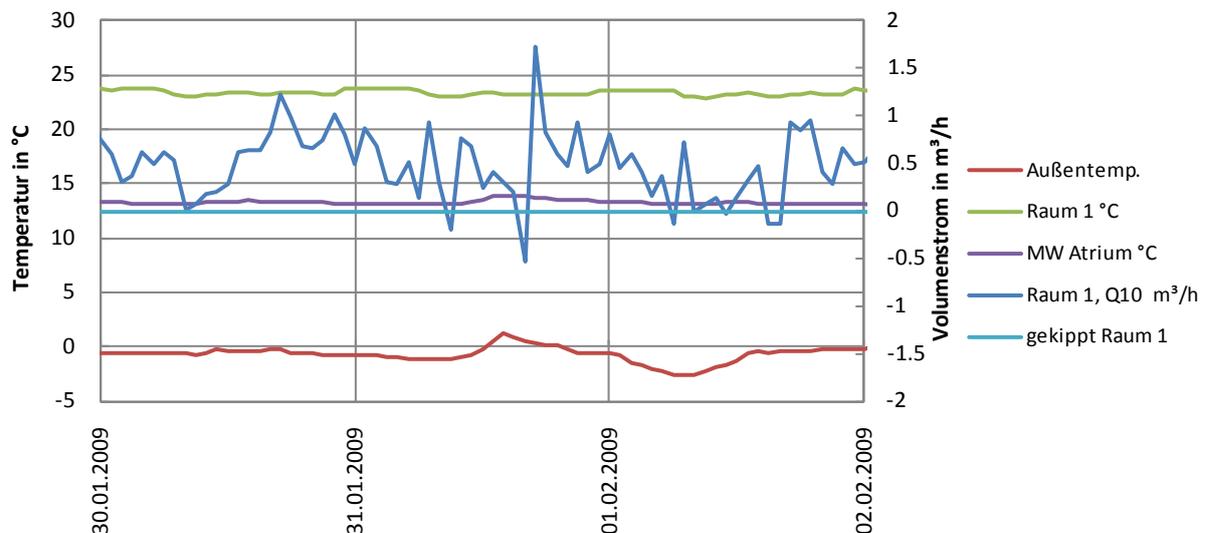


Abbildung 19: Auswertung des gemessenen Volumenstromes Q_{01} nur für den Fall B, wenn also sämtliche Innentüren geöffnet sind, die Wohnung als Einzelzone betrachtet werden kann und die Lüftungsanlage ausgeschaltet und abgeklebt ist. [TU Wien]

Abbildung 20 zeigt die Auswertung von Q_{01} für die Fälle B und C.

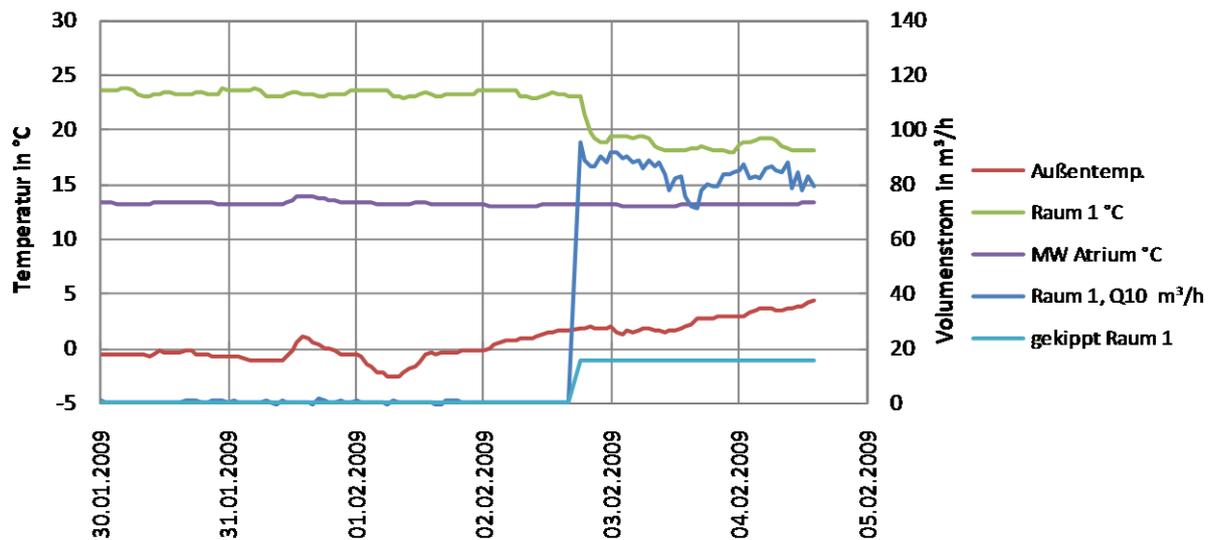


Abbildung 20: Auswertung des gemessenen Volumenstromes Q_{01} für die Fälle B und C. [TU Wien]

In beiden Abbildungen sind neben dem gemessenen Volumenstrom auch die Außentemperatur und die Innentemperaturen im Raum 1 und als Mittelwert im Atrium dargestellt.

Die Berechnung des Luftwechsels über ein gekipptes Fenster erfolgt mit folgender Formel (veranschaulicht in Abbildung 21):

$$\dot{V} = 0.7 \cdot 100 \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot \sqrt{\Delta T}$$

V Volumenstrom in m^3/h

A Öffnungsfläche gemäß der folgenden Abbildung in m^2

H Öffnungshöhe in m

ΔT Temperaturdifferenz in K

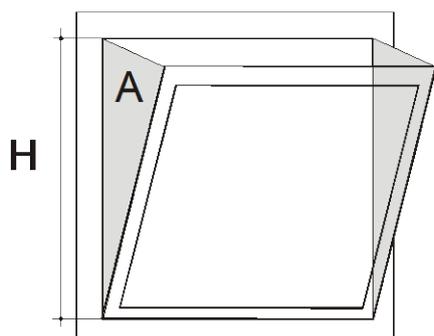


Abbildung 21: Definition der Öffnungsflächen

Mit den Daten der gekippten Tür für den Raum 1

$$A = 0.12 \text{ m}^2 \quad H = 2 \text{ m} \quad \Delta T = 18^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 13\text{K} \quad \dot{V} = 85 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2.4 Untersuchungen am dynamischen Gebäudemodell

Anhand von einem validierten Gebäudemodell mit 3 übereinander gereihten Wohnungen mit jeweils 81,6 m² Bruttogrundfläche wurden Raumtemperaturen und notwendige Heizleistung in Abhängigkeit des Fensterlüftungsverhaltens und des Heizregister-Bypasses untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 22 zu sehen.

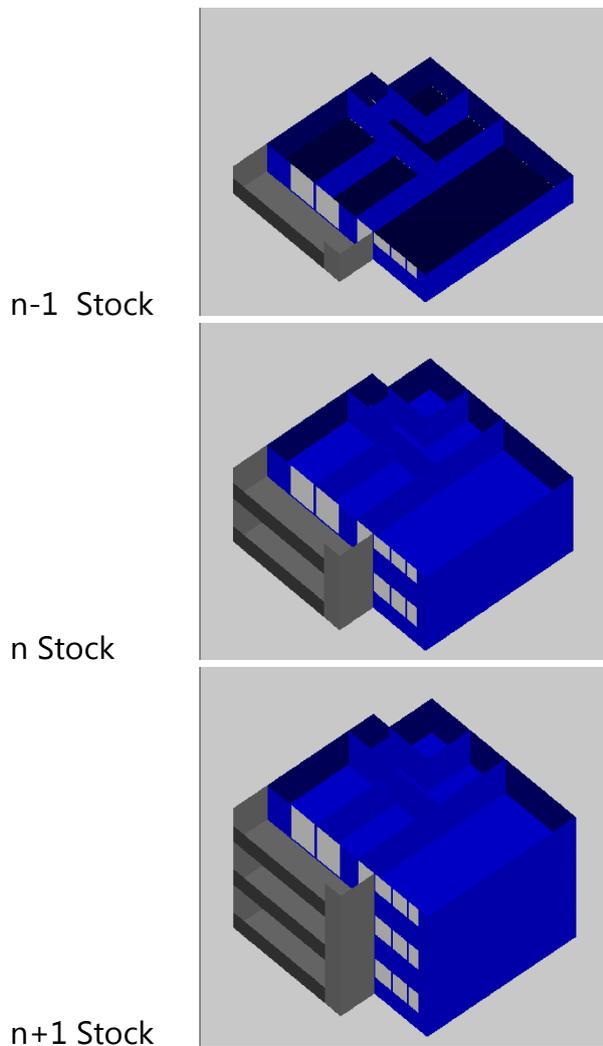


Abbildung 22: Darstellung der Geometrie der 3 simulierten Wohnungen

Bei allen Berechnungen wurden die Raumtemperaturen in der oberen und unteren Wohnung konstant gehalten. Nur in der mittleren Wohnung wurden unterschiedliche Varianten für den Bypass bzw. das Lüftungsverhalten angenommen.

Abbildungen 23 bis 26 zeigen den zeitlichen Verlauf der Raumtemperaturen in der mittleren Wohnung in verschiedenen Simulationsfällen.

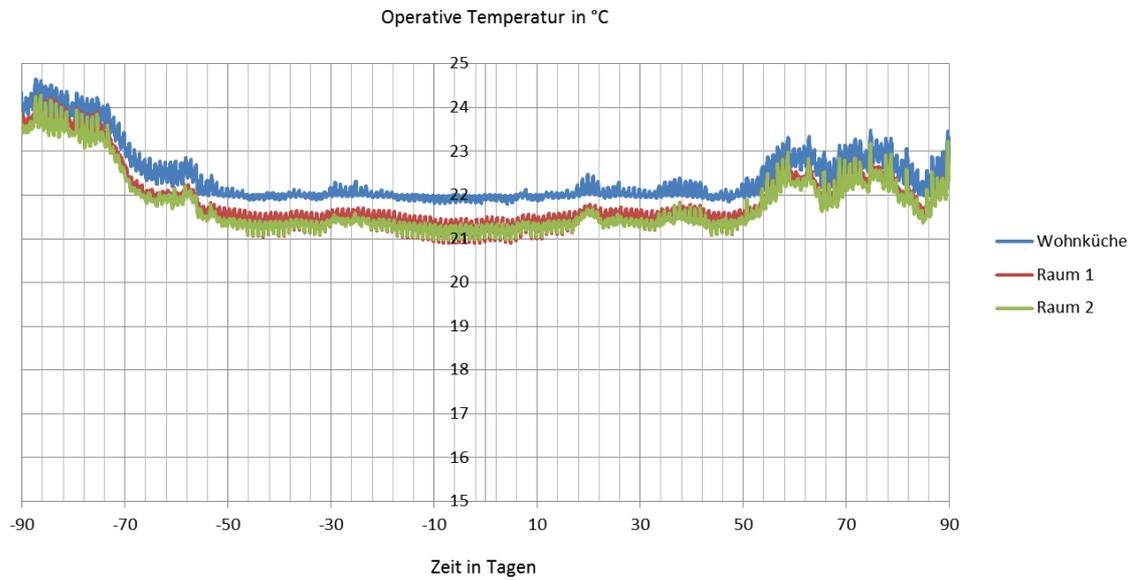


Abbildung 23: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen in °C in den Räumen der mittleren Wohnung – Fall: kein Heizregister-Bypass. [TU Wien]

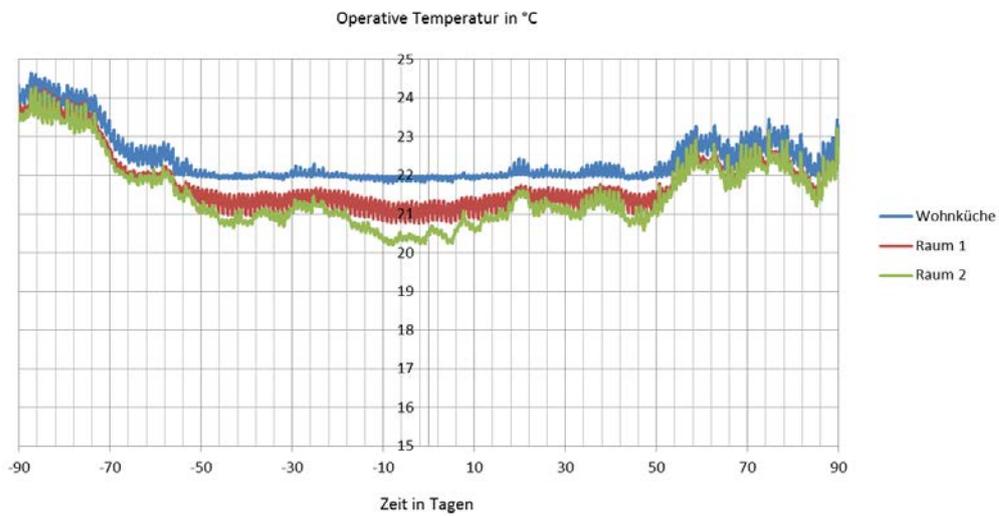


Abbildung 24: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen in °C in den Räumen der mittleren Wohnung – Fall: Heizregister-Bypass im Raum. [TU Wien]

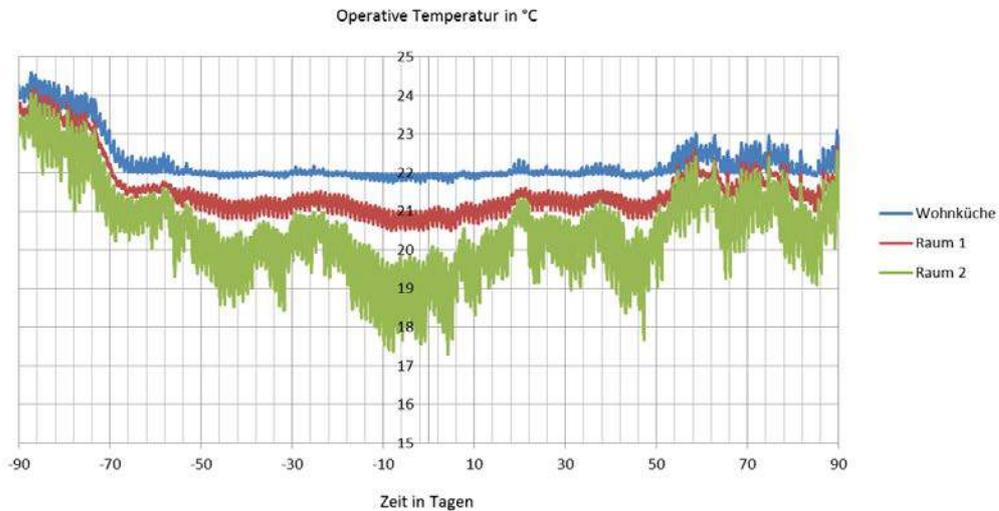


Abbildung 25: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen in °C in den Räumen der mittleren Wohnung – Fall: Heizregister-Bypass und Kippen 22:00-06:00 im Raum oben. [TU Wien]

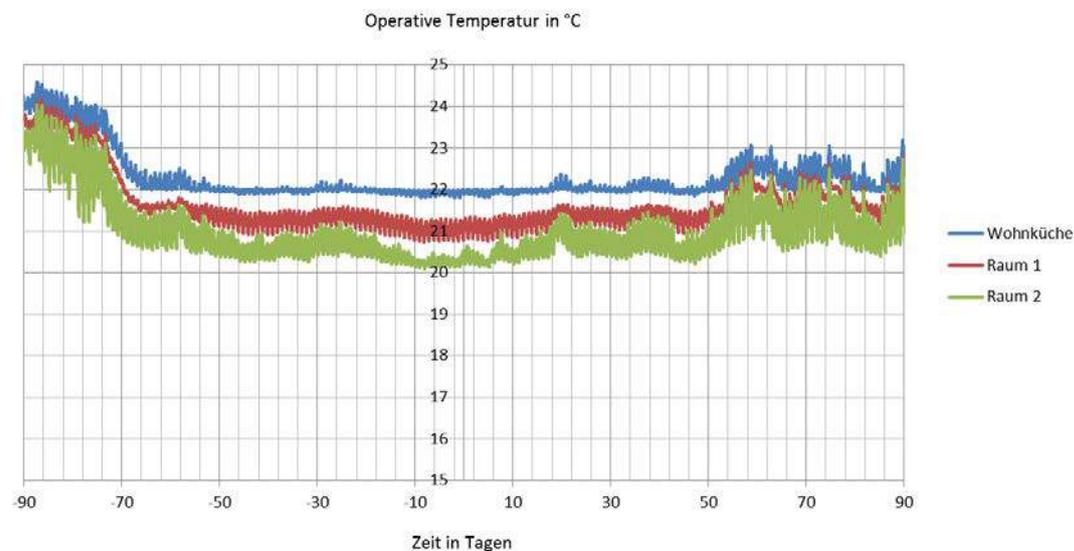


Abbildung 26: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen in °C in den Räumen der mittleren Wohnung – Fall: Heizregister-Bypass und Kippen 22:00-06:00 im Raum oben, Schließen des Fensters bei Unterschreitung von 20 °C Raumtemperatur. [TU Wien]

Es wurde weiter der Einfluß der oben beschriebenen Lüftungsarten auf den Energieverbrauch untersucht (Abbildung 27). Aus den durchgeführten dynamischen Gebäudesimulationen ist ersichtlich, dass die erzielte Einsparung am Heizwärmebedarf, welche aus den kühleren Schlafzimmertemperaturen zufolge der Nutzung des Heizregister-Bypasses resultiert, durch den erhöhten Energieverbrauch der Nachbarzonen kompensiert wird. Es ist zu sehen, dass das Erreichen von niedrigeren Temperaturen im Schlafzimmer durch Fensterlüftung Energieverluste zur Folge hat.

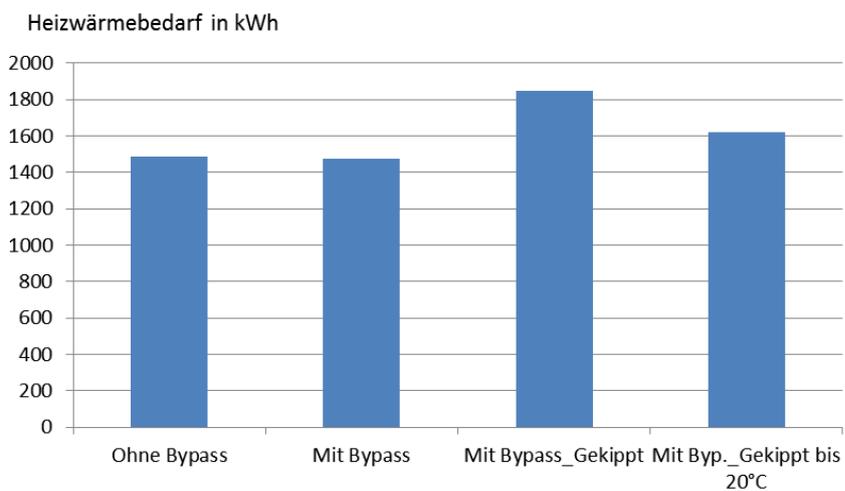
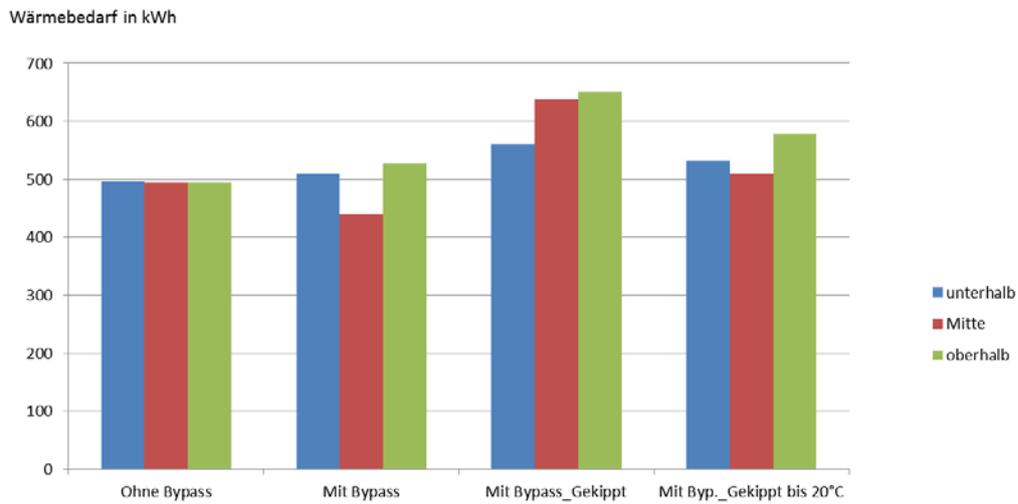


Abbildung 27: Einfluss von 4 unterschiedlichen Lüftungsarten auf den Heizwärmebedarf beim untersuchten 3-Wohnungen-Modell. Die vier Fälle entsprechen den vorher dargestellten Varianten [TU Wien]

In Tabelle 1 ist die Erhöhung des Heizwärmebedarfs für unterschiedliche Anteile an Wohnungen mit Dauerlüftung des Schlafzimmers dargestellt.

Anteil der Wohnungen mit gekipptem Fenster im Schlafzimmer	Erhöhung des Heizwärmebedarf in Prozent	
	Szenario 4 Gekippt bis 20°C Raumtemperatur	Szenario 3
%		
14.3	1.3	3.5
20	1.8	4.9
40	3.6	9.8
52.3	4.7	12.8
60	5.4	14.7
80	7.2	19.6

Tabelle 1 - Einfluss des Lüftungsverhaltens im Schlafzimmer auf den Heizwärmebedarf

3 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes erfolgten umfangreiche Untersuchungen zur Wirkungsweise von Heizregister-Bypässen mit Mischluftboxen und deren Auswirkung auf die Raumtemperaturen sowie die Energieeinsparung.

Die Raumtemperaturen sind im Schlafzimmer mit Heizregister-Bypass um 1 Kelvin niedriger als ohne Heizregister-Bypass (siehe Abbildung 28). Die Raumtemperaturen sind in Räumen mit Heizregister-Bypass höher als in Räumen, wo Fensterlüftung mit gekipptem Fenster betrieben wird. Im Fall der Fensterlüftung kühlen Räume weitestgehend unkontrolliert ab.

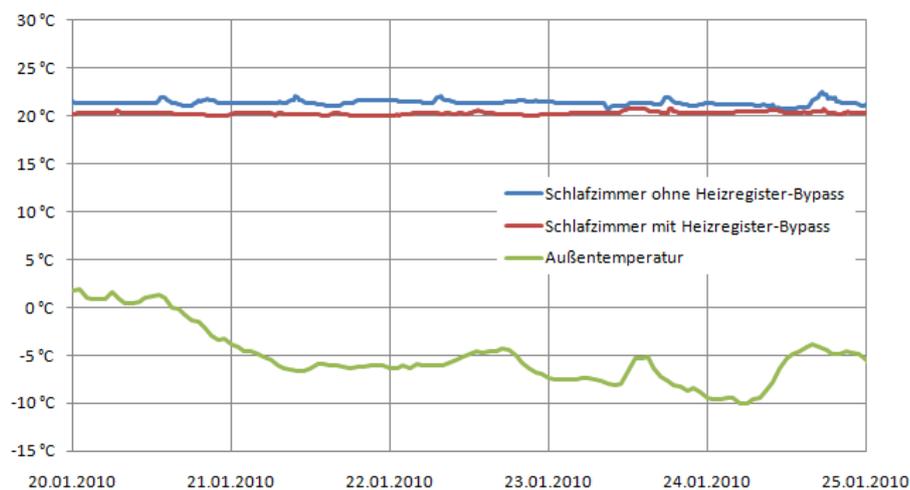


Abbildung 28: Zeitlicher Verlauf der Raumtemperaturen von 2 Schlafzimmern [Schöberl & Pöll GmbH]

Aus Abbildung 29 ist ersichtlich, dass die Energieeinsparung zufolge der Raumtemperaturabsenkung im Schlafzimmer bei Nutzung des Heizregister-Bypasses mit Mischluftbox insgesamt gering ist. Infolge Fensterlüftung wo realistischerweise das Fenster bei Raumtemperaturen unter 20 °C geschlossen wird kommt es im Fall „Gekippt bis 20 °C“ gegenüber dem Fall „Mit Bypass“ zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs um 9 % für die gelüftete Wohnung zusammen mit ihren Nachbarn.

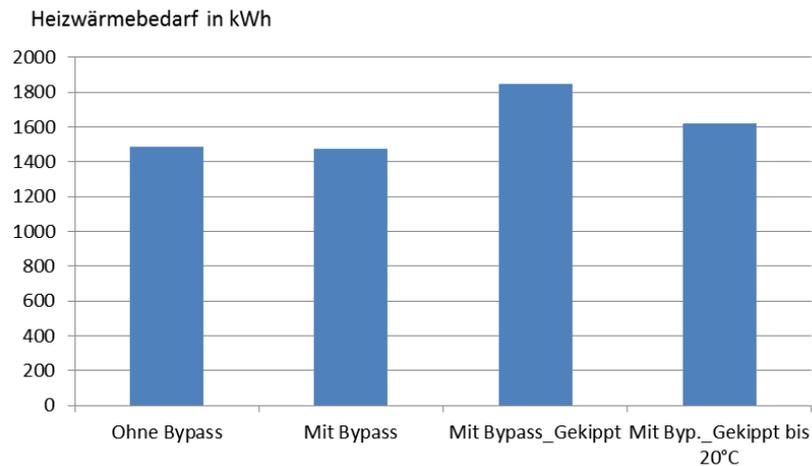


Abbildung 29: Einfluss von 4 unterschiedlichen Lüftungsarten auf den Heizwärmebedarf für das untersuchte 3-Wohnungen-Modell [TU Wien]

Aus den Messungen konnte ein detailliertes virtuelles Gebäudemodell erstellt werden, anhand welchem der Einfluss der raumweisen Temperaturdifferenzierung auf die Raumtemperaturen und den Energieverbrauch untersucht wurde. Insbesondere die Einbindung von Luftstromnetzwerken in das virtuelle Gebäudemodell konnte eine sehr gute Übereinstimmung mit den durchgeführten hygro-thermischen Messungen liefern.

Bei der BewohnerInnenumfrage wurde auch die Frage der Zufriedenheit der BewohnerInnen mit der Raumtemperatur außerhalb des Wohnzimmers untersucht. Die Umfrage ergab, dass 90 % der Befragten mit den Raumtemperaturen außerhalb des Wohnzimmers zufrieden sind, unabhängig davon ob sie eine raumweise Temperaturdifferenzierung haben oder nicht. 52,2 % der BewohnerInnen ohne raumweiser Temperaturdifferenzierung und 14,3 % der BewohnerInnen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung lüften im Schlafzimmer dauerhaft um die gewünschte Raumtemperatur zu erzielen. An der Befragung haben Bewohner von 30 der insgesamt 39 Wohnungen teilgenommen (77 % Reichweite).

Die BewohnerInnenumfrage ergab weiter, dass 71 % der Befragten, die die raumweise Temperaturdifferenzierung haben, diese auch verwenden.

Da 52,2 % der befragten BewohnerInnen ohne raumweiser Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 4,7 % wenn keine der Wohnungen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung ausgestattet ist.

Da 14,3 % der befragten BewohnerInnen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung Dauerlüften des Schlafzimmers angaben, erhöht sich der Heizwärmebedarf für das gesamte Haus um 1,3 % wenn alle Wohnungen mit raumweiser Temperaturdifferenzierung ausgestattet sind.

Der Unterschied zwischen raumweiser Temperaturdifferenzierung und wohnungsweiser Temperaturregelung für die gesamte Passivwohnhaus-Anlage beträgt für den Heizwärmebedarf somit 3,4 %.

Die Kosten inkl. Montage für einen Heizregister-Bypass mit Mischluftbox betragen ca. 700 Euro pro Raum.

Aus den oben genannten Punkten können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden: Energetisch betrachtet hat eine raumweise Temperaturdifferenzierung ein ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis. Die raumweise Temperaturdifferenzierung sollte nicht standardmäßig sondern als Sonderausstattung angeboten werden.

Da diese Untersuchung an einem zuluftbeheizten Passivhaus erfolgt ist, wäre es empfehlenswert, eine Untersuchung bei einem über Radiatoren raumweise beheizten Passivhaus durchzuführen, bei der die Häufigkeit des Fensterlüftens und des Abdrehens von Radiatoren erhoben wird.

Quellenverzeichnis

- [1] H. Schöberl, T. Bednar, et al: „Anwendung der Passivtechnologie im sozialen Wohnbau“, Endbericht 5/2004, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien 2004; auch erschienen im Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart 2004 ISBN 3-8167-6634-X
- [2] Feist, W., et al: Temperaturdifferenzierung in der Wohnung, Protokollband Nr. 25, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, Darmstadt 2004
- [3] Hübner, H., Hermelink, A.: Gestaltung von Passivhäusern für Mieter, 6. Europäische Passivhaustagung, Kassel, 2002