

Auswirkungen energetischer Sanierungen auf die thermische Behaglichkeit in Wohngebäuden

Cornelia Baumgärtner; E-Mail: cornelia.baumgaertner@passiv.de,
Tanja Schulz, E-Mail: tanja.schulz@passiv.de ,
Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

1 Ziel energetischer Sanierungen

Ziel energetischer Sanierungen von Mietobjekten (z.B. Mehrgeschoßwohnungsbau) ist die nachhaltige Sicherung der Attraktivität durch geringere Nebenkosten und höheren Wohnkomfort. Für die Wohnbaugesellschaften stellt sich vor allem die Frage, welcher energetische Standard hierfür erforderlich ist. Im Rahmen des Concerto Projektes wurde die Wohnqualität von Sanierungen mit Passivhauskomponenten und Sanierungen im EnEV Standard untersucht. Um eine Aussage über die Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand treffen zu können, wurden zudem unsanierte Altbauten vermessen und die thermische Behaglichkeit mit Hilfe der Indizes Predicted Mean Vote (PMV) und Predicted Percent Dissatisfied (PPD) bewertet.

2 Thermische Behaglichkeit

Die Thermische Behaglichkeit kann objektiv mit Hilfe von verschiedenen Raumparametern messtechnisch erfasst und bewertet werden. Eine ausführliche Beschreibung der Indizes PMV und PPD kann der DIN EN ISO 7730 entnommen werden.

Im Rahmen des Projektes wurden für die Bewertung folgende Parameter gemessen: Raumluftfeuchte, Raumtemperatur, Strahlungstemperatur, operative Raumtemperatur und Luftgeschwindigkeit.

Die gemessenen Werte und festgelegte, in die Berechnung einfließende Größen (z.B. der Bekleidungsfaktor) machen es möglich, subjektiven Wohnkomfort als Wert abzubilden und objektiv zu vergleichen. Um die Ergebnisse bewerten zu können, muss zudem ein „Maßstab“ eingeführt werden. Dieser wird in der DIN EN ISO 7730 definiert als „Kategorie des Umgebungsklimas“ und in drei Klassen unterteilt. Als Zielgröße wurde für diese Untersuchung Kategorie B gewählt. Hierbei geht man davon aus, dass 90% der einem definierten Klima ausgesetzten Probanden es mit gut bewerten würden (PPD = 10%).

Zur Wohnqualität gehört neben der thermischen Behaglichkeit auch eine gute Luftqualität. Deshalb hat man sich entschlossen im Rahmen der Untersuchung hierfür geeignete Parameter zu messen. Als Leitgröße wurde CO₂ gewählt, denn die CO₂-Konzentration ist ein guter Indikator für die Emission organischer Ausdünstungen durch Menschen und stellt unmittelbar einen Bezug zur Nutzungsintensität des Raumes her. Zudem korreliert die vom



Menschen abgegebene CO₂-Menge direkt mit der Menge an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die für die Geruchsbelastung der Raumluft verantwortlich gemacht werden [KUNDI 2006]. Um die durchschnittliche Nutzung und damit die mittlere Luftqualität der Wohnungen abzubilden, waren Messungen über einen längeren Zeitraum nötig. Zudem lässt die große Anzahl der systematisch vermessenen Wohnungen eine allgemeingültige und übertragbare Aussage bzw. Empfehlung zu.

Unterstützt wurde diese Messung durch eine Luftfeuchte- und eine Oberflächentemperaturmessung an kritischen Stellen. Für diesen Versuchsaufbau hat man sich im Vorfeld entschieden, da hohe Raumluftfeuchten in Verbindung mit niedrigen Oberflächentemperaturen zur Kondensation der Feuchte und somit langfristig zu Schimmelbefall führen können [FEIST2003].

3 Durchführung der Messungen

Die Messungen wurden in 20 sanierten Wohnungen ohne Lüftungsanlage, in zehn Objekten, die mit Passivhaus-Komponenten saniert wurden, und in vier Altbauwohnungen in drei aufeinanderfolgenden Wintern durchgeführt. Es wurde jeweils eine Kurzzeitmessung und eine Langzeitmessung dokumentiert.

3.1 Kurzzeitmessungen

Zur Ermittlung der operativen Raumtemperatur, der Strahlungstemperaturasymmetrie und der Luftgeschwindigkeiten wurde eine ca. 30-minütige Messung im Wohnzimmer der Wohneinheiten durchgeführt. Dabei wurde das Messstativ in der Nähe der Außenwand platziert. Diese Position ermöglicht es, bei der Messung der Strahlungstemperaturasymmetrie zuerst den Bereich der kälteren Außenwand und im Weiteren den Bereich der wärmeren Innenwände und Decken zu erfassen. Das Gerät wurde so eingestellt, dass sich der Sensor nach der Hälfte der Messzeit eigenständig dreht. So konnten beide Halbräume störungsfrei erfasst werden.

3.2 Langzeitmessungen

Um über einen längeren Zeitraum den Einfluss der Mieter auf das Raumklima zu bewerten (Lüftungsverhalten), wurde eine einwöchige Langzeitmessung durchgeführt. Zu diesem Zweck installierte man eine Messapparatur in Form eines Messkoffers in den Wohnungen, die den CO₂-Gehalt der Raumluft, die relative Luftfeuchte und den Temperaturverlauf an der kältesten Stelle der Wandoberfläche aufzeichnete. Die Position des Oberflächensensors war zuvor mit Hilfe einer Thermographiekamera bestimmt worden.

4 Ergebnisse

Im Folgenden werden drei Sanierungsstandards unterschieden. Die Sanierungen ohne Lüftungsanlage sind in den Diagrammen mit „WG_Nr./ Jahreszahl“ benannt, da 14 der 20

Wohnungen bereits im Winter 2007 (dem ersten Messzyklus) erfasst wurden. Die Objekte mit Passivhauskomponenten sind mit „PH_Nr.“ gekennzeichnet. Da im Winter 2007 im Zeitraum der Messungen ähnliche Wetterverhältnisse vorherrschten wie im Winter 2008, können die Ergebnisse der beiden Messungen sehr gut zusammengefasst und gemeinsam betrachtet werden. Die Messungen der Altbauwohnungen sind in den folgenden Diagrammen mit „AB_Nr.“ gekennzeichnet.

4.1 Kurzzeitmessungen

Die in den Kurzzeitmessungen bestimmten Parameter wurden zur Berechnung der thermischen Behaglichkeit verwendet. Das Ergebnis ist relativ unspektakulär. Alle modernisierten Wohnungen halten die Grenzwerte der Kategorie B nach DIN EN ISO 7730 ein. Hierbei sei anzumerken, dass die geforderten Werte für diese Kategorie sehr große Temperaturunterschiede zulassen. So darf zum Beispiel die Temperatur der beiden beschriebenen gemessenen Halbräume um bis zu 10°K voneinander abweichen.

Markante Unterschiede zwischen den Sanierungen mit Passivhaus Komponenten und den EnEV Sanierungen konnten nicht nachgewiesen werden. Die Verbesserung der Wohnqualität in beiden Standards zeigt analog zu diesem Ergebnis auch der Vergleich zu den Messungen der Altbauwohnungen.

Während Luft- und Strahlungstemperatur bei den sanierten Objekten nur wenig voneinander abweichen, wurden im Altbau Unterschiede von mehr als 1 K gemessen. Diese Spreizung ist zurückzuführen auf die niedrigen Oberflächentemperaturen der Außen- und Innenwände. Dabei ist zu erwähnen, dass während den Messzyklen leider vergleichsweise milde Außentemperaturen herrschten, die die geringe Spreizung von Strahlungs- und Lufttemperatur zum einen und die geringen Unterschiede zwischen den Baustandards zum anderen erklären.

4.2 Langzeitmessung

4.2.1 Luftfeuchte

Die Messwerte für die Luftfeuchte in den sanierten Wohnungen liegen mit ihren Durchschnittswerten von 32% bis 63% alle innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen nach [EN ISO 7730]. Die tageszeitlichen Schwankungen über- bzw. unterschreiten jedoch diese Grenze.

Wird für die relative Feuchte eine getrennte Betrachtung der beiden Sanierungsstandards durchgeführt, lassen sich Unterschiede erkennen. So liegt etwa der Mittelwert der gemessenen Werte aller mit Passivhauskomponenten sanierten Wohnungen (Mittelwert der Mittelwerte) leicht über dem Mittelwert der Sanierungen ohne Lüftungsanlage. Wegen des größeren Luftwechsels (kontinuierlicher Eintrag trockener Außenluft) in den Wohnungen mit Lüftungsanlage ist jedoch ein umgekehrtes Verhältnis zu erwarten. Dieser Zusammenhang kann nur angenommen werden, wenn die Lüftungsanlage fachgerecht vom Mieter bedient wird bzw. die Lüftungsanlage voll funktionsfähig ist. In seltenen Fällen musste im per-

sönlichen Gespräch eine Abneigung gegenüber dieser Technik festgestellt werden. So wird in Wohnung PH_04 die Anlage vom Mieter nicht genutzt. Dieses Verhalten spiegelt sich auch in den Messwerten wieder. Die mittlere Feuchte dieser Wohnung liegt mit 63% weit über dem Durchschnitt von 47% für die vermessenen Wohnungen dieses Sanierungsstandards.

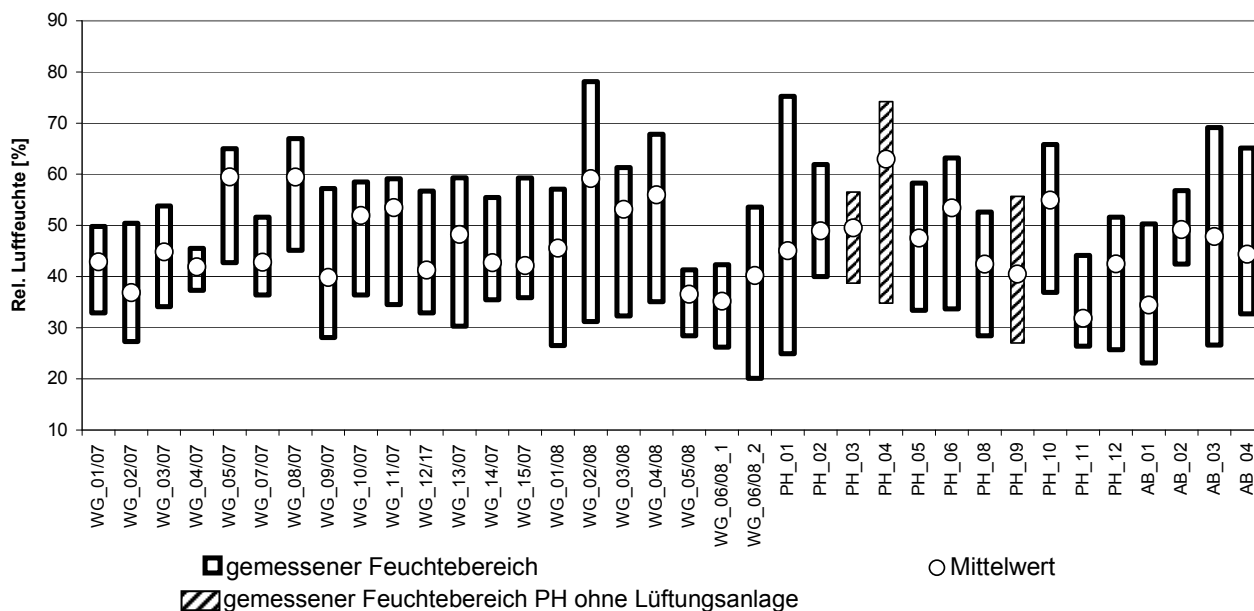


Abbildung 1: Relative Luftfeuchte – Minimal- Maximal- und Durchschnittswerte der untersuchten Wohnungen

4.2.2 CO₂-Gehalt der Raumluft

Die CO₂-Grenzwerte nach [EN 13779] liegen für eine mittlere Raumluftqualität bei ca. 1400 ppm. Im Rahmen der Messung konnte ein sehr deutlicher Tagesgang festgestellt werden. Die Anstiege bei vermeintlicher Nutzung des Raumes waren sehr steil, sodass hier meist eine Überschreitung des Grenzwertes erfolgte. Es konnten CO₂-Werte von insgesamt 30 Wohnungen ausgewertet werden. Dabei lag der Wert, der in 90% der Messzeit nicht überschritten wurde, im Mittel bei den im EnEV Standard sanierten Wohnungen bei ca. 1600 ppm. Bei den Wohnungen, die mit Passivhauskomponenten saniert wurden und über eine Lüftungsanlage verfügen, liegt dieser Wert bei ca. 1400 ppm im Mittel. Betrachtet man nur die Passivhauswohnungen, in denen die Lüftungsanlage laut Bewohnerangaben betrieben wird, so liegt der Wert, der in 90% der Zeit nicht überschritten wurde, bei ca. 1300 ppm im Mittel.

Durch die gemeinsame Betrachtung von Luftfeuchte und CO₂-Gehalt können zudem Rückschlüsse auf das Lüftungsverhalten der Bewohner gezogen werden. Wird ausreichend durch Fenster gelüftet, ist es möglich, auch ohne Lüftungsanlage eine geringe relative Luftfeuchte in den Wohnungen zu realisieren. So war in einer der Wohnungen während der Messzeit die Lüftungsanlage defekt und somit außer Betrieb. Dennoch ist es den Mietern gelungen, den mittleren Anteil der relativen Luftfeuchte auf ca. 40% zu halten. Dies ist nur realisierbar, wenn in zeitlich regelmäßigen Abständen über den Tag verteilt mittels „Stoß-

lüftung“ die Raumlufte ausgetauscht wird. Für Berufstätige ist es jedoch kaum umsetzbar, diese kurzen Lüftungsintervalle einzuhalten. Exemplarisch wurde hier eine Wohnung ohne Lüftungsanlage ausgewertet, die von einer berufstätigen Person bewohnt wird.

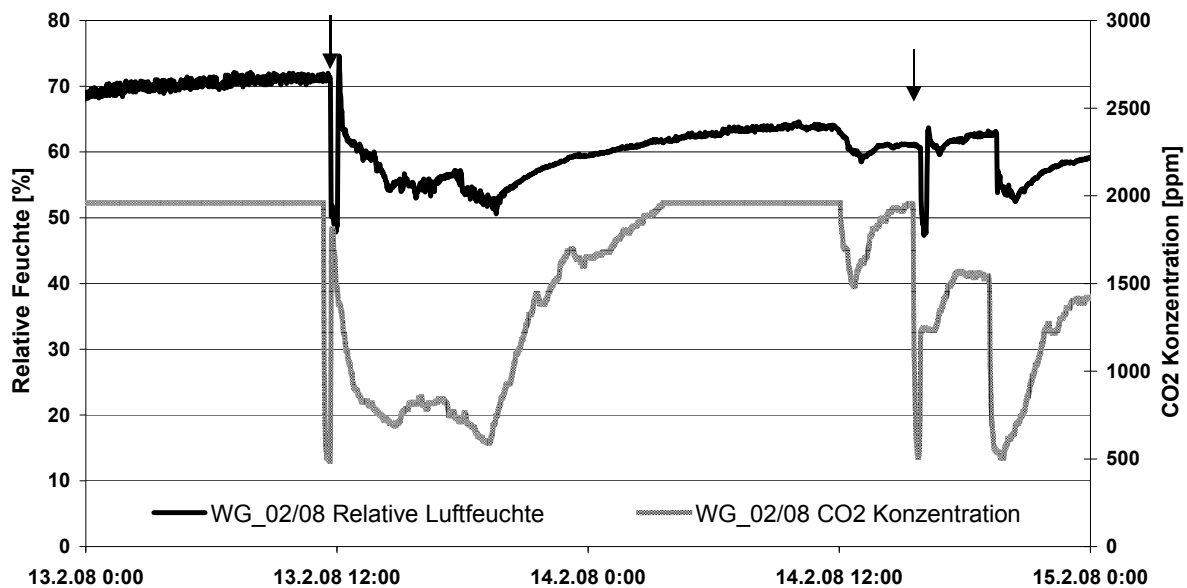


Abbildung 2: gemessene Feuchten und CO₂ Werte in der Wohnung einer berufstätigen Person (Lüftungsvorgänge mit Pfeil markiert)

Hier ist deutlich zu sehen, dass mittags vor dem Verlassen der Wohnung als auch am Abend gelüftet wird. Allerdings reicht die Frischluft nicht aus, um den Feuchtegehalt der Raumlufte in größerem Maß zu senken. Diese hohen Feuchten allein haben physiologisch keine negativen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus und die thermische Behaglichkeit einer Wohnung. Sie erlangen lediglich durch die im Altbau unvermeidbaren Wärmebrücken und der damit einhergehenden Gefahr von feuchtebedingten Bauschäden eine große Bedeutung.

4.2.3 Oberflächentemperatur

Die Messungen der Oberflächentemperaturen an der kältesten zugänglichen Stelle in Kombination mit der Raumtemperatur und der Raumluftefeuchte ermöglichen eine Aussage über die Gefahr von Bauschäden. So waren in zwei sanierten Wohnungen ohne Lüftungsanlage (11 %) die Randbedingungen für Schimmelpilzwachstum erfüllt. In acht der sanierten Wohnungen dieses Standards (44%) wurden hohe Oberflächenfeuchten (> 80%) errechnet. In den Objekten mit eingeschalteter Lüftungsanlage und Passivhauskomponenten konnten lediglich hohe Oberflächenfeuchten (> 80%) über kurze Zeiträume errechnet werden, die Bildung von Schimmel ist hier nahezu auszuschließen. Grund für die dennoch vergleichsweise niedrigen Oberflächentemperaturen sind bei Sanierungen nur schwer eliminierbare Wärmebrücken im Bereich der Außenwände.



5 Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass durch Sanierungen (sowohl im EnEV als auch im PH Standard) das Raumklima positiv beeinflusst wird. So zeigen die Messwerte, dass sich vor allem die nach einer Sanierung höheren Oberflächentemperaturen der Wände in den untersuchten Wohnungen sehr positiv auf die Raumtemperatur, die Temperaturschichtung und dadurch auf die thermische Behaglichkeit auswirken.

Auch das Nutzerverhalten hat einen erheblichen Einfluss auf das Raumklima. Vor allem durch sein Lüftungsverhalten beeinflusst der Mieter entscheidende Parameter, wie etwa den Feuchtegehalt der Luft in seiner Wohnung. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem berufstätige Bewohner nicht in der Lage sind, durch regelmäßiges Lüften hohe Feuchtebelastungen in den Räumlichkeiten zu vermeiden. Dies kann in Verbindung mit niedrigen Oberflächentemperaturen zu erheblichen Bauschäden in Form von Schimmelbefall führen. Da in den Wohnungen mit betriebener Lüftungsanlage aus Sicht der Bauhaltung und Wohngesundheit keine erhöhten Feuchtigkeiten über längere Zeit festgestellt wurden, kann nach unserer Untersuchung davon ausgegangen werden, dass die Installation und der Betrieb von Lüftungsanlagen ein wirksames Mittel gegen erhöhte Raumluftfeuchte ist und das Bauschadensrisiko deutlich senkt.

Nur allein die Installation von Lüftungsanlagen ist leider noch keine Garantie. Die Mieter müssen aufgeklärt werden über deren Nutzen, aber auch über zusätzliche Stromkosten. Eine weitere Empfehlung muss also lauten: Nicht vom aufgeklärten Passivhaus begeisterten Mieter ausgehen, für Fragen jederzeit zur Verfügung stehen und effiziente Geräte einbauen, sonst werden sie im Zweifelsfall von kritischen Mietern nicht genutzt und es kann trotz Passivhausdämmstärken zu Schimmelbefall im Bereich von nicht gänzlich entschärften Wärmebrücken kommen.

Die vorgestellte Untersuchung wurde im Rahmen des Projekts Nr. TREN/05/FP6EN/S07.51327/006255 "act2 - Action to mainstream energy efficient building and renewable energy systems at a city level across Europe" als Teil von Workpackage 2 (Monitoring and evaluation) in Zusammenarbeit mit proKlima durchgeführt.

6 Quellen:

| | | |
|---------------|---|--|
| [EN ISO 7730] | Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit | Deutsches Institut für Normung e.V. 09-1995 |
| [Kundi 2006] | CO ₂ als Lüftungsparameter | M. Kundi et al., österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW |
| [Feist 2003] | Arbeitskreisband 24, Einsatz von PH-Technologien bei der Altbau-Modernisierung - „Bedeutung energieeffizienter Komponenten bei der Altbau-Modernisierung“ | Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut Darmstadt |