

# LUIS

Info

Inhalt

*Dokumentation  
zum Thema  
Luftreinhaltung*

Bericht zum Projekt  
**Sommerkondensation in  
Wohnräumen**

Bericht Nr.: Lu-02-2014





**Bericht zum Projekt:**  
**Sommerkondensation**  
**in Wohnräumen**

Bericht Nr. Lu-02-2014



Projektidee und -koordination: Dr Robert Schlacher, Abteilung 15  
Umweltbildungszentrum Steiermark

unter Mitarbeit von: Prof. Dipl.-Ing. Hannes Ebner – Höhere  
technische Bundeslehr- u. Versuchsanstalt  
Graz-Ortweinschule, Graz

Dr. Alexander Podesser – ZAMG, KS  
Steiermark

Mag. Martin Mudri – Mudri Messtechnik,  
Graz

Andreas Pilz – Umweltmesstechnik, Graz

Dr. Uwe Kozina – UBZ, Graz

Rene Triller – Abteilung 15

Dipl.-Ing. Friedrich Kainz – Abteilung 15

Ing. Hannes Binder – Magistrat Graz,  
Umweltamt

Für den Inhalt verantwortlich Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz

Kartengrundlagen GIS-Steiermark 

## Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
Abteilung 15 – Energie, Wohnbau, Technik  
Referat Luftreinhaltung  
Landhausgasse 7  
8010 Graz

© März 2014

Telefon: 0316/877-2172 (Fax: -3995)

Email: [abteilung15@stmk.gv.at](mailto:abteilung15@stmk.gv.at); [luft@stmk.gv.at](mailto:luft@stmk.gv.at)

Informationen im Internet: <http://umwelt.steiermark.at/>

Unter dieser Adresse ist dieser Bericht auch im Internet verfügbar

**Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Projektbeschreibung .....	5
3	Ergebnisse.....	7
3.1	Zusammenfassung der Außenklimamessungen .....	7
3.2	Zusammenfassung der raumbezogenen Messungen.....	7
4	Konsequenzen aus den Messungen.....	8
5	Danksagung.....	9
6	Anlagen.....	9
6.1	Anlage 1 Projektteil meteorologische Messungen ZAMG, KS Steiermark, Dr. Alexander Podesser .....	9
6.2	Anlage 2 Projektteil Innenraummessungen Staatliche Versuchsanstalt für Bautechnik – Baulabor–Graz an der HTBLVA Graz – Ortweinschule, Prof. Dipl.-Ing. Hannes Ebner .....	19

# 1 Einleitung

Schimmelpilzwachstum in Wohnräumen ist ein weit verbreitetes hygienisches Problem. Die Ursachen dafür können mannigfaltig sein: Wasserschäden, Wärmebrücken, unangepasstes Nutzerverhalten u.v.m. Die Schäden an umgebenden Bauteilen sowie die daraus resultierende Beeinträchtigung der Raumluftqualität sorgen dafür, dass die Lebensqualität der Raumnutzer mehr oder weniger stark herabgesetzt wird. Selbst gesundheitliche Beeinträchtigungen sind nicht auszuschließen.

In der Praxis der Schimmelpilzberatung gilt es im Sinne der Raumnutzer rasch die Ursachen für die Misere festzustellen und adäquate Lösungsansätze umzusetzen. Doch nicht alle Fälle sind schlüssig nachvollziehbar. Es kann vorkommen, dass man einem bauphysikalischen Phänomen gegenübersteht, das mit vielen offenen Fragen bestückt ist.

So kam es in den letzten 8 Jahren zu einer Anzahl von etwa 20 Fallbeispielen, die davon geprägt waren, dass es in den Spätsommerwochen (August bis September) an speziellen Standorten in der Steiermark zu Kondensationserscheinungen in Wohnräumen an wärmegegedämmten Außenbauteilen kam. Sämtliche Wohnobjekte waren mit einem Wärmedämmverbundsystem ausgestattet und lagen in Bereichen von Wäldern, Auwäldern, Talschlüssen etc., die von einem Klima geprägt sind, welches durch höhere Außenfeuchtigkeit und keinem ausgeprägten Windsystem beeinflusst werden. Zusätzlich wurde die Umgebung sämtlicher Standorte der Wohnsiedlungen durch Bäche, Flüsse und Teiche samt Begleitvegetation geprägt. Damit spielt an diesen Standorten ein höherer Feuchtigkeitsgehalt verursacht durch Evaporation der Wasseroberflächen bzw. Transpiration der Begleitvegetation eine wahrscheinlich tragende Rolle.

Weitere Parallelen zwischen den einzelnen Fällen ergaben sich durch deren Erdgeschosslage und Nordorientierung der betroffenen Räume. Der Einfluss des Lüftungsverhaltens an Hitzetagen, die in den letzten Jahren vermehrt auftraten, könnte auch eine mitentscheidende Einflussgröße auf das Entstehen des raumseitigen Kondensat- und Schimmelpilzproblems darstellen.

Generell sind Auswirkungen des Kellerlüftens im Sommer bekannt. An den kühlen Wandoberflächen die unter der Erde liegen kann es in den Sommermonaten bei ungehindertem Zustrom von warm-feuchter Außenluft zu Kondenswasserausfall aufgrund von Taupunktunterschreitungen kommen. Eine Folge davon kann Schimmelpilzbefall sein. Ähnliche Voraussetzungen dürften in jenen Wohnungen gegeben sein, die von Sommerkondensations-Erscheinungen betroffen sind. Hier kommt noch hinzu, dass in der warmen Jahreszeit das Bedürfnis nach Frischluft gesteigert ist und es zu unangepasstem Lüftungsverhalten übergegangen wird. Das kann bedeuten, dass z.B. bei berufstätigen Familien tagsüber die Fenster dauergekippt oder bei ganztägiger Anwesenheit auch an sehr heißen Tagen (Hitzetagen) die Fenster bzw. Terrassentüren den ganzen Tag geöffnet sind. Die Kombination daraus ergibt Kondenswasserausfall an den Bauteilen und in weiterer Folge Schimmelpilzwachstum.

Für das Wachstum von fast allen innenraumrelevanten Schimmelpilzarten reicht eine relative Luftfeuchtigkeit von ungefähr 80 % an der Oberfläche des Materials ( $a_w$ -Wert von 0,8) aus, in manchen Fällen reichen auch geringere Werte ab 70 %, insbesondere dann, wenn schon ein Befall vorhanden ist. Für das Schimmelpilz-Wachstum reicht ein periodischer Kondenswasserausfall an der Oberfläche. Fällt kein Kondensat mehr an, so trocknet die Oberfläche wieder ab und der Schimmelpilz stirbt aufgrund von Wassermangel ab.

## 2 Projektbeschreibung

Da es im Zusammenhang mit dem Themenkomplex *Sommerkondensation in Wohnräumen* keine bekannten Studien gibt, wurde in der Steiermark vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung Abteilung 15, Luftreinhaltung ein Projekt initiiert, welches dieses Phänomen entsprechend abbilden sollte. An 4 Wohnhausstandorten mit ehemals vermuteten Sommerkondensationserscheinungen wurden Messungen des Außenklimas (Luftfeuchtigkeit, Temperatur), des Innenklimas (relative Luftfeuchte, Temperatur) sowie der Wandoberflächentemperaturen außen und innen durchgeführt. Zusätzlich wurde noch in der Raumluft die Konzentration an  $\text{CO}_2$  bestimmt. Die Außenmessungen erfolgten im Bereich jener Wand an der auch raumseitig die Messungen durchgeführt wurden. Die Datenaufzeichnungsintervalle lagen bei 5 Minuten. Die Datenaufzeichnungen begannen mit 3.7. und wurden mit 19.9.2013 abgeschlossen.

Anzumerken ist, dass an allen Standorten das Benutzerverhalten insofern verbessert wurde, dass an Hitzetagen die Lüftungsvorgänge entsprechend reduziert wurden. Am Standort in Fernitz wurde als Folge des ehemaligen Schimmelpilzproblems eine Lüftungsanlage im Schlafzimmer eingebaut. Trotz dieser geänderten Rahmenbedingungen war es von Interesse, wie weit an diesen kritischen Standorten im Sommer das Außenklima das Raumklima beeinflusst und so eine wesentliche Voraussetzung für einen Schimmelpilz-Befall erfüllt.

**Abbildung 1: Messstandorte (rote Kreise markieren den Standort der einzelnen Wohnungen)**



**Tabelle 1: Gegenüberstellung der vier untersuchten Objekte**

	Standort	Anzahl der Personen	Gebäudetyp	untersuchter Raum	Ausrichtung des Raumes	Fenster im Raum	sonstige relevante Informationen
<b>Objekt 1</b>	Kainbach	5	Einfamilien- wohnhaus	Bade- zimmer	NNW, waldseitig	1	errichtet 1998, keine mech. Lüftung
<b>Objekt 2</b>	Graz- St.Peter	2	Geschoss- wohnbau	Wohn- zimmer	Nordwesten	2	natürlich belüfteter Raum, Erdgeschosslage
<b>Objekt 3</b>	Farnitz	5	Geschoss- wohnbau	Schlaf- zimmer	Nordosten	1	mech. Lüftung vorhanden, jedoch nicht aktiviert, Erdgeschosslage
<b>Objekt 4</b>	Autal	1	Geschoss- wohnbau	Schlaf- zimmer	Nordosten	1	Nutzer selten anwesend, Raum wurde zeitweise zum Schlafen genutzt, sonst Aufenthalt nur während der Reinigung

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Zusammenfassung der Außenklimamessungen

Der detaillierte Bericht von Dr. Alexander Podesser, ZAMG, KS Steiermark ist als Anlage 1 beigelegt.

Auszugsweise werden hier die wesentlichen Aussagen zusammengefasst:

Der Sommer 2013 war in ganz Österreich überdurchschnittlich warm. Die Sommertemperaturmittel lagen in Graz 1,4°C über dem langjährigen Schnitt. Betreffend den Niederschlag war es in Graz der regenärmste Sommer seit 2001. Vor allem im Juli wurden bei Sonnenscheindauer und Trockenheit überhaupt die extremsten Werte der Messgeschichte verzeichnet. Mit österreichweit nur 35 Prozent der normalen Regenmenge war es der trockenste Juli seit Niederschlags-Messbeginn 1858. Infolge der trockenen und heißen Witterung gab es nur wenige schwüle Tage, entsprechend niedrig waren auch die Werte der absoluten Feuchte.

Die Messwerte der Außenluftmessungen des Sommers 2013 wurden an Prof. DI Hannes Ebner für die Auswertung und Ergebnisinterpretation übergeben. Zusätzlich wurden Datensätze der Jahre 2003-2010 der Stationen Gleichenberg und Deutschlandsberg einbezogen.

### 3.2 Zusammenfassung der raumbezogenen Messungen

Der Detailbericht von Prof. DI Hannes Ebner liegt als Anlage 2 bei. Auszugsweise werden hier einige Ergebnisse zusammengefasst:

Vom Ansatz her kann das Problem der *Sommerkondensation* mit der Problematik des Lüftens von Kellern im Sommer verglichen werden. Wer im Sommer die Kellerfenster öffnet um diesen zu trocknen, wird genau das Gegenteil erreichen – an den erdberührten Flächen wird es auf Grund zu niedriger Oberflächentemperaturen zu Kondensatbildung kommen. Das Problem der Sommerkondensation in Wohnräumen über Geländeoberkante spielt sich lediglich in einem höheren Temperaturniveau ab.

Die Datenauswertungen der vier Wohnobjekte lassen darauf schließen, dass Schimmel- und Oberflächenkondensation an innenseitigen Bauteiloberflächen von Wohnräumen in den Sommermonaten grundsätzlich möglich ist.

Aufgrund des überdurchschnittlich warmen und heißen Sommers blieb jedoch der Nachweis dieses Phänomens in den einzelnen Wohnungen aus. Ebenso dürfte das fehlende „falsche“ Nutzerverhalten vor Ort mitausschlaggebend gewesen sein, dass es in den vier Wohnungen zu keinen entscheidenden Taupunktunterschreitungen an den Bauteiloberflächen kam. Die Simulation der gemessenen Oberflächentemperaturen sowie der Werte für das Raumklima (Temperatur und Luftfeuchte) mit den Klimadatensätzen von Deutschlandsberg und Gleichenberg der Jahre 2003-2010 geben einen Hinweis darauf, dass relevante Taupunktunterschreitungen schon möglich sind und es an den feuchten Oberflächen zu entsprechendem Schimmelpilz-Wachstum kommen kann.

## 4 Konsequenzen aus den Messungen

Wie das Projekt gezeigt hat, ist Sommerkondensation insbesondere an Standorten mit höherer stagnierender Außenfeuchtigkeit durchaus möglich und nachvollziehbar. Risikofaktoren im Sommer sind dafür:

- ⇒ Lage der Wohnung im Erdgeschoss
- ⇒ Nordorientierung von Wohnräumen
- ⇒ Waldnähe
- ⇒ Nähe zu Gewässern und deren Begleitvegetation
- ⇒ höhere Anzahl an Wohnraumnutzern
- ⇒ höhere Feuchtigkeitsproduktion
- ⇒ Raumnutzung
- ⇒ Lüftungsverhalten insbes. an Hitzetagen
- ⇒ absoluter Feuchtegehalt der Innen –u. Außenluft
- ⇒ thermische Trägheit der Bauteile

Ein bedeutender Parameter bei der Entstehung von Kondensat an Bauteilen und in weiterer Folge von Schimmelpilz-Wachstum ist das Lüftungsverhalten der Raumnutzer. In Wohnräumen, deren Nutzer sich berufsbedingt tagsüber nicht in den Wohnräumen aufhalten, ältere Wohnobjekte, die nicht den modernen thermischen Standards entsprechen aber auch neue Wohnungen mit hoher Luftdichtigkeit können bei unangepasstem Nutzerverhalten insbesondere bei geringen Luftwechselraten von Schimmelpilzwachstum geprägt sein. Wie auch die Ergebnisse des Projektes gezeigt haben steht oder fällt das Schimmelpilz-Problem mit dem Lüftungsverhalten. Ist zusätzlich der Standort von hoher Außenfeuchtigkeit geprägt, ist vermehrt auf das richtige Lüftungsverhalten zu achten.

Der Luftwechsel kann aktiv durch die Raumnutzer erzeugt werden oder es wird dafür eine Lüftungsanlage verwendet. Deren Steuerung erfolgt entweder über die Raumluftparameter Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit oder über den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft. Das Problem mit schlechter Raumluftqualität taucht vermehrt in Schulen und Kindergärten auf. Hier ist es evident, dass die Raumluft als schlecht zu klassifizieren ist und in der kalten Jahreshälfte sogar Schimmelpilze an den kühlen Außenbauteilen wachsen.

In diesem Kontext wird ein Nachfolgeprojekt vorgeschlagen, welches problematische Räume in Schulen und Kindergärten mit Luftqualitäts- und/oder Schimmelpilzproblemen im Visier hat. Dort sollen Einzellüftungsgeräte zur Raumbelüftung empfohlen werden, die die Probleme mit einem mechanischen Luftwechsel lösen sollen. Diesbezüglich ist die Herausgabe eines Leitfadens angedacht, der auf Vorgaben, Umsetzung und die Kosten dieser Anlagen abzielt. Zielgruppen sind Schulen und Kindergärten aber auch Wohnräume mit Luftqualitätsproblemen.

## **5 Danksagung**

Für die Ermöglichung der Messungen in den Wohnungen möchten wir uns bei den folgenden Personen sehr herzlich bedanken:

Familie Klug, Fernitz

Familie Greiner, Graz

Dr. Susanne Scheipl, Graz

Familie Ebner, Kainbach

## **6 Anlagen**

### **6.1 Anlage 1**

**Projektteil meteorologische Messungen  
ZAMG, KS Steiermark, Dr. Alexander Podesser**

## Projekt Sommerkondensation in Innenräumen – Messbericht Außenmessungen

ZAMG, KS Steiermark, Dr. Alexander Podesser

### Aufgabenstellung

Im gegenständlichen Projekt sollte untersucht werden, ob es während des Sommers in Innenräumen bei hohen Luftfeuchtwerten zu Kondensationserscheinungen an den Innenwänden kommt. Neben der Innenraum-Messung der Luftfeuchte, Luft- und Wandtemperatur sowie – zur Feststellung des Lüftungsverhaltens – des CO<sub>2</sub>-Gehaltes mussten auch die thermischen und hygrischen Bedingungen der Außenluft sowie die Oberflächentemperaturen der betroffenen Außenwände aufgezeichnet werden. Mit den so gewonnenen Daten sollte auch festgestellt werden, ob der Testzeitraum im Hinblick auf die (absoluten) Feuchteverhältnisse der Luft als repräsentativ angesehen werden kann.

Für die Auswahl der Testwohnungen war u.a. ausschlaggebend, ob es in der Vergangenheit Schimmelp Probleme gegeben hat. Alle Wohnungen lagen in Waldrandlage.



Abb.1: Lage der 4 Testwohnungen im Großraum Graz

### Messanordnung Außenmessungen

Nach vorheriger Absprache mit den Wohnungseigentümern wurde das Messnetz für die Außenmessungen am 3.Juli 2013 errichtet. Für die Temperaturmessungen der Luft und der Außenwände wurden PT 100-Fühler, für die Außenwand am Standort Aural ein PT 1000-Fühler verwendet, die Auflösung betrug 0,1K.

Die Sensoren für die Lufttemperatur und die relative Feuchte wurden in 2 Metern über Grund in einem unbelüfteten Strahlungsschutz situiert („Young“).

Die Lufttemperatur wurde mittels PT 100-Fühler, die relative Feuchte wurde kapazitiv mittels IE 008-Fühler registriert.

Als Datenspeichereinheit dienten UNIDATA Starlogger, im Falle der Außenwand in Aupal ein Datenlogger der Marke GEOPRECISSION Mlog 5W. Als zeitliche Auflösung wurden 10'-Mittelwerte abgespeichert. Die Messanordnungen wurden etwa alle 3 Wochen auf Funktion überprüft, die Datenauslesung erfolgte händisch via Laptop.

Es gab keine Datenausfälle, die Datenverfügbarkeit betrug an allen Messstandorten 100%. Die Messgeräte für die Außenmessungen wurden am 19. September 2013 wieder abgebaut, nachdem absehbar wurde, dass eine frühherbstliche und kühle Witterungsphase den Sommer beendet hatte.

### Witterungsverlauf im Messzeitraum

Der Sommer 2013 war in ganz Österreich überdurchschnittlich warm. Die Sommertemperaturmittel lagen in Graz 1,4°C über dem langjährigen Schnitt. Die Hitzewellen Ende Juli und Anfang August brachten neue Spitzenwerte, in Graz wurde ein neues Maximum mit 38,9°C gemessen, erstmals wurden in Österreich Temperaturen über 40°C registriert. Betreffend den Niederschlag war es in Graz der regenärmste Sommer seit 2001! Vor allem im Juli wurden bei Sonnenscheindauer und Trockenheit überhaupt die extremsten Werte der Messgeschichte verzeichnet: Mit österreichweit nur 35 Prozent der normalen Regenmenge war es der trockenste Juli seit Niederschlags-Messbeginn 1858.

Infolge der trockenen und heißen Witterung gab es nur wenig schwüle Tage, entsprechend niedrig waren auch die Werte der absoluten Feuchte. In Abbildung 2 ist der Verlauf der monatlichen Maxima und Monatsmittel seit 2003 aufgetragen. Dabei zeigt sich, dass der Sommer 2013 innerhalb der 11-jährigen Periode der absolut trockenste war.

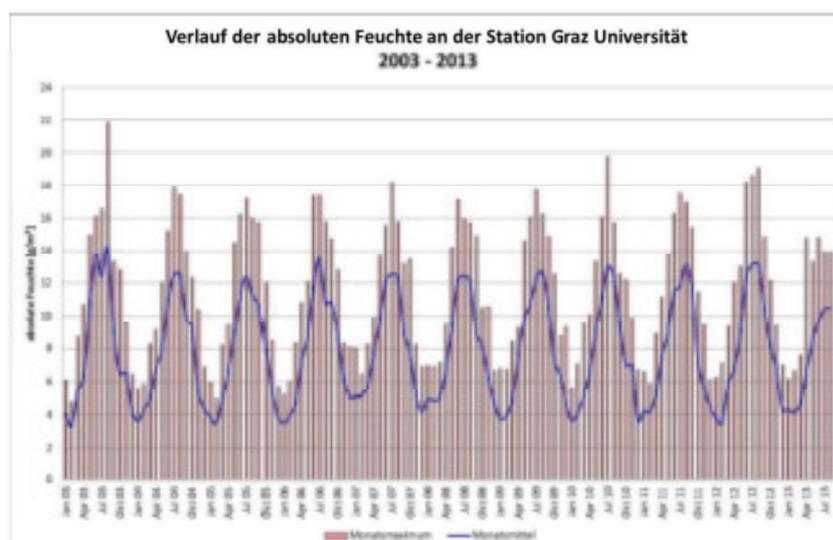


Abb.2: Monatsmittel und Monatsmaxima der absoluten Feuchte an der Station Graz-Universität im Zeitraum Jänner 2003 bis September 2013.

**Messstandort 1: Familie Klug, Fernitzerring 19, 8072 Fernitz**

Temperatur Außenwand: Ostwand (Schlafzimmer) in einer Nische (Messfühler ca. 2 cm im Aufputz)

Luft-Temperatur, relative Feuchte: im Vorgarten



Abb.3: Lage Messstandort Fernitz



Abb.4: Messanordnung Messstandort Fernitz

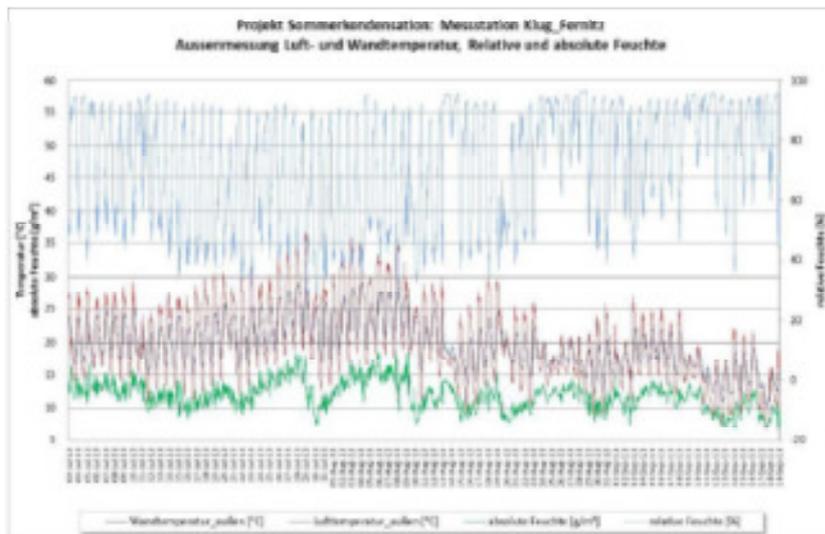


Abb.5: Temperatur- und Feuchteverlauf am Messstandort Fernitz

**Messstandort 2: Familie Mag. Brigitte Greiner, Prof. Franz-Spath-Ring 45/I, 8042 Graz**

Temperatur Außenwand: Westliches Wohnzimmer, Westwand bzw. Nordwand (Wohnungstrennwand). (Messfühler ca. 2 cm im Aufputz)

Luft-Temperatur, relative Feuchte: am Rand einer Laube zum Vorgarten



Abb.6: Lage Messstandort Franz-Spath-Ring



Abb.7: Messanordnung Messstandort Franz-Spath-Ring

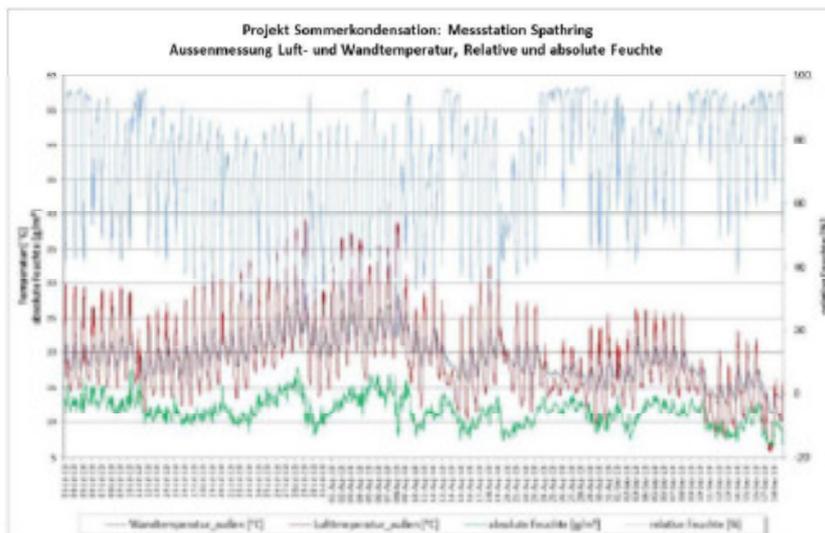


Abb.8: Temperatur- und Feuchteverlauf am Messstandort Franz-Spath-Ring

**Messtandort 3: Dr. Susanne Scheipl, Autalerstraße 17a, 8042 Graz**

Temperatur Außenwand: Ostwand im Bereich des Einganges (Messfühler ca. 3 cm im Aufputz)

Luft-Temperatur: Westlicher Vorgarten



Abb.9: Lage Messtandort Aotal



Abb.10: Messanordnung Messtandort Aotal

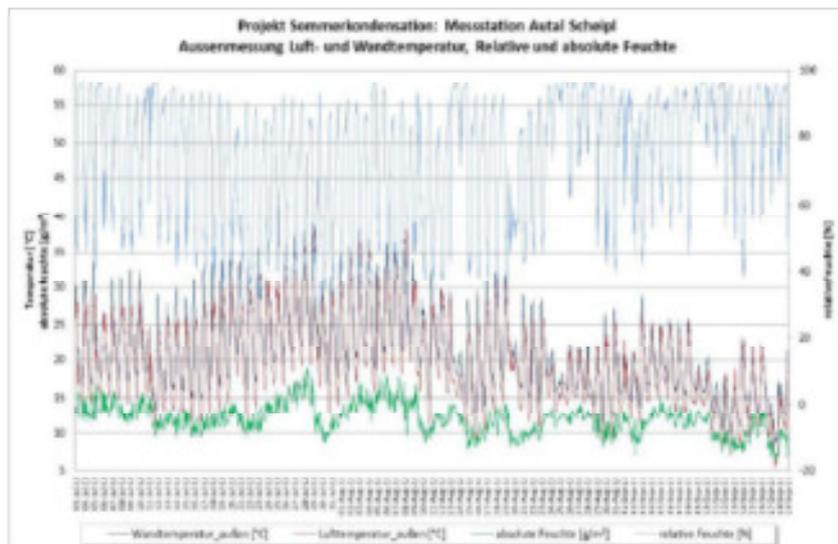


Abb.11: Temperatur- und Feuchteverlauf am Messstandort Aural

#### Messstandort 4: DI Hannes Ebner, Reindlwaldweg 6, 8010 Kainbach

Temperatur Außenwand: Nördliche Außenwand im Bereich Badezimmer, (Messfühler ca. 4 cm im Aufputz)

Luft-Temperatur: nordseitige Terrasse



Abb.12: Lage Messstandort Kainbach



Abb.13: Messanordnung Messstandort Kainbach

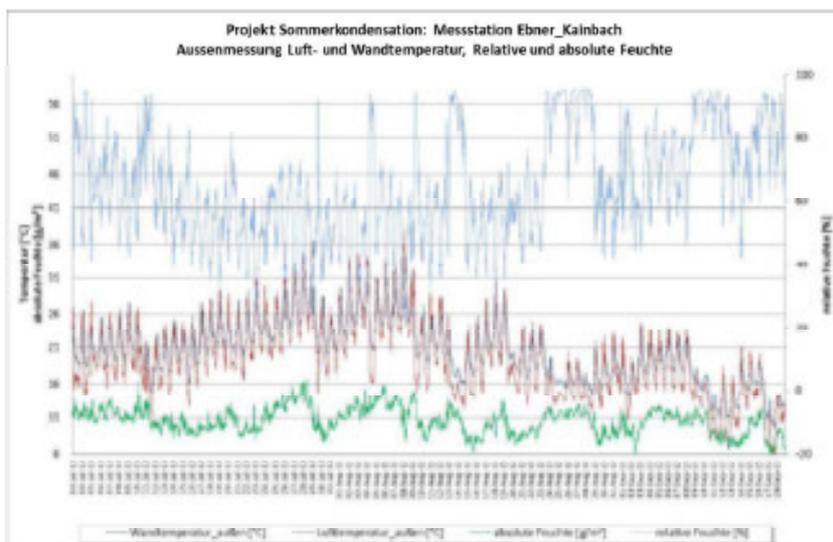


Abb.14: Temperatur- und Feuchteverlauf am Messstandort Kainbach

### Zusammenfassung

Entsprechend der häufigen Wetterlagen mit hohem Strahlungsanteil (wolkenarmes Hochdruckwetter) zeigt sich an allen Standorten ein akzentuierter Tagesgang der Luft-Temperatur und dazu ein annähernd inverser Verlauf der relativen Luftfeuchte. Dieser Tagesgang setzt sich mit kurzen, durch Schlechtwetter bedingten Unterbrechungen bis 13. August fort. Es folgt noch eine heiße Periode bis 19. August, danach schließt wechselhaftes Wetter bis zum Beginn des Septembers an. Vom 03. bis 08. September herrschen nochmals stabile Verhältnisse, ehe ein Schlechtwettereinbruch den Spätsommer endgültig beendet.

Auch die Oberflächentemperatur der Außenwände weist einen deutlichen Temperatur-Tagesgang auf, allerdings verzögert zur Lufttemperatur und mit gedämpften Maxima und Minima. Eine Ausnahme bildet der Messstandort Aotal mit einer ostexponierten Außenwand, welche am Vormittag besonnt wurde und damit höhere Werte als die Lufttemperatur erreicht.

Die berechneten Werte der absoluten Feuchte liegen bis auf den Standort Kainbach deutlich höher als an der Stadt-Station Graz-Universität, was auf die insgesamt feuchteren Bedingungen in Bestandsnähe (Laubmischwald) schließen lässt.

## **6.2 Anlage 2**

**Projektteil Innenraummessungen**

**Staatliche Versuchsanstalt für Bautechnik – Baulabor–  
Graz**

**an der HTBLVA Graz – Ortweinschule, Prof. Dipl.-Ing.  
Hannes Ebner**



## FESTSTELLUNG MÖGLICHER URSACHEN ZUR SOMMERKONDENSATION

Ein Projekt des Umwelt-Bildungszentrums Steiermark und der Abteilung 15 der Steiermärkischen Landesregierung unter Mitwirkung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Graz und der Versuchsanstalt der HTBLVA Graz – Ortweinschule.

### 0. Allgemeines

Im Folgenden werden vier Objekte mit unterschiedlichen Standorten bezüglich Kondensat- und Schimmelbildung außerhalb der Heizperiode untersucht.

Dazu wurden in den ausgewählten Objekten Werte der Raumluft (Lufttemperatur, relativer Feuchtegehalt, CO<sub>2</sub>-Gehalt), Oberflächentemperaturen in den betroffenen Bereichen und das Außenklima (Lufttemperatur und relativer Feuchtegehalt) im Zeitraum zwischen 3.7.2013 und 19.9.2013 aufgezeichnet und ausgewertet.

### 1. Informationen zu den einzelnen Objekten

Beim Objekt 1 handelt es sich um ein Einfamilienhaus in Mischbauweise in unmittelbarer Waldnähe mit einer Standardbelegung von fünf Personen. Der betroffene Raum ist ein nordwest orientiertes Badezimmer mit natürlicher Belüftung über ein Fenster. Das Badezimmer ist in Massivbauweise errichtet.

Das Objekt 2 ist ein Geschößwohnbau in Massivbauweise. Der untersuchte Raum ist ein Wohnzimmer im Erdgeschoß mit nordwestlicher Ausrichtung und der Möglichkeit über zwei Fenster zu lüften. In der Wohnung halten sich in der Regel zwei Personen auf.

Im Objekt 3 – Geschößwohnbau in Massivbauweise – wurde das Schlafzimmer im Erdgeschoß mit nordöstlicher Orientierung untersucht. Die betroffene Wohnung wird von fünf Personen benutzt, wobei man davon ausgehen kann, dass sich im Schlafzimmer nur zwei Personen zu den entsprechenden Zeiten aufhalten. In dieser Wohnung ist eine

mechanische Lüftungsanlage installiert, welche aber nicht immer aktiviert ist.

Objekt 4 ist auch ein Geschößwohnbau in Massivbauweise. Hier wurden wie bei Objekt 3 im Schlafzimmer mit nordöstlicher Orientierung die erforderlichen Raumparameter aufgezeichnet. Das Schlafzimmer wurde während der Messdatenerfassung nur gelegentlich von einer Person genutzt.

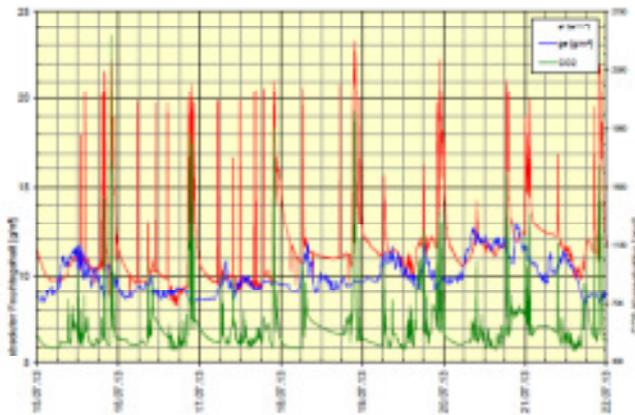
	Standort	Anzahl der Personen	Gebäudetyp	untersuchter Raum	Ausrichtung des Raumes	Fenster im Raum	sonstige relevante Informationen
Objekt 1	Kainbach	5	Einfamilienwohnhaus	Badezimmer	NW, waldseitig	1	errichtet 1998, keine mech. Lüftung
Objekt 2	Graz-St.Peter	2	Geschößwohnbau	Wohnzimmer	Nordwesten	2	natürlich belüfter Raum, Erdgeschosslage
Objekt 3	Fernitz	5	Geschößwohnbau	Schlafzimmer	Nordosten	1	mech. Lüftung vorhanden, jedoch nicht aktiviert, Erdgeschosslage
Objekt 4	Auzel	1	Geschößwohnbau	Schlafzimmer	Nordosten	1	Nutzer selten anwesend, Raum wurde zeitweise zum Schlafen genutzt, sonst Aufenthalt nur während der Reinigung

Abb. 1-1 Gegenüberstellung der vier untersuchten Objekte

In den folgenden Diagrammen wird die kritische Temperatur für Schimmelbildung (orange) dargestellt. Sie ist die Taupunktstemperatur aus der gemessenen minimalen Oberflächentemperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% und wird im Folgenden als kritische Schimmeltemperatur bezeichnet.



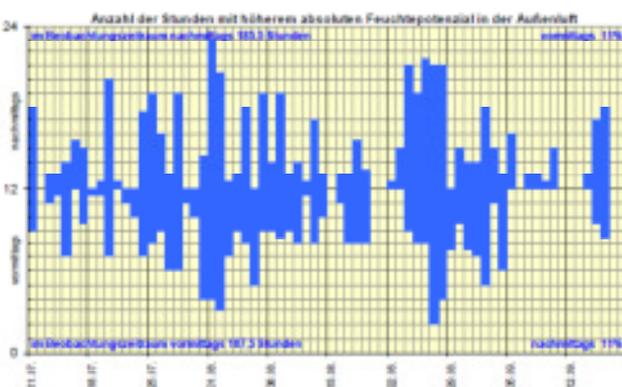
## 2. Auswertung der Messdaten zu Objekt 1



**Abb. 2-1** Vergleich des absoluten Feuchtegehaltes der Raumluft und der Außenluft

In Abb. 2-1 ist deutlich die Nutzung des Badezimmers in den Abendstunden zu erkennen. Der absolute Feuchtegehalt der Raumluft (rote Linie) steigt während der Duschphasen rapide und sehr hoch an. Der Feuchtegehalt fällt durch die getätigten Fensterlüftungen wieder rasch ab. Auch der CO<sub>2</sub>-Gehalt (grüne Linie) nimmt mit dem Lüften rasch ab.

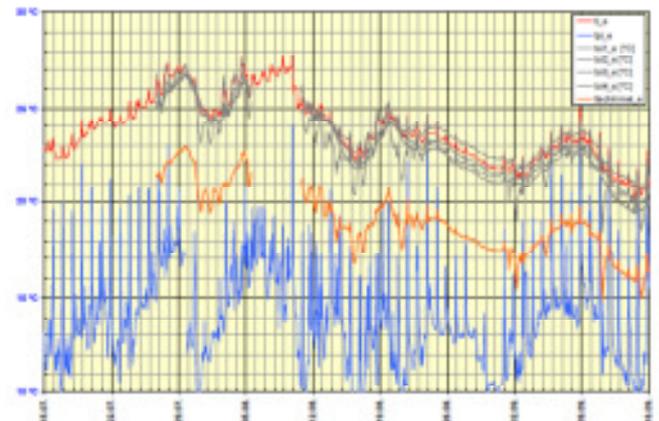
Der mittlere absolute Feuchtegehalt der Innenluft über den Beobachtungszeitraum beträgt 12,0 g/m<sup>3</sup>, jener der Außenluft 10,5 g/m<sup>3</sup>. Im Mittel ist die Außenluft trockener als die Innenluft.



**Abb. 2-2** Anzahl der Stunden mit höherem Feuchtegehalt der Außenluft gegenüber der Raumluft

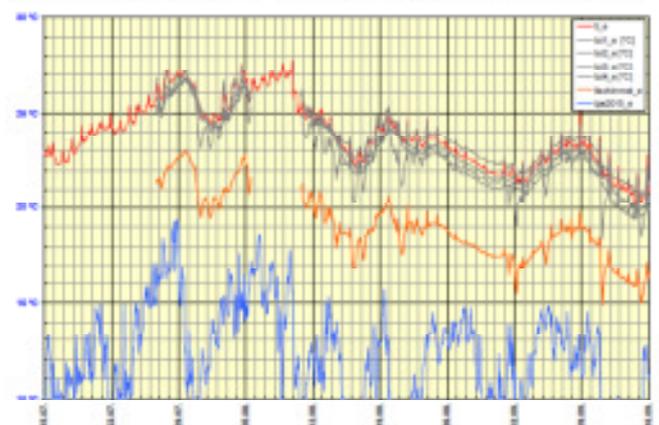
Trotz Nutzung als Badezimmer gibt es im Beobachtungszeitraum auch Zeiten, an denen der absolute Feuchtegehalt der Außen-

luft (blaue Linie) höher ist als jener der Raumluft. Während der 1.680 Stunden kommt dies in 373 Stunden oder in 22% der Zeit vor. Die Verteilung über den Beobachtungszeitraum ist in Abb. 2-2. Jeweils für die Zeit vor Mittag und nach Mittag dargestellt



**Abb. 2-3** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der Taupunkttemperatur der gemessenen Raumluft und der kritischen Temperatur für Schimmelbildung

Abb. 2-3 gibt deutlich zu erkennen, dass die Taupunkttemperatur der Raumluft (hellblau) während der Benutzung der Dusche häufig die gemessenen Oberflächentemperaturen (grau) im betroffenen Raum erreicht. Im Bad kommt es trotz Oberflächentemperaturen von 22°C bis 25°C zu Kondensatbildung an den betroffenen Bauteiloberflächen. Auch die kritische Temperatur für Schimmelbildung wird einige Male erreicht bzw. überschritten.

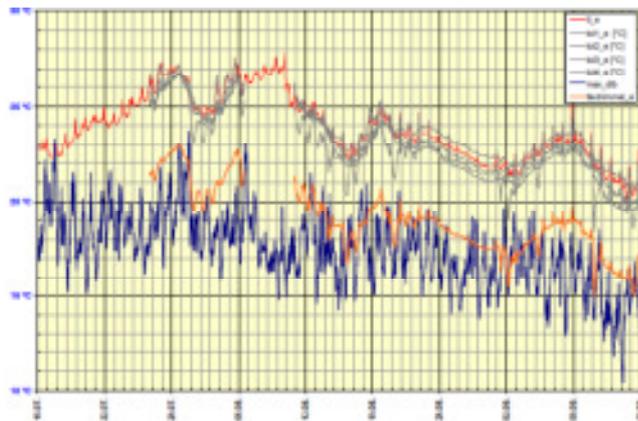


**Abb. 2-4** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der Taupunkttemperatur der gemessenen Außenluft und der kritischen Temperatur für Schimmelbildung

Beim Vergleich der Taupunkttemperatur der Außenluft mit den Oberflächentemperaturen

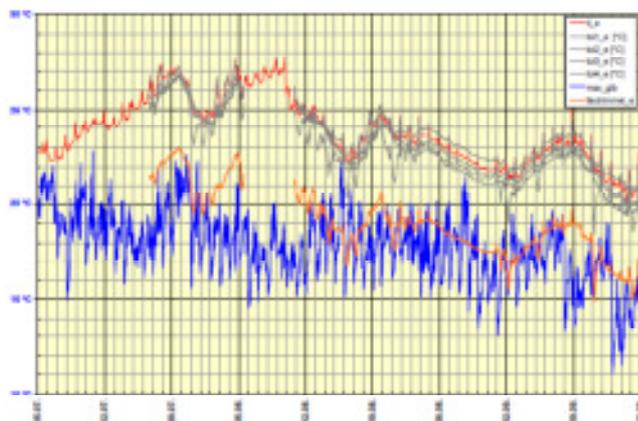


und der kritischen Schimmeltemperatur - Abb. 2-4 - sind keinerlei kritische Momente erkennbar. Man kann in diesem Fall davon ausgehen, dass während des Beobachtungszeitraumes die Außenluft nicht direkt zu Schimmel und Kondensatbildung beiträgt.



**Abb. 2-5** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Deutschlandsberg (2002 – 2006)

Der Vergleich mit Maximalwerten von Klimadaten aus vergangenen Jahren (Abb. 2-5, Abb. 2-6) für den jeweiligen Zeitraum lässt jedoch den Schluss zu, dass es sehr wohl Zeiten gibt, in denen die Taupunkttemperatur der Außenluft die kritische Schimmeltemperatur erreicht und überschreitet. In Einzelpunkten erreicht sie beim betrachteten Objekt sogar die Oberflächentemperatur.



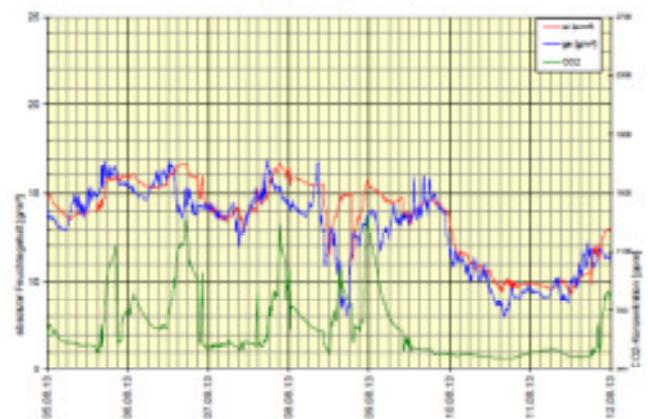
**Abb. 2-6** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Gleichenberg (2003 – 2010)

Im vorliegenden Fall gibt es im Beobachtungszeitraum und beim Vergleich mit Klima-

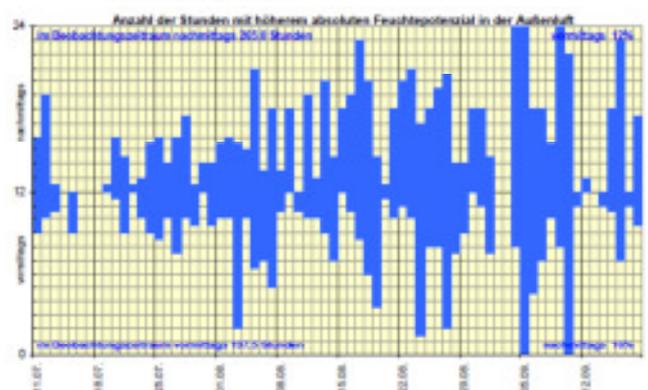
daten von vergangenen Jahren Zeiten in welchen die Außenluftfeuchtigkeit im Verhältnis zu den vorherrschenden Oberflächentemperaturen zu Kondensat- und Schimmelbildung führen kann. Letztendlich ist aber die Nutzung als Badezimmer/Dusche der entscheidende Faktor.

### 3. Auswertung der Messdaten zu Objekt 2

Der CO<sub>2</sub>-Verlauf (grün) des Objektes 2 gibt zu erkennen, dass der Wohnraum eher in den Abendstunden benutzt wurde. Der absolute Feuchtegehalt der Innenluft (rot) weist im Vergleich zu Objekt 1 einen gleichmäßigeren Verlauf ohne ausgeprägte Spitzen auf.



**Abb. 3-1** Vergleich des absoluten Feuchtegehaltes der Raumluft und der Außenluft



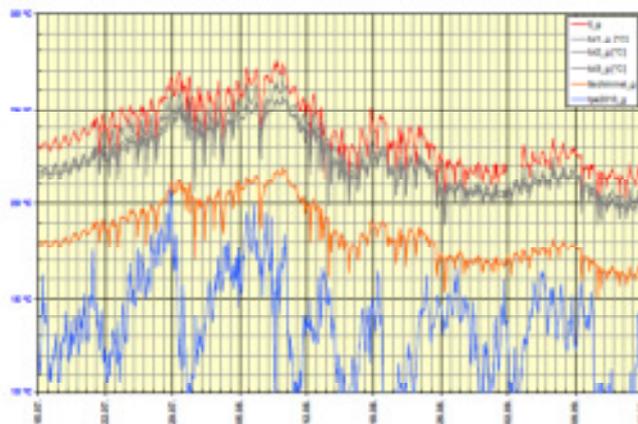
**Abb. 3-2** Anzahl der Stunden mit höherem Feuchtegehalt der Außenluft gegenüber der Raumluft

Der Anteil an Stunden während des Beobachtungszeitraumes, wo der absolute Feuchtegehalt der Außenluft (blau) höher ist



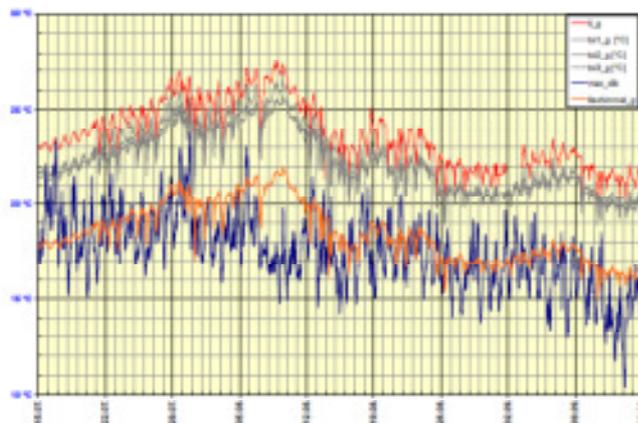
als jener der Raumluft (rot) ist mit 28% gegenüber Objekt 1 nicht wesentlich höher, aber anders verteilt.

Der mittlere absolute Feuchtegehalt der Innenluft über den Beobachtungszeitraum beträgt  $12,1 \text{ g/m}^3$ , jener der Außenluft  $11,6 \text{ g/m}^3$ . Im Mittel ist die Außenluft trockener als die Innenluft. Im Vergleich mit Objekt 1 hat die Innenluft in etwa den gleichen mittleren Feuchtegehalt, der mittlere Feuchtegehalt die Außenluft ist allerdings um etwa 10% höher.



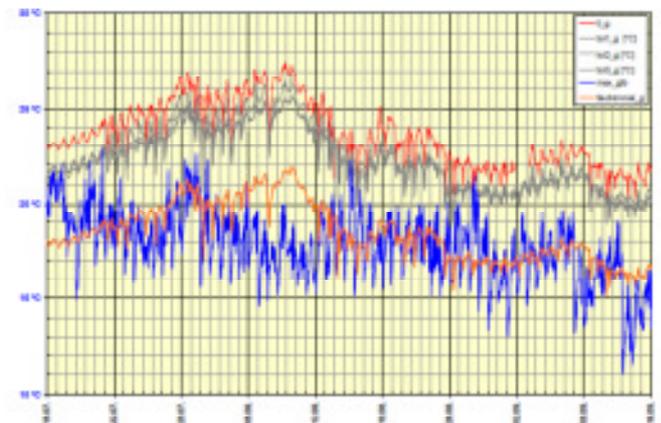
**Abb. 3-3** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der Taupunkttemperatur der gemessenen Außenluft und der kritischen Temperatur für Schimmelbildung

Während des Beobachtungszeitraums sind die aufgezeichneten Oberflächentemperaturen weit über der Taupunkttemperatur der Außenluft. Diese erreicht in Einzelfällen die kritische Schimmeltemperatur.



**Abb. 3-4** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Deutschlandsberg (2002 – 2008)

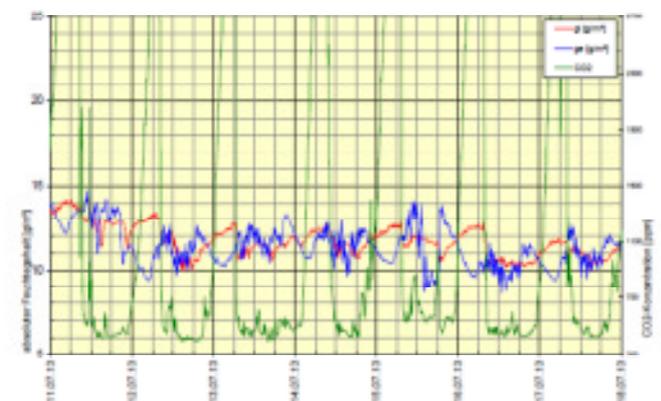
Beim Vergleich mit den Klimadatensätzen von Deutschlandsberg und Gleichenberg wird deutlich, warum es im betroffenen Objekt in der Vergangenheit im Sommer zu Schimmel- und Kondensatbildung gekommen ist.



**Abb. 3-5** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Gleichenberg (2003 – 2010)

Der Vergleich in den Abbildungen Abb. 3-4 und Abb. 3-5 zeigt, dass die kritische Schimmeltemperatur häufig und regelmäßig überschritten wird und in seltenen Fällen auch die Oberflächentemperatur erreicht.

## 4. Auswertung der Messdaten zu Objekt 3

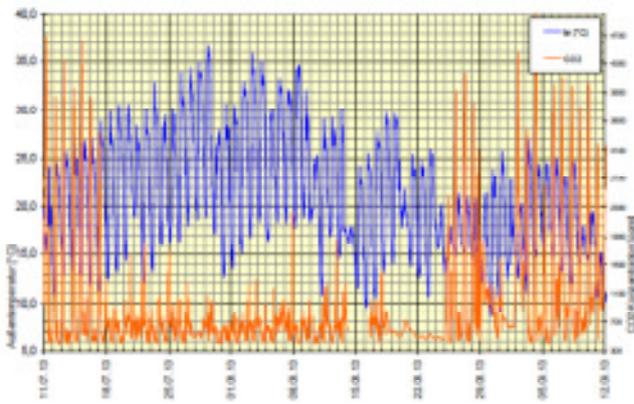


**Abb. 4-1** Vergleich des absoluten Feuchtegehaltes der Raumluft und der Außenluft

Im oben dargestellten Zeitabschnitt der Datenaufzeichnung aus dem Schlafzimmer steigt der  $\text{CO}_2$ -Gehalt nachts auf 3.000 bis



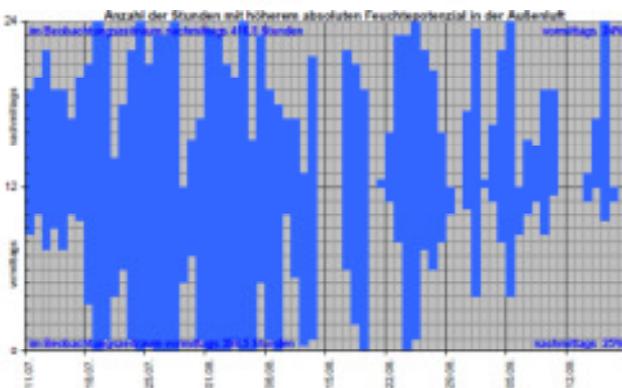
5.000 ppm. Man kann davon ausgehen, dass in diesem Zeitabschnitt die mechanische Lüftungsanlage nicht in Betrieb war.



**Abb. 4-2** Außenlufttemperatur und CO<sub>2</sub>-Gehalt im Schlafzimmer

Auf Grund der Darstellung in Abb. 4-2 kann man die Behauptung aufstellen, dass die mechanische Belüftungsanlage von 17.07.2013 bis 25.08.2013 in Betrieb war. In diesem Zeitraum steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Nacht „nur“ auf 1.200 bis 2.300 ppm. In den Zeiten davor und danach auf etwa das Doppelte. Die Lüftungsanlage war also im Sommer 2013 nur an den heißen Tagen in Betrieb.

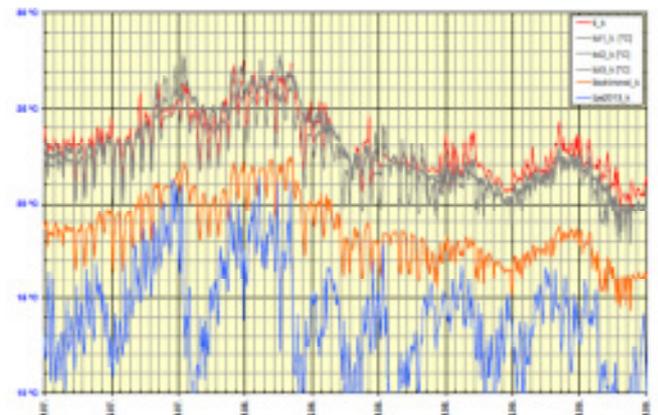
Der Anteil an Stunden während des Beobachtungszeitraumes, wo der absolute Feuchtegehalt der Außenluft (blau) höher ist als jener der Raumluft (rot), ist hier mit 49% wesentlich höher gegenüber Objekt 1 und 2.



**Abb. 4-3** Anzahl der Stunden mit höherem Feuchtegehalt der Außenluft gegenüber der Raumluft

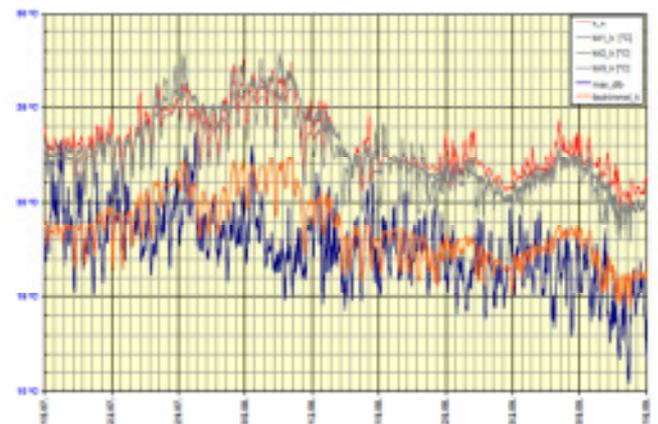
Der mittlere absolute Feuchtegehalt der Innenluft über den Beobachtungszeitraum beträgt 12,0 g/m<sup>3</sup>, jener der Außenluft

11,8 g/m<sup>3</sup>. Im Mittel ist die Außenluft trockener als die Innenluft. Im Vergleich mit Objekt 1 hat die Innenluft etwa den gleichen hohen mittleren Feuchtegehalt, der mittlere Feuchtegehalt der Außenluft ist allerdings um circa 12% höher.



**Abb. 4-4** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der Taupunkttemperatur der gemessenen Außenluft und der kritischen Temperatur für Schimmelbildung

Die Taupunkttemperatur der Außenluft erreicht im dargestellten Zeitraum - Abb. 4-4 – mehrmals die kritische Schimmeltemperatur. Die gemessenen Oberflächentemperaturen erreicht sie allerdings nicht.

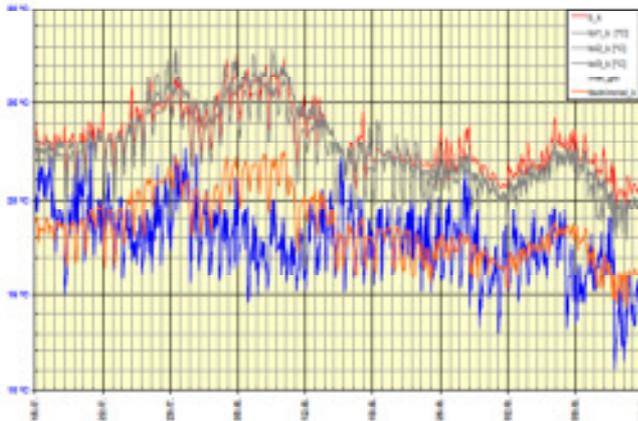


**Abb. 4-5** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Deutschlandsberg (2002 – 2008)

Die Überlagerung der kritischen Schimmeltemperatur mit Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Deutschlandsberg für den Beobachtungszeitraum - Abb. 4-5 - lässt auch hier den Schluss zu, dass es in der Vergangenheit aufgrund der hohen Außenluftfeuchtigkeit und den



vorherrschenden Oberflächentemperaturen zu Schimmelbildung im Sommer kam.

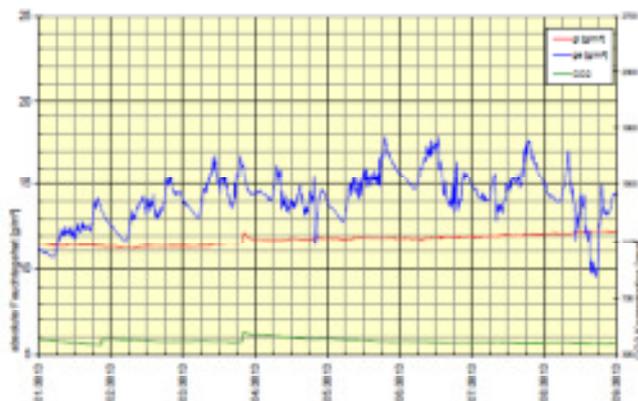


**Abb. 4-6** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Gleichenberg (2003 – 2010)

Auch der Vergleich mit dem Klimadatensatz für Deutschlandsberg - Abb. 4-6 – lässt diesen Schluss zu. Hier wird nicht nur die kritische Schimmeltemperatur überschritten, es wird auch in einigen Punkten die gemessene Oberflächentemperatur erreicht, was wiederum Kondensatbildung zur Folge hätte.

## 5. Auswertung der Messdaten zu Objekt 4

Wie schon am Beginn des Berichtes angeführt, wurde der Raum im Objekt 4 nur gelegentlich genutzt bzw. zu Reinigungszwecken betreten. Dies ist auch im CO<sub>2</sub>-Verlauf in Abb. 5-1 erkennbar.

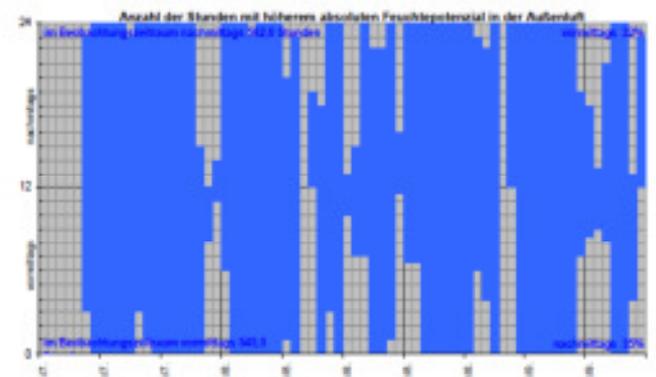


**Abb. 5-1** Vergleich des absoluten Feuchtegehaltes der Raumluft und der Außenluft

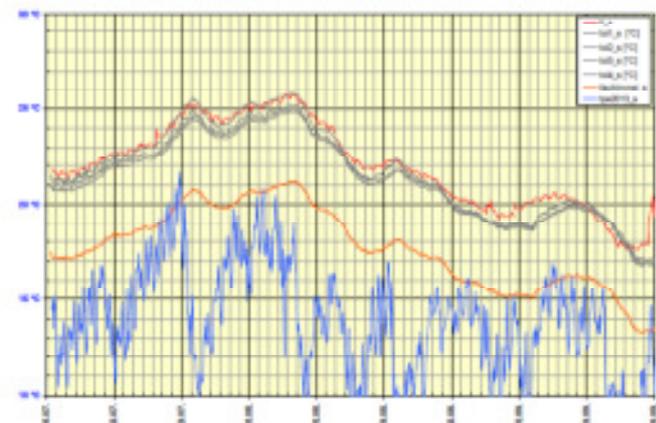
Im abgebildeten Zeitraum ist der absolute Feuchtegehalt der Außenluft nahezu ständig über dem der Innenluft.

Der Anteil an Stunden während des Beobachtungszeitraumes, wo der absolute Feuchtegehalt der Außenluft (blau) höher ist als jener der Raumluft (rot), ist hier mit 77% von allen beobachteten Objekten am höchsten.

Der mittlere absolute Feuchtegehalt der Innenluft über den Beobachtungszeitraum beträgt 10,2 g/m<sup>3</sup>, jener der Außenluft 11,9 g/m<sup>3</sup>. Dies ist das einzige Objekt in dieser Beobachtungsphase, wo die mittlere absolute Luftfeuchte der Außenluft höher ist, als jene der Innenluft. Man kann davon ausgehen, dass Ursache daher kommt, dass der untersuchte Raum während des Beobachtungszeitraumes nur gelegentlich genutzt wurde.



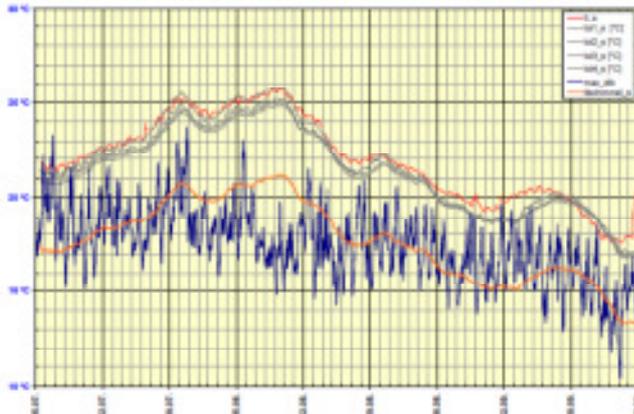
**Abb. 5-2** Anzahl der Stunden mit höherem Feuchtegehalt der Außenluft gegenüber der Raumluft



**Abb. 5-3** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der Taupunkttemperatur der gemessenen Außenluft und der kritischen Temperatur für Schimmelbildung

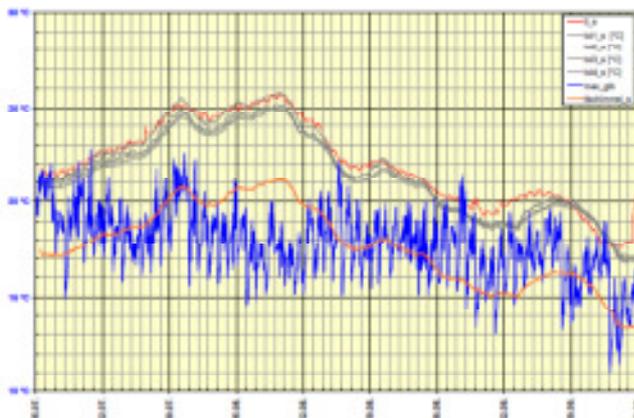


Im Vergleich mit den andern Objekten überschreitet die Taupunkttemperatur der Außenluft (blau) beim Objekt 4 mehrmals die kritische Schimmeltemperatur (orange) in Abb. 5-3.



**Abb. 5-4** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Deutschlandsberg (2002 – 2008)

Auch der Vergleich mit den anderen Klimadatensätzen deutet auf eine problematische Konstellation bezüglich Schimmel- und Kondensatbildung im Sommer hin. Die Maxima der Taupunkttemperaturen liegen zum Teil über Wochen über der kritischen Schimmeltemperatur. Selbst Oberflächenkondensatbildung ist unter diesen Bedingungen nicht ausgeschlossen.



**Abb. 5-5** Zeitlicher Verlauf der Oberflächentemperaturen, der kritischen Temperatur für Schimmelbildung und den Maximalwerten der Taupunkttemperatur für den Klimadatensatz Gleichenberg (2003 – 2010)

## 6. Zusammenfassung und Erkenntnisse

Die Aufzeichnungen und Datenauswertungen der vier Objekte lassen darauf schließen, dass Schimmel- und Oberflächenkondensatbildung an innenseitigen Bauteiloberflächen von Wohnräumen in den Sommermonaten grundsätzlich möglich ist.

Folgende Faktoren tragen zum erhöhten Schimmelrisiko im Sommer bei:

- Lage im Erdgeschoß
- nördlicher Orientierung
- Waldnähe
- Nähe zu Gewässer
- Anzahl der Benutzer/Bewohner
- Feuchteproduktion im Raum
- Raumwidmung
- Lüftungsverhalten
- absoluter Feuchtegehalt der Innen- und Außenluft
- thermische Trägheit der Bauteile

Vom Ansatz her können wir das Problem Sommerkondensation mit der Problematik des Lüftens von Kellern im Sommer vergleichen. Wer im Sommer die Kellerfenster öffnet um diesen zu trocknen, wird genau das Gegenteil erreichen – an den erdberührten Flächen wird es auf Grund zu niedriger Oberflächentemperatur zu Kondensatbildung kommen. Das Problem der Sommerkondensation in Wohnräumen über Geländeoberkante spielt sich lediglich in einem höheren Temperaturniveau ab.

Mit zunehmender Dammhysterie übertragen die Außenbauteile nahezu keine Wärme von außen an die Innenoberflächen. Zum Schutz vor sommerlicher Überwärmung im Raum, werden entsprechende Verglasungen und Sonnenschutzeinrichtungen verwendet. Und zu guter Letzt versucht man über die so genannte Bauteilaktivierung, im Sommer die Innenräume zu kühlen. Man wird in Zukunft verstärkt darauf achten müssen, dass die Temperaturen der Innenoberflächen auch im

Sommer ausreichend warm sind, um Schimmelbildung zu vermeiden.

Nicht ausgeschlossen ist, dass bei einer Kondensation im Bauteilinneren die Bilanzbedingung zwischen Kondensatmenge und Austrocknungsmenge nicht erfüllt ist. Einige Dämmstoffanbieter verweisen bereits darauf, dass ab bestimmten Dämmstoffdicken in jedem Fall eine Dampfsperre erforderlich ist. Dies wird besonders bei Bauteilen notwendig, wenn sie keiner direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die mechanische Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung. Wie schon in den dargestellten Abbildungen ersichtlich, ist ein Dauerbetrieb einer Lüftungsanlage hinsichtlich Schimmelbildung im Sommer nicht zielführend. Es wird in Zukunft notwendig sein, in die Steuerung von Lüftungsanlagen auch die Parameter Oberflächentemperatur im Innenraum, Feuchtegehalt der Außenluft und  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Raumluft ein zu beziehen.



