



brenet

22. Status-Seminar

Konferenzband

SustainDesign
user friendly and resilient design with
appropriate technology

8. & 9. September 2022
Kultur & Kongresszentrum Aarau

Herausgegeben von:
Prof. Dr. Jürg Bichsel
Michael Sattler

Dr. Roman Rudel
Prof. Dr. Olivier Steiger
Prof. Dr. Frank Tillenkamp

DOI 10.5281/zenodo.6798164

Unterstützt durch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

HIGHTECH
ZENTRUM
AARGAU



KANTON AARGAU

SOLARMARKT
Kompetenz und Komponenten.

Konferenzband

22. Status-Seminar

SustainDesign **user friendly and resilient design with** **appropriate technology**

8. & 9. September 2022 | Kultur & Kongresshaus Aarau

IMPRESSUM

Tagungsorganisation:
Michael Sattler
Ökozentrum, Langenbruck

Tagungsband 22. Status-Seminar
SustainDesign
user friendly and resilient design with appropriate technology

Digitale Veröffentlichung © Copyright (auch
auszugsweise) bei den AutorInnen

brenet-Geschäftsstelle, c/o Ökozentrum
Schwengiweg 12, 4438 Langenbruck
E-Mail: geschaeftsstelle@brenet.ch
www.brenet.ch

Published on:
www.zenodo.org/communities/LORY

LORY
Lucerne Open Repository
Universität Luzern
Hochschule Luzern
Pädagogische Hochschule Luzern
Historisches Museum Luzern



CC by 4.0 International Lizenz

Schwerkraftlüftung – Low-tech Lüftung für innenliegende Bäder in einem Mehrfamilienhaus

Monika Hall, Vincent Gerber, Achim Geissler
FHNW, Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau, Hofackerstrasse 30, 4132 Muttenz,
www.fhnw.ch/habg/ineb

Kontaktperson: Monika Hall, monika.hall@fhnw.ch

Zusammenfassung

Résumé

Abstract

Über ein detailliertes Monitoring wird die Wirksamkeit der Schwerkraftlüftung in acht innenliegenden Bädern in einem Mehrfamilien Neubau bestimmt. Jeweils vier Bäder liegen übereinander. Jedes Bad verfügt über ein eigenes Zu- und Abluftrohr. Frischluft wird auf Kellerhöhe gefasst und die Fortluft auf Firsthöhe abgegeben. Weil bei der Schwerkraftlüftung der Luftaustausch auf Grund von Druckunterschieden am Gebäude erfolgt, ist er nicht bzw. kaum steuerbar und saisonal unterschiedlich. Daher erfolgt das Monitoring über ein komplettes Jahr, um das Verhalten in allen Jahreszeiten zu erfassen.

Die Messungen zwischen März und Juli 2022 zeigen, dass sich die rel. Luftfeuchtigkeit der Bäder im Mittel zwischen ca. 45-65 % bewegt. Fallbetrachtungen zeigen, dass kurzzeitige hohe Feuchtebelastungen (bis ~98 % bei einem Duschvorgang) nach ca. 30 min bei offener Badezimmertüre und mindestens einem geöffneten Fenster und entsprechender, geöffneter Zimmertüre wieder auf ca. 60 % reduziert sind (manuelle Fensterlüftung, Juni). Bei einer geschlossenen Badezimmertüre dauert es infolge der Schwerkraftlüftung ca. 2.5 Stunden, um nach zwei Duschvorgängen auf 60 % rel. Luftfeuchtigkeit zu sinken (März). Letztgenannter Fall zeigt, dass durch die Schwerkraftlüftung eine ausreichende Feuchteabfuhr erfolgt.

Detailed monitoring is used to determine the effectiveness of the stack ventilation in eight interior bathrooms in a new multi-family building. Four bathrooms are located on top of each other. Each bathroom has its own supply and exhaust duct. Fresh air is collected at basement level and the exhaust air is discharged at ridge level. Stack ventilation is based on natural pressure differences across the building envelope. Therefore, the possibility of control is limited and ventilation rates vary seasonally. In order to record the behavior in all seasons, the monitoring takes place over a complete year.

Measurement results from March through July 2022 show that the relative humidity of the bathrooms ranges on average between approx. 45-65 %. It can be seen that short-term high humidity loads (up to ~98 %, showering) are reduced to approx. 60 % after approx. 30 min with the bathroom room door open and at least one window and the corresponding room door open (manual window ventilation, June). With a closed bathroom door, stack ventilation needs approx. 2.5 hours to reduce the rel. humidity to 60 % after two showers (March). The latter example shows that stack ventilation leads to a sufficient moisture extraction.

1. Ausgangslage

1.1 Hintergrund

Auf Grund der hohen Feuchte- bzw. Geruchsbelastung von Bädern und WCs muss dort auf den Luftaustausch ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Ist keine mechanische Lüftungsanlage vorhanden, ist in innenliegenden Bädern und WCs anderweitig der Luftaustausch sicherzustellen. Häufig werden dezentrale Abluftventilatoren eingesetzt, die die Luft aktiv aus dem Bad/WC abziehen. Eine andere Möglichkeit ist die Schwerkraftlüftung. Die Frischluft wird i.d.R. auf Kellerhöhe gefasst und durch ein Rohr in das innenliegende Bad/WC geführt. Im Raum befindet sich der Zuluftreinlass in Fusshöhe. Die Abluft entweicht deckennah und die Fortluft wird über das Dach abgeführt. Jedes Bad verfügt über ein eigenes Zu- und Abluftrrohr (Abbildung 1 links).



Abbildung 1 Links: Prinzipskizze der Schwerkraftlüftung für innenliegende Bäder/WC. Mitte: Mehrfamilienhaus mit Monitoring der Schwerkraftlüftung, Neubau Bezug 2022 (© INEB). Rechts: Lüftungsrohre im Erdgeschoss für die Schwerkraftlüftung in den innenliegenden Bädern (© Ferrara Architekten).

Weil bei der Schwerkraftlüftung der Luftaustausch auf Grund von Druckunterschieden am Gebäude erfolgt, ist er nicht bzw. nur bedingt steuerbar und saisonal unterschiedlich. Die Schwerkraftlüftung ist eine low-tech Lüftungsvariante, die keine oder nur wenige technische Komponenten benötigt (z.B. steuerbares Zulufttellerventil).

Schwerkraftlüftungen wurden in der Schweiz in den 50er und 60er Jahren immer wieder eingebaut. D.h., es gibt zahlreiche bestehende Gebäude, bei denen im Fall der energetischen Sanierung das Thema relevant wird und überlegt werden muss, ob dieser Lüftungstyp auch nach der Sanierung beibehalten wird. Auf Grund eines gewissen low-tech Trends und beruhend auf guten Erfahrungen werden auch neu errichtete Gebäude mit Schwerkraftlüftungen ausgerüstet. Die Wirksamkeit und Funktionsfähigkeit der Schwerkraftlüftung für innenliegende Bäder kann daher an einem neu errichteten Mehrfamilienhaus in Basel (Abbildung 1 mitte + rechts) untersucht werden.

1.2 Ziel

Über ein detailliertes Monitoring wird die Wirksamkeit der Schwerkraftlüftung auf den Luftaustausch von innenliegenden Bädern untersucht. Das Monitoring erfolgt über ein komplettes Jahr, um das Lüftungsverhalten in allen Jahreszeiten zu erfassen.

2. Vorgehen

2.3 Monitoring

Der untersuchte vierstöckige Neubau hat 16 Wohnungen mit je vier Wohnungen pro Etage. Die generelle Wohnungslüftung erfolgt über die manuelle Fensterlüftung, nur die innenliegenden Bäder und WCs werden über die Schwerkraftlüftung belüftet.

Jede Wohnung verfügt entweder über ein innenliegendes Bad oder WC. Jedes innenliegende Bad/WC hat einen eigenen Rohrstrang für die Schwerkraftlüftung. Es ist die sogenannte «Kölner Lüftung» umgesetzt (www.baunetzwissen.de). Bei dem untersuchten Gebäude wird die Grösse der Zulüftöffnung über ein Tellerventil gesteuert. Dieses ist mit dem Lichtschalter gekoppelt. Das Zuluftventil öffnet sich langsam, wenn das Licht eingeschaltet wird und schliesst langsam, wenn das Licht wieder ausgeschaltet wird. In der Position «zu» ist in diesem Gebäude das Zuluftventil so eingestellt, dass es nicht komplett geschlossen ist. Das Abluftventil ist immer zu 100 % offen.

Untersucht werden acht innenliegende Bäder, von denen jeweils vier Ostwohnungen bzw. vier Westwohnungen übereinander liegen. Gemessen werden in allen Zu- und Abluftrohren (je acht) und im Sammelschacht der gemeinsamen Frischluftfassung die Strömungsgeschwindigkeit v , die Lufttemperatur θ und die rel. Luftfeuchtigkeit. Die Strömungsrichtung wird erfasst, so dass überprüft werden kann, in welche Richtung die Luft strömt (Abbildung 2). Die Lufttemperatur und rel. Luftfeuchtigkeit in den einzelnen Bädern werden mit Datenloggern protokolliert. Die Logger befinden sich in Kopfhöhe neben der Badezimmertüre an der Wand. Zusätzlich sind alle Türen und Fenster mit Öffnungskontakten versehen, die ebenfalls via Datenloggern protokolliert werden. Hiermit kann der Einfluss der Tür- und Fensteröffnung untersucht werden.

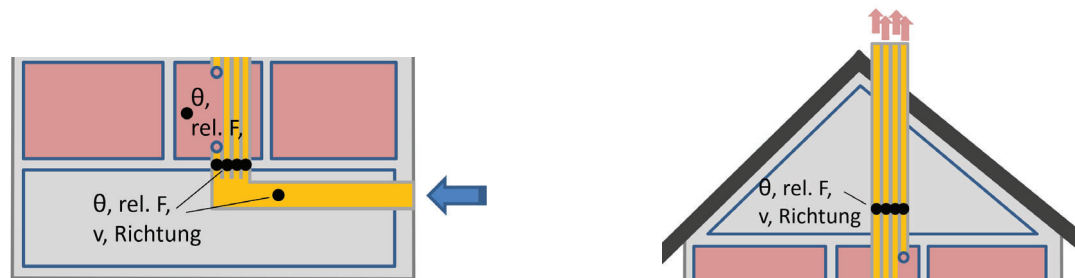


Abbildung 2 Links: Messpunkte Bad und Zuluft im Keller, rechts: Messpunkte Abluft im Dachgeschoss.

Die Messdaten aus den Rohren und dem Frischluftsammschacht werden über eine SPS automatisch erfasst. Die Datenlogger werden ca. alle zwei Monate ausgelesen. Alle Messwerte werden im zwei Sekundentakt geloggt. Die Tür- und Fensterkontakte geben bei «offen» keine Auskunft darüber, wie weit die Türe bzw. das Fenster geöffnet ist. Die Öffnungsweite liegt zwischen angelehnt und 100 % offen.

Für das Aussenklima werden die Wetterdaten der Messstation Basel-Binningen von Meteoschweiz berücksichtigt (s. Anhang).

Die Resultate beziehen sich auf den Messzeitraum vom 08.03. - 12.07.2022.

2.4 Datenbearbeitung

Absolute Luftfeuchte

Die absolute Luftfeuchtigkeit berechnet sich aus der gemessenen Lufttemperatur und rel. Luftfeuchtigkeit über die ideale Gasgleichung (Gl. 1):

$$v_D = \frac{m_D}{V} = \frac{p_D}{R_D \cdot T} \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{Gl. 1}$$

mit

v_D	absolute Luftfeuchtigkeit (volumenbezogen), kg/m ³
m_D	Masse Dampf, kg
V	Volumen (Luft), m ³
p_D	Wasserdampfpartialdruck, Pa
R_D	spez. Gaskonstante Wasserdampf, 461.5 J/(kg K)
T	absolute Temperatur, K

Der Wasserdampfpartialdruck wird über den Sättigungsdampfdruck und die rel. Luftfeuchtigkeit berechnet (Gl. 2):

$$p_D = p_s \cdot \varphi \quad \text{Pa} \quad \text{Gl. 2}$$

mit

p_s	Sättigungsdampfdruck, Pa
φ	rel. Luftfeuchtigkeit, -

Der Sättigungsdampfdruck ist temperaturabhängig und berechnet sich gemäss Gl. 3 ([1], für Lufttemperaturen > 0°C):

$$p_s = 610.5 \cdot \exp\left(\frac{17.269 \cdot \theta}{265.5 + \theta}\right) \quad \text{Pa} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

θ	Lufttemperatur, °C
----------	--------------------

Unsicherheit der absoluten Luftfeuchtigkeit

Die Standardabweichungen der Monatsmittelwerte für θ , φ werden im weiteren als Unsicherheit der Mittelwerte betrachtet.

Da sich die abs. Luftfeuchtigkeit v_D aus zwei unabhängigen Grössen zusammensetzt, berechnet sich die Unsicherheit von v_D auf Grundlage der Fehlerfortpflanzung vereinfacht wie folgt (Gl. 4, [2]):

$$\delta v_D = v_D \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta \varphi}{\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\delta \theta}{\theta}\right)^2} \quad \text{kg/m}^3 \quad \text{Gl. 4}$$

mit

δv_D	Unsicherheit abs. Feuchtigkeit, kg/m ³
$\delta \varphi$	Unsicherheit der rel. Luftfeuchtigkeit, -
$\delta \theta$	Unsicherheit der Lufttemperatur, °C

3. Resultate

3.1 Übersicht

Die Schwerkraftlüftung wird eingesetzt, um die innenliegenden Bäder zu entfeuchten. Aus diesem Grund interessiert die rel. Luftfeuchtigkeit der einzelnen Bäder. Als Übersicht sind diese als monatliche Mittelwerte in Abbildung 3 oben dargestellt. Die mittlere rel. Luftfeuchtigkeit der meisten Bäder liegt in dem Bereich von 45-65 %. Nur die Bäder 1 OG-O und EG-W weisen mittlere Werte über 65 % in den Monaten Mai bis Juli auf. Wobei das unbewohnte 1 OG-O mit über 70 % rel. F. heraussticht. Die Monatsmittelwerte der Raumlufttemperaturen der Bäder steigen im Mittel von ca. 20 °C auf rund 25 °C von März bis Juli an. Die Temperaturen der einzelnen Bäder weisen eine Differenz von ca. 2-6 K auf (Abbildung 3 mitte). In den Monaten Mai bis Juli liegen die Temperaturen näher zusammen als von März bis April. In Abbildung 3 unten sind die monatlichen Mittelwerte der absoluten Feuchte dargestellt. Die mittlere absolute Luftfeuchte der Umgebungsluft ist immer tiefer als in den Bädern, so dass die Bäder i.d.R. über das Lüften entfeuchtet werden können. Die Standardabweichungen der rel. Feuchtigkeit zeigt an, dass z.T. in den Bädern die rel. Luftfeuchtigkeit sehr stark schwankt. Die Standardabweichungen der Lufttemperaturen in den Bädern sind sehr gering. Dies weist auf recht konstante Temperaturen hin. Die grössten Schwankungen weist die Umgebungsluft auf.

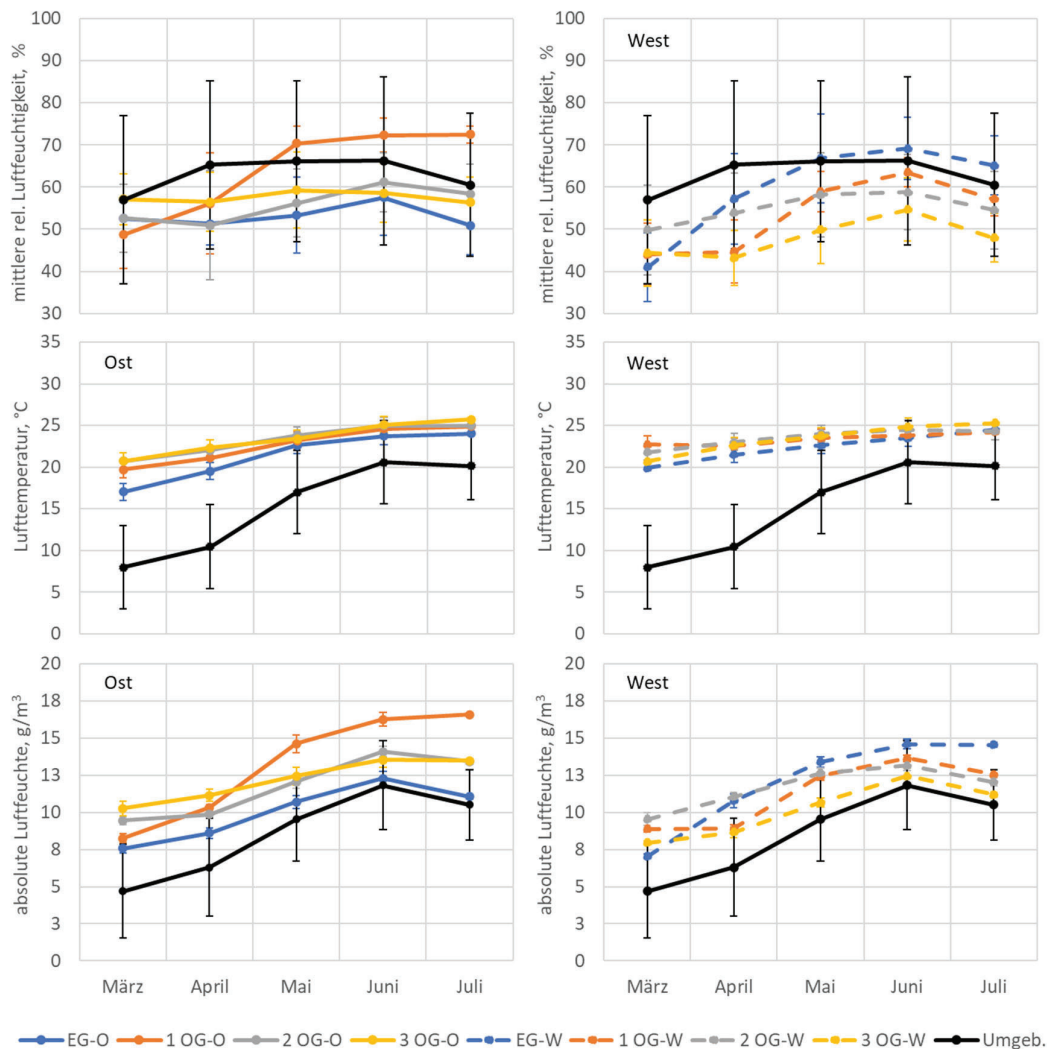


Abbildung 3 Monatsliche Mittelwerte und einfache Standardabweichung der rel. Luftfeuchtigkeit (oben), Lufttemperaturen (mitte) und absoluten Feuchte (unten, berechnet aus den Monatswerten) in den Ost- und Westbädern und der Aussenluft.

3.2 Dunstabzug und Duschvorgang

Eine generelle Übersicht des Zu- und Abluftverhaltens eines innenliegenden Bads im dritten Obergeschoss zeigt Abbildung 4. Die Geschwindigkeit im Zuluftrohr beträgt ca. 0.2 m/s und im Abluftrohr ca. 0.6 m/s (oben). 0.6 m/s entsprechen einem Luftwechsel von ca. 1 h⁻¹. Da Fenster und Türen geschlossen sind, muss die Differenz des Volumen- bzw. Massenstroms zwischen Zu- und Abluft aus anderen Verbindungen im Bad kommen. Bei einem Blower-Door Test konnte festgestellt werden, dass die Revisionsklappe zum Installationsschacht im Bad undicht ist. Zusätzlich besteht über den Installationsschacht eine Verbindung zum Sicherungskasten zum Flur. Es wird daher angenommen, dass sich die Abluft der Schwerkraftlüftung aus einem Teil, der durch das Zuluftrohr der Schwerkraftlüftung kommt und zu einem Teil, der aus dem Installationsschacht stammt, zusammensetzt.

Der Betrieb der Dunstabzugshaube (ca. 19:10-19:25) und ein Duschvorgang (ca. 20:20 Uhr) sind deutlich an den Messwerten zu erkennen. Während die Dunstabzugshaube läuft, treten erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 1.6 m/s im Zu- und Abluftrohr auf. Es ist zu erkennen, dass sich die Strömungsrichtung der Abluft umdreht (negative Werte bei der Luftgeschwindigkeit (rot), Abbildung 4 oben), so dass ein zusätzlicher Zuluftvolumenstrom entsteht. Eine Strömungsgeschwindigkeit von 1.6 m/s in einem Rohr entspricht einem Luftwechsel von 2.7 h⁻¹, d.h. insgesamt liegt ein gut fünffacher Luftwechsel im Bad vor, solange der Dunstabzug läuft. Gleichzeitig sinken die Temperaturen der einströmenden Luft (mitte) und die rel. Luftfeuchtigkeit in der Zuluft steigt entsprechend an (unten). Bei der Abluft kommt es kurzfristig zu einem Abfall der rel. Luftfeuchtigkeit (trockene Frischluft) bevor sie ansteigt, nachdem sich das Rohr entsprechend abgekühlt hat (kalte Frischluft). Insgesamt sinkt die rel. Luftfeuchtigkeit im Bad leicht ab. D.h., wenn der Dunstabzug (bei geschlossenen Fenstern) läuft, strömt die Luft durch das Bad nach. Hinweis: die Küchentüre ist eine Glasschiebetüre, die nicht dicht mit dem Rahmen abschliesst und zusätzlich ein kreisrundes Loch (Ø ca. 4 cm) als Türgriff aufweist.

Während des Duschvorgangs steigt die rel. Luftfeuchtigkeit im Abluftrohr auf ca. 93 %, sinkt danach aber schnell auf rund 62 % ab.

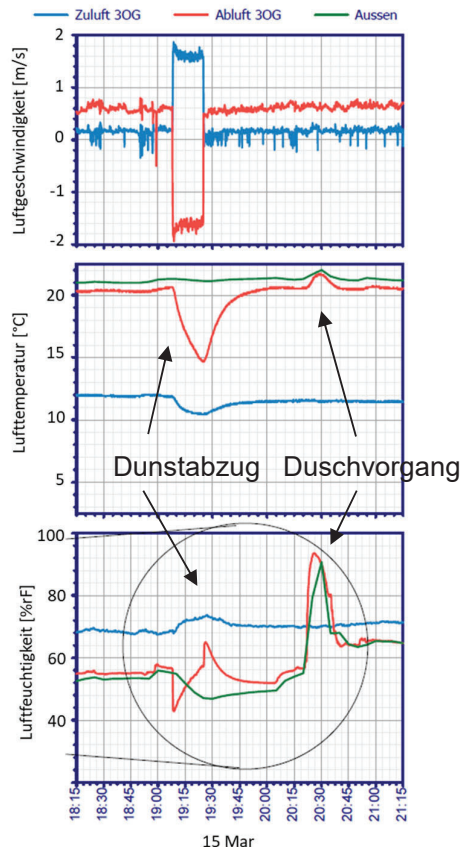


Abbildung 4 Generelles Verhalten in Zu- und Abluftrohr, wenn der Dunstabzug läuft und ein Duschvorgang stattfindet. Detailansicht 15. März 2022, Abendstunden.

3.3 Temperaturdifferenz Bad/Umgebung

Bei der Schwerkraftlüftung spielen Druckdifferenzen am Gebäude und damit auch Temperaturdifferenzen zwischen Bad und Umgebung eine grosse Rolle. Ist die Temperatur der Umgebung um ca. 1.5 K höher als die Badtemperatur, wird die Luftgeschwindigkeit in dem Abluftrohr nahezu null und es wird kein Abluftvolumenstrom induziert (Abbildung 5, 15.06./16.06. ca. 10:00 bis 00:00 Uhr, Abluft «aus»). Da nichts strömt, stellen sich nahezu Umgebungsluftbedingungen im Abluftrohr ein. Erst wenn die Aussentemperatur ca. 1.5 K unter die Badtemperatur sinkt, ergibt sich eine definierte Luftgeschwindigkeit und Strömungsrichtung im Abluftrohr. Eine Luftgeschwindigkeit von 0.5 m/s im Abluftrohr entspricht einem Luftwechsel im Bad von 0.8 h^{-1} (Abbildung 5, 15.06./16.06. ca. 00:00 bis 10:00 Uhr, Abluft «an»). Am 15.06. und 16.06. wird das Bad nur in der ersten Tageshälfte belüftet. Die rel. Luftfeuchtigkeit erreicht im Bad am 16.06. um ca. 10 Uhr mit rund 72 % das Maximum.

Am 14.06. ist in der zweiten Tageshälfte die Umgebungstemperatur im Maximum um ca. 5 K wärmer als die Temperatur im Bad. Dies hat zur Folge, dass die Geschwindigkeit und die Richtung des Luftstroms im Abluftrohr stark hin und her schwanken.

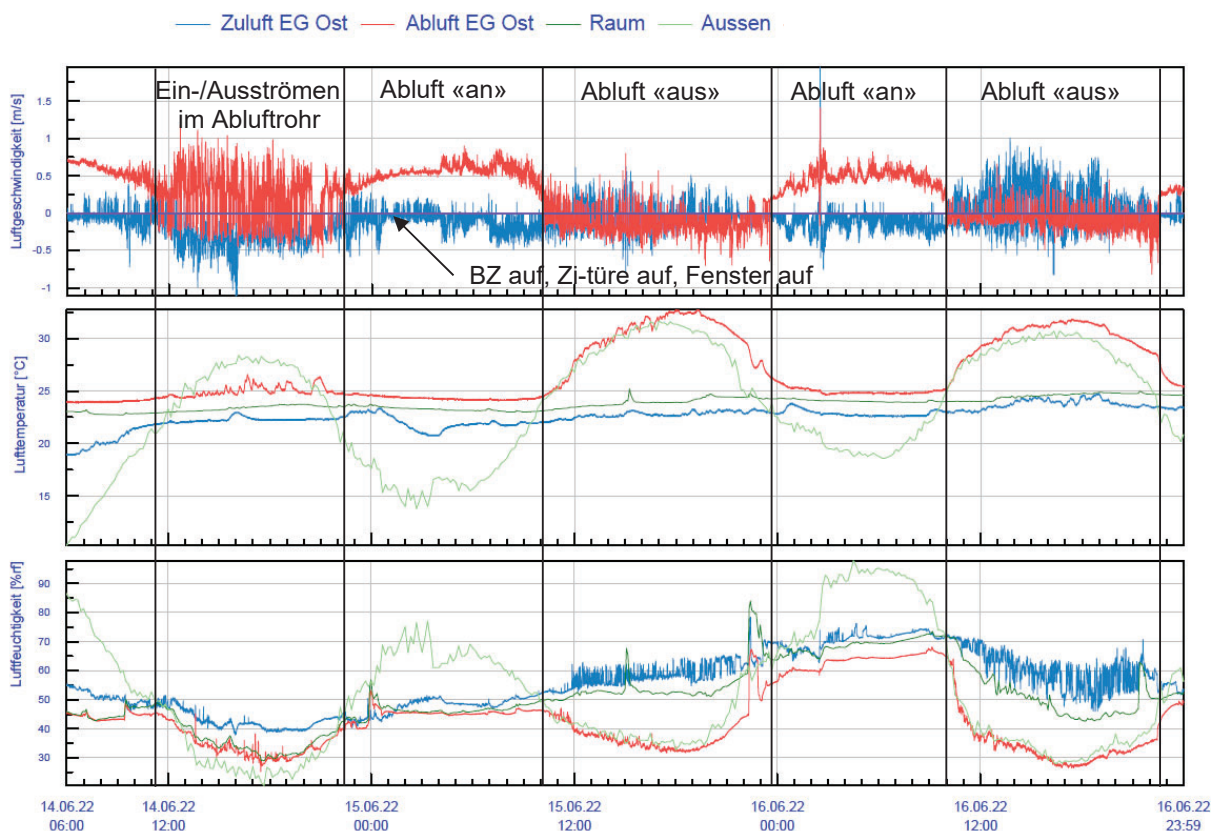


Abbildung 5 *Generelles Lüftungsverhalten in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Bad und Umgebung. Während der gesamten Zeit ist die Badezimmer (BZ) geöffnet und mindestens in einem Zimmer sind das Fenster und die entsprechende Zimmertüre auf (Alles). Damit weist das Bad eine Verbindung zur Umgebungsluft auf.*

3.4 Duschvorgang mit anschliessend geschlossener Badezimmertüre

Am 28.03.22 sind ab 21:30 Uhr zwei aufeinanderfolgende Duschvorgänge erkennbar. Bei jedem Duschvorgang steigt die rel. Luftfeuchtigkeit auf ca. 96 % im Bad an (Abbildung 6 unten, grüne Linie). Vor dem ersten Duschvorgang ist die Badezimmertüre ab ca. 18:45 Uhr geöffnet, sowie mindestens in einem Raum ein Fenster und die entsprechende Zimmertüre (Abbildung 6 oben, grüne Linie). Die rel. Luftfeuchtigkeit im Bad schwankt zwischen 40-65 % (Abbildung 6 unten, rote/grüne Linie). Während des ersten Duschvorgangs wird entweder die Zimmertüre oder das Fenster bzw. beides geschlossen. Die Badezimmertüre bleibt geöffnet und die rel. Luftfeuchtigkeit im Bad sinkt schnell auf rund 68 % ab. Es findet eine Luftaustausch mit der restlichen Wohnung statt.

Die Badezimmertüre wird zum zweiten Duschvorgang geschlossen und steht anschliessend ca. 15 min offen, bevor sie wieder geschlossen wird (Abbildung 6 oben, orange Linie). Während die Türe geöffnet ist, sinkt die rel. Luftfeuchtigkeit. Von ca. 22:30 bis 02:50 Uhr ist die Badezimmertüre, bis auf einen kurzen Moment, geschlossen.

Gemäss Logger hat sich die rel. Luftfeuchtigkeit im Bad nach rund 2.5 Stunden auf ca. 62 % reduziert, während der Sensor in der Abluft noch 84 % rel. Luftfeuchtigkeit anzeigt. Nach rund vier Stunden wird die Badezimmertüre wieder geöffnet und beide Sensoren zeigen dann recht konstant ca. 66 % rel. Luftfeuchtigkeit an. Es ist unklar, warum die rel. Luftfeuchtigkeit der Abluft und des Loggers im Bad im genannten Intervall eine solch grosse Differenz aufweisen, da sie i.d.R. immer sehr ähnliche Werte anzeigen. Die Strömungsgeschwindigkeit zwischen rund 0.55-0.75 m/s im Abluftrohr entspricht einem Luftwechsel im Bad von ca. 0.9-1.3 h⁻¹.

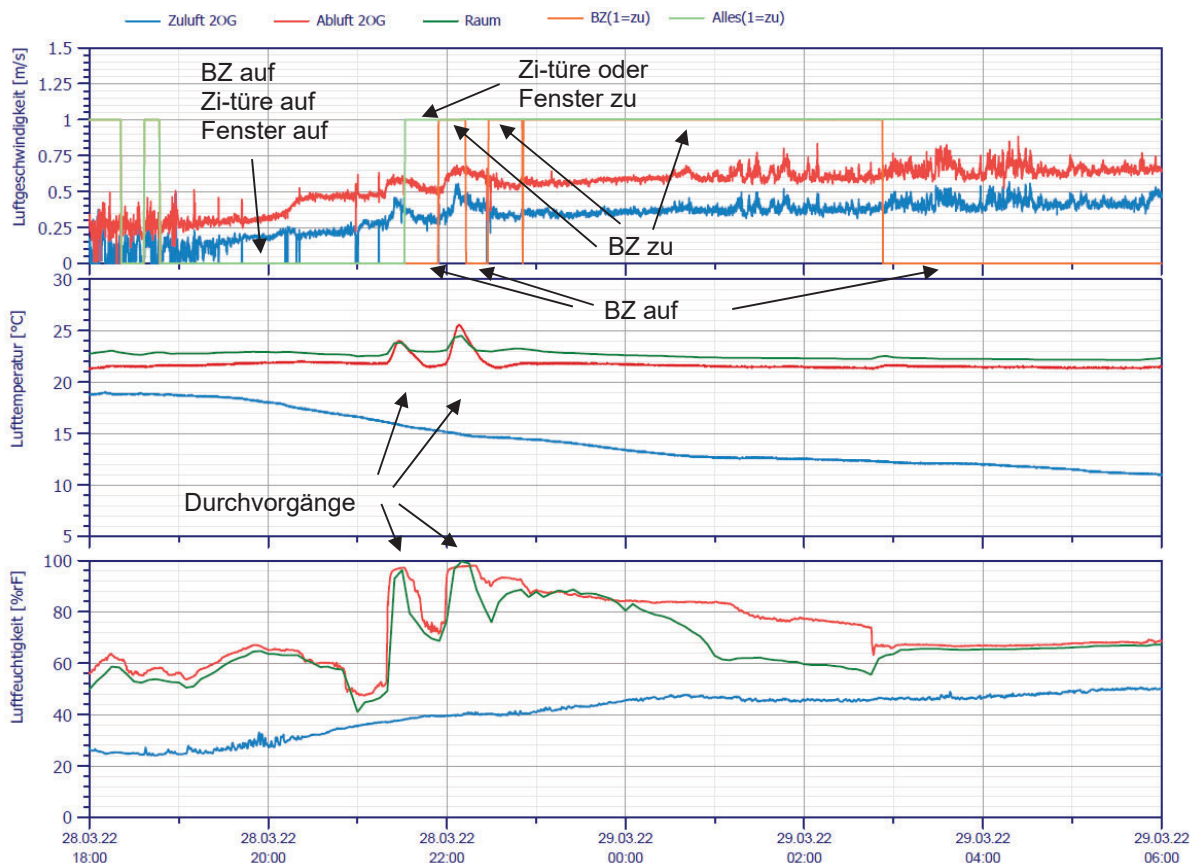


Abbildung 6 Duschvorgänge und Badezimmertüre geschlossen (BZ: Badezimmertür, Alles: Zimmertüren und Fenster).

3.5 Duschvorgang mit anschliessend geöffneter Badezimmertüre

In folgendem Beispiel ist die Badezimmertüre nur während des Duschvorgangs geschlossen, ansonsten immer geöffnet. Bis 10:15 Uhr ist zusätzlich mindestens ein Fenster sowie die zugehörige Zimmertüre geöffnet. Ab 10:15 Uhr wird entweder das Fenster oder die Zimmertüre geschlossen, so dass das Bad nicht mehr mit der Umgebung in Verbindung steht.

Die rel. Luftfeuchtigkeit steigt während des Duschvorgangs schnell auf ca. 96 % an, sinkt aber innerhalb 30 min auf 56 % ab. Im Vergleich zum Fall mit geschlossenen Badezimmertüre in Kapitel 3.4 sinkt hier die rel. Luftfeuchtigkeit im Bad deutlich schneller.

Bis 10:15 Uhr weist das Bad im Mittel einen Luftwechsel von ca. 0.8 h^{-1} , bei einer mittlere Luftgeschwindigkeit im Abluftrohr von ca. 0.5 m/s , auf. Anschliessend reduziert sich der mittlere Luftwechsel auf ca. 0.3 h^{-1} , bei einer mittlere Luftgeschwindigkeit von ca. 0.2 m/s im Abluftrohr.

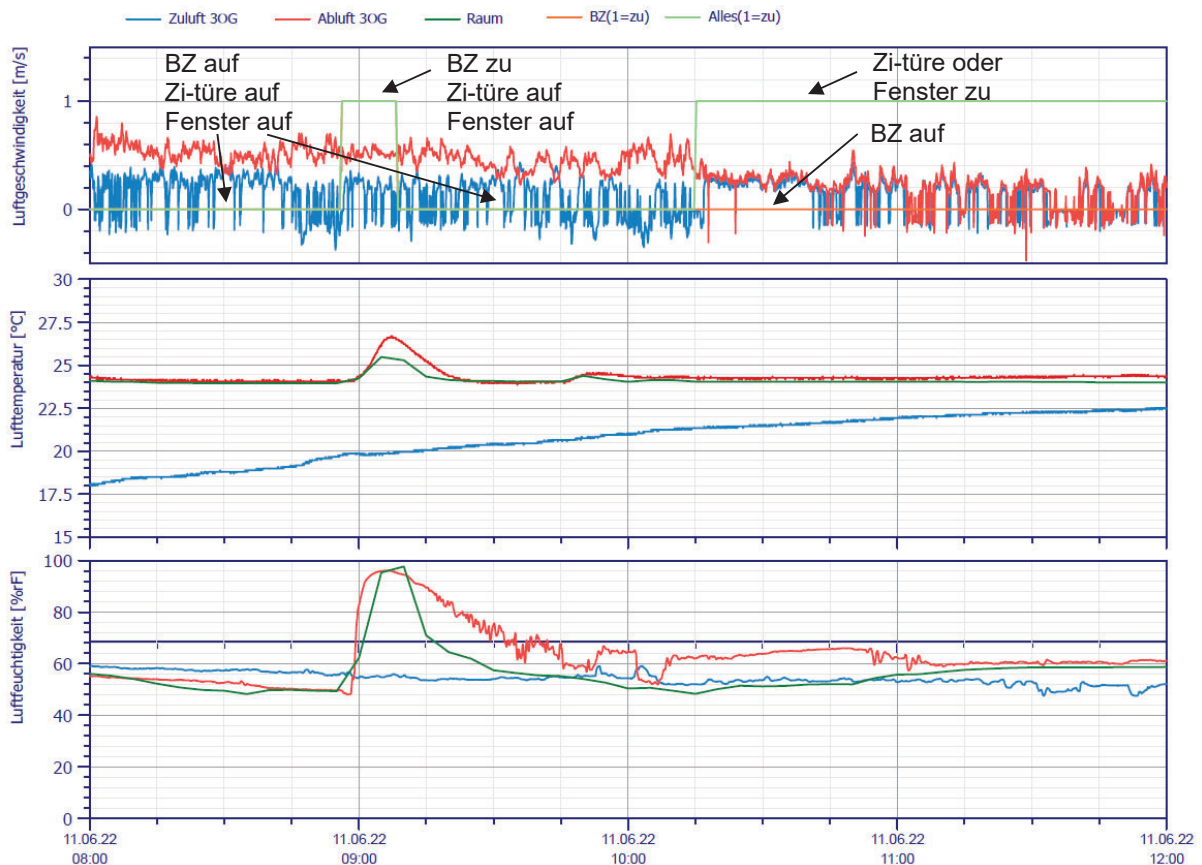


Abbildung 7 Duschvorgang und Badezimmertüre geöffnet (BZ Badezimmertür, Alles Zimmertüren und Fenster).

4. Diskussion

Die Resultate zeigen deutlich, dass verschiedene Parameter einen Einfluss auf die Lüftungseffektivität der Schwerkraftlüftung haben:

- Temperaturdifferenz Bad/Umgebung
- Badezimmertüre geschlossen bzw. geöffnet mit/ohne Anschluss an Umgebungsluft (Fenster auf)
- Dunstabzug

Es zeigt sich, dass die Strömungsgeschwindigkeit im Abluftrohr fast immer höher ist als im Zuluftrohr. Dies führt zu höheren Volumen- bzw. Massenströme im Abluftrohr als im Zuluftrohr. Damit

setzt sich die Abluft neben der Luft aus dem definierten Zuluftrohr auch aus der Luft aus dem undichten Installationsschacht (Badezimmertüre zu) und der restlichen Wohnung ohne/mit geöffnetem Fenster (Badezimmertüre offen) zusammen.

Wie erwartet erfolgt die Reduktion der rel. Luftfeuchtigkeit im Bad von ca. 98 % auf ca. 60 % nach einem Durchvorgang mit einer geöffneten Badezimmertüre und mindestens einem geöffneten Fenster und entsprechender, geöffneter Zimmertüre deutlich schneller als bei geschlossener Badezimmertüre (30 min/2.5 h). Während im ersten Fall das Bad quasi über eine manuelle Fensterlüftung belüftet wird, ist im zweiten Fall die Schwerkraftlüftung wirksam. Mit einer Reduktionsdauer von 2.5 Stunden bei einem Luftwechsel von ca. 1.0 h^{-1} ist die Effektivität der Schwerkraftlüftung als sehr gut für die dargestellte Märzsituation zu erachten.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die mittlere monatliche rel. Luftfeuchtigkeit in fast allen Bädern unter 65 % liegt. Die Luftgeschwindigkeit in den Abluftrohren ist i.d.R. $< 1 \text{ m/s}$ und beträgt oft um 0.5 m/s ($10.3 \text{ m}^3/\text{h}$), was einem Luftwechsel im Bad von 0.8 h^{-1} entspricht.

5. Ausblick

Der Beitrag präsentiert die ersten Auswertungen für die Monate März bis Juli 2022. Das Monitoring wird über den Winter 22/23 fortgesetzt und anschliessend eine umfassende Gesamtauswertung erstellt.

6. Literatur

- [1] SIA 180, "Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden." 2014.
- [2] J. R. Taylor, *An Introduction to Error Analysis*, 2nd ed. University Science Books, 1997.

Danksagung

Das Mehrfamilienhaus wird von der Baugenossenschaft des Bundespersonals Basel zur Verfügung gestellt. Die vorgestellten Zwischenergebnisse wurden im Rahmen des Projekts "Schwerkraftlüftung – Monitoring Mehrfamilienhaus Eidgenossenweg" erarbeitet, welches vom Hochbauamt Zürich und dem Bundesamt für Energie SI/502281-01 gefördert wird.

Anhang Wetterdaten

Tabelle 1 Zusammenfassung Wetterdaten der Klimastation Basel-Binningen, 01.03.-12.07.2022 (10-min Werte)

	Diffus W/m^2	Glob, hor W/m^2	Temp $^{\circ}\text{C}$	rel. F. %	Windgeschw. m/s	Windricht. $^{\circ}$
Mittelwert	86	228	14.5	63	6	192
stabw	107	296	7.3	20	4	101
Median	47	54	14.8	64	5	208
min	0	0	-4.8	17	0	0
max	619	1'128	35.5	99	53	360

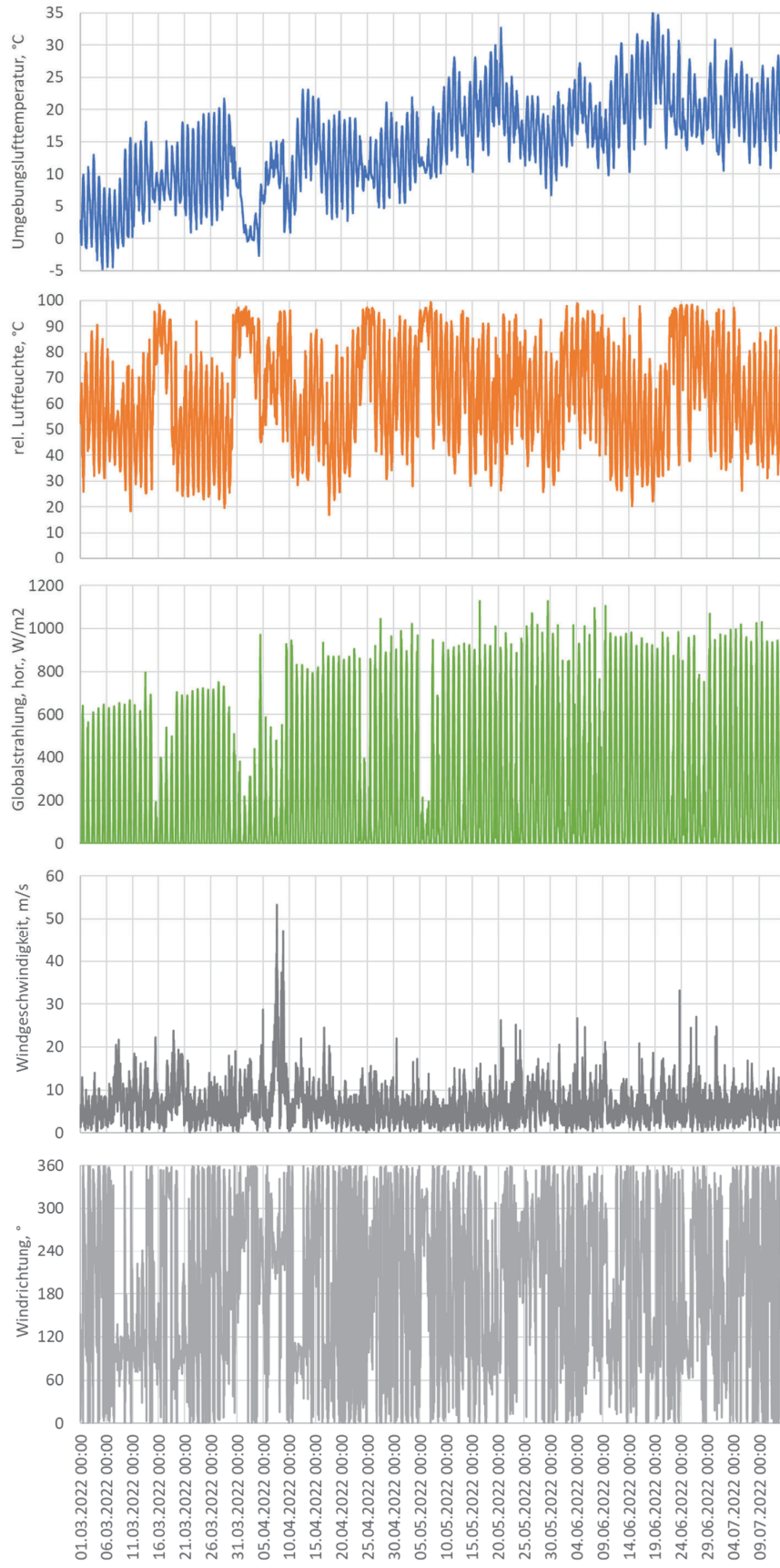


Abbildung 8 Übersicht Wetterdaten der Klimastation Basel-Binningen, 01.03.-12.07.2022 (10-min Werte)