

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 62: Ventilative Kühlung

Teilbericht:

AP5 Fallstudien Ventilative  
Cooling  
Beinhaltet die Deliverables  
11, 12 und 13

P. Holzer,  
R. Hammer,  
P. Moherndl,  
G. Hofer,  
M. Grim,  
C. Lugmeyer,  
D. Bachner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 41d/2017

## **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>

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 62: Ventilative Kühlung

Teilbericht:  
AP5 Fallstudien Ventilative Cooling  
Beinhaltet die Deliverables 11, 12 und 13

DI Dr. Peter Holzer, Arch. DI Dr. Renate Hammer MAS,  
DI Philipp Moherndl  
IBR&I Institute of Building Research & Innovation ZT-GmbH

DI Gerhard Hofer, DI Margot Grim,  
DI Christoph Lugmeyer, BSc, Daniela Bachner, MSc  
e7 Energie Markt Analyse GmbH

Wien, Dezember 2016

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**

**IEA** FORSCHUNGS  
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



## Inhaltsverzeichnis

1	Fallbeispiel Langzeitmonitoring Universität Innsbruck.....	4
1.1	Beschreibung des Gebäudekonzeptes und der Haustechnik.....	4
1.1.1	Beschreibung des Regelkonzeptes für Ventilative Cooling.....	8
1.2	Beschreibung des Aufbaus und der Inbetriebnahme des Langzeitmonitorings.....	10
1.3	Auswertungen des Monitorings.....	12
2	Fallbeispiel Langzeitmonitoring Windkraft Simonsfeld.....	18
2.1	Beschreibung des Gebäudekonzeptes und der Haustechnik.....	18
2.1.1	Beschreibung des Regelkonzeptes für Ventilative Cooling.....	22
2.2	Beschreibung des Aufbaus und der Inbetriebnahme des Langzeitmonitorings.....	23
2.3	Auswertungen des Monitorings.....	25
3	Literaturverzeichnis.....	28
3.1	Universität Innsbruck.....	28
3.2	Windkraft Simonsfeld.....	28
4	Anhang (Broschüren Fallstudien – englisch).....	29

# 1 Fallbeispiel Langzeitmonitoring Universität Innsbruck

## 1.1 Beschreibung des Gebäudekonzeptes und der Haustechnik

Das quaderförmige Hauptgebäude der Bau fakultät wurde im Jahr 1971 errichtet und umfasst acht Obergeschoße und ein Untergeschoß. Die Tragstruktur ist ein Stahlbetonskelettbau mit einem Raster von 7,50 x 7,50m. Der Stahlbetonkern umfasst das Treppenhaus, Aufzugsschächte, Technikschächte und WC-Anlagen.<sup>1</sup> Die Wärme wird mittels Fernwärme bereitgestellt. Eine Kälteerzeugung gibt es nicht, es wird lediglich die Luft in den Lüftungsanlagen mittels Brunnenkühlung vorgekühlt.



Abbildung 1: Fassade (Quelle: ATP Architekten Ingenieure)

Die Fassade besteht aus Alu-Fensterelementen (Verglasung  $U_G=0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) mit horizontalen Holzelementen als Fassaden-Unterkonstruktion. Die Fenster bestehen aus insgesamt vier Scheiben,

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Nachhaltig wirtschaften; In BIGMODERN SP9: Demonstrationsgebäude Universität Innsbruck – Umsetzung, S.23



Innen eine thermisch wirksame 3-Scheibenverglasung und außen eine vierte (schwach belüftete) Prallscheibe in Verbundbauweise und dazwischen der vor Wind geschützte Sonnenschutz. Die g-Werte der Verglasungen wurden dabei in Richtung optimalem Verhältnis aus sommerlichem Überhitzungsschutz und Tageslichtnutzung abgestimmt (siehe Abbildung 48 bis Abbildung 50). Die äußere Prallscheibe ist zwar mit dem Rahmen verbunden, lässt sich aber zu Reinigungszwecken und zu Wartungszwecken des Sonnenschutzes als Klappfenster öffnen.

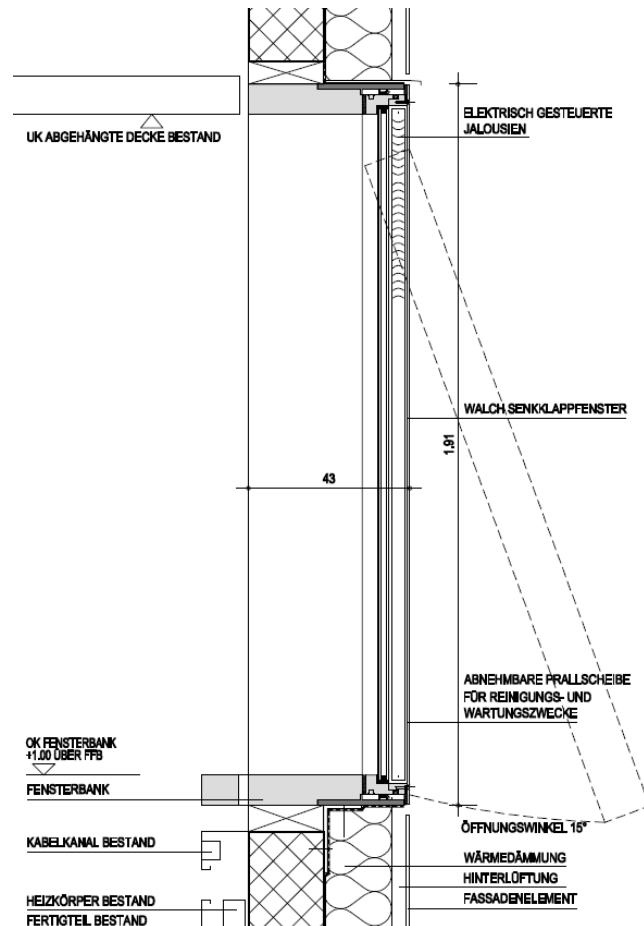


Abbildung 2: Schnitt Fassade und Fenster (Quelle: ATP Architekten Ingenieure)

An Stelle der im Bestand vorhandenen Belüftung der Kern- und Gangflächen im Inneren des Gebäudes wurden die Einblasöffnungen in die Büroräume verlegt (nur kurze und damit kostengünstige Verlängerung der bestehenden Lüftung notwendig). Es wurden damit eine deutliche Verbesserung der Frischluftqualität bei geschlossenem Fenster und ein verbesserter sommerlicher Komfort erreicht. In die bestehenden Bereiche über den Türen wurden speziell vom Passivhaus Institut entwickelte und schalltechnisch optimierte Überströmöffnungen integriert, die Absaugung erfolgt im Gangbereich. Die Überströmöffnungen sind eine Innovation, welche mittels eines Prototypen und mehreren Messungen im Rahmen dieses Demonstrationsprojektes neu entwickelt wurde.

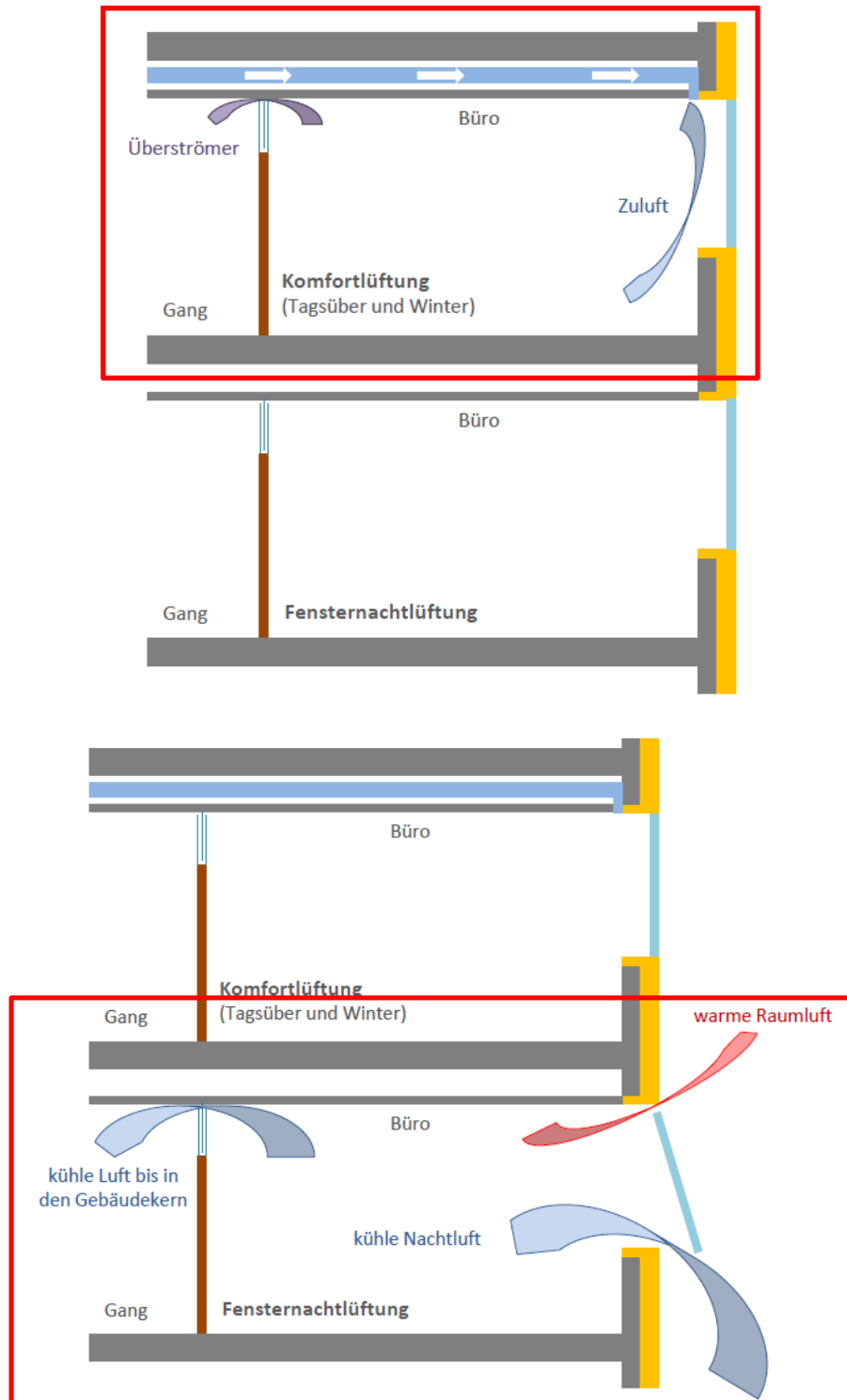


Abbildung 3: Prinzipschema Lüftung Büros (Komfort- und Fensternachtlüftung) (Quelle: PHI Innsbruck, Malzer)

Das innovative und leistungsstarke Überströmelement hat, bei einem sehr geringen Strömungswiderstand, eine geprüfte Schallpegeldifferenz von  $D_{n,e,w} = 36 \text{ dB}$ .<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Nachhaltig wirtschaften; In BIGMODERN SP9: Demonstrationsgebäude Universität Innsbruck – Umsetzung, S.26-36

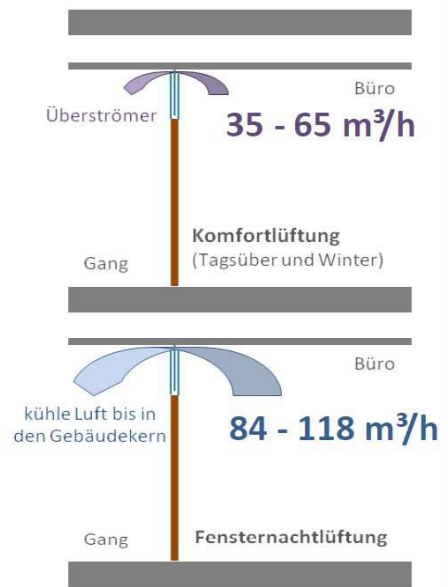
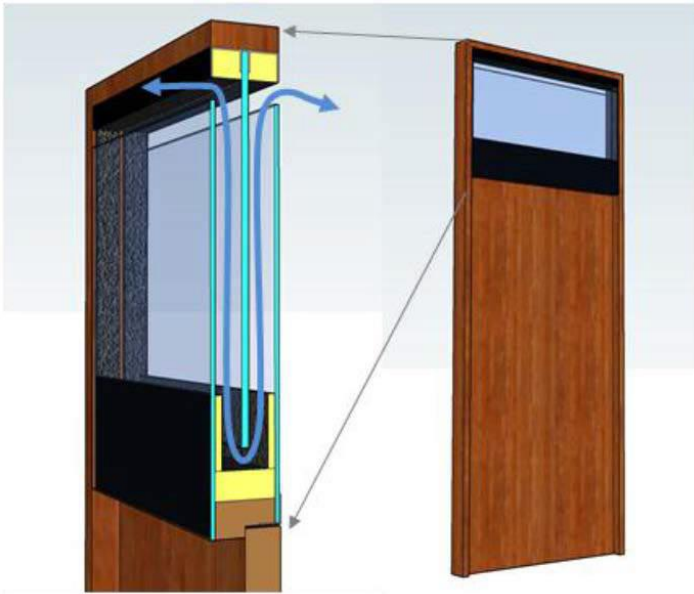


Abbildung 4: Prinzipskizze Überströmöffnung (Quelle: PHI Innsbruck, Malzer)

## 1.1.1 Beschreibung des Regelkonzeptes für Ventilative Cooling

Werden die vorgegebenen Parameter erfüllt, werden die Fenster in den Nachtstunden automatisch geöffnet und dadurch die Räumlichkeiten durch die natürliche Zirkulation gekühlt. Übersteigt die Kerntemperatur im Gebäude einen gewissen Grenzwert so unterstützen die Abluftventilatoren der Lüftungsanlagen die Durchströmung und steigern somit den Luftvolumenstrom und dadurch den Kühleffekt.

### Regelstrategie für die automatische Fensterlüftung (Quelle: PHI Passivhausinstitut)

**Fassadenweise Steuerung:** autom. Fensteröffnung über  $\Delta T = \text{gemessene Raumlufttemperatur} + 0,5 (\approx \text{Operative Raumtemperatur Sommer}) - \text{gemessene Aussenlufttemperatur}$ :

#### AUF - ZU - Regelung

mindest. ein oberes Regelgeschoß (vorzugsw. 5. OG (Basis der Simulation)) muss mit 7 Temp. Sensoren für Innenraumtemp. (ROT T1-T7) und 4 Temp. Sensoren für Aussenlufttemp. (BLAU TA1-TA4) ausgestattet werden. Die 4 Hauptfassaden werden separat angesteuert.

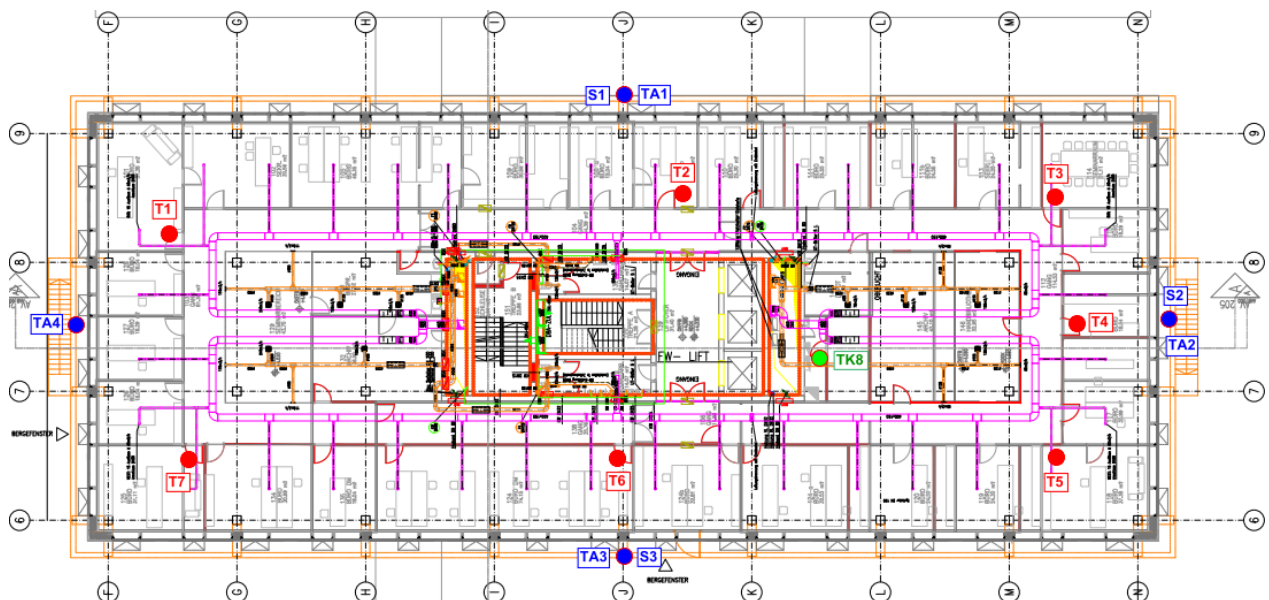


Abbildung 5: Sensoren für Regelstrategie automatische Fensterlüftung (Quelle: PHI – Passivhausinstitut)

**Tabelle 1: Regelbedingungen für die Fensterlüftung (Quelle: PHI Passivhausinstitut)**

**Fensterlüftung TAG (zus. hyg. Luftwechsel)**

aktiv: 1. April bis 30. September, Montag - Freitag, 7 - 21h

a) Anfangsbedingung und Intervallprüfung der manuellen Nutzerübersteuerung (z.B. alle 2-3h):

Fenster Ost =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T1,T2,T3) \geq 23\text{ °C}$	und	TA1 = $\bar{x}(T1,T2,T3) - 0,5$
Fenster Süd =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T3,T4,T5) \geq 23\text{ °C}$	und	TA2 = $\bar{x}(T3,T4,T5) - 0,5$
Fenster West =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T5,T6,T7) \geq 23\text{ °C}$	und	TA3 = $\bar{x}(T5,T6,T7) - 0,5$
Fenster Nord =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T1,T7) \geq 23\text{ °C}$	und	TA4 = $\bar{x}(T1,T7) - 0,5$

b) Fenster Ost =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T1,T2,T3) \leq 20\text{ °C}$	oder	TA1 = $\bar{x}(T1,T2,T3)$
Fenster Süd =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T3,T4,T5) \leq 20\text{ °C}$	oder	TA2 = $\bar{x}(T3,T4,T5)$
Fenster West =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T5,T6,T7) \leq 20\text{ °C}$	oder	TA3 = $\bar{x}(T5,T6,T7)$
Fenster Nord =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T1,T7) \leq 20\text{ °C}$	oder	TA4 = $\bar{x}(T1,T7)$

**Fensterlüftung NACHT (Kühlung)**

aktiv: 1. April bis 30. September, Montag - Sonntag, 21 - 7h

a) Fenster Ost =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T1,T2,T3) \geq 23\text{ °C}$	und	TA1 = $\bar{x}(T1,T2,T3) - 0,5$
Fenster Süd =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T3,T4,T5) \geq 23\text{ °C}$	und	TA2 = $\bar{x}(T3,T4,T5) - 0,5$
Fenster West =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T5,T6,T7) \geq 23\text{ °C}$	und	TA3 = $\bar{x}(T5,T6,T7) - 0,5$
Fenster Nord =	AUF	bei	Bedingung:	$\bar{x}(T1,T7) \geq 23\text{ °C}$	und	TA4 = $\bar{x}(T1,T7) - 0,5$

b) Fenster Ost =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T1,T2,T3) \leq 20\text{ °C}$	und	01.04.-15.05. bzw. 01.09.-30.09	oder	$\bar{x}(T1,T2,T3) \leq 18\text{ °C}$
Fenster Süd =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T3,T4,T5) \leq 20\text{ °C}$	und	01.04.-15.05. bzw. 01.09.-30.09	oder	$\bar{x}(T3,T4,T5) \leq 18\text{ °C}$
Fenster West =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T5,T6,T7) \leq 20\text{ °C}$	und	01.04.-15.05. bzw. 01.09.-30.09	oder	$\bar{x}(T5,T6,T7) \leq 18\text{ °C}$
Fenster Nord =	ZU	bei	Bedingungen:	$\bar{x}(T1,T7) \leq 20\text{ °C}$	und	01.04.-15.05. bzw. 01.09.-30.09	oder	$\bar{x}(T1,T7) \leq 18\text{ °C}$

d) Samstag, Sonntag:

Fenster Ost =	ZU	um	7h
Fenster Süd =	ZU	um	7h
Fenster West =	ZU	um	7h
Fenster Nord =	ZU	um	7h

**Unterstützung der automatischen Fensterlüftung mit Lüftungsanlage**

**Tabelle 2 Regelbedingungen für die Fensterlüftung mit Lüftungsanlage (Quelle: PHI Passivhausinstitut)**

**Gebäudeweite Steuerung: unterstützte Fensternachtlüftung mit Lüftungsanlage (Effekt zus. Aktivierung des Kernes) über  $\Delta T = \text{gemessene Raumlufitemperatur} + 0,5 (\approx \text{Operative Raumtemperatur Sommer}) - \text{gemessene Aussenlufttemperatur}$**   
**ON - OFF - Regelung**

mindest. ein oberes Regelgeschoß (vorzugsw. 5. OG (Basis der Simulation)) muss mit 1 Temp. Sensor in der Kernzone für Innenraumtemp. (GRÜN TK8) und 4 Temp. Sensoren für Aussenlufttemp. (BLAU TA1-TA4) ausgestattet werden.

**ON** = Lüftungsgerät wird zentral im 100% Abluftbetrieb angesteuert:

aktiv: 1. April bis 30. September, Montag - Sonntag, 23 - 6h

100% Abluft =	ON	bei	Bedingungen:	Fenster AUF (Pkt. 1)	und	TK8 $\geq 25\text{ °C}$
---------------	----	-----	--------------	----------------------	-----	-------------------------

**OFF** = Lüftungsgerät wird in Normalbetrieb versetzt:

aktiv: 1. April bis 30. September, Montag - Sonntag, 23 - 6h

100% Abluft =	OFF	bei	Bedingungen:	Fenster ZU (Pkt. 1)	oder	TK8 $\leq 18\text{ °C}$
---------------	-----	-----	--------------	---------------------	------	-------------------------

## **1.2 Beschreibung des Aufbaus und der Inbetriebnahme des Langzeitmonitorings**

Im Gebäude wurde ein Monitoringsystem installiert, welches seit der Inbetriebnahme mit 01.01.2015 Aufzeichnungen vornimmt und über das Webtool Siemens EMC analysiert und ausgewertet werden kann. Es werden 196 Datenpunkte gemessen und in einem 15 Minuten Intervall aufgezeichnet. Diese umfassen Stromzähler für haustechnische Gewerke und Geschoßflächen, Wärme- und Kältemengenzähler, Betriebsparameter aus den Lüftungsanlagen, Fensterstellungssignale, Wetterdaten aus der hauseigenen Wetterstation sowie 28 im Grundriss außen- und innenliegende Referenzräume mit Komfortparametermessungen wie Raumtemperatur, Luftfeuchte und CO<sub>2</sub>.

Für die Analyse der Nachtlüftungsfunktion wurden folgende Datenpunkte herangezogen:

- Stromzähler Lüftungsanlagen
- Fensterstellsignale
- Außenlufttemperatur
- Raumlufttemperaturen aus Referenzräumen

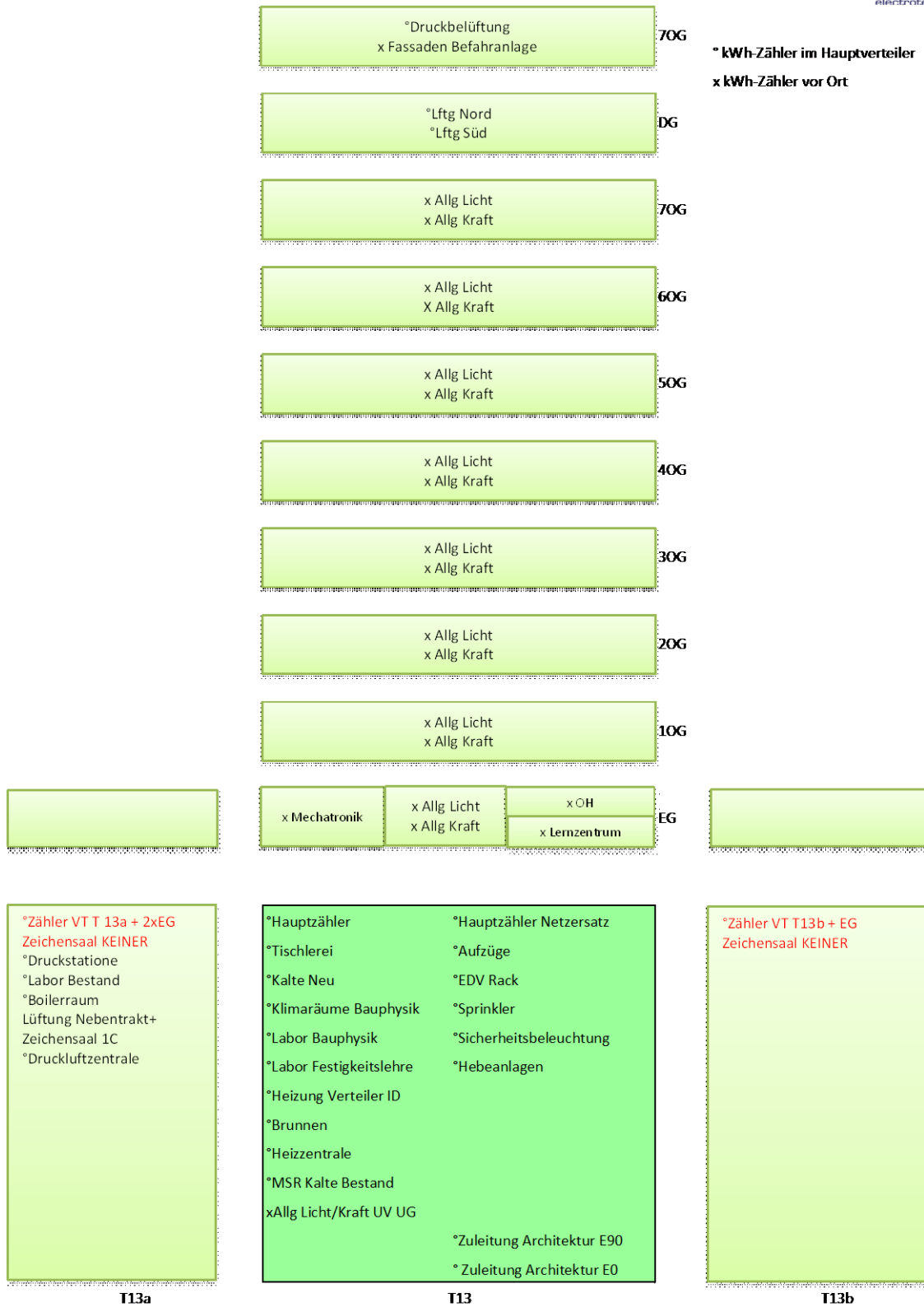


Abbildung 6: Monitoringschema (Quelle: Fa. Obrist)

### 1.3 Auswertungen des Monitorings

#### Lüftungspotential am Standort Innsbruck

Der Standort Innsbruck ist für die Nutzung der Funktion einer natürlichen Fensterlüftung in den Nachtstunden begünstigt, wie die folgenden Abbildungen zeigen. Die Außenluft am Standort kühlt in den Nachtstunden soweit ab, damit diese den Anforderungen für eine Fensterlüftung entspricht und genutzt werden kann.

Im Mittel lag die Lufttemperatur im Juli 2015 zwischen 21 – 7 Uhr um die 20,5 °C.

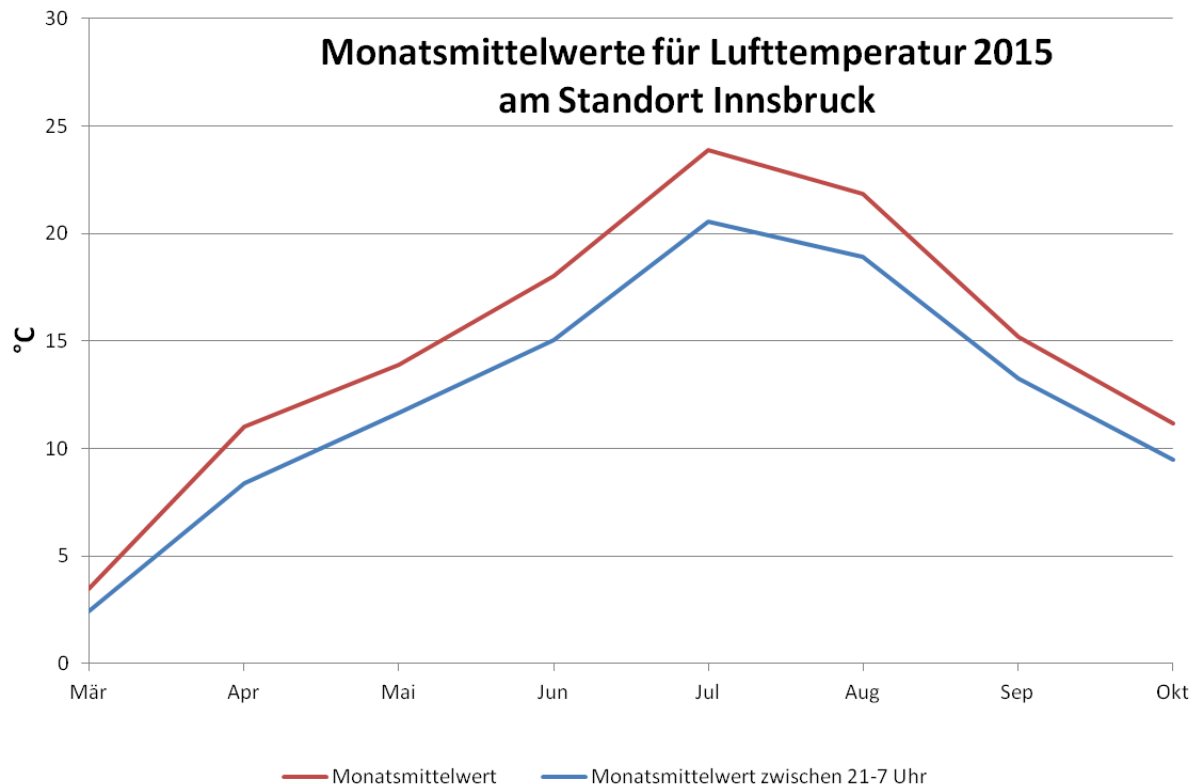


Abbildung 7: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur im Jahr 2015 für den Standort Innsbruck

Somit ist das theoretische Lüftungspotential ein sehr hohes. Für den Zeitraum von 01.04.2015 bis 30.09.2015, das sind 183 Tage, jeweils von Montag bis Sonntag zwischen 21 und 7 Uhr ergab sich unabhängig von der Außenlufttemperatur eine maximale theoretische Nutzungszeit von 1830 h. Bei einer Nutzung von Montag bis Samstag ergaben sich immerhin noch 1570 h. Berücksichtigt man die Außentemperatur im Juli 2015, das heißeste Monat in dem Jahr, so war diese im Juli knapp 300 h  $\leq 26^{\circ}\text{C}$ , rund 270 h  $\leq 24^{\circ}\text{C}$  und immerhin noch 225h  $\leq 22^{\circ}\text{C}$ , wie in der folgenden Abbildung dargestellt.



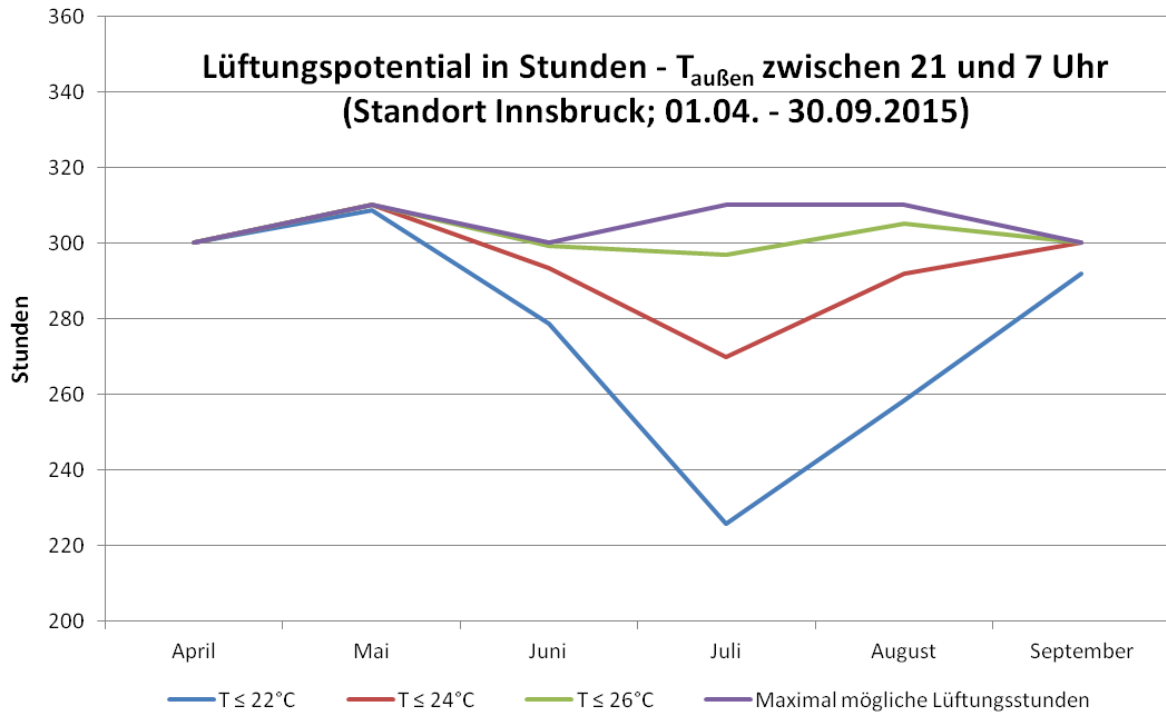


Abbildung 8: Lüftungspotential in Stunden zwischen 21 und 7 Uhr

### Tatsächliche Fensterlüftungsstunden

In Abbildung 9 werden die gemessenen und tatsächlichen Fensterlüftungsstunden gezeigt. In Summe wurde die Fensterlüftung rund 690 h, verteilt auf 116 Nächte, aktiv genutzt.

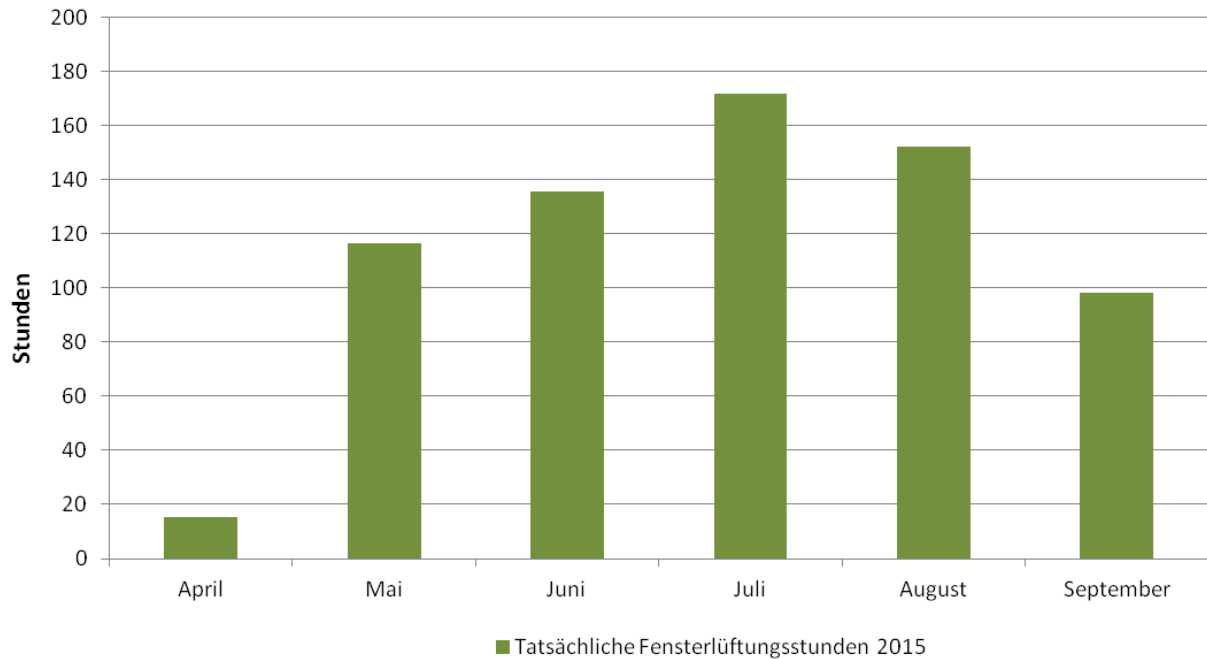


Abbildung 9: Gemessene monatliche Lüftungsstunden 2015

**Tabelle 3: Lüftungsstunden je Orientierung**

<b>Orientierung</b>	<b>Stunden [h]</b>
Fensterlüftung Gesamt	690
Nordfassade	600
Ostfassade	575
Südfassade	565
Westfassade	506

### **Fensterlüftung mit Unterstützung von Lüftungsanlage**

Bei zu hohen Raumlufttemperaturen sollen die Abluftventilatoren der Lüftungsanlagen zur besseren Durchströmung die Fensterlüftung unterstützen. Im Jahr 2015, das erste Betriebsjahr, konnte jedoch bei dem Gebäude der Universität beobachtet werden, dass die Lüftung fast immer unterstützend gelaufen ist. Nur im Monat Juli war die Lüftung nicht immer zusätzlich in Betrieb. In Summe verbrauchten die Lüftungsanlagen für die Unterstützung der Fensterlüftung zirka 5.000 kWh

**Tabelle 4: Berechnete Volllaststunden Abluftventilatoren**

Lüftungsanlage	L01 Nord	L02 Süd
Leistung Abluftventilator lt. Datenblatt	5,78 kW	2,79 kW
Gemessener Stromverbrauch Lüftungsanlagen	3.225 kWh	1.775 kWh
Berechnete Volllaststunden Abluftventilatoren	558 h	636 h

In nächster Abbildung ist der monatliche Stromverbrauch der beiden Lüftungsanlagen (Abluftventilatoren) gegenüber den Fensterlüftungsstunden dargestellt. Es ist zu sehen, dass im Juli die Abluftventilatoren weniger gelaufen sind und dadurch weniger Strom verbraucht wurde.

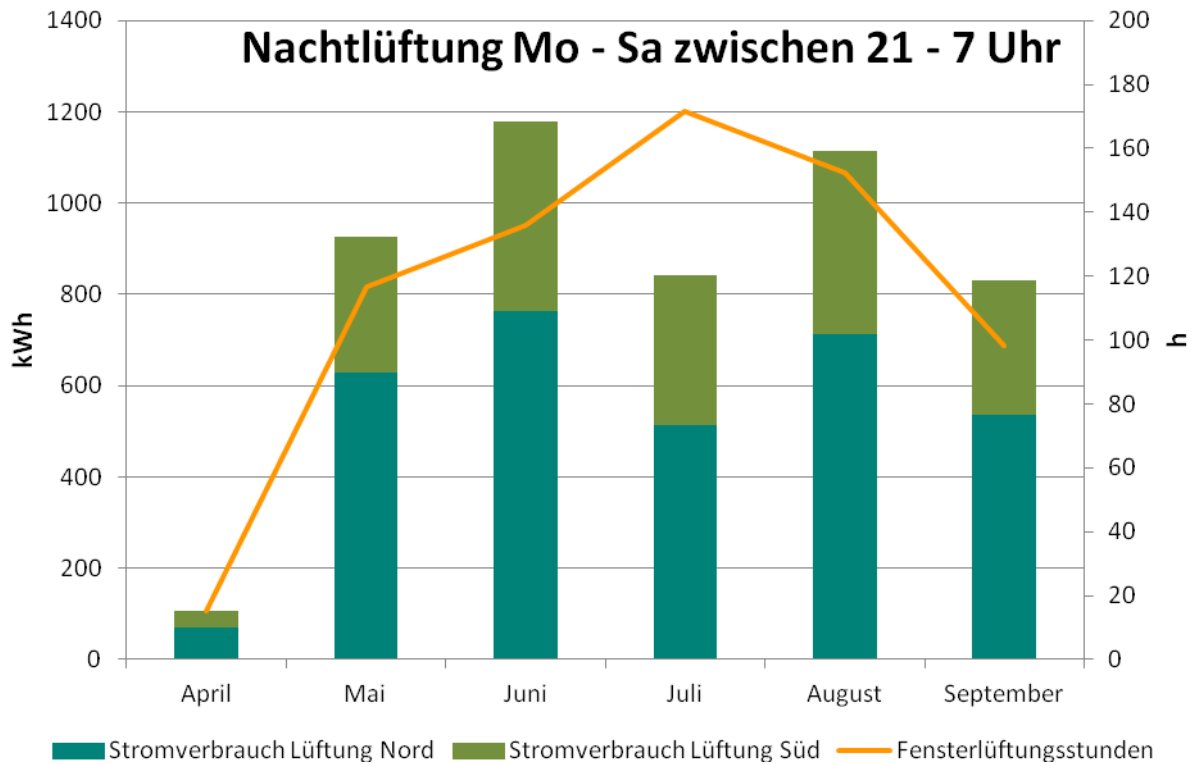


Abbildung 10: Monatlicher Stromverbrauch Abluftventilatoren zu Fensterlüftungsstunden

### Effekt der Fensterlüftung

Allgemein kann gesagt werden, dass die Fensterlüftung mit und ohne Unterstützung der Lüftungsanlage in diesem Gebäude in Innsbruck gut funktioniert und laut Monitoring ein merkbarer Effekt zu erkennen ist, wie in den Abbildung 12, Abbildung 13 und Abbildung 14 auch ersichtlich ist. In Abbildung 11 ist die Lage der ausgewählten Referenzräume im 4. OG dargestellt. Es handelt sich um zwei außenliegende Eckbüros, einmal mit Nord-Ost (445) und einmal mit Süd-Ost Orientierung (412) und einen innenliegenden Raum (435). Während die Fensterlüftung aktiv ist kann ein deutliches absinken der Raumtemperaturen erkannt werden. Dies ist zum Beispiel an den Tagen des 04.08. und 05.08.2015 sehr gut zu erkennen. Im Gegensatz dazu das Wochenende vom 09-10.08.2015, wo die Fensterlüftung nicht aktiv gewesen ist.

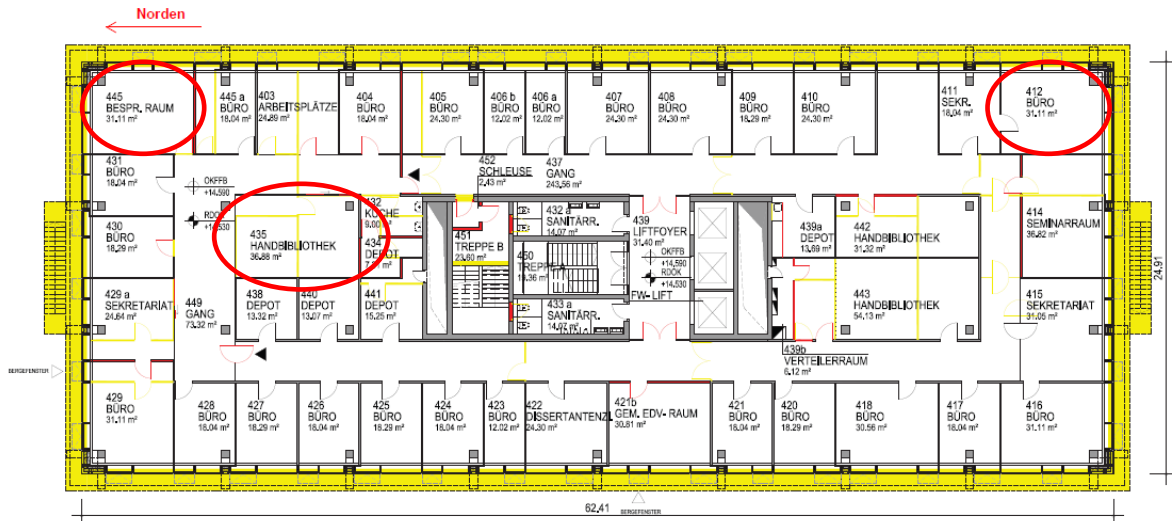


Abbildung 11: Grundriss 4.OG mit markierten Referenzräumen (Quelle: ATP Architekten)

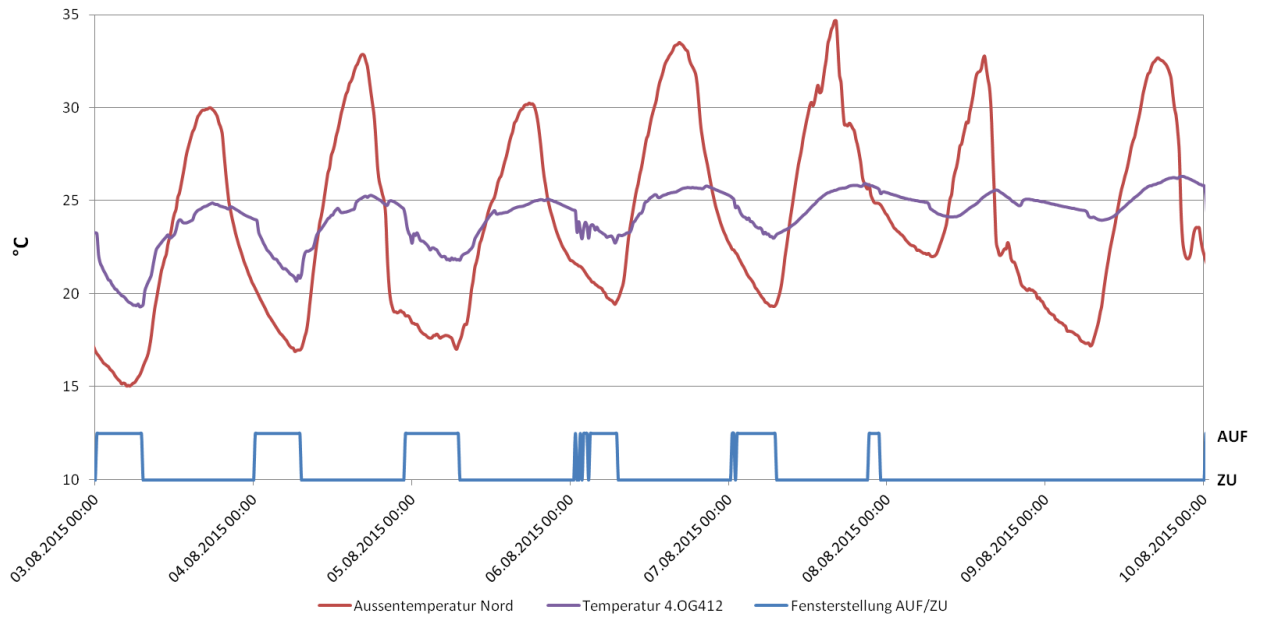


Abbildung 12: Raumtemperaturverlauf für außenliegenden Raum 4.OG412

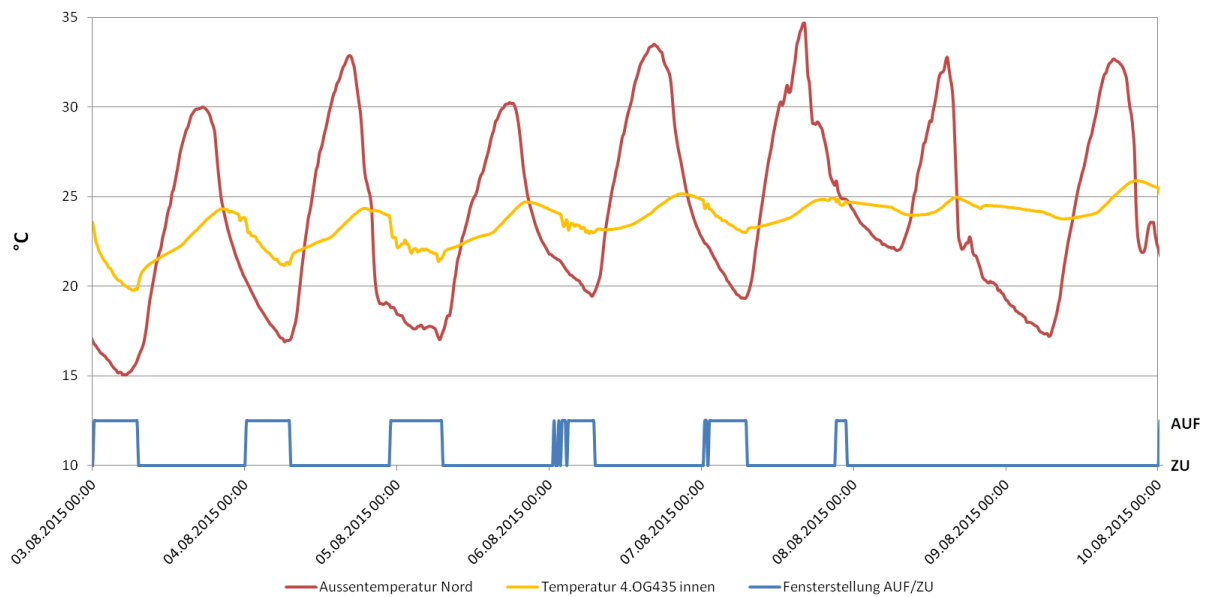


Abbildung 13: Raumtemperaturverlauf für innenliegenden Raum 4.OG435

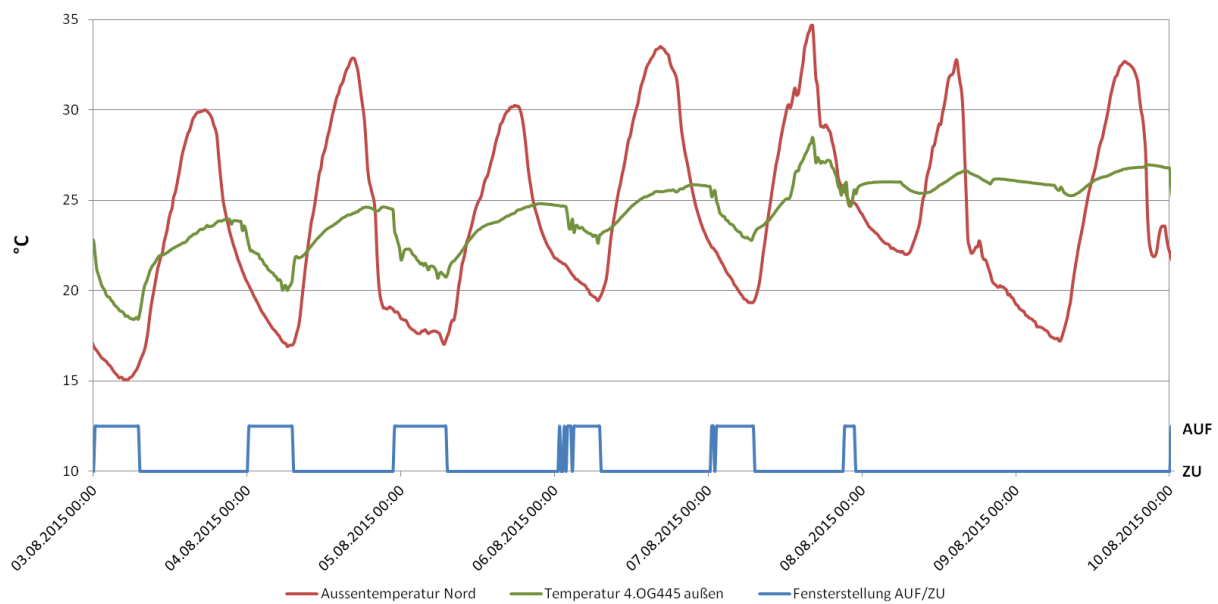


Abbildung 14: Raumtemperaturverlauf für außenliegenden Raum 4.OG445

### Berechneter Wärmestrom für den innenliegenden Raum 4.OG435

Der innenliegenden Raum 4.OG435 ist mit 36,88 m<sup>2</sup> als Bibliothek ausgewiesen. Für diesen Raum liegt ein Messprotokoll für den Abluftvolumenstrom mit 469 m<sup>3</sup>/h vor. Anhand der Messdaten für die Raumtemperatur wurde die Summe der Temperaturdifferenzen von Start und Endwert während der Fensterlüftung mit Lüftungsunterstützung gebildet. Im Jahr 2015 wurde im Raum 435 somit eine Gesamttemperaturdifferenz durch die Fensterlüftung von rund 196°C erreicht.

Mit der Formel für Wärmestrom  $Q = 0,34 \times V \times (T_i - T_e)$  kann daraus ein Wärmestrom von zirka 31.260 Wh = 31,26 kWh für diesen Einzelraum abgeleitet werden.

## 2 Fallbeispiel Langzeitmonitoring Windkraft Simonsfeld

### 2.1 Beschreibung des Gebäudekonzeptes und der Haustechnik

Der Neubau ist das neue Headquarter Gebäude der Windkraft Simonsfeld AG. Das zweigeschoßige Plusenergiegebäude wurde 2014 fertiggestellt und hat eine Bruttogeschoßfläche (BGF) von 967m<sup>2</sup>.

Firmengebäude Windkraft Simonsfeld in Ernstbrunn

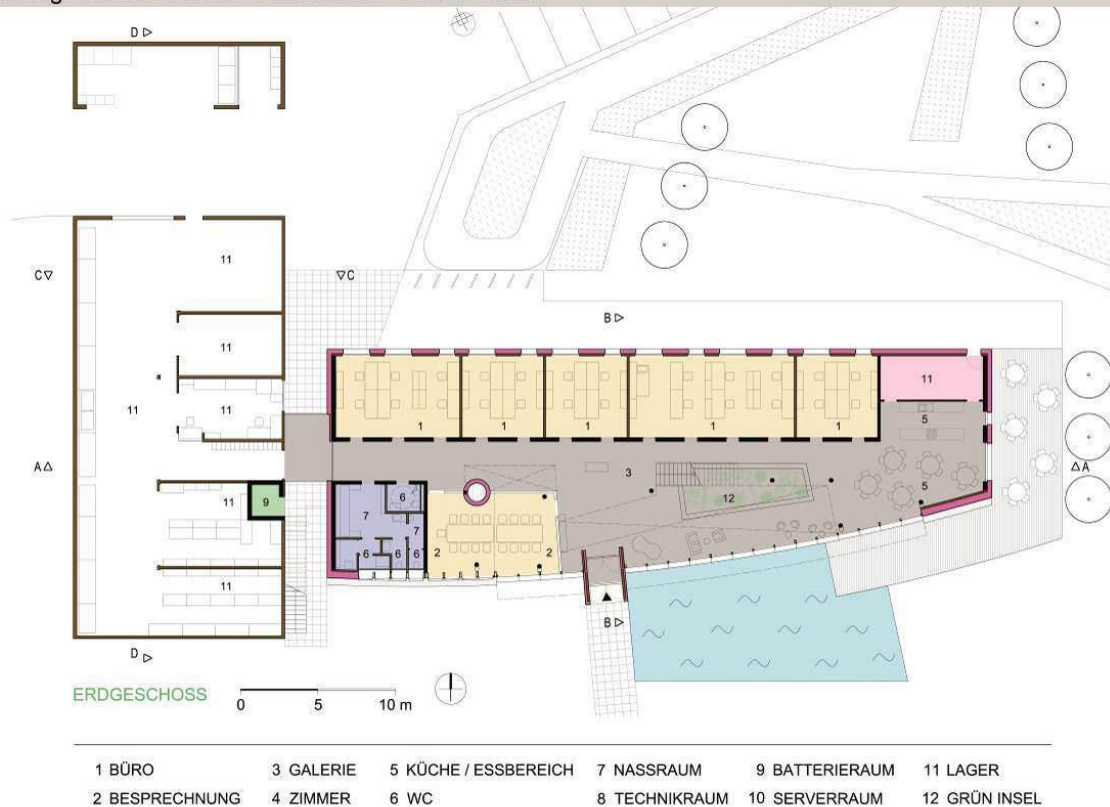


Abbildung 15: Grundriss EG Ausführung (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

Die Wärmeenergie für Heizen und Warmwasser wird über eine 100m<sup>2</sup> Solaranlage und einer Geothermie Anlage kombiniert mit einer Wärmepumpe geliefert. Die Kühlenergie wird mittels freier Kühlung über die Geothermie Anlage bereitgestellt. Zusätzlich gibt es noch eine Brunnenkühlung für den Serverraum. Am Dach und an der Südfassade ist eine 50kWp PV Anlage installiert. Alle Räumlichkeiten sind mechanisch belüftet.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> BPS Engineering; Windkraft Simonsfeld; In: Technische Beschreibung HKLS Anlagen, S.6-7



Abbildung 16: Ansicht Windkraft Simonsfeld (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

### Ventilative Cooling:

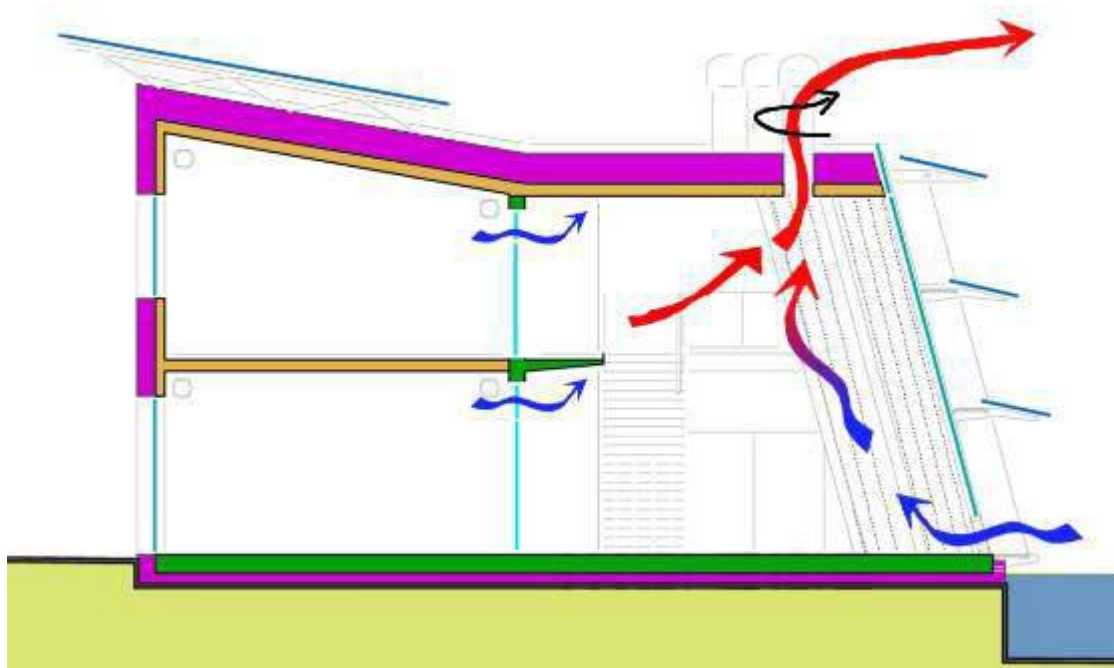


Abbildung 17: Ventilative Cooling Konzept (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

„Um im Kommunikationsbereich die Gefahr der Überhitzung zu verringern werden am Dach windunterstützte Dachentlüftungen (Windturbinen) vorgesehen. Diese öffnen sich automatisch, wenn die Lufttemperatur der Galerie im 1. Stock über 23°C steigt. Ist die Innentemperatur geringer als die Außentemperatur, bleiben die Klappen geschlossen. Wenn die gemessene Innentemperatur inkl. einer Hysterese kleiner der gewünschten Temperatur wird, beginnen sich die Klappen der Dachentlüfter zu schließen.“<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Haus der Zukunft; In: Plusenergie-

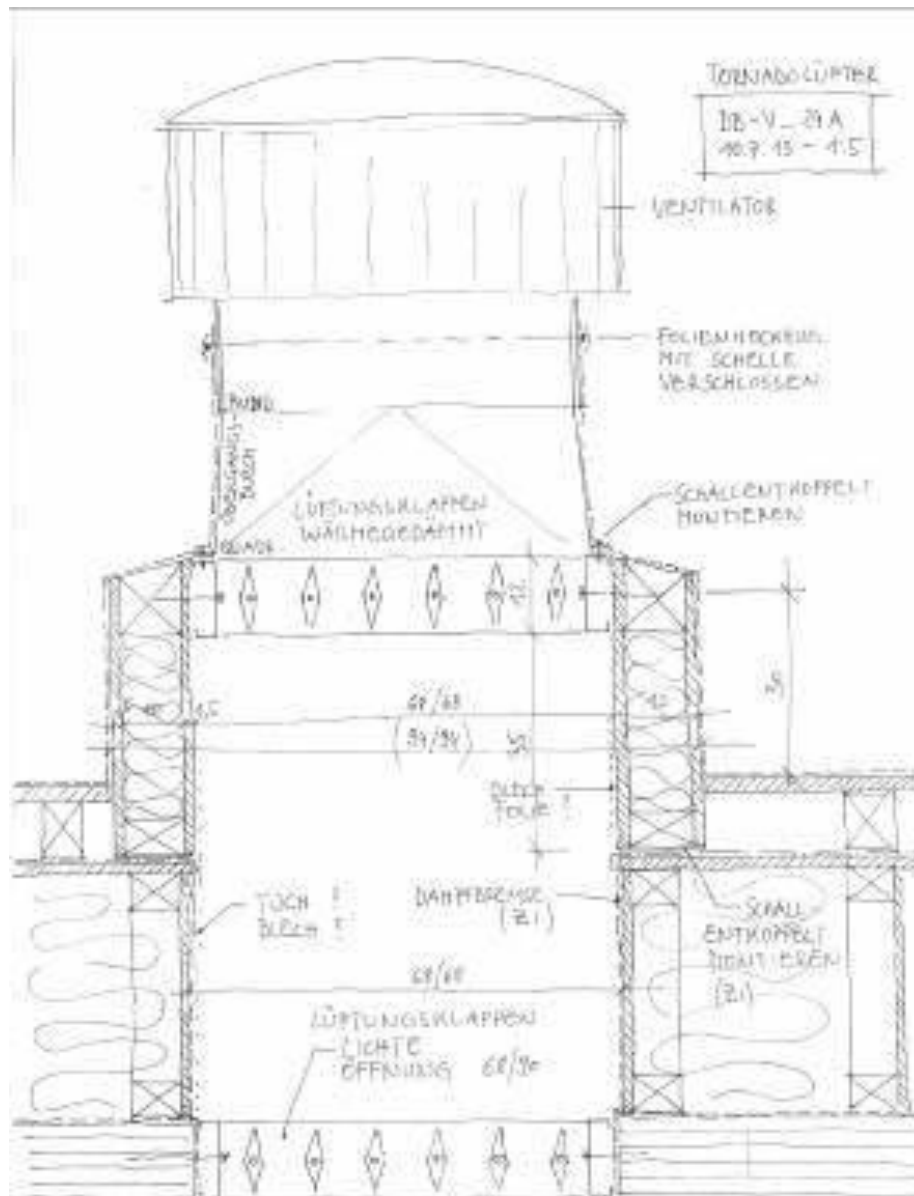


Abbildung 18: Detailschnitt Ausführung Dachlüfter (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

„Um eine Durchströmung des wintergartenähnlichen, zweigeschoßigen Südbereiches des Büros zu erreichen, sind zusätzlich in der Fassade im Bereich Erdgeschoß Lüftungsöffnungen vorgesehen. Die zu öffnende Fläche sollte entsprechend den Simulationsberechnungen mindestens 8 m<sup>2</sup> betragen. Die Fassadenöffnungen werden gleich wie die Lüftungsklappen der Dachentlüfter geschaltet.“<sup>5</sup>

Verwaltungsgebäude Ernstbrunn 26/2015, S.44

<sup>5</sup> Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Haus der Zukunft; In: Plusenergie-Verwaltungsgebäude Ernstbrunn 26/2015, S.56



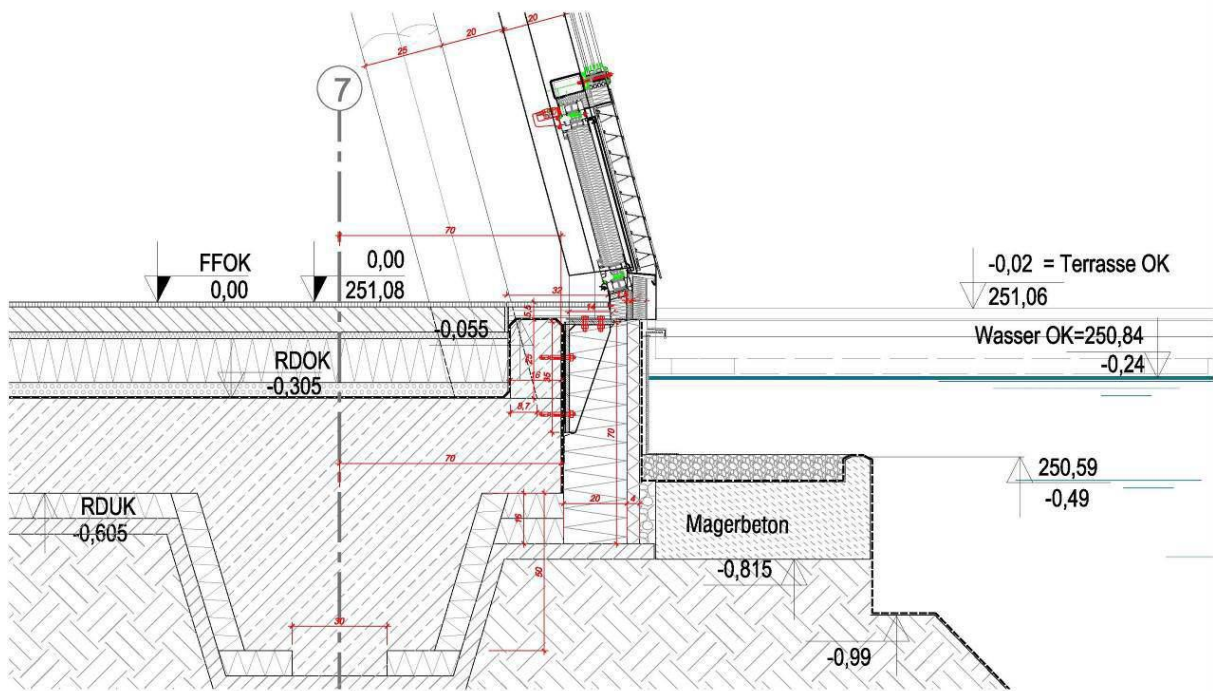


Abbildung 19: Detailschnitt Lüftungsöffnung Fassade (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)



Abbildung 20: Geöffnete Lüftungsöffnungen im Betrieb (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

## 2.1.1 Beschreibung des Regelkonzeptes für Ventilative Cooling

„Der Wintergarten kann über vier Windturbinen und 21 öffnenbare Klappen in der Fassade belüftet werden. Dazu wird die Raumtemperatur gemessen und mit der Außentemperatur verglichen. Wenn die Raumtemperatur über den Sollwert steigt und die Außentemperatur um den eingestellten Differenzwert unter der Raumtemperatur liegt, wird die erste Dachentlüftung eingeschaltet. Das bedeutet, die beiden Klappensteller der entsprechenden Windturbine werden geöffnet und die Fassadenklappen werden aufgeföhren. Steigt die Raumtemperatur weiter, werden der Reihe nach die drei anderen Dachentlüftungen dazu geschaltet. Sinkt die Raumtemperatur wieder, erfolgt die Abschaltung der Dachentlüftungen in umgekehrter Reihenfolge. Mit dem Wegschalten der letzten Entlüftung werden auch die Fassadenklappen wieder geschlossen.“<sup>6</sup>

### Sollwerte:

Bezeichnung	*Originalwert
Sollwert Einschaltung Dachentlüftung 1	22°C
Sollwert Einschaltung Dachentlüftung 2	23°C
Sollwert Einschaltung Dachentlüftung 3	24°C
Sollwert Einschaltung Dachentlüftung 4	25°C

---

<sup>6</sup> Siemens AG; G. Schwarz; MSR Anlagenbeschreibung Windkraft Simonsfeld, S.12

## **2.2 Beschreibung des Aufbaus und der Inbetriebnahme des Langzeitmonitorings**

„Es wurde ein umfassendes Energie- und Betriebsmonitoring installiert. Es werden folgende Parameter gemessen und aufgezeichnet:

- Temperatur
- Luftfeuchte
- Windgeschwindigkeit
- CO<sub>2</sub>-Gehalt
- Energieverbrauch, verbraucherspezifisch

Alle Messwerte und Verbrauchswerte werden in einem zentralen Monitoring-Rechner zusammengeführt. In diesem Rechner werden sowohl die Daten gesammelt als auch die Berichte generiert. Ziel ist es, ein optimales Werkzeug für die Anlagenoptimierung zu schaffen.

### **Wetterstation**

Es ist eine Wetterstation installiert, hier werden folgende Messwerte erfasst:

- Außentemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Solareinstrahlung
- Windgeschwindigkeit

### **Erfassung Stromverbräuche**

- Lichtstromzähler
- Serverraum
- Wärmepumpe
- Restliche Haustechnik
- Brunnenpumpe
- Lüftungsanlage
- Umluftheizgeräte im Bereich des Lagers

### **Erfassung der Wärmeströme**

Die notwendigen Wärmemengenzähler für die Heizungs- und Solaranlage wurden festgelegt. Die Zähler samt Zählernummern sind im folgenden Schema ersichtlich:

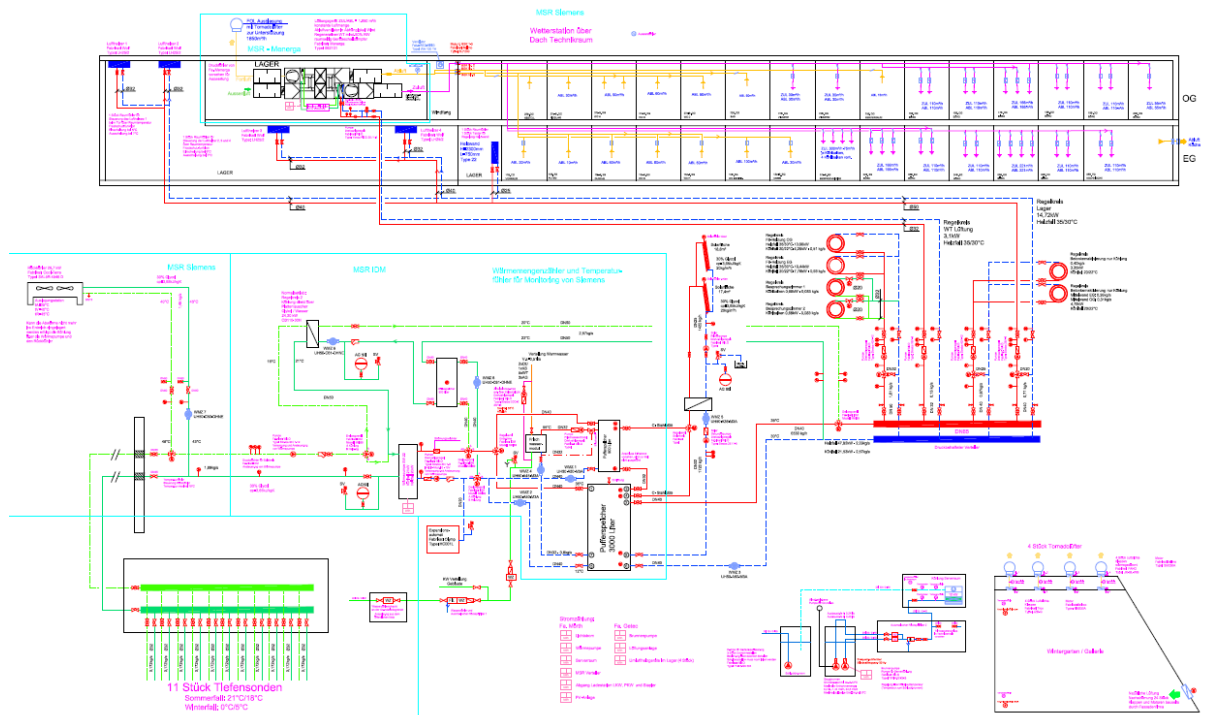


Abbildung 21: Haustechnikschema für das Monitoring (Quelle: Architekturbüro Reinberg ZT GmbH)

### Messung der Raumparameter

Es wurde festgelegt, dass alle Aufenthaltsräume mit Raumtemperaturfühlern ausgestattet und die Messwerte aufgezeichnet werden. Die Luftfeuchtigkeit der Referenzpunkte wurde ebenfalls gemessen und aufgezeichnet.

### Ertrag Natürliche Lüftung Kommunikationsbereich

Für die Darstellung der Erträge aus der natürlichen Lüftung im Kommunikationsbereich werden 4 Luftgeschwindigkeitsmesser vorgesehen (1 Stk. pro Tornadolüfter). Mit diesen kann die abgeleitete Luftmenge errechnet und somit mit der Raumtemperatur Rückschlüsse auf die abgeführte Energiemenge getroffen werden. Die Regelung der natürlichen Lüftung erfolgt fortluftseitig über Klappen bei den Tornadolüftern.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Haus der Zukunft; In: Plusenergie-Verwaltungsgebäude Ernstbrunn 26/2015, S.210-214

## 2.3 Auswertungen des Monitorings

„In den Monaten Juni-August wurden folgenden Luftmengen umgesetzt (Abbildung 11). Bei den Luftumsätzen wurde davon ausgegangen das die Tornadolüfter wie geplant kaskadisch freigeschalten werden. Lüfter 3 und 4 sind daher kaum in Betrieb.“<sup>8</sup>

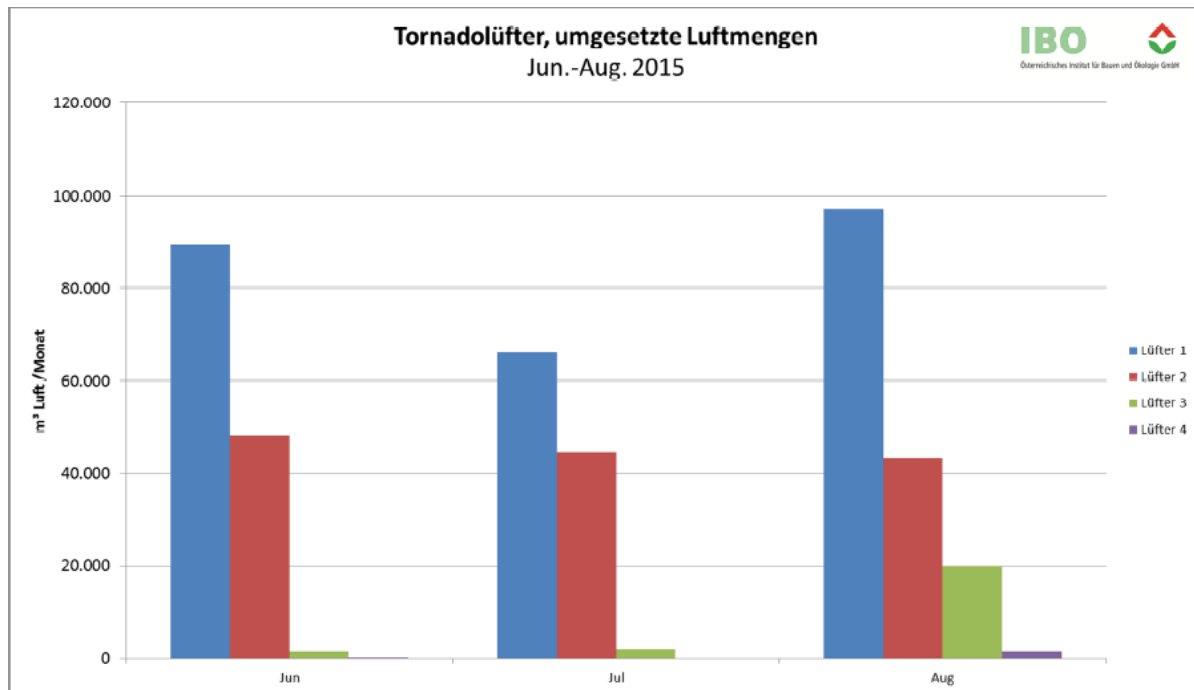


Abbildung 22: Monatliche Luftmengen pro Tornadolüfter für 2015 (Quelle: IBO GmbH, Bintinger)

In nachstehender Abbildung wird die Funktionsweise des Ventilative Coolings gezeigt. In der Darstellung wird die Außentemperatur (rot), die Raumtemperatur der Galerie (orange) und das Stellsignal der Lüftungsöffnungen (grau) gegenübergestellt. Die VC Funktion hat scheinbar nur eine geringe Auswirkung auf die Galerietemperatur. Entweder ist der Temperatursensor außerhalb des Einflussbereiches der Luftkühlung platziert oder der Kühleffekt ist tatsächlich nur minimalst. Auf jeden Fall besteht noch Optimierungspotential bei der VC Steuerung, da die Lüftungsklappen nicht immer bei niedrigeren Außentemperaturen öffnen und die Tornadolüfter nicht effektiv eingesetzt, (gleichzeitiger Betrieb der Lüfter sowie Anpassung der Temperatursollwerte für die Freigabe), werden.

<sup>8</sup> IBO GmbH; Mag. Bintinger; In: Monitoring - Bericht über 12 Monate, Windkraft Simonsfeld, 23.10.2015, S10-11

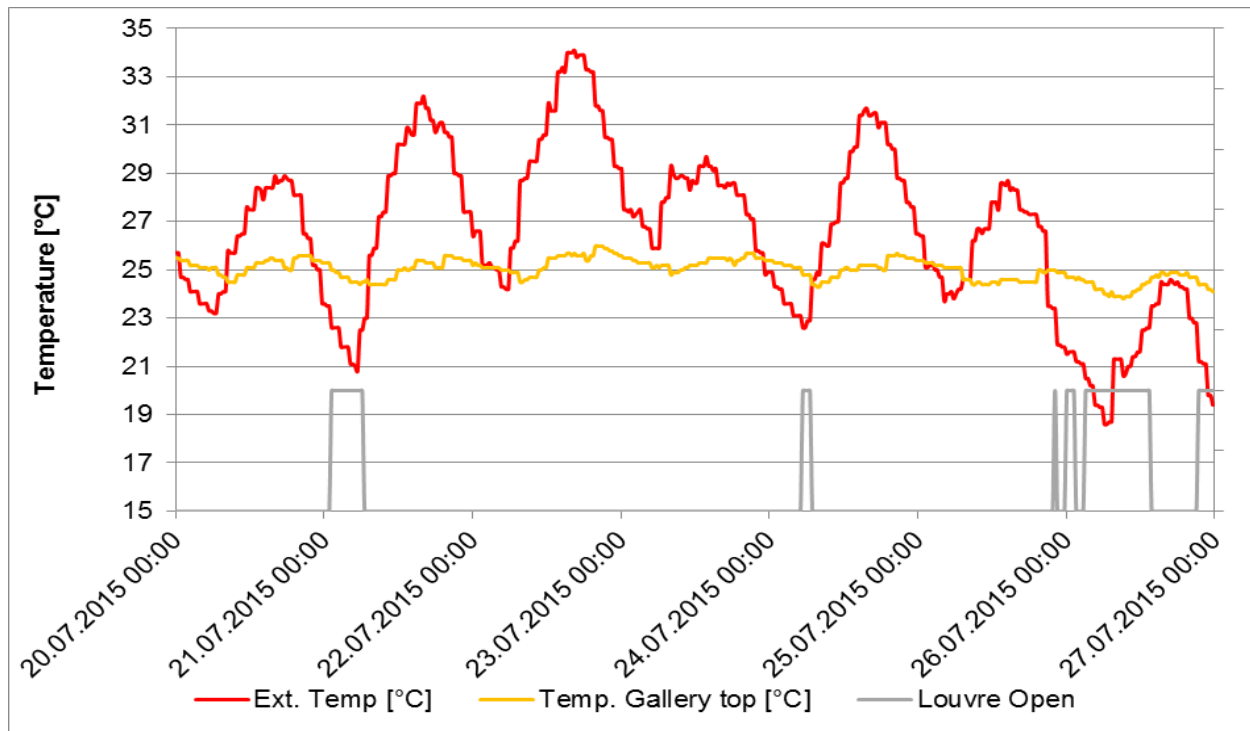


Abbildung 23: Funktionsweise Ventilative Cooling 2015

„Die zugeführte Kühlenergie durch die Frischluftzufuhr wurde näherungsweise mittels der Daten aus der Leittechnik errechnet. Die Berechnung erfolgte auf Basis der gemessenen Luftvolumenströme und der Temperaturdifferenz zwischen den Temperaturfühlern „Außentemperatur“ und „Galerie oben“. Damit ergeben sich für die Monate Juni 187 kWh, Juli 127 kWh und August 166 kWh an zugeführter „Kühlenergie“.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> IBO GmbH; Mag. Bintinger; In: Monitoring - Bericht über 12 Monate, Windkraft Simonsfeld, 23.10.2015, S12

## „Raumtemperaturen für Essbereich, Galerie

Die gemessenen Raumtemperaturen in diesen Bereichen haben 26 °C nicht überschritten wobei die Temperaturen im Essbereich meist unter jenen in der Galerie liegen (siehe Abbildung 13: türkise Linie: Essbereich, grüne Linie: Galerie OG).<sup>10</sup>

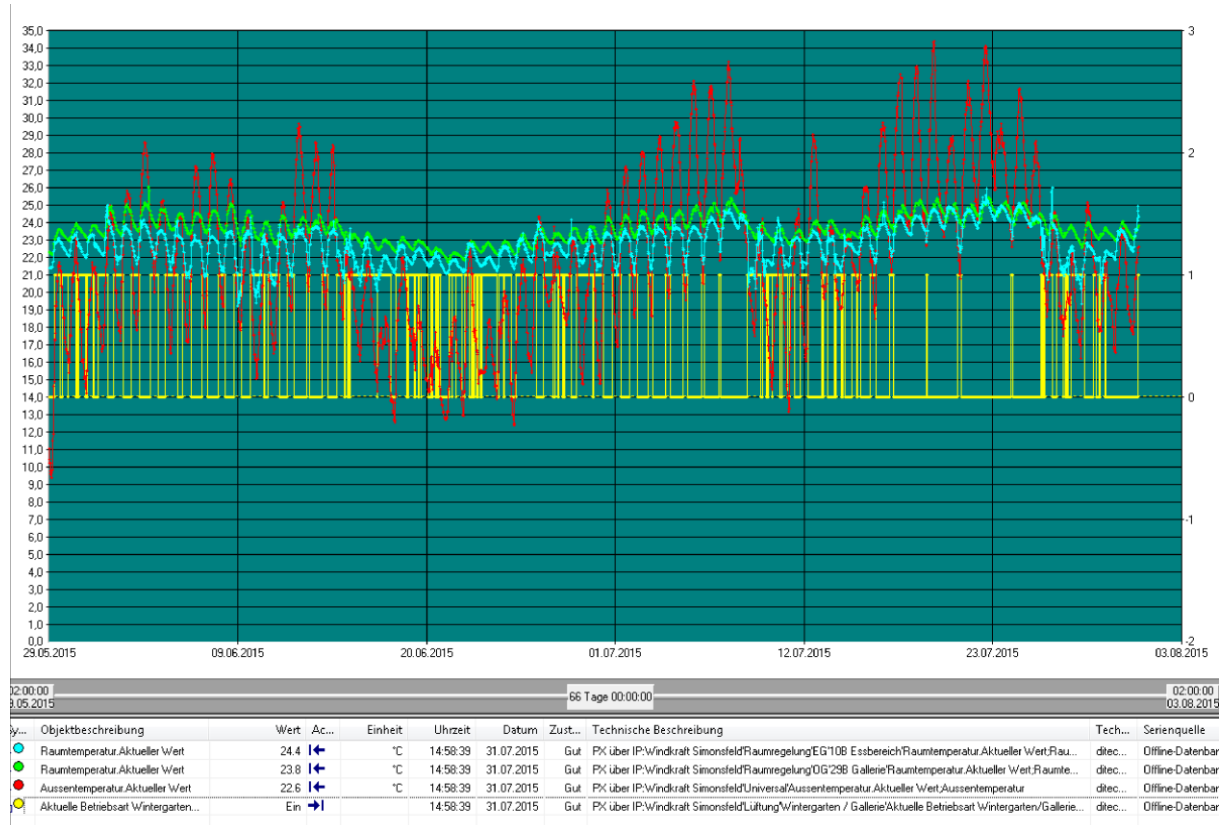


Abbildung 24: Raumtemperaturen Essbereich und Galerie (Quelle: IBO GmbH, Binting)

<sup>10</sup> IBO GmbH; Mag. Binting; In: Monitoring - Bericht über 12 Monate, Windkraft Simonsfeld, 23.10.2015, S13

### **3 Literaturverzeichnis**

#### **3.1 *Universität Innsbruck***

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Nachhaltig wirtschaften; BIGMODERN SP9: Demonstrationsgebäude Universität Innsbruck – Umsetzung 30/2015

#### **3.2 *Windkraft Simonsfeld***

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Haus der Zukunft; Plusenergie-Verwaltungsgebäude Ernstbrunn 26/2015
- IBO GmbH; Mag. Binting; Monitoring - Bericht über 12 Monate, Windkraft Simonsfeld, 23.10.2015



## **4 Anhang**

Zu den Fallstudien wurden englischsprachige Broschüren angefertigt, welche die wichtigsten Ergebnisse des Langzeitmonitorings beinhalten. Die Broschüren sind aktuell noch in Arbeit und werden erst in den kommenden Wochen publiziert. Die Nachreichung erfolgt umgehend nach offizieller Publikation.