



## Strategien zum Balanceabgleich von Lüftungssystemen

Problemstellung – Technische Lösungen - Innovationen

Rainer Pfluger, Christoph Speer

 Bundesministerium  
Verkehr, Innovation  
und Technologie

## Danksagung

Stadt der Zukunft ist ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es wird im Auftrag des BMVIT von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft gemeinsam mit der Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft mbH und der Österreichischen Gesellschaft für Umwelt und Technik ÖGUT abgewickelt.

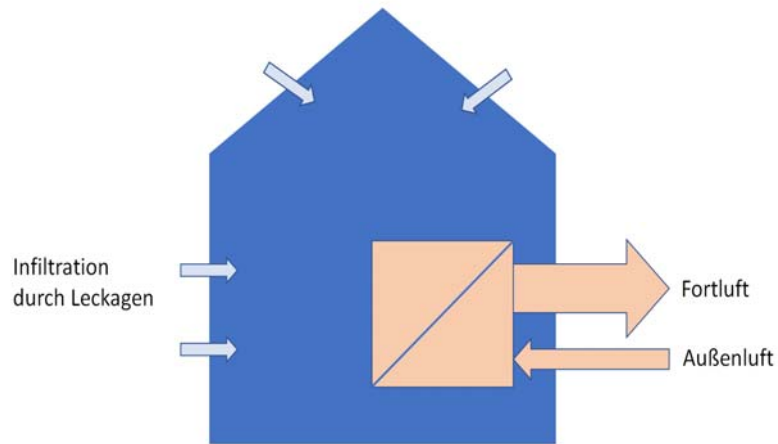
## Was bedeutet „Balanceabgleich“

- » Die Massenbilanz der Lüftung eines Gebäudes ist immer ausgeglichen (Ausgleich über In- bzw. Exfiltration durch Restleckagen der Gebäudehülle)
- » **Die Massenströme (näherungsweise Volumenströme) der Außen-/Fortluft (bei Innenaufstellung der Lüftungsanlage) sollten möglichst auf gleichen Wert gebracht werden (Balanceabgleich)**
- » Dies kann entweder manuell (bei der Einregulierung) oder automatisch (Volumenstromregelung) erfolgen.
- » Ein **möglichst vollautomatischer** Balanceabgleich ist anzustreben (Wartungskosten, Effizienz, Bauschäden)

## Balanceabgleich – wozu?

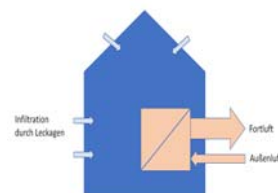
- » Vermeidung von Bauschäden (Feuchteschäden durch Kondensation in Leckagen)
- » Steigerung der Energieeffizienz (Höhere Wärmerückgewinnung)
- » Behaglichkeit (Vermeidung von Zugluft)

## Was passiert bei Fortluftüberschuss?

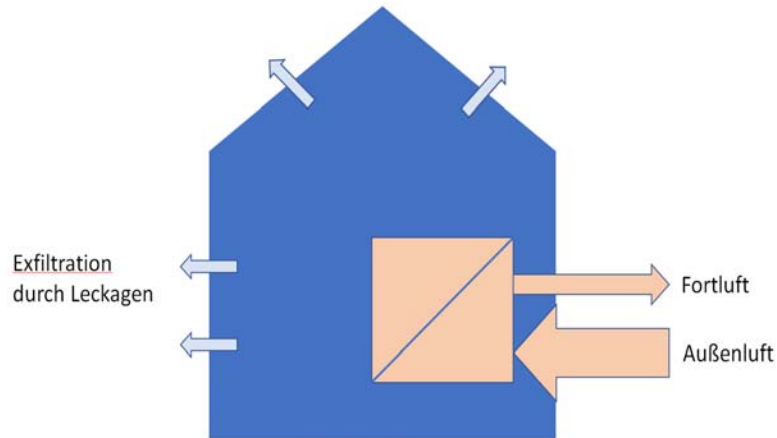


## Was passiert bei Fortluftüberschuss?

- » Leckagen werden von außen nach innen durchströmt (kein Kondensationsproblem)
- » Behaglichkeitsproblem (Zugluft)
- » Geringere Effizienz der Wärmerückgewinnung

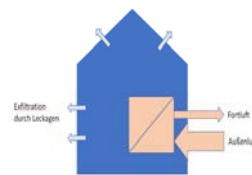


## Was passiert bei Außenluftüberschuss



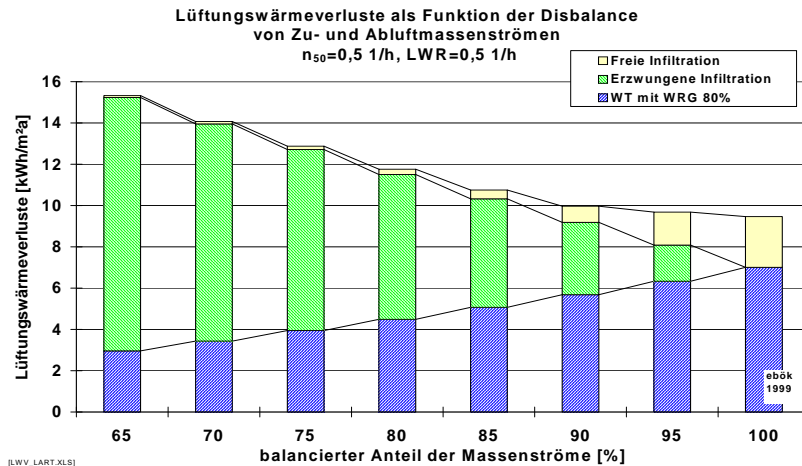
## Was passiert bei Außenluftüberschuss

- » Bauschäden durch Kondensat  
(Kondensat durch ausströmende  
feuchte Raumluft)



- » Geringere Effizienz der Wärmerückgewinnung

## Ab wann wird Disbalance energetisch relevant?



## Wie genau sollte die Balance eingehalten werden?

- » **+/- 10% Disbalance** sind energetisch gesehen tolerabel
- » Natürliche In- bzw. Exfiltration wird durch erzogene Konvektion durch die Disbalance ersetzt
- » Dennoch sollte auf Nulldruck abgezielt werden, damit diese Grenzen durch Toleranzen und Drift etc. nicht überschritten werden!
- » Bezüglich Bauschäden: eher Unterdruck
- » Bezüglich CO – Rückströmung bei Verbrennungsluft: eher Überdruck

Arbeitsbereich **Energieeffizientes Bauen** universität innsbruck

## Volumenstromregelung bei zentralen Anlagen

**Legende/Symbole:**

- Volumenstromregler
- Raumbediengerät
- Schaltstempel
- Brandschutzklappe
- Rückschlagklappe
- Zuluftdurchlass
- Abfußdurchlass
- Zuluft (ZUL)
- Abfuß (ABL)
- Außenluft (AUL)
- Fußluft (FUL)
- Datenkabel

Quelle: Filip Andic: Vergleich unterschiedlicher Lüftungssysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit technischer und wirtschaftlicher Betrachtung (2016). 11

Arbeitsbereich **Energieeffizientes Bauen** universität innsbruck

## Aktive / Passive Systeme

① Wirkdruck-Transmitter ② Volumenstromregler ③ Stellantrieb

Quelle: Trox GmbH

MR Modulo 125

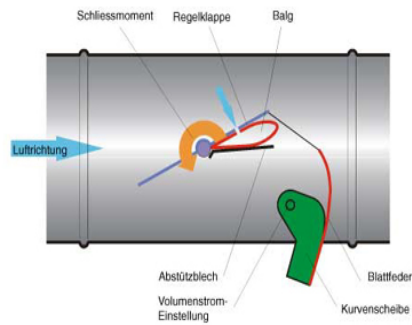
Quelle: IKZ Haustechnik

12

## Passiver Volumenstromregler



MR Modulo 125



Quelle: IKZ Haustechnik

Arbeitsbereich  
**Energieeffizientes Bauen** universität innsbruck

**Messung Balanceabgleich am Zentralgerät**

= 0 Pa !

Stützventilator zur Druckverlustkompensation

**Ergebnis:** Von 25 Zentralgeräten lagen **alle Disbalancen <10%** mit **nur zwei Ausreißern** die bei 15% bzw. 18% lagen

14

Arbeitsbereich  
**Energieeffizientes Bauen** universität innsbruck

**Stichproben-Messung Balance in der Wohneinheit bei einer Anlage mit passiven Volumenstromreglern ohne Einregulierung**

Nr.	gemessene Luftmengen [m³/h]				gemessene Luftmengen [m³/h]		
	Zuluft	Ab WC	Ab Bad	Ab Küche	Summe ZU	Summe AB	Dis-balance
1	52	24	18	24	52	66	-27%
9	36	21	21	29	36	71	-97%
18	34	21	17	20	34	58	-71%
26	41	12	12	11	41	35	15%
42	40	10	10	5	40	25	38%
58	51	21	24	22	51	67	-31%
59	37	12	12	12	37	36	3%

**So nicht !!!**

15

**Am Rehgrund 17, Graz**

Riesenflowfinder

Gesamt Gebäude

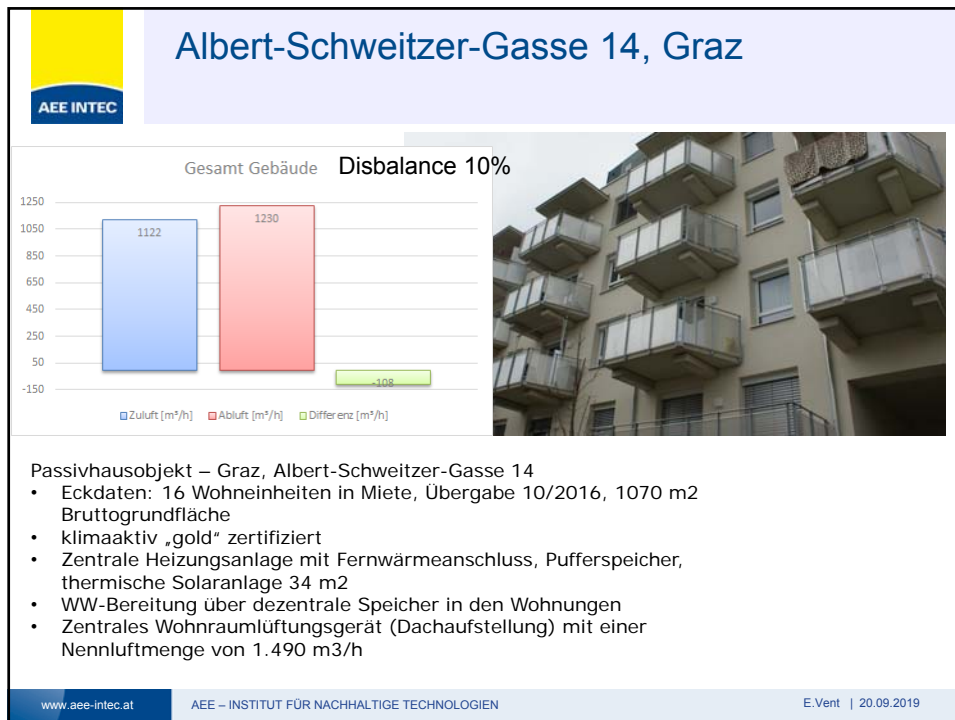
Disbalance 23%

Passivhausobjekt – Graz, Am Rehgrund 17

- Eckdaten: 17 Wohneinheiten in Miete, Übergabe 10/2014, 970 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche gesamt
- Klimaaktiv „silber“ zertifiziert
- Zentrale Heizungsanlage mit Gas-Brennwertkessel, Pufferspeicher, thermische Solaranlage 20 m<sup>2</sup>
- WW-Bereitung über Fernwärmespeicher in den Wohnungen
- Zentrales Wohnraumlüftungsgerät (Innenaufstellung im EG) mit einer Nennluftmenge von 1.650 m<sup>3</sup>/h
- PV-Anlage mit 3,0 kWp, auch für die Versorgung des Lüftungsgerätes

www.aee-intec.at AEE – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE TECHNOLOGIEN E.Vent | 20.09.2019





## Wie kann die Balance eingestellt werden?

- » Manuell bei der Inbetriebnahme
- » Nachjustierung im Rahmen der Wartungsarbeiten
- » Besser: Automatischer Balanceabgleich!

## Möglichkeiten des automatischen Balanceabgleichs (Stand der Technik)

- » Volumenstromgeregelte Ventilatoren (Master/Slave)
- » Passive Volumenstromregler
- » Volumenstromregler mit Staukreuz/Messblende
- » Messung Druckdifferenz zwischen Raum- u. Außenluft

## Masterarbeit 2020

Markus Innerhofer

### Volumenstromregler für Balanceausgleich von Wohnungslüftungsanlagen auf Basis einer Differenzdruckmessung

Markus Innerhofer, BSc

Innsbruck, 26. Februar 2020

Masterarbeit

verfasst im Rahmen eines gemeinsamen Masterstudienprogramms von LFUI  
und UMIT – Joint Degree Programme

eingereicht an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Fakultät für  
Technische Wissenschaften zur Erlangung des akademischen Grades

Diplomingenieur

Beurteiler:

Assoz. Prof. Dr.-Ing. Rainer Pfluger

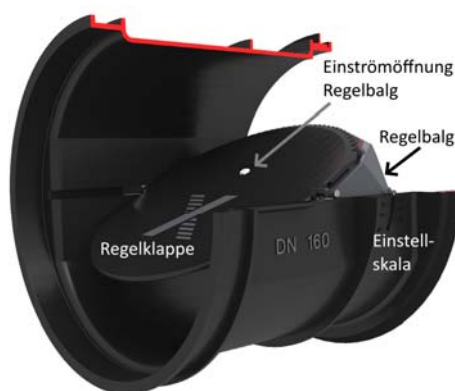
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

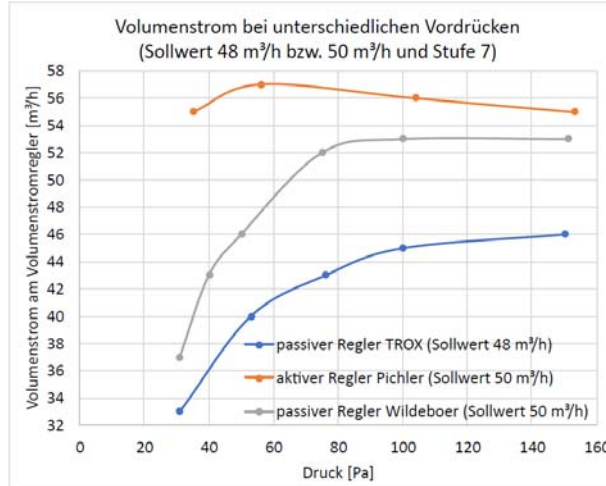
## Aktiver Volumenstromregler (Quelle: Fa. Pichler)



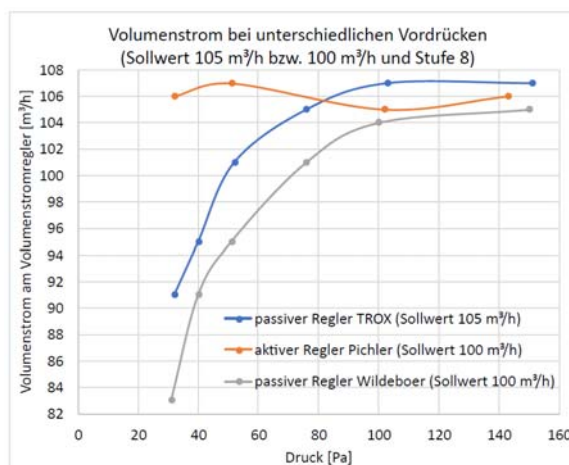
## Passiver Volumenstromregler (ohne Fremdenergie) (Besser: Volumenstrombegrenzer), Quelle: Fa. Wildeboer



## Messergebnisse bei unterschiedlichen Vordrücken mit Sollwert 50 m<sup>3</sup>/h (Quelle: M. Innerhofer, 2020)



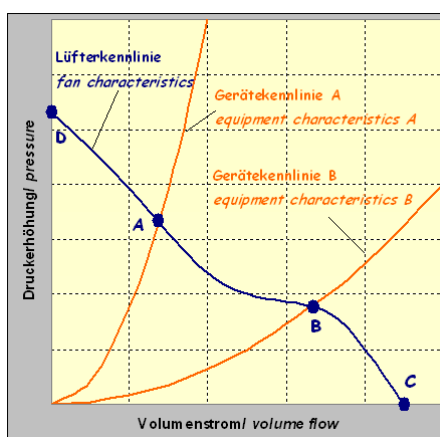
## Messergebnisse bei unterschiedlichen Vordrücken mit Sollwert 100 m<sup>3</sup>/h (Quelle: M. Innerhofer, 2020)



## Fazit zu Genauigkeit und Vordrücken

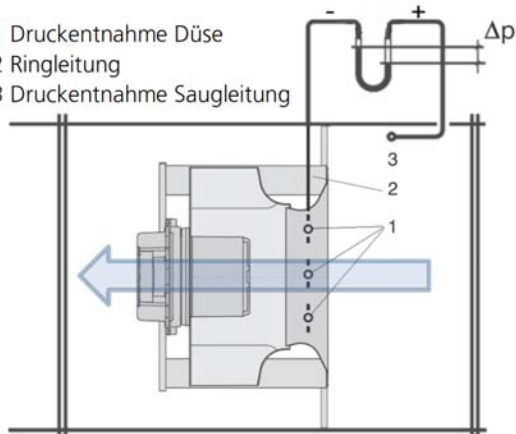
- » Geringe Genauigkeit bei geringen Volumenströmen
- » Passive Volumenstromregler: Volumenstromkonstanz erst ab etwa 90 Pa !
- » Aktive Volumenstromregler: Relativ lange Ansprechzeit (Sprungantwort) von etwa 2 min.

## Ventilatorcharakteristik und Betriebspunkte

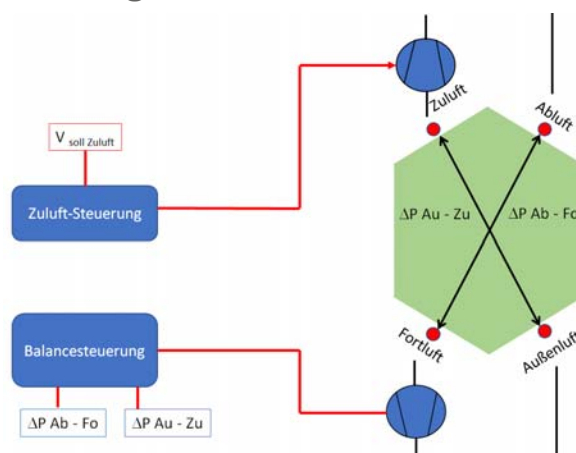


## Druckdifferenzmessung an Einlaufdüse des Ventilators

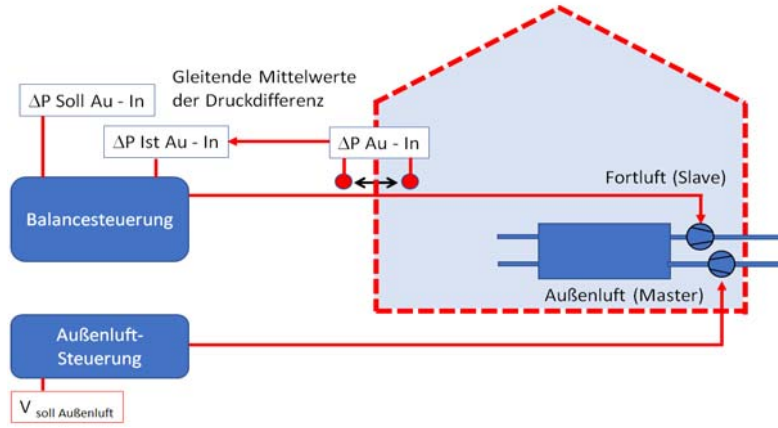
- 1 Druckentnahme Düse
- 2 Ringleitung
- 3 Druckentnahme Saugleitung



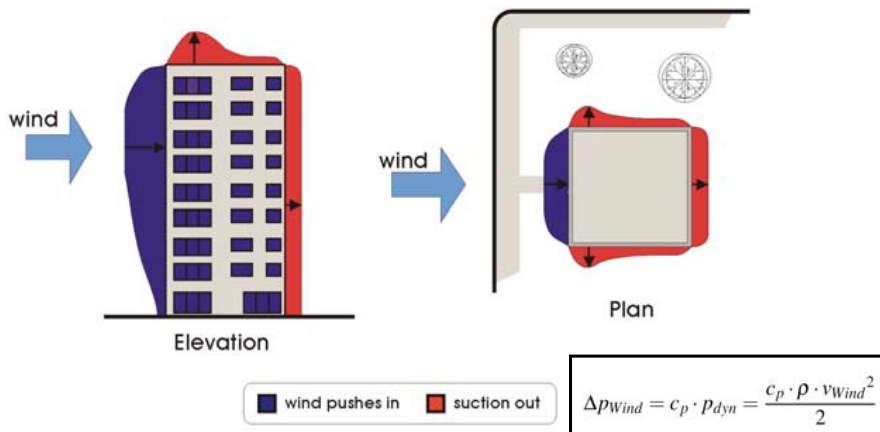
## Volumenstrommessung über Druckabfall am Wärmeübertrager



## Balanceabgleich mit Differenzdruckmessung



## Über- und Unterdrücke am Gebäude



## CFD-Simulation zum Außendruck am Container

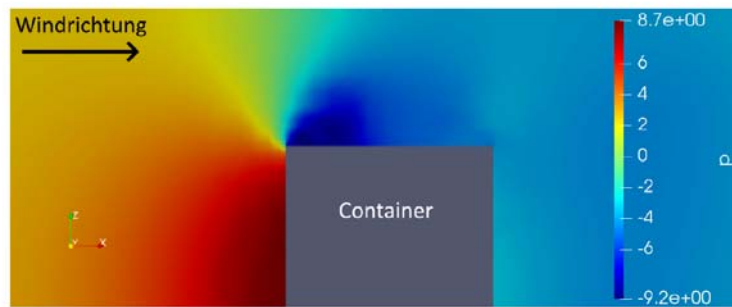


Abbildung 4.12: Druckverlauf als Schnittdarstellung parallel zur Windrichtung

## Testgebäude am Campus der UIBK





## Problem: Turbulenzen und Starkwindereignisse

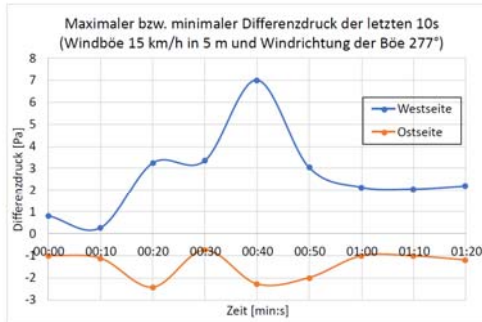
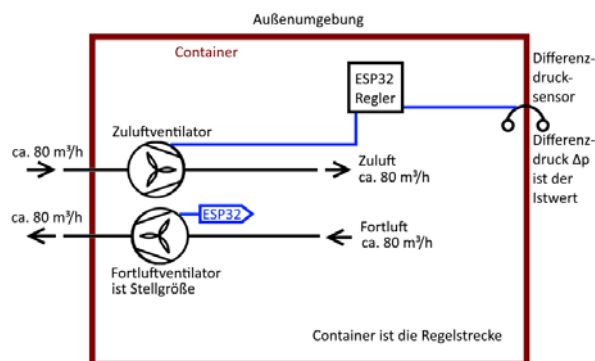


Abbildung 4.10: Maximaler bzw. minimaler Differenzdruck an der Westseite und an der Ostseite bei einer Böe mit  $15 \frac{km}{h}$



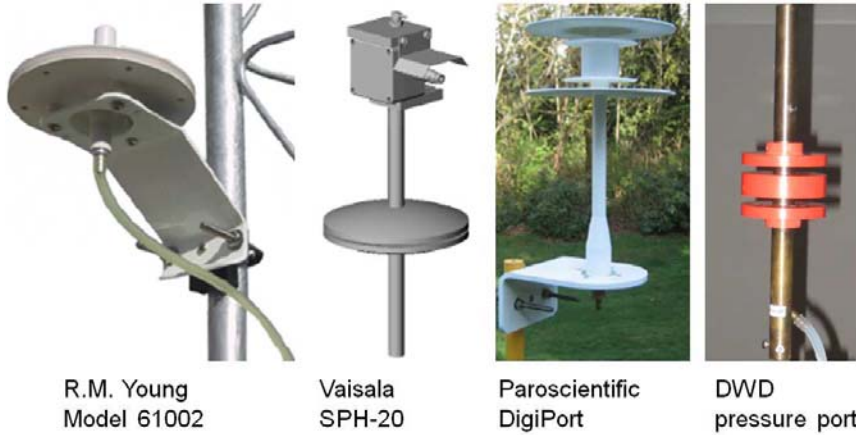
## Aufbau der Testmessung im Testgebäude der UIBK



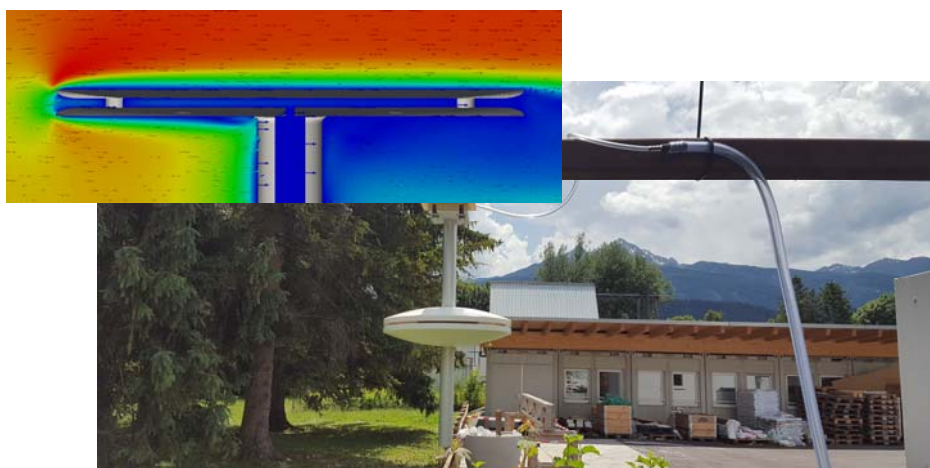
Anmerkung: Der Sollwert beträgt 0 Pa, also kein Druckunterschied zwischen innen und außen

**Legende:**  
 — Daten- bzw. Steuerleitung    ESP32    Leitung zu ESP32-Modul    — Luftrohr

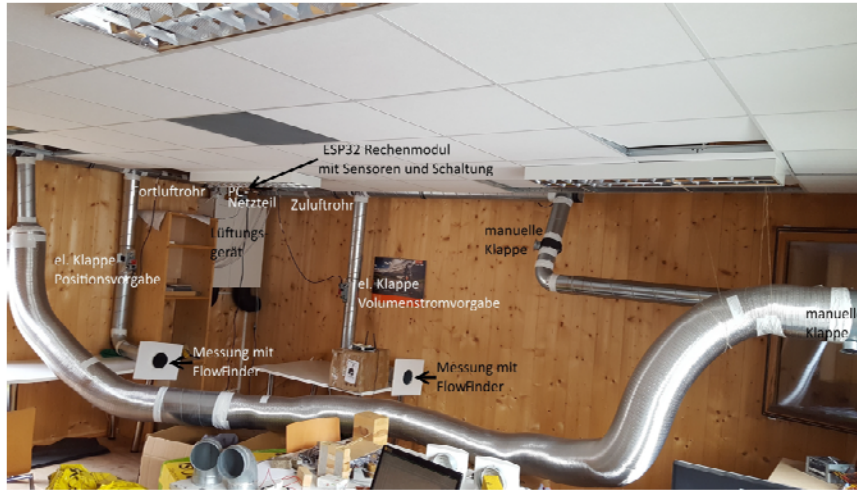
## Messung des statischen Drucks (Luftdruck Außen)



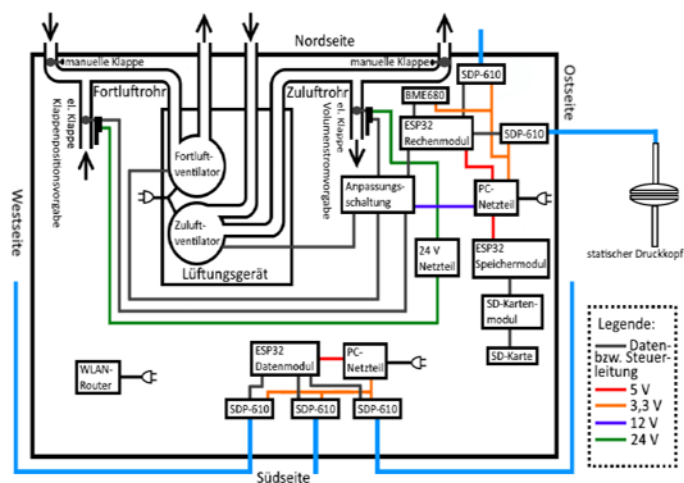
## Drucksensor mit Windschutz



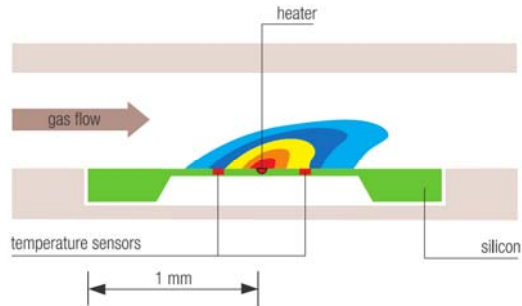
## Versuchsbaubau im Testgebäude der UIBK



## Blockschaltbild des Aufbaus für den Balanceabgleich mit Drosselklappen und Ventilatoren



## Hochgenauer kostengünstiger Druckdifferenz-Sensor von Sensirion (Gas-flow)



## Ergebnis: Balanceabgleich selbst bei hohen Windgeschwindigkeiten hochgenau!

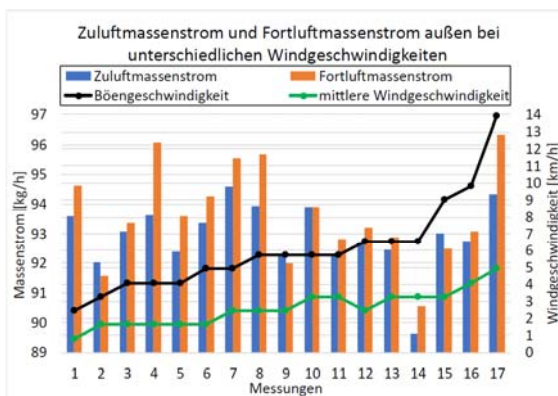


Abbildung 10.4: Zuluft- und Fortluftmassenstrom an der Außenfassade bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und einem verbundenen Druckkopf Vaisala SPH10

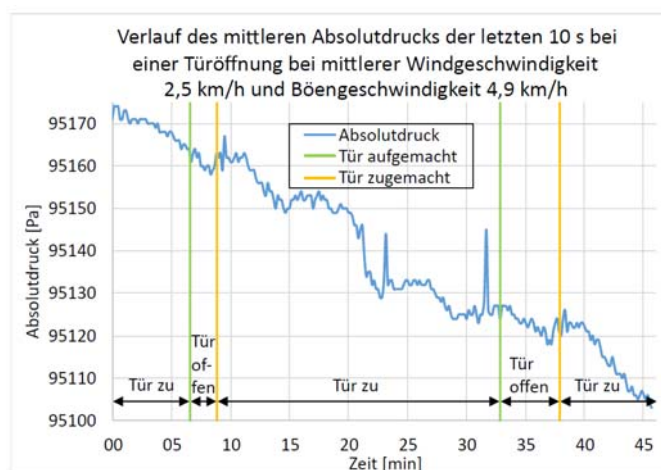
**Balanceabweichung im Mittel 0,9 %**  
**Maximale Abweichung 2,6 %**

## Alternatives Steuerkonzept mit Absolutdruckmessung

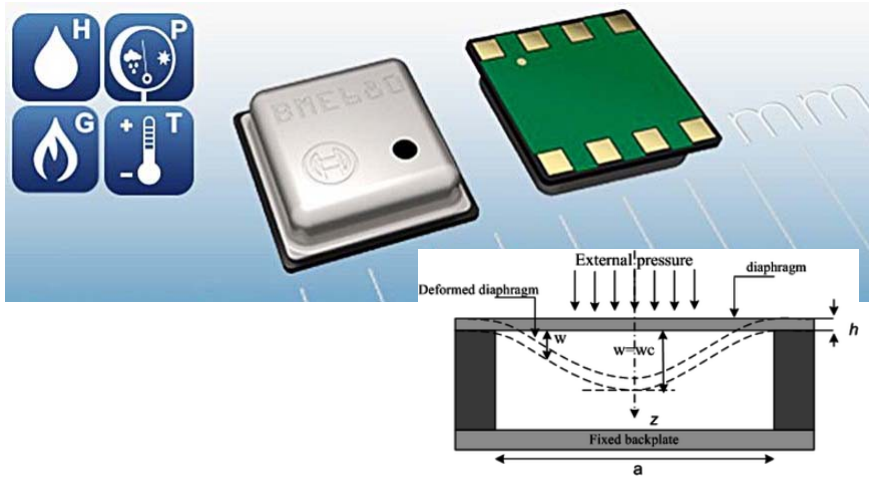
- » Absolutdruckmessung im Innenraum
- » Regelmäßige Abschaltung des Lüftungsgerätes
- » In dieser Zeit: Innendruck = Außendruck, Abspeichern des Umgebungsluftdrucks, Abgleich der Druckdifferenz auf 0 Pa
- » Volumenstrom des Fortluftventilator so lange anpassen, bis Innendruck wieder gleich Außendruck

Dieser Vorgang muss innerhalb einer Minute erfolgen!!!

## Absolutdruckmessung mit BME 680



## Absolutdruckmessung mit miniaturisiertem Absolutdrucksensor (Fa. Bosch, BME 680)



## Innovativer Volumenstromregler – Entwicklung im Rahmen der Prototypenförderung der UIBK

- » Hohe Messgenauigkeit
- » Als passiver Regler einsetzbar
- » Geringe Herstellungskosten
- » Wartungsarm
  
- » - > Geheimhaltung aus patentrechtlichen Gründen



## Zusammenfassung

- » Balanceabgleich wesentlich zur Vermeidung von Bauschäden und für die Wärmerückgewinnungs-Effizienz
- » Verfügbare passive Volumenstromregler untauglich
- » Klassische Volumenstromregler teuer und mäßig genau

## Neuentwicklungen:

- » Differenzdruckmessung
- » Absolutdruckmessung
- » UIBK-Volumenstromregler-Entwicklung (Prototyp)



### Online-Webinar

### Neues zum Thema Lüftung: Planung, Balance, Betrieb und Brandschutz

Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse aus den Projekten „E.Vent“ und „IEA EBC Annex 68“

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit