



**SIEMENS**

**gruner** >

**EMPA**

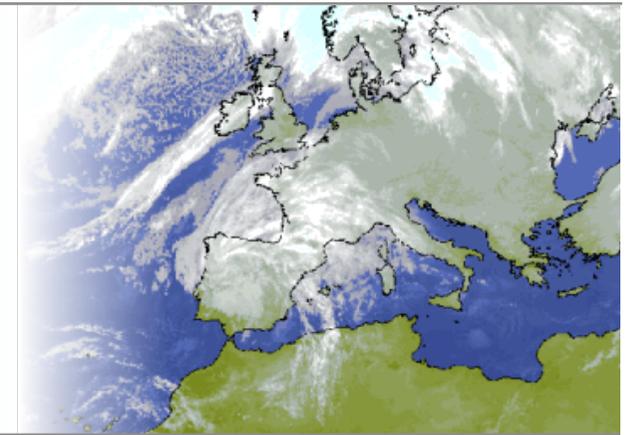
Materials Science & Technology

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**swisselectric**  
research

 **CEEM-CH**  
Competence Center Energy and Mobility

 **ACTELION**



## Erkenntnisse aus Sicht des Planers: Neue Wege in der Gebäudeautomation = Neue Wege in der Gebäudeplanung

Fachveranstaltung «Gesamtheitliche vorausschauende Gebäudeautomation»  
Allschwil, 20. September 2012

Carina Sagerschnig  
Roschi+Partner AG (Mitglied der Gruner-Gruppe)  
Sägestrasse 73  
3098 Köniz

[carina.sagerschnig@roschipartner.ch](mailto:carina.sagerschnig@roschipartner.ch)

# Inhalt



- > **Gruner AG: Planer in der Forschung**
  
- > **Vorstellung des Demonstrator-Gebäudes 'G03'**
  - > Architektur // Gebäudetechnik // Konventionelle Gebäudesteuerung
  - > Vorbereitung des Demonstratorgebäudes
  
- > **Simulationsmodelle als Grundlage für die Reglerentwicklung**
  
- > **Erstellung eines Modells für das G03**
  - > Von der Realität zum Modell und zurück
  
- > **Schlussfolgerungen aus Planersicht**

# Gruner-Gruppe



## > Eckdaten Gruner-Gruppe

- > Eine der grössten Ingenieurgruppen der Schweiz (seit 1862)
- > 14 Gruppenfirmen in der Schweiz und Europa
- > > 700 Mitarbeiter
- > Umsatz: 104 Mio. CHF (2011)

## Gruner-Gruppe: Sparten



# Planer in der Forschung



- > **Bezug zur Forschung**
  - *Innovativ für die Welt von morgen.*
  - Know-How Transfer:
    - Vorausschauende Regelung = vorausschauende Planung
  - Weiterentwicklung Planungsdienstleistungen
  
- > **Bezug zur Gebäudeautomation**
  - Gebäudetechnik / Facility Management
  - Know-How Transfer
  - Qualitätssteigerung durch integrale Planung
  
- > **Bezug zu Simulationen**
  - Fachbereich Bauklimatik
  
- > **Bezug zum Gebäude**
  - Architektur, Gebäudetechnik, Generalplanung des Demonstratorgebäudes

# Actelion G03



## > Eckdaten

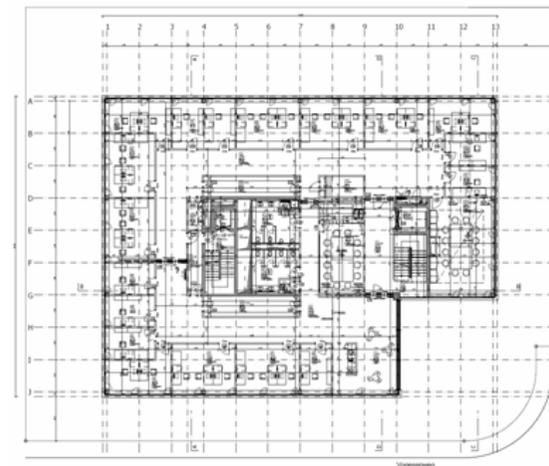
- > 6 Geschosse: EBF 6'034 m<sup>2</sup>
- > Neubau 2007

## > Nutzung

- > Büro (1.-5. OG)
- > Personalrestaurant (EG)
- > Einstellhalle (1.-2. UG)

## > Konstruktion

- > Schwere Konstruktion
- > 50% Glasanteil
  - >  $U_F = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g = 0.60$
- > aussenliegender Sonnenschutz



# Actelion G03



## > Gebäudetechnik

- > Gasbrennwertkessel 480 kW
- > Kältemaschine 109 kW
- > Hybridkühlturm 100 kW

## > Lüftungsanlage Büro

18'400 m<sup>3</sup>/h

- > Plattenwärmetauscher
  - > Heizregister
  - > adiabate Kühlung
- 
- > TABS zum Heizen und Kühlen
  - > Radiatoren in Eckbüros



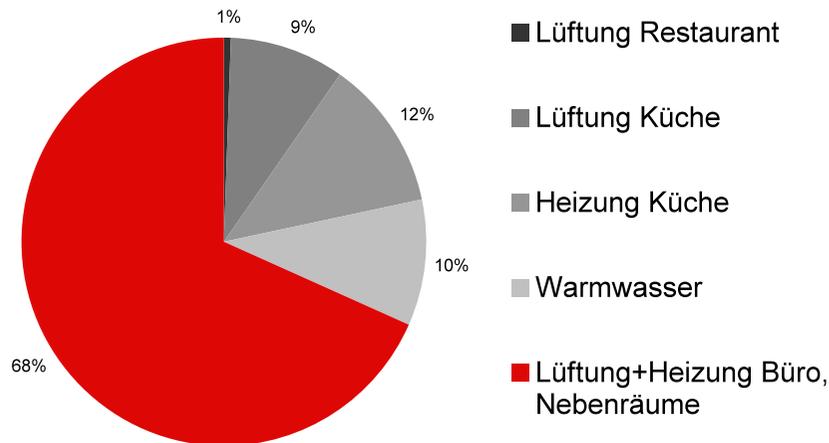
# Actelion G03



## > Verbrauchskennzahlen GAS

> Gesamtgebäude: 46 kWh/m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub> (Durchschnittswert 2008-2012)

> Verbraucher Heizung:



> Von *OptiControl* unbeeinflusste Verbraucher:

- > Lüftungsanlagen Nebenräume, Abluftanlagen
- > Heizung und Lüftung Restaurant / Küche
- > Warmwasser

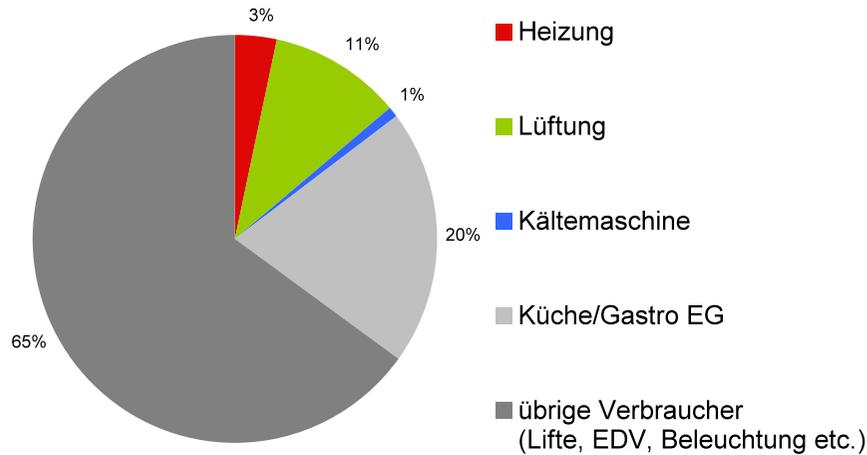
# Actelion G03



## > Verbrauchskennzahlen ELEKTRIZITÄT

> Gesamtgebäude: 83 kWh/m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub> (Durchschnittswert 2009-2011)

> Verbraucher Elektrizität:



> Von *OptiControl* unbeeinflusste Verbraucher:

> allgemeine Stromverbraucher (Aussenbeleuchtung, EDV, Server, Abluftanlagen etc.)

> Kältemaschine (Kühlung Küche, IT)

> Lüftung Küche, Restaurant, Nebenräume

# Actelion G03



## > Gebäudesteuerung

### > TABS

- > **1 TABS Zone für das gesamte Gebäude**
- > Vorlauftemperaturregelung (Heizkurve)
- > Kühlung über FreeCooling (nur nachts)

### > Radiatoren

- > nur in Eckbüros; mit Raumthermostat

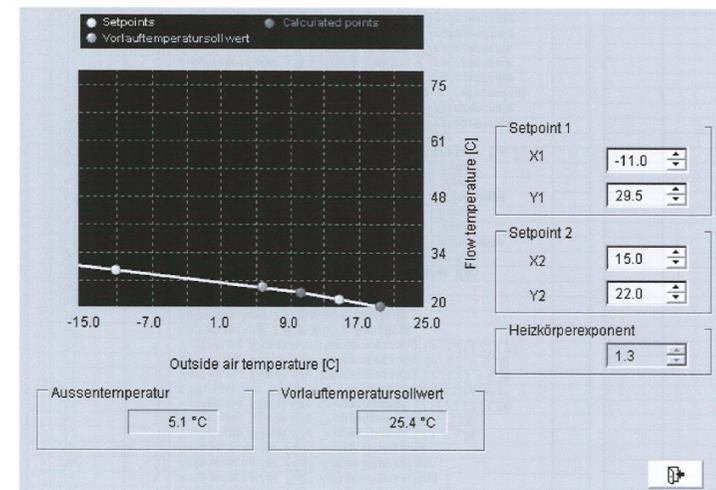
### > mechanische Lüftung

- > Konstantvolumenstrom (hygienischer Mindestluftwechsel)
- > zentrale Zulufttemperaturregelung

### > Storen

- > Nutzersteuerung und Zeitschaltprogramm für Nacht und Wochenende

Seitenname: Heizkurve [Actelion\_B02\_H\_HGrp65\_Hcrv] [IpxHeatCur]  
Druckdatum: 04.12.2009 11:20:08  
Benutzer: grg

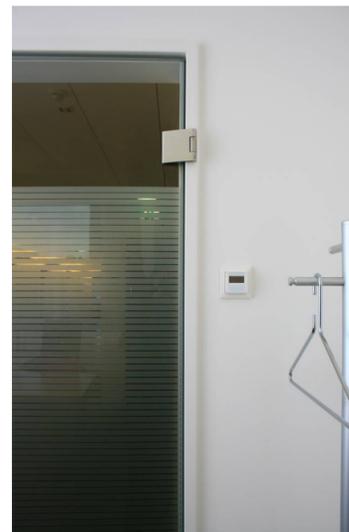


# Vorbereitung des Demonstrationsgebäudes



- > **Bisherige Instrumentierung:** 'Minimalausstattung' für Betrieb
- > **Zusätzliche Instrumentierung nötig um das G03 'fit' für die Demonstration zu machen**
  - > Sensordaten als zusätzliche Eingangsgrößen für die Regler
  - > Messdaten zur Überwachung der getesteten Regler (Funktionalität und Performance)
  - > Messdaten zur Kalibrierung und Validierung der Simulationsmodelle

- > **Büroräume im 2. OG: Wireless Sensoren**
  - > Raumtemperatur, Beleuchtungsstärke
  - > Anwesenheit, Fensteröffnung
  - > CO<sub>2</sub>, VOC, Feuchte in ausgewählten Büros
  - > Stromzähler pro Büro und 2. OG gesamt



Raumtemperatur



Stromzähler Beleuchtung  
und Bürogeräte



Präsenz,  
Beleuchtungsstärke



Fensterkontakt

# Vorbereitung des Demonstrationsgebäudes



## > Zusätzliche Installationen

- > Wärme- / Kältemengenzähler TABS, Kühlturm
- > Stromzähler Kühlturm, Ventilatoren, adiabate Kühlung
- > Wetterstation



## > Neu installierte Hardware in Zahlen (Auszug)

- > Temperatursensoren 29
- > Präsenz/Beleuchtungsstärke 19
- > Aussenbeleuchtungsstärke 4
- > Fensterkontakte 31
- > Stromzähler 31
- > Wärme-/Kältemengenzähler 4
- > Differenzdrucksensoren 2
- > I/O Module für Storensteuerung 6



# Von der Realität zum Modell

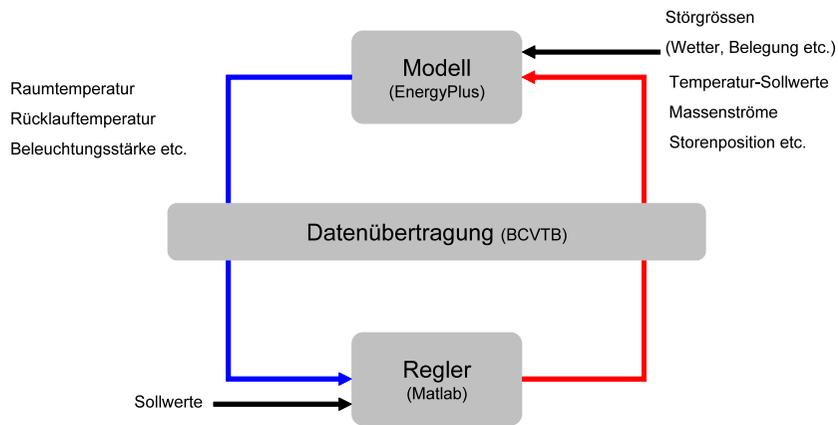


- > **Warum braucht man Simulationsmodelle von Gebäuden?**
  - > dynamische Betrachtung der thermischen Vorgänge im Gebäude mit Berücksichtigung von Speichereffekten
  - > Simulationsmodelle erlauben komplexe Systeme und die Interaktion verschiedener Komponenten zu testen
  - > Simulationsmodelle ermöglichen vielfältige Experimente
    - > auch wenn das Gebäude noch nicht vorhanden ist (Planung)
    - > wenn reale Experimente zu langwierig, zu teuer oder nicht praxisgerecht sind (Bestand)
  
- > **Simulation = Nachbildung der Realität  $\neq$  exakte Realität**

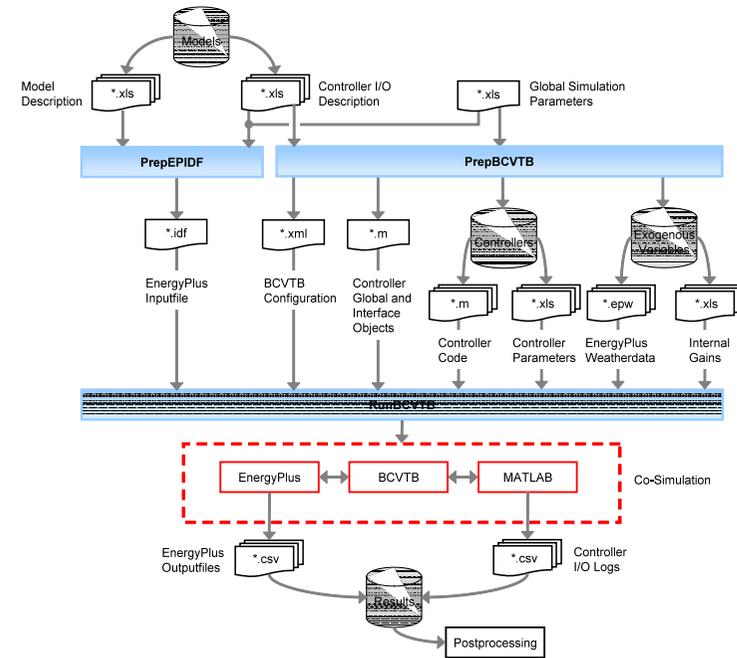
# Von der Realität zum Modell



- > **Warum brauchen wir ein detailliertes Simulationsmodell des G03?**
  - > als 'virtueller Prüfstand' für die Reglerentwicklung: Experiment am Computer
    - ➔ gleiche Schnittstelle wie zum Gebäude
  - > als Grundlage für Regler-spezifische Modelle



Modell als 'Ersatz' für das Gebäude für den Testlauf der Regler



Aufbau des für OptiControl entwickelten Simulationsablaufs mit Modell-Datenbank und Co-Simulation

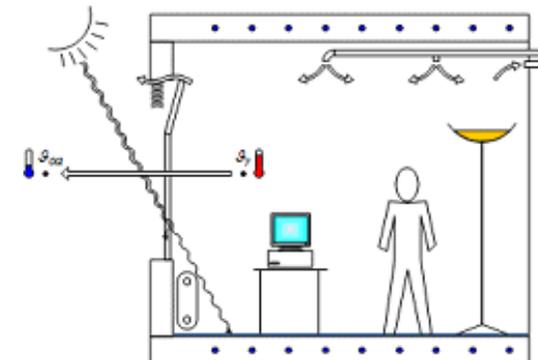
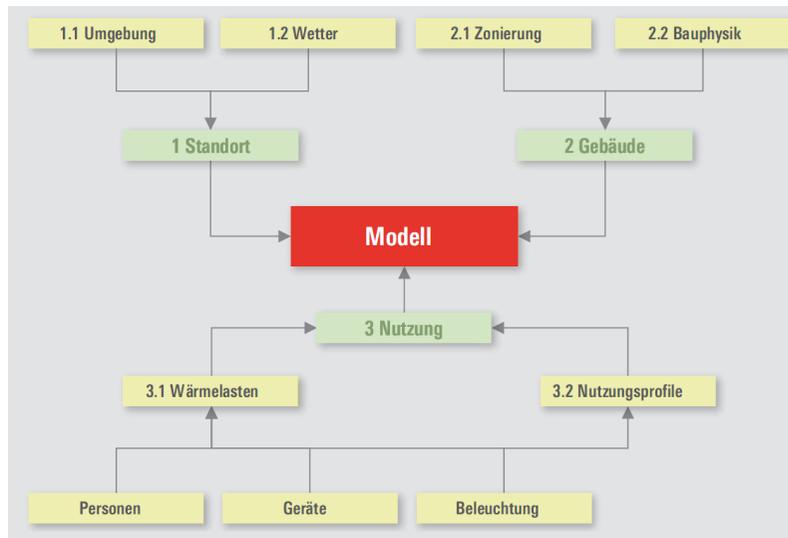
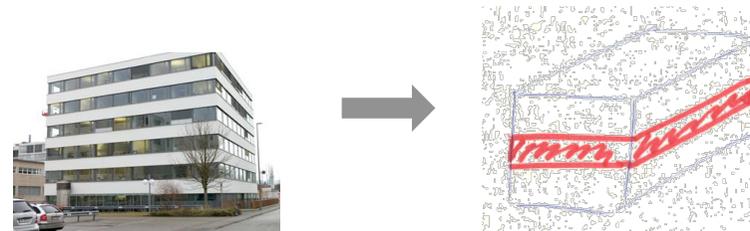


# Von der Realität zum Modell



## > Was beinhaltet das Simulationsmodell?

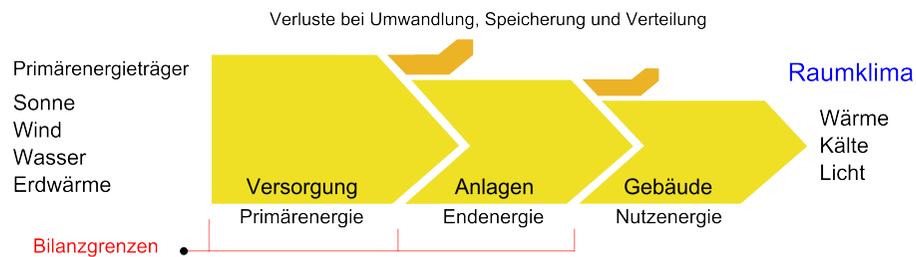
- > Abstraktion der Realität:  
Detaillierungsgrad wird auf relevante Merkmale reduziert
- > Systemgrenzen und Details von Fragestellung abhängig



# Simulationsmodell



## > Systemgrenze im Modell: Nutzenergiebedarf



## > Gewichtungsfaktoren für Berechnung End- und Primärenergiebedarf

## > Monetäre Kosten auf Basis von aktuellen Rechnungen ermittelt (2011/2012)

| Gewichtungsfaktoren für End- und Primärenergie                    | Faktor | Einheit |
|---|--------|---------|
| NRPE conversion factor natural gas (UCTE)                         | 1.2    | -       |
| NRPE conversion factor electricity (UCTE)                         | 3.32   | -       |
| Efficiency electrical distribution                                | 0.985  | -       |
| Efficiency heat generation TABS                                   | 0.95   | -       |
| Efficiency heat generation ventilation                            | 0.95   | -       |
| Efficiency heat generation aux. system                            | 0.95   | -       |
| Conversion factor 2nd floor only TABS                             | 0.139  | -       |
| Conversion factor 2nd floor only ventilation                      | 0.197  | -       |
| Conversion factor 2nd floor only aux. heating system              | 0.1879 | -       |
| El. energy consumption heat distribution pump TABS                | 0.0268 | kWh/m3  |
| El. energy consumption heat distribution pump ventilation         | 0.0161 | kWh/m3  |
| El. energy consumption heat distribution pump aux. system         | 0.0641 | kWh/m3  |
| El. energy consumption cold distribution pump TABS (primary loop) | 0.0816 | kWh/m3  |
| El. power cold distribution pump TABS (secondary loop)            | 1.45   | kW      |
| Reference area 2nd floor  | 534.21 | m2      |
| Monetary costs natural gas (without fix costs)                    | 0.075  | CHF/kWh |
| Monetary costs electrical energy low tarif* (without fix costs)   | 0.097  | CHF/kWh |
| Monetary costs electrical energy high tarif* (without fix costs)  | 0.145  | CHF/kWh |
| Monetary costs electrical energy                                  | 5.82   | CHF/kW  |

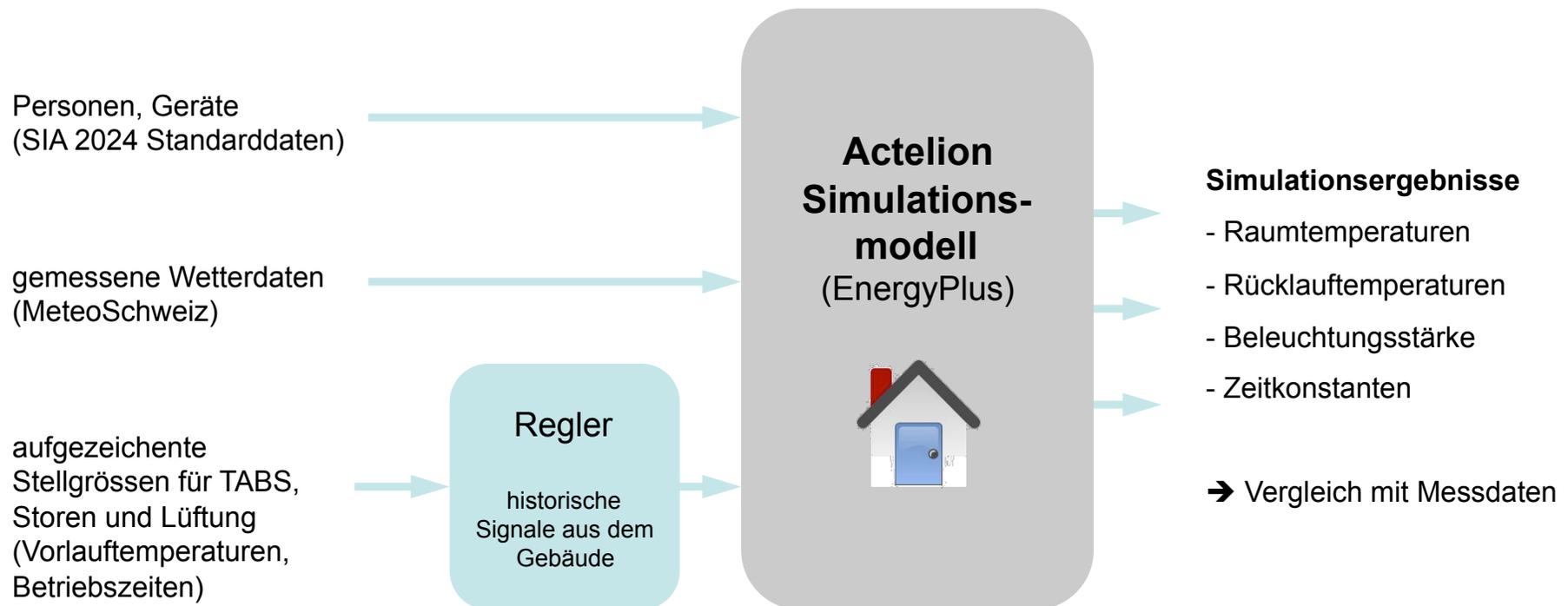
# ...zur Realität zurück: Validierung



## > Vergleich von realen Messdaten mit Simulationsergebnissen

- > gleiche Inputs für Modell und Gebäude

(Wetter und Sollwerte für TABS, Ventilation und Storen)

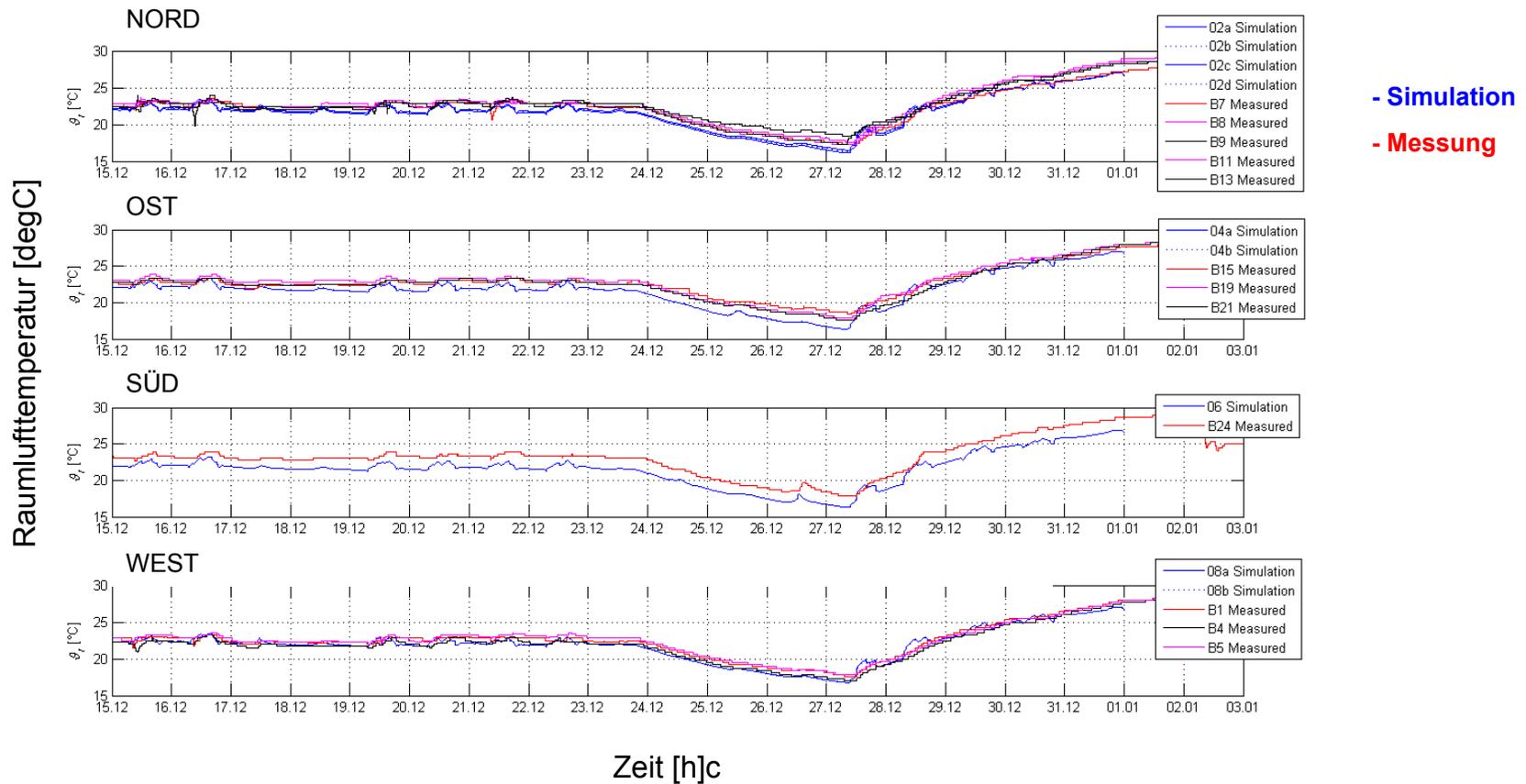


# ...zur Realität zurück: Validierung



## > Experiment am Gebäude: Sprungantwort TABS

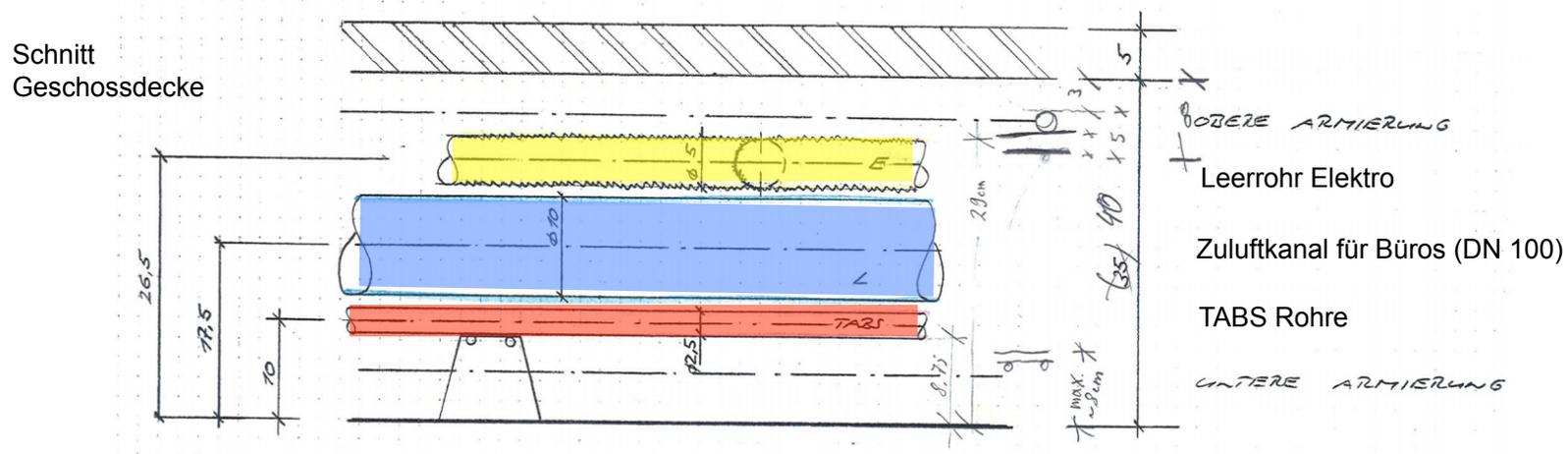
> Auskühlen / Wiederaufheizen während Weihnachtsfeiertagen 2011



## ...zur Realität zurück: Validierung



- > **Im Vergleich mit Messdaten kommen 'Spezialitäten' des Gebäudes zum Vorschein**
  - > nicht modellierte Einflüsse auf die Zulufttemperatur durch eingelegte Lüftungskanäle in der Betondecke führen zu Abweichungen zwischen Modell und Messungen
- > **Für ein massgeschneidertes Modell ist 'Tuning' notwendig**
  - > Kombination der Modellierung physikalischer Gesetzmässigkeiten und empirischem Wissens über den Spezialfall

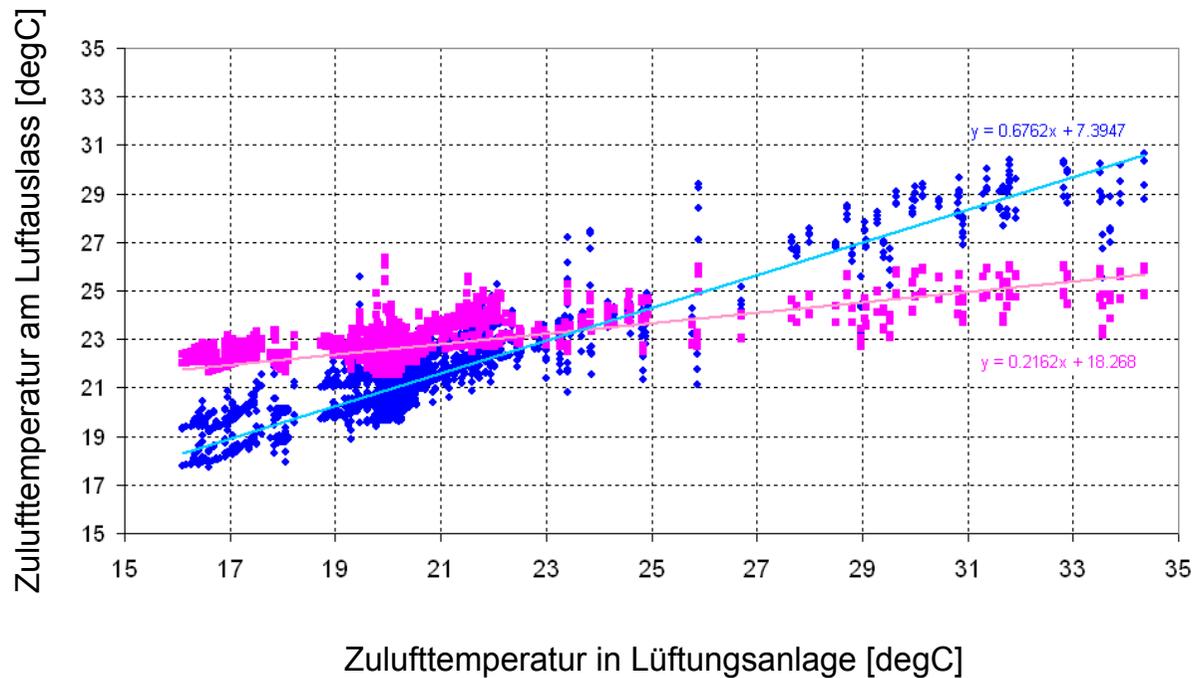


# ...zur Realität zurück: Validierung



- > Ergänzende Messungen wurden durchgeführt, um die Temperaturänderung der Lüftung von der Lüftungszentrale bis zum Auslass im Raum abschätzen zu können

Temperaturmessung (02.05.-16.05.2012, 2. Obergeschoss)



- Temperaturänderung durch Transport in Steigschacht

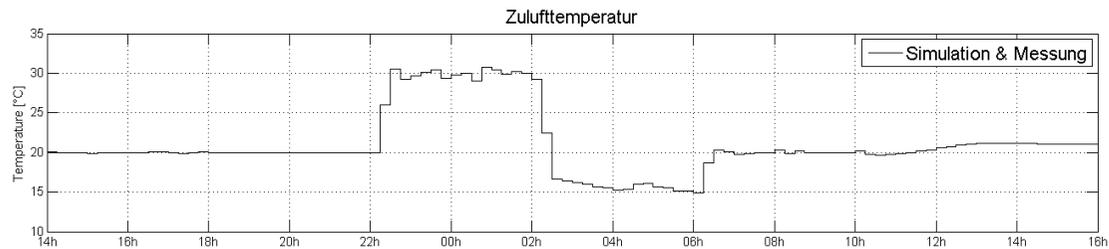
- Temperaturänderung durch Transport in Steigschacht und Betondecke

# ...zur Realität zurück: Validierung

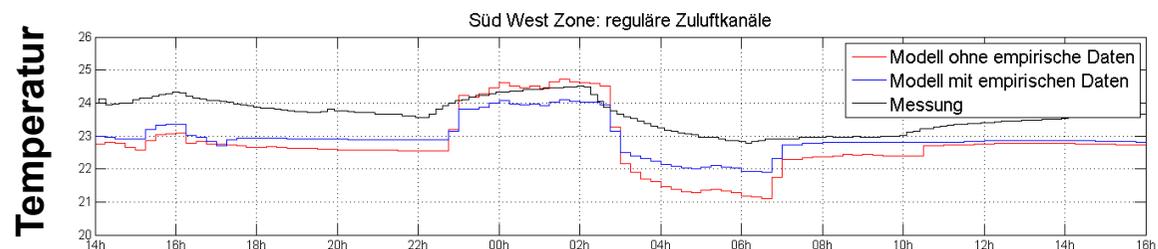


- > Berücksichtigung von zusätzlichen Transportverlusten der Zuluft
- > Erweiterung des Modells: Zulufttemperatur-Korrektur auf Basis empirischer Daten

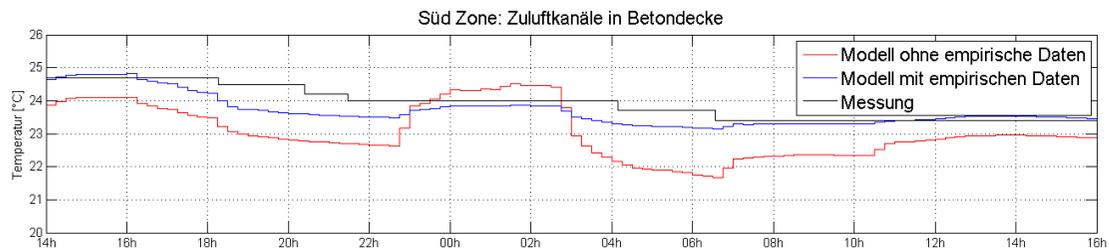
**Temperatursprung  
Zuluft**



**Raumtemperatur:  
normale Büros**



**Raumtemperatur:  
Büros mit Lüftungs-  
kanal in Geschossdecke**



**Uhrzeit**

**Gruner AG**

# Schlussfolgerungen aus Planersicht



- > **Beurteilung der Modellierungsarbeiten**
  - > Aufwand hängt sehr stark vom Detaillierungsgrad ab
  - > 'Fine Tuning': grosser Aufwand, Nutzen muss noch quantitativ bewertet werden
  
- > **Umsetzung von innovativen Regelungskonzepten**
  - > Auswirkungen auch auf Planungsphase (Gebäude und Anlagen müssen 'vorbereitet' sein)
  - > Pilotprojekt // Strategien für breitere Umsetzung andenken

# Schlussfolgerungen aus Planersicht



- > **Qualitätssicherung in der Umsetzung der Regelungskonzepte: Simulation als Hilfsmittel**
  - > Wie kann Umsetzung der Regelungskonzepte kontrolliert werden?
    - > Simulation in der Planung: Möglichkeit, Regelungskonzepte vorab zu testen
    - > Simulation im Betrieb: 2 Systeme (Gebäude und Modell), die sich gegenseitig 'überprüfen'
    - > Optimierungspotentiale und Fehlfunktionen könnten einfacher erkannt werden
    - > Wissensaufbau bei Planern und Ingenieuren / Praxistaugliche Simulationswerkzeuge