




**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

**SIEMENS**

**gruner** >

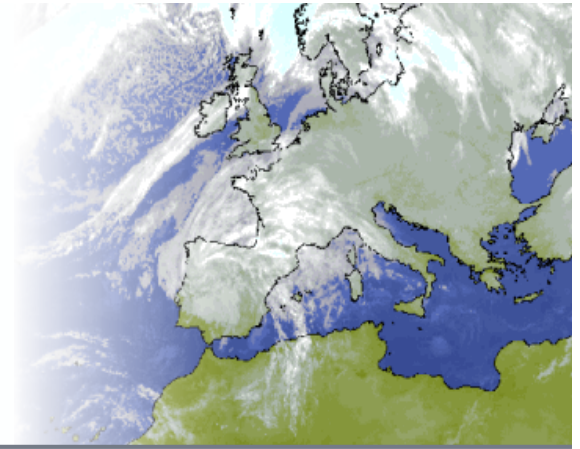
**EMPA**  
Materials Science & Technology

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**swisselectric**  
research

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

 **ACTELION**



# Erkenntnisse aus Sicht des Anbieters von Gebäudeautomation: Vorfeldentwicklung und Bewährungsprobe für Lösungsideen

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

Markus Gwerder  
Siemens Schweiz AG, Building Technologies Division  
Gubelstrasse 22  
6300 Zug, Schweiz

[markus.gwerder@siemens.com](mailto:markus.gwerder@siemens.com)

## Inhalt

- **Einleitung**
  - Vorstellung Siemens BT
  - Prinzip, Nutzen und Arten von vorausschauender Regelung
  - Vorausschauende Regelung bei Siemens BT heute
- **Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes**
  - Gebäudeinstrumentierung
  - Übergeordnete und untergeordnete Regelung
  - Regelbasierte Regelstrategien
  - On-line Demo
- **Resultate für die regelbasierten Strategien**
  - Vergleiche verschiedener Strategien bezüglich Komfort und Energiekosten
- **Erkenntnisse**
- **Vorausschauende Regelung bei Siemens BT morgen**

## Vorstellung Siemens BT Siemens – Sektoren und Divisionen

### Energy

#### Divisionen

- Fossil Power Generation
- Wind Power
- Solar & Hydro
- Oil & Gas
- Energy Service
- Power Transmission



### Healthcare

#### Divisionen

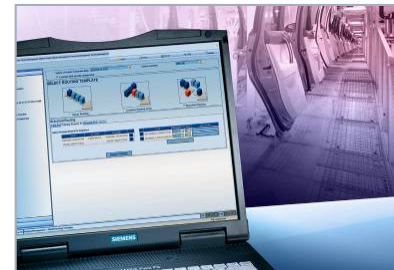
- Imaging & Therapy Systems
- Clinical Products
- Diagnostics
- Customer Solutions



### Industry

#### Divisionen

- Industry Automation
- Drive Technologies
- Customer Services



### Infrastructure & Cities

#### Divisionen

- Rail Systems
- Mobility and Logistics
- Low and Medium Voltage
- Smart Grid
- Building Technologies
- OSRAM\*



\* Siemens hat im März 2011 angekündigt, OSRAM an die Börse bringen zu wollen und langfristig als Ankeraktionär eine Minderheitsbeteiligung an der OSRAM AG zu halten

# Vorstellung Siemens BT Marktleistung Building Technologies

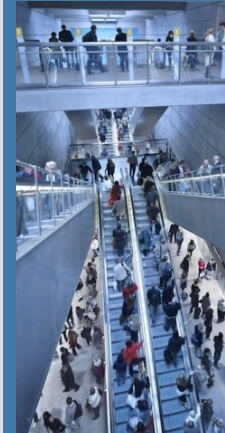
**SIEMENS**

## Building Automation (BAU)



- Intelligente Gebäudeautomationslösungen
- Total Building Solutions (TBS) und Vertical Market Angebote
- Life Cycle Management Services und Lösungen
  - Advantage Services
  - Energiespar-Contracting

## Fire Safety and Security (FSS)



- Life Safety Lösungen und Services
- Integrierte Sicherheitslösungen
- Lebenszyklus Management
- Managed Sicherheitsservices
- Leitzentralsysteme
- Intelligente Notfall Reaktionslösungen und Services
- Marktspezifische Lösungen und Services

## Control Products and Systems (CPS)

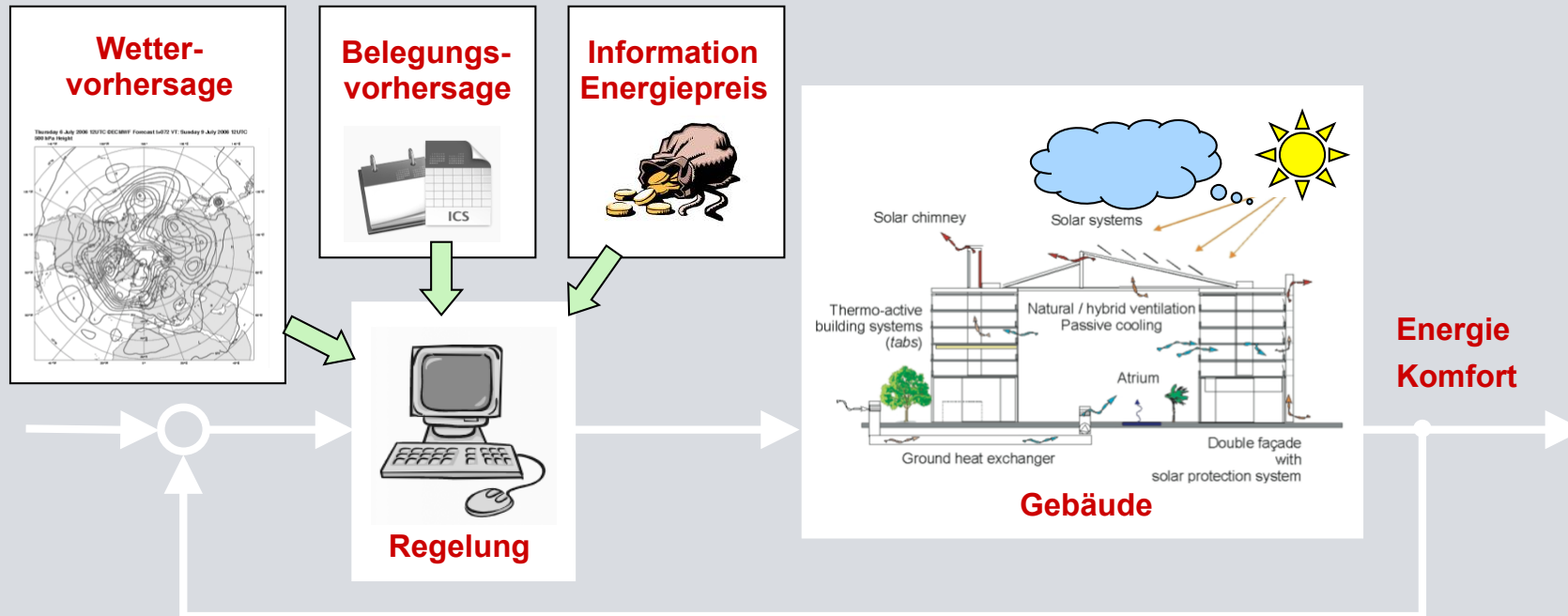


- Gebäudeautomationssysteme
- Raumautomation (HVAC, Beleuchtung, Beschattung)
- Standardsysteme/-regler für HLK (Heizung Lüftung, Klima)
- Fühler, Wärmezähler
- Ventile und Stellantriebe, Luftklappenantriebe, Frequenzumrichter
- Geprüfte Applikationen
- Tools zur Entwicklung, Inbetriebnahme und Optimierung des Energieverbrauchs

### Brandschutzsysteme

- Brandmeldesysteme
- Löschsysteme
- Sprachalarmsysteme
- Gefahrenmanagement-Systeme
- Spezialmelder und umgebungsspezifische Lösungen
- Tool für die rechtzeitige Übergabe und Fernbetreuung

# Vorausschauende Gebäudeautomation Prinzip



- Ziele** Einhalten der Komfortspezifikationen (bzw. Maximieren des Komforts), Minimieren von Energiekosten
- Ideen** Optimales Ausnutzen von Energien aus zeitweise knappen, erneuerbaren oder preiswerten Quellen, optimale Anpassung auf den (zukünftigen) Bedarf
- Methode** *Vorausschauende Regelung* mithilfe von Wetter- und Belegungsvorhersage sowie Informationen zu den Energiepreisen

## Vorausschauende Gebäudeautomation Nutzen von Vorhersagen

- Energieverbrauchs- und/oder Energiekosteneinsparungen
- Verbessertes Raumklima
- Reduzierte elektrische Spitzenlast
- Das Verhalten von Reglern, welche (Wetter)vorhersagen nutzen, ist einfach zu verstehen für die meisten Personen. Dies erhöht die Akzeptanz solcher Regelungen und verbessert die Interaktion zwischen Benutzer und System, was zu einer höheren totalen Performance führt.

# Vorausschauende Gebäudeautomation

## Zwei verschiedene Arten von vorausschauender Regelung

1

### **(Vorausschauende) regelbasierte Regelung (RBC)**

d.h. Regeln der Art “wenn ... dann ...”

*Konventionelle Art der Regelung, weitverbreitet in der Gebäudeautomation*

2

### **Modellprädiktive Regelung (MPC)**

*Neuere Art der Regelung, wenig verbreitet in der Gebäudeautomation*

# Vorausschauende Regelung bei Siemens BT heute

## Beispiel: Forschungsprojekt «Neue Monte Rosa Hütte (Phase-II)»

**SIEMENS**

### Hauptziele

- Entwicklung eines optimierten Energiemanagements basierend auf der vorgesehenen Infrastruktur, um den Zielwert des Energie-Autarkiegrads ( $\geq 90\%$ ) zu ermöglichen
- Monitoring und visuelle Aufbereitung des Anlagenbetriebs sowie gebäudeexterne Überwachung und Beeinflussung des Gebäudemanagements

### Laufzeit

Juni 2008 bis Dezember 2012

### Partner

Institut für Dynamische Systeme und  
Regelungstechnik, ETH Zürich

Hochschule Luzern, Technik & Architektur, ZIG  
Siemens Schweiz AG, Zug

### Sponsoren

Bundesamt für Energie BFE



Neue Monte Rosa Hütte

### Website (Gesamtprojekt Neue Monte Rosa Hütte)

[www.neuemonterosahuette.ch](http://www.neuemonterosahuette.ch)

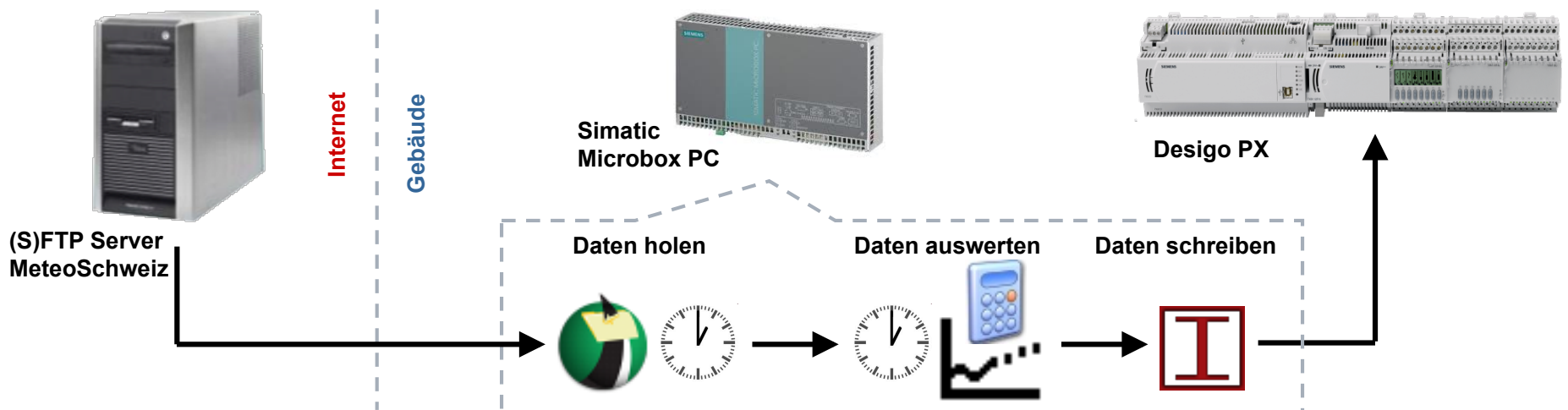
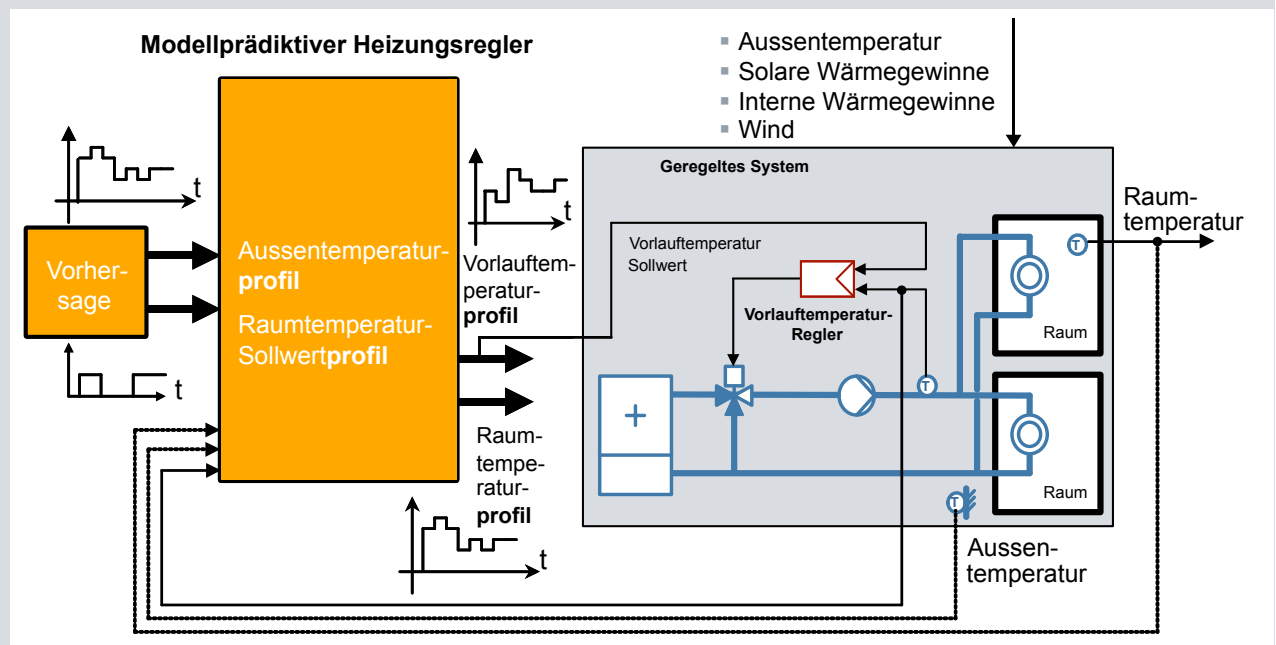


# Vorausschauende Regelung bei Siemens BT heute

## Beispiel: Produkt «Prädiktive Heizungsregelung»



Geprüfte Applikation im  
Siemens  
Gebäudeautomationsystem  
Desigo™, Version 4.0 (2009)

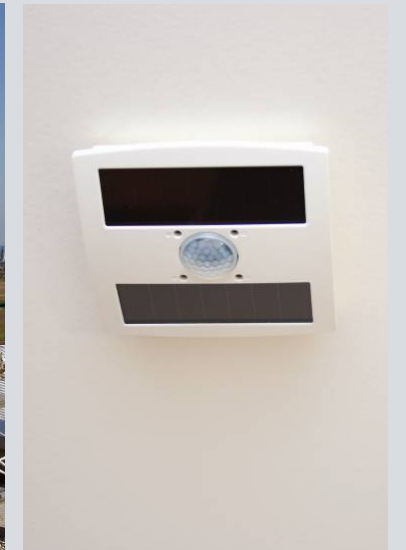


# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Gebäudeinstrumentierung

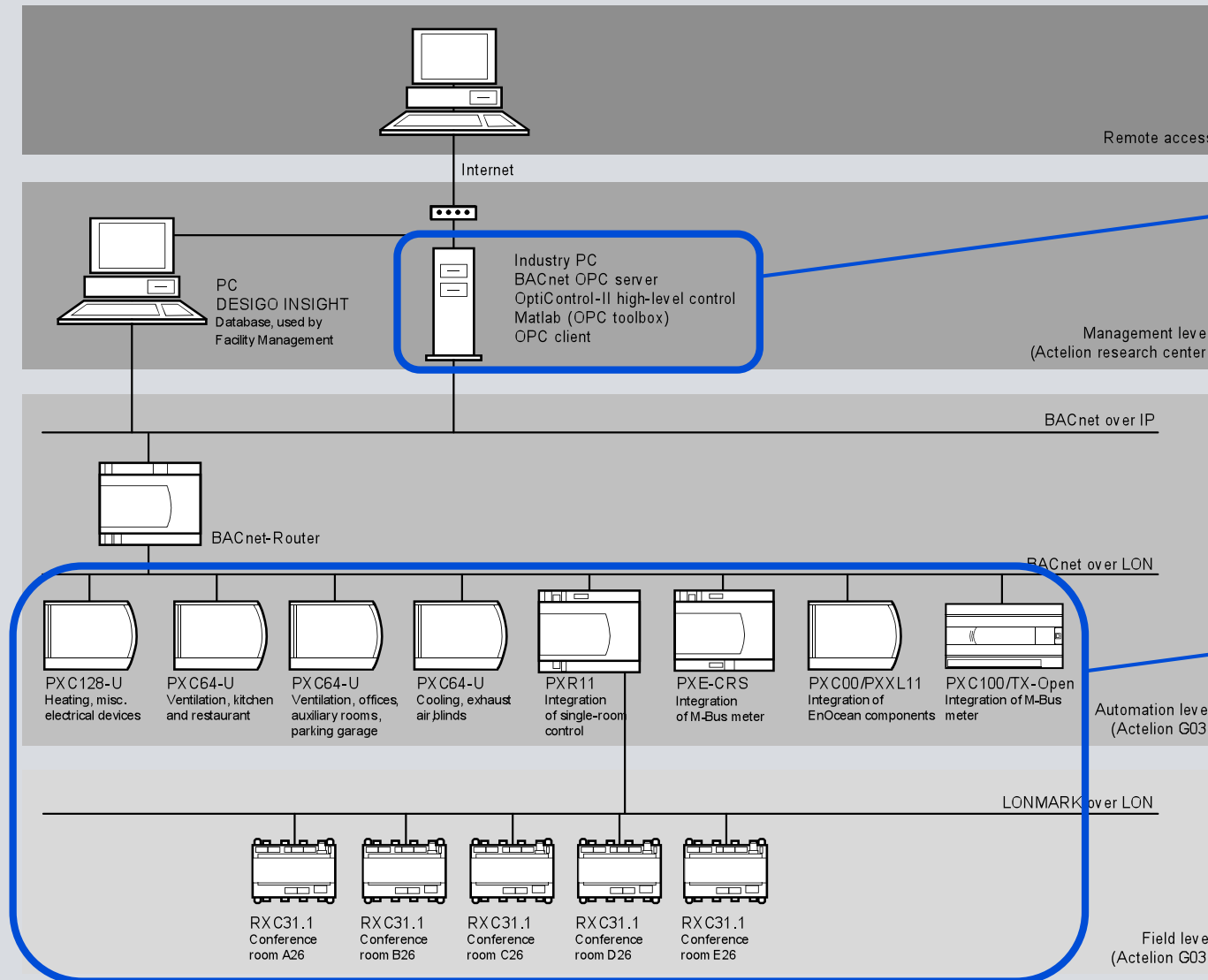
### Zusätzlich installierte Instrumentierung für Komfort- und Energieauswertung, Modellvalidierung

Beschreibung	Hardware Typ	Hardware Name	Anz.
Raumtemperatursensor	Sensor (Funk)	Siemens QAX95.4	29
Kombifühler	Sensor (Funk)	Thermokon SR04 CO2	3
Raumtemperatursensor, rel. Feuchte, CO2 Konzentration			
Präsenz- und Helligkeitsfühler	Sensor (Funk)	Thermokon SR-MDS	19
Aussenhelligkeitsfühler	Sensor (Funk)	Thermokon SR65 LI	4
Fensterkontakt	Sensor (Funk)	Thermokon SRW01	31
Elektrozähler Beleuchtung	Sensor	Elko MIZ	18
Andere Elektrozähler	Sensor	Elko KIZ	13
Solarstrahlungsfühler	Sensor	Siemens QLS60	5
Wärme- und Kältezähler	Sensor	Siemens WSM	4
Differenzdruckfühler für Volumenstrommessung	Sensor	Siemens QBM65-10 (dP)	2
Temperaturfühler Luftkanäle	Sensor	Siemens QAM2120.040	1
Feuchtefühler Luftkanäle	Sensor	Siemens QFM2100	1
CO2/VOC Konzentrationsfühler Luftkanäle	Sensor	Siemens QPM2102	1
I/O Module für Jalousienintegration	I/O module	Griesser FS-4I Flexmodul	6
Automationsstation für Integration Funkfühler	Control device	Siemens PXC00	1
Automationsstation für Integration Zähler	Control device	Siemens PXC100	1
Industrie PC	PC	Fujitsu Server TX100	1



# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Übergeordnete und untergeordnete Regelung



Vorausschauende übergeordnete Regelung (high-level control)

Konventionelle untergeordnete Regelung (low-level control)

# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Übergeordnete und untergeordnete Regelung

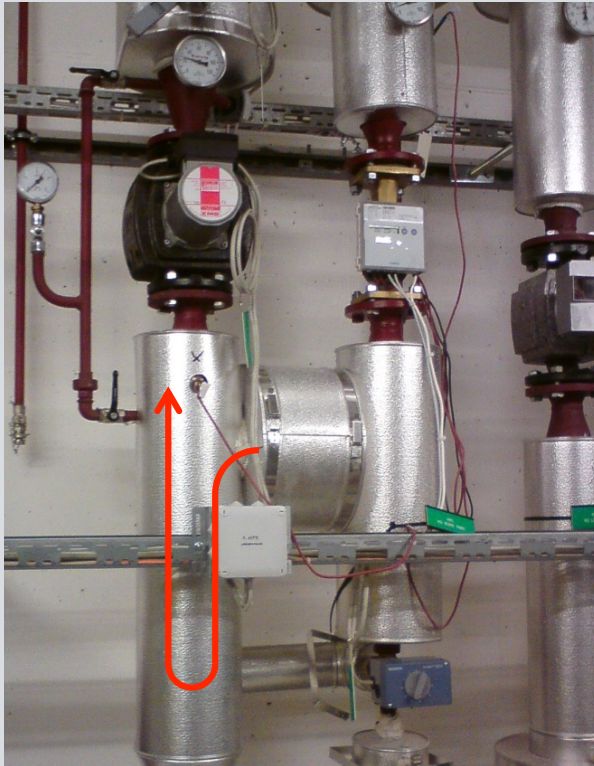
Werte, die von der übergeordneten Regelung an die untergeordnete Regelung übertragen werden

Eigenschaften der übergeordneten Regelung:

- Lese/Schreibzugriff  
*alle 15 Minuten*
- Zugriff auf neueste MeteoSchweiz COSMO-7 Wettervorhersagen  
*3x pro Tag neu*
- Zugriff auf neueste MeteoSchweiz Messwerte Station Basel Binningen  
*alle 10 Minuten neu*

Beschreibung	Einheit	Bereich
Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Life check set	No/Yes	[0, 1]
High-level control version	---	[0, MAX]
Heating TABS: Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Heating TABS: High-level operating mode	---	[Auto/Off/On]
Heating TABS: High-level flow temperature setpoint	degC	[10...35]
Heating TABS: High-level enable PWM	No/Yes	[0, 1]
Cooling TABS: Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Cooling TABS: High-level operating mode	---	[Auto/Off/On]
Cooling TABS: High-level flow temperature setpoint	degC	[10...35]
Heating static: Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Heating static: High-level operating mode	---	[Auto/Off/On]
Heating static: High-level flow temperature setpoint	degC	[10...35]
Ventilation: Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Ventilation: High-level operating mode	---	[Auto/Off/On]
Ventilation: High-level supply air temp. setpoint heating	degC	[10...35]
Ventilation: High-level supply air temp. setpoint cooling	degC	[10...35]
Ventilation: High-level supply air temp. setpoint ERC	degC	[10...35]
Ventilation: High-level diff. pressure setpoint supply	Pa	[0...300]
Ventilation: High-level diff. pressure setpoint exhaust	Pa	[0...300]
Blinds: Enable high-level control	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control open N/E/W/S/Awnings	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control close N/E/W/S/Awnings	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control pos.1 N/E/W/S	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control pos.2 N/E/W/S	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control disable scheduling	No/Yes	[0, 1]
Blinds: High-level control enable shading	No/Yes	[0, 1]

# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS** Anpassungen untergeordnete Regelung aufgrund Anlagenmonitoring



**TABS Heizverteilung**

„Einrohrzirkulation“  
↓  
Einführung Taktbetrieb



**Aussentemperaturfühler**

Von Sonne angestrahlt  
↓  
Berücksichtigung aller  
vorhandenen Fühler



**Lüftungsanlage Büros**

z.T. Abluftkühler aktiv ohne  
Kälterückgewinnung  
↓  
Korrektur Programm

# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Regelbasierte Strategien

### Die untersuchten RBC Strategien

	RBC-0	RBC-1	RBC-2
Zusätzliche Sensoren	Keine	- Raumtemperaturen - Solarstrahlungen	- Raumtemperaturen - Solarstrahlungen - Fensterkontakte
Zusätzliche Aktoren	Keine	Jalousienbefehle	Jalousienbefehle
Vorausschauend	Nein	Nein	Ja
„Komplexität“ <sup>1)</sup>	Niedrig	Niedrig	Mittel
Gesamtheitliche Regelung	Nein	Ja <sup>2)</sup>	Ja <sup>2)</sup>
Aufwand Instrumentierung	Niedrig	Niedrig	Mittel
Einstellaufwand	Hoch	Mittel	Niedrig

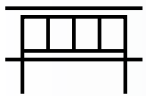
1) Für Projekt-/Serviceingenieur

2) Gesamtheitliche Regelung Heizen, Kühlen, Lüften, Jalousien über Bedarfsmeldungen

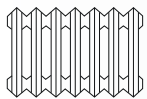
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Regelbasierte Strategie RBC-0

**Nachbildung der Vor-OptiControl Strategie** (Separate Regelung der Gewerke)



**TABS Heizen: Betrieb über Heizkurve und Heizgrenzenschalter**  
**TABS Kühlen: Betrieb über Aussentemperaturkriterien**



**Statische Heizung (Eckräume): Regelung durch Raumthermostaten**  
*Realität: Raumtemperatursollwerte werden durch Benutzer z.T. verändert*  
*Simulation: Vorgegebene konstante Raumtemperatursollwerte*



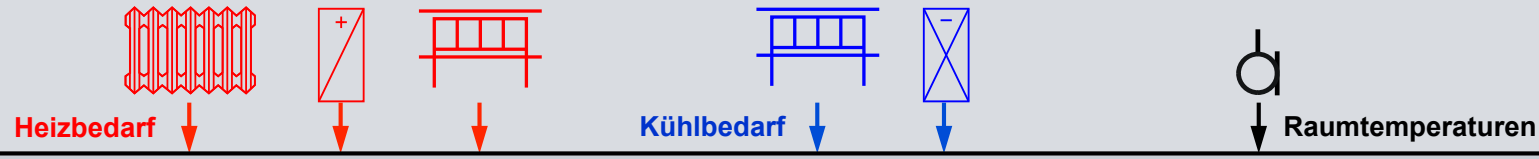
**Lüftung: Zulufttemperaturregelung**  
*Realität: Sollwerte durch Operateur vorgegeben*  
*Simulation: Sollwerte aussentemperaturabhängig geschoben*



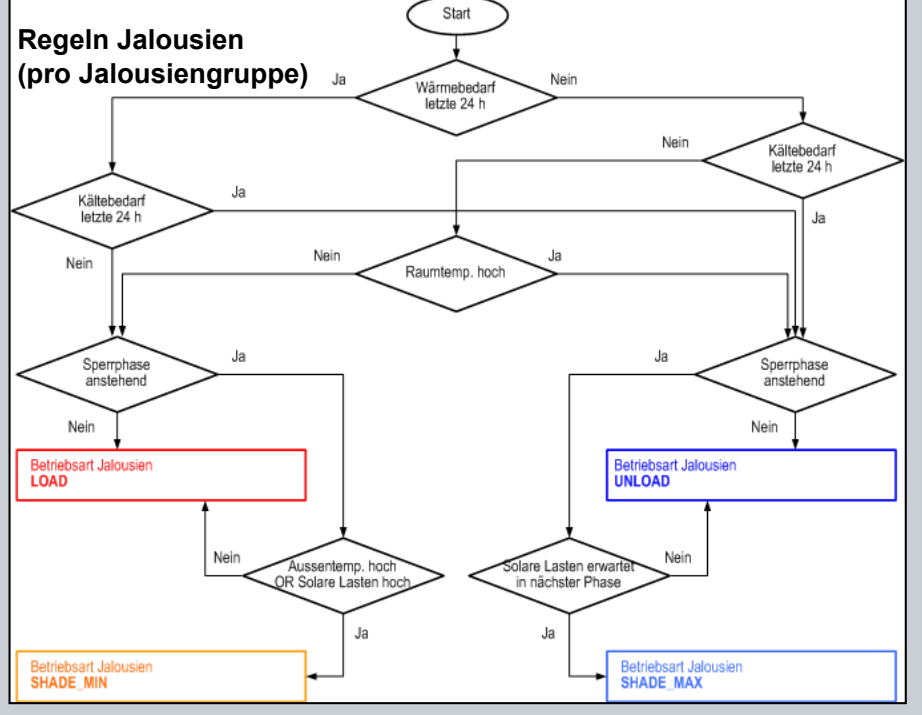
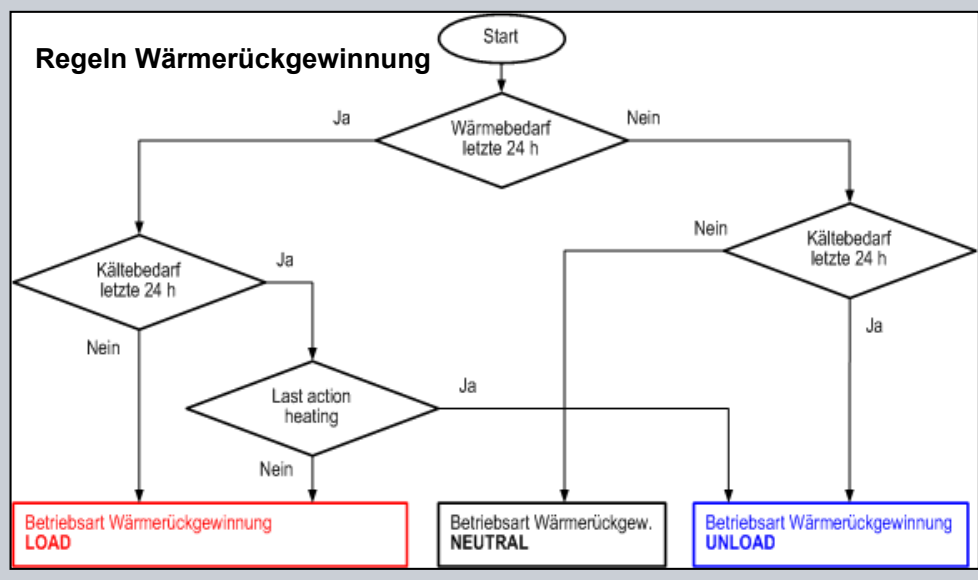
**Jalousien: fixes Wochen-Zeitschaltprogramm**  
*Realität: Jalousienstellungen werden von den Benutzern z.T. verändert*  
*Simulation: Jalousienstellungen bleiben auf den vorgegebenen Stellungen*

# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

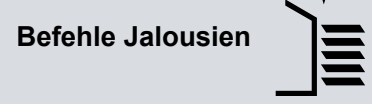
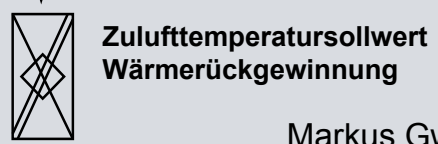
## Regelbasierte Strategie RBC-1



### 1. Bestimmung der Betriebsarten für Wärmerückgewinnung und Jalousien



### 2. Umsetzung der Betriebsarten in Sollwerte und Befehle



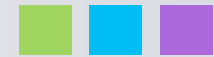
Copyright © Siemens



# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Regelbasierte Strategie RBC-2

**Nutzung von Heiz- und Kühlbedarfssignalen** für die Koordination der Gewerke ähnlich wie RBC-1



**Raumtemperaturregelungen** für TABS (Tag zu Tag Korrektur) und Lüftung



**Taktbetrieb der Umwälzpumpen** für TABS Heizen und Kühlen



**Vorgebbare gesperrte Intervalle für automatische Jalousieneingriffe** (während Gebäudenutzung)





**Nutzung der MeteoSchweiz Wettervorhersage für**

- TABS Witterungskompensation (Aussentemp., Solarstrahlung)
- Lüftung Zulufttemperatursollwertbandbeschränkung (Aussentemp.)
- Lüftung Nachtkühlung (Aussentemp.)
- Jalousiensteuerung vor gesperrten Intervallen (Aussentemp., Solarstrahlung)



 *Energieeinsparungen erwartet*

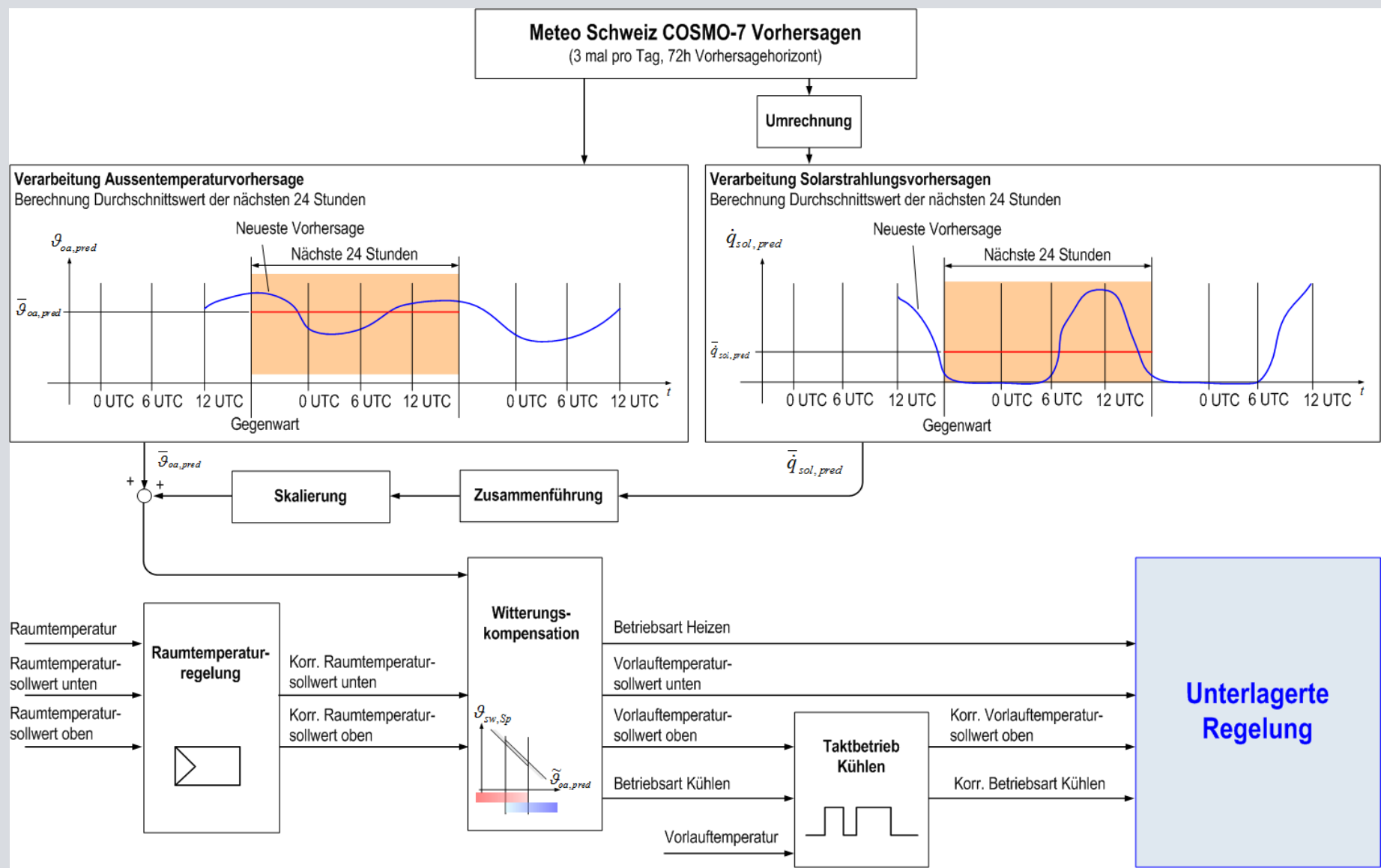
 *Komforterhöhung erwartet*

 *Nutzerakzeptanzerhöhung erwartet*

Copyright © Siemens

# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Regelbasierte Strategie RBC-2: Regelung von TABS



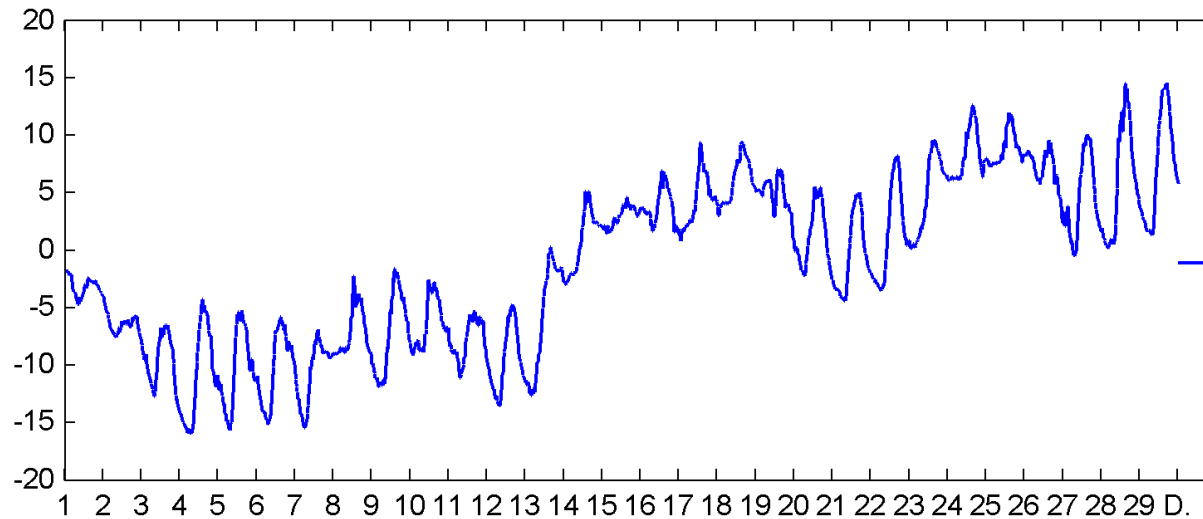
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS** On-line Demo Gebäudeversuch RBC-2

**on-line demo**



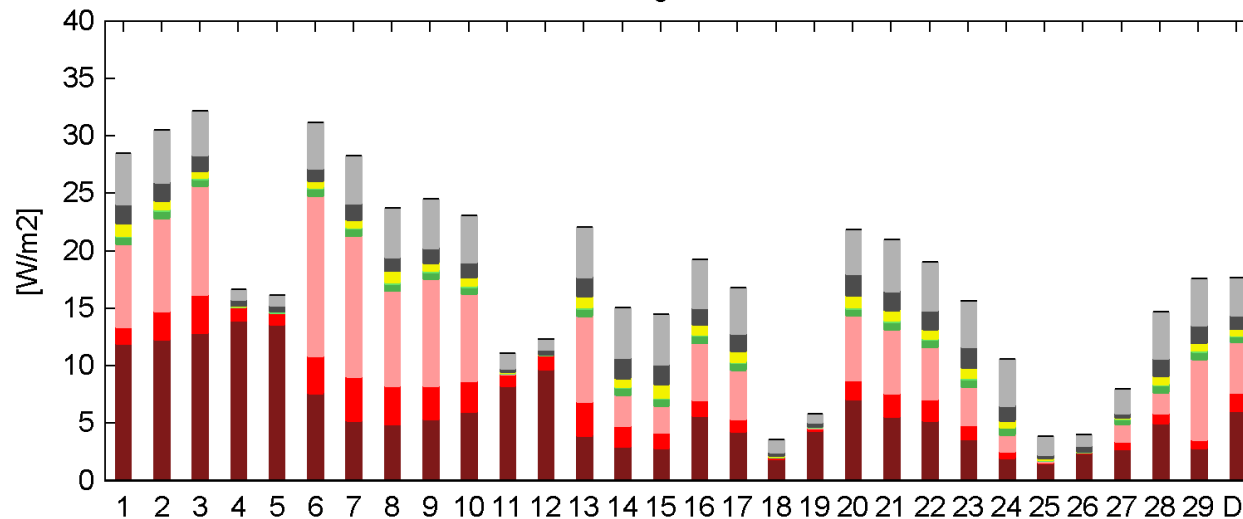
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Messdatenauswertung Strategie RBC-2: Februar 2012



— Aussentemperatur

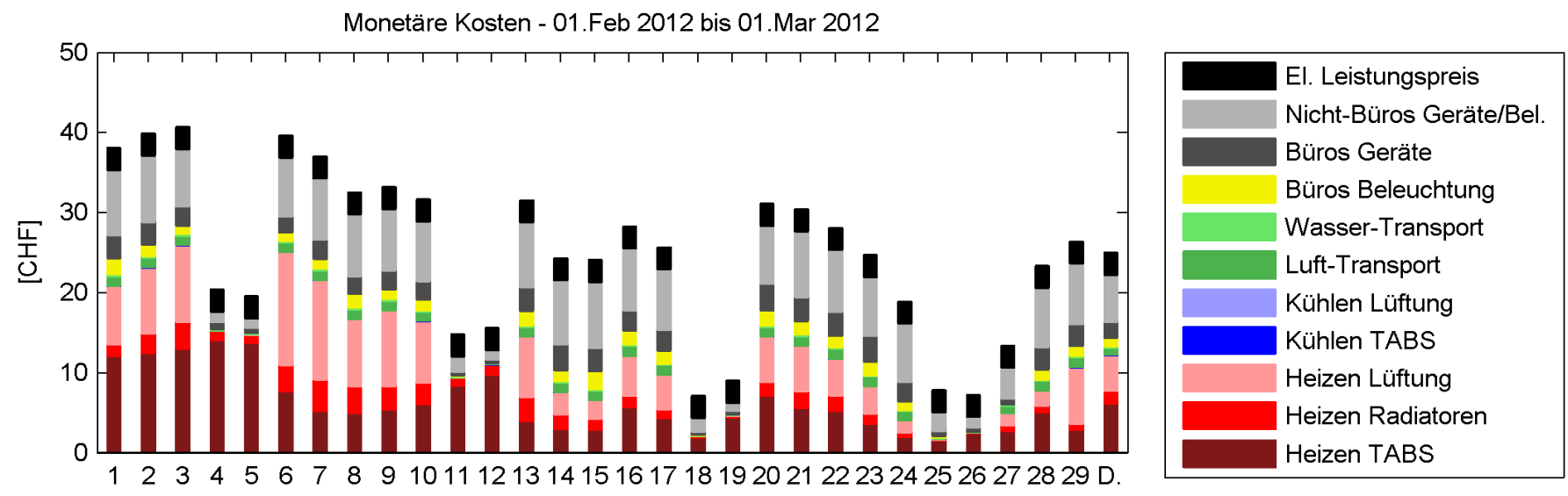
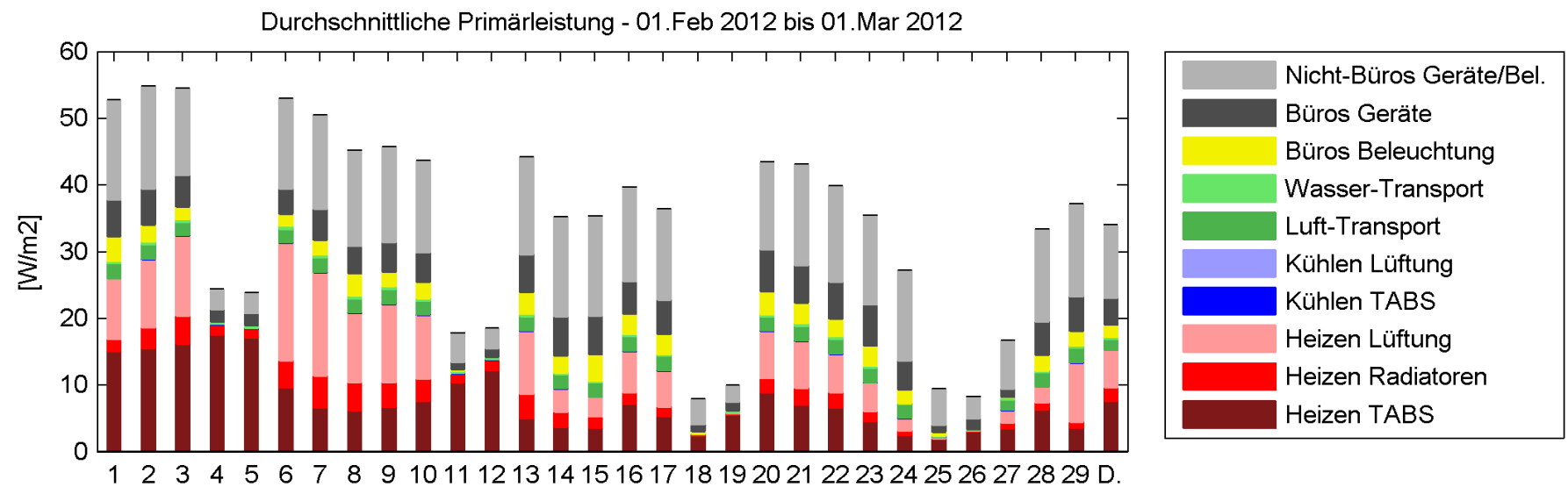
Durchschnittliche Nutzleistung - 01.Feb 2012 bis 01.Mar 2012



- Nicht-Büros Geräte/Bel.
- Büros Geräte
- Büros Beleuchtung
- Wasser-Transport
- Luft-Transport
- Kühlen Lüftung
- Kühlen TABS
- Heizen Lüftung
- Heizen Radiatoren
- Heizen TABS

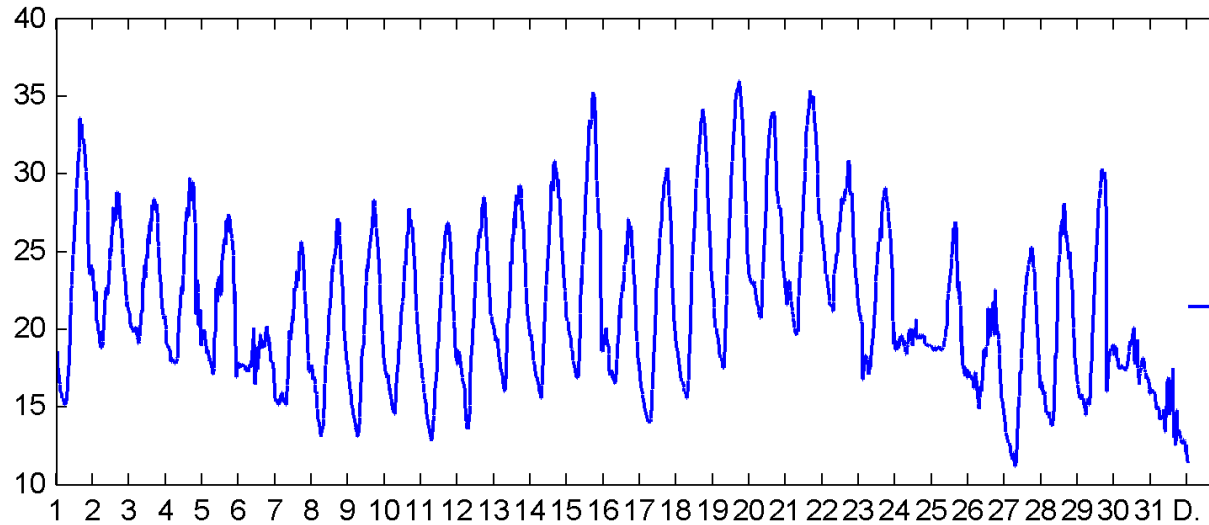
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Messdatenauswertung Strategie RBC-2: Februar 2012



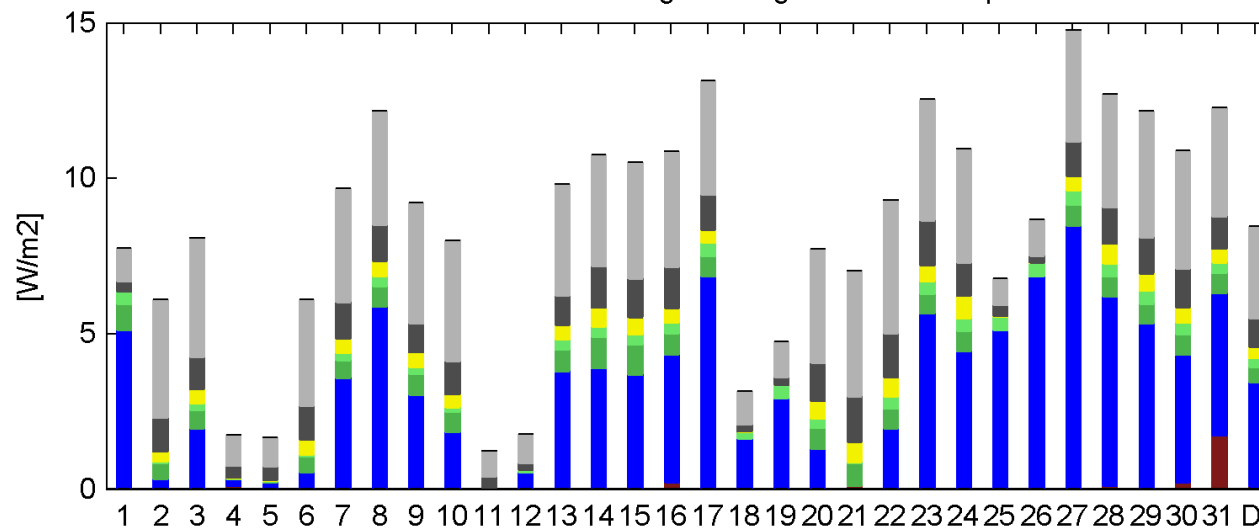
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Messdatenauswertung Strategie RBC-2: August 2012



— Aussentemperatur

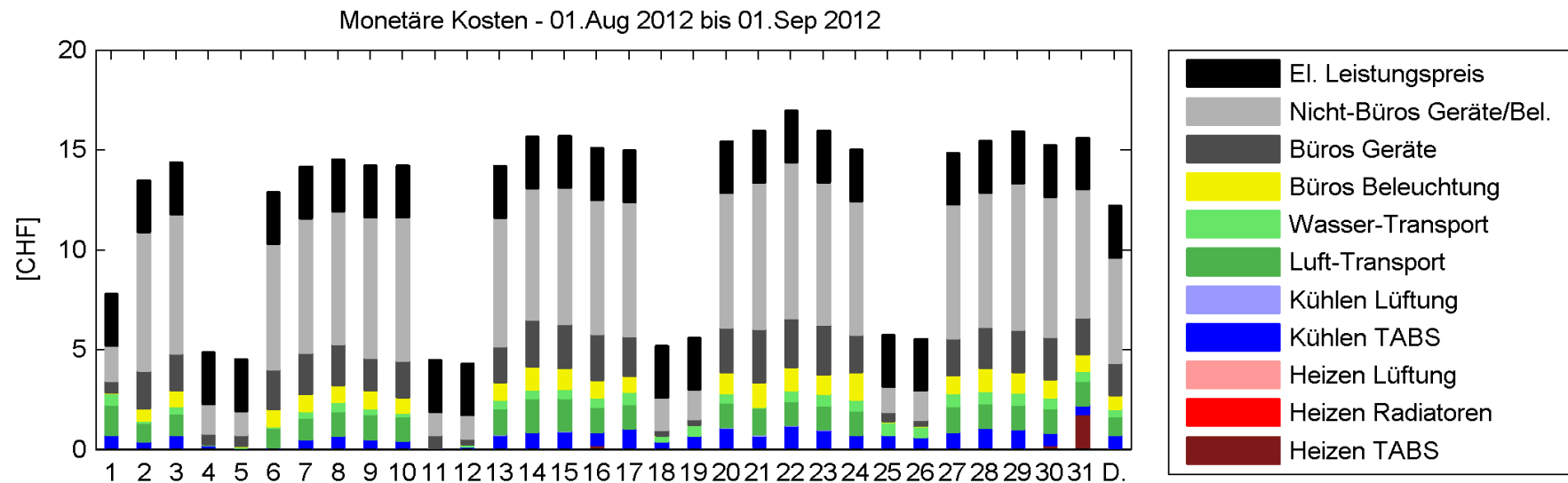
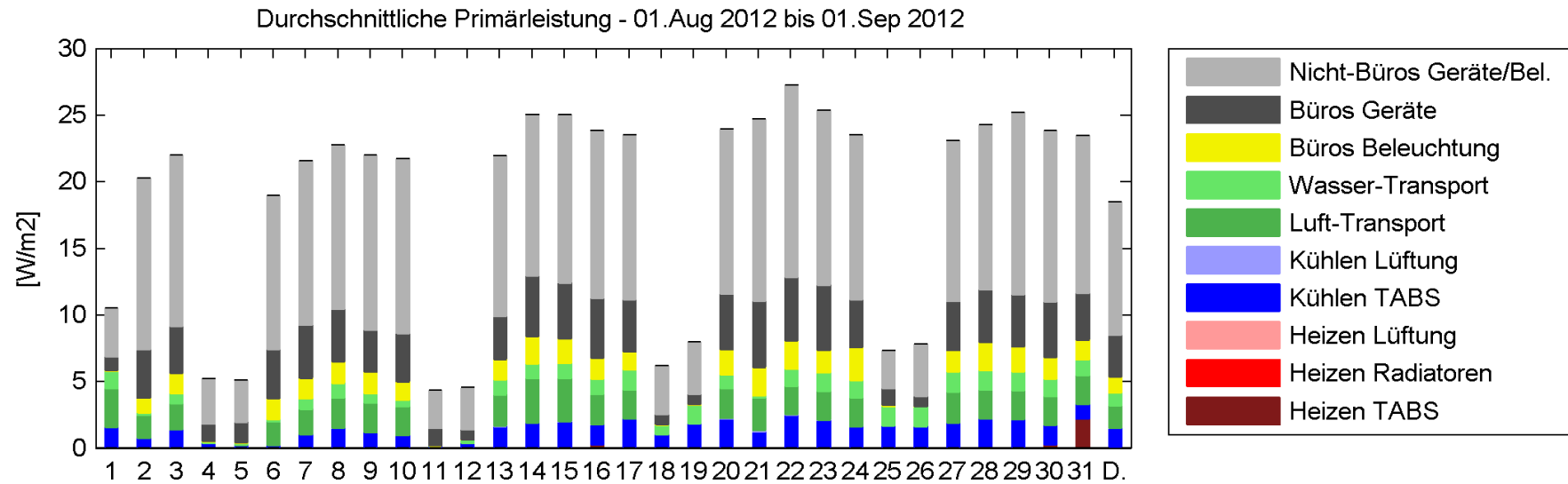
Durchschnittliche Nutzleistung - 01.Aug 2012 bis 01.Sep 2012



- Nicht-Büros Geräte/Bel.
- Büros Geräte
- Büros Beleuchtung
- Wasser-Transport
- Luft-Transport
- Kühlen Lüftung
- Kühlen TABS
- Heizen Lüftung
- Heizen Radiatoren
- Heizen TABS

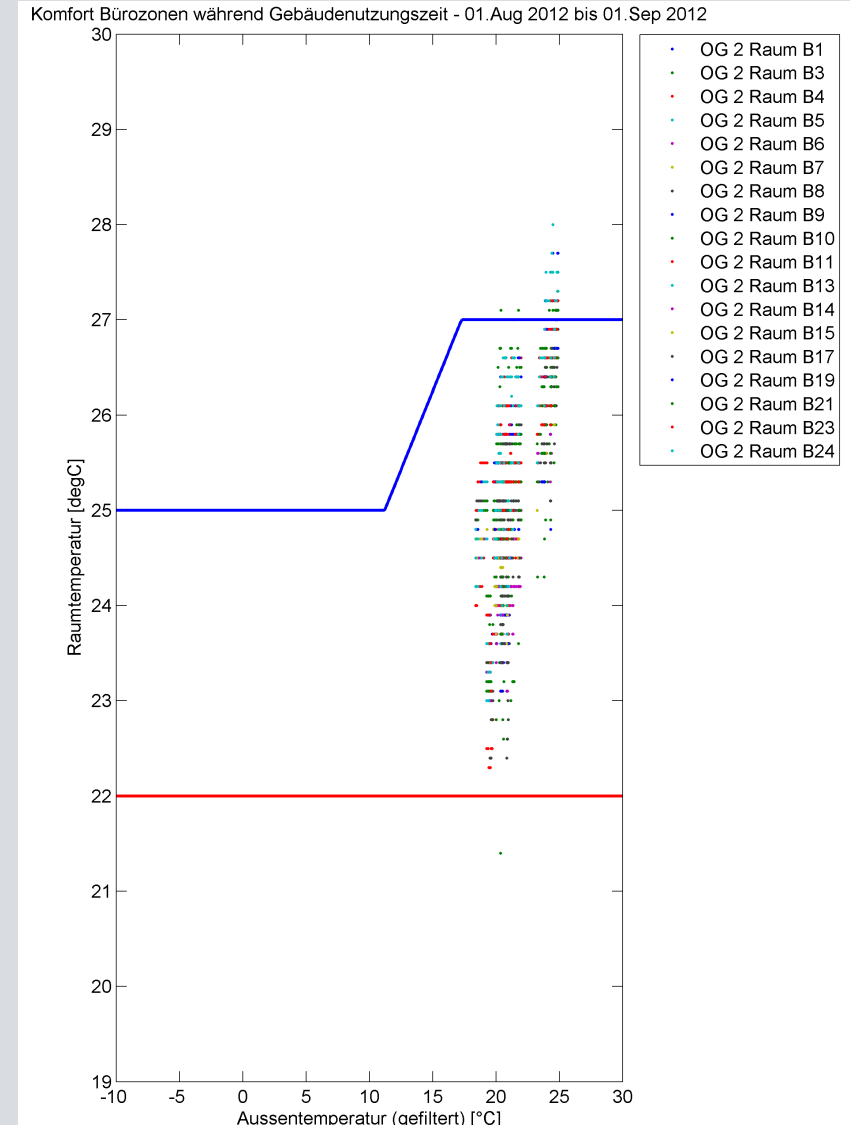
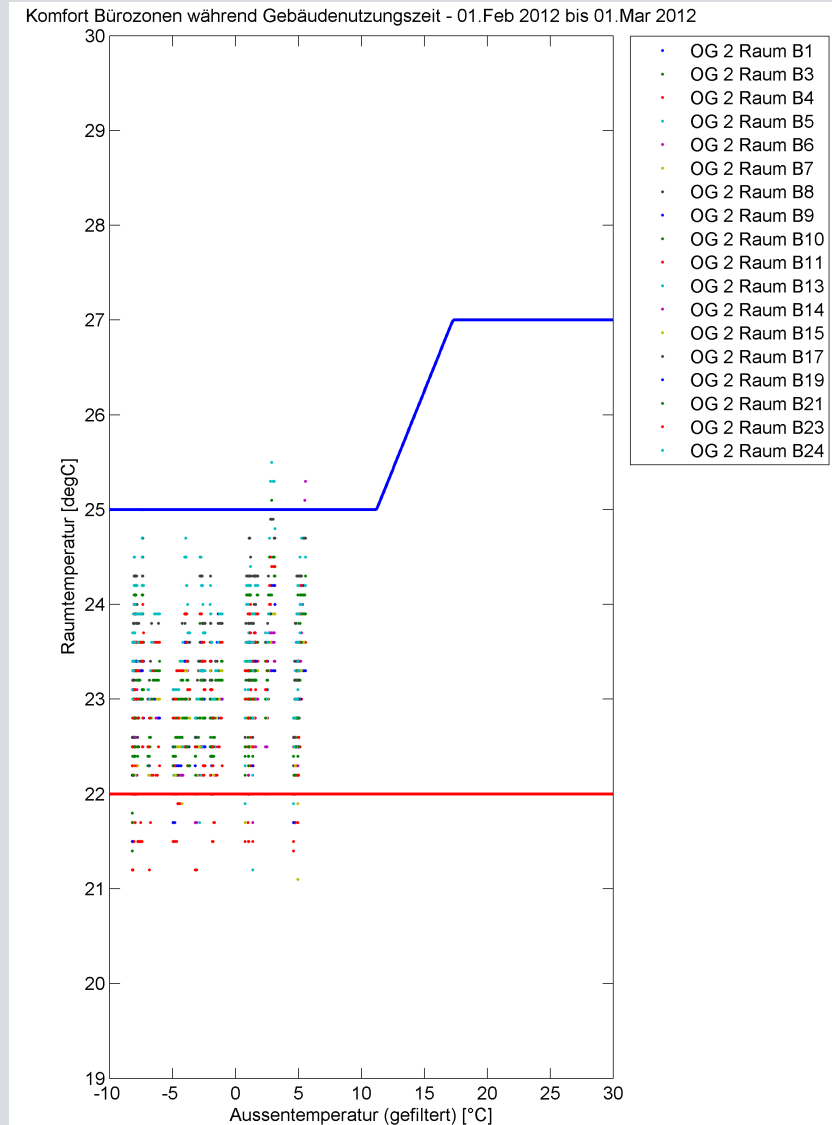
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Messdatenauswertung Strategie RBC-2: August 2012



# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

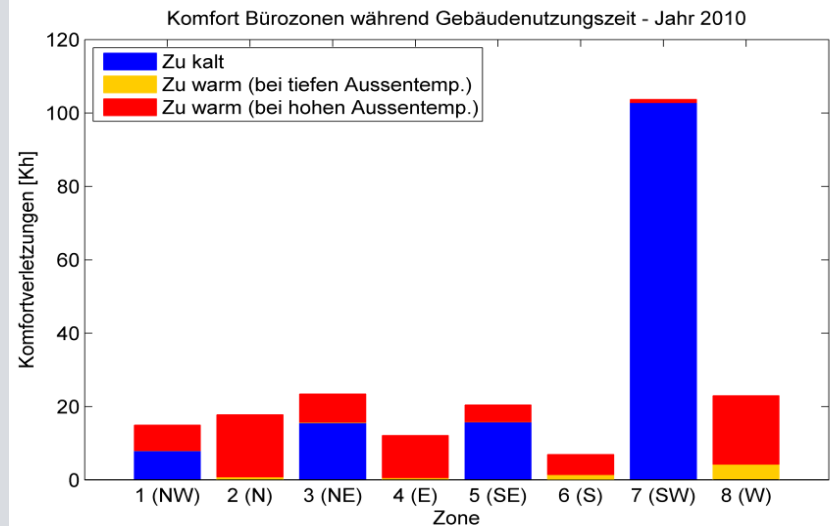
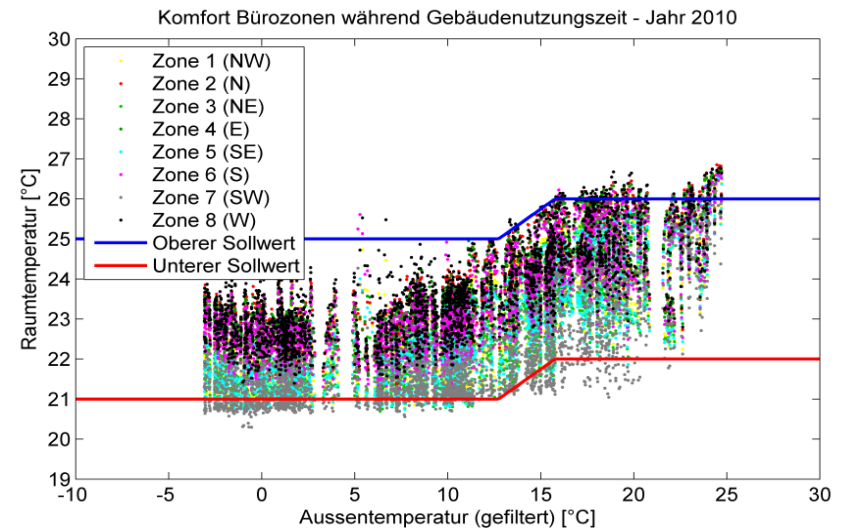
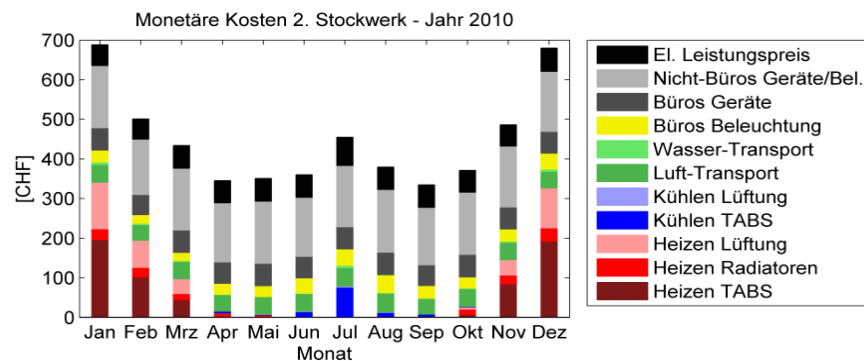
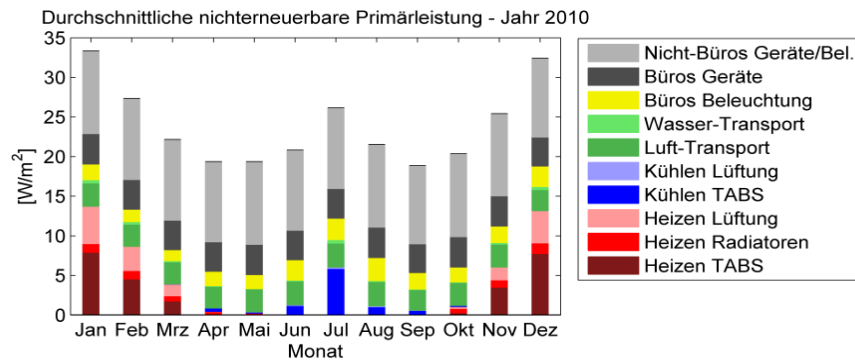
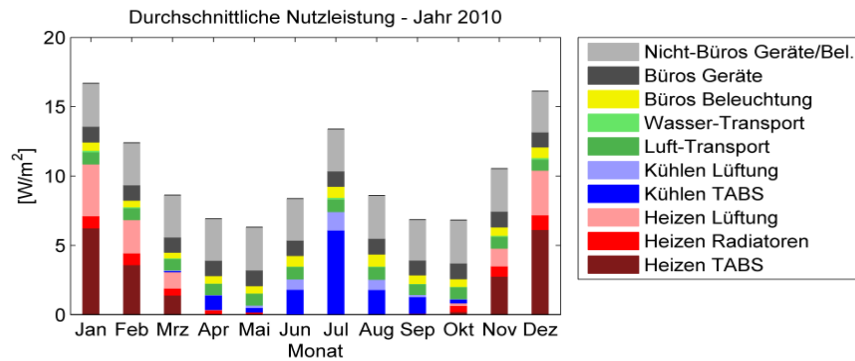
## Messdatenauswertung Strategie RBC-2: Februar/August 2012





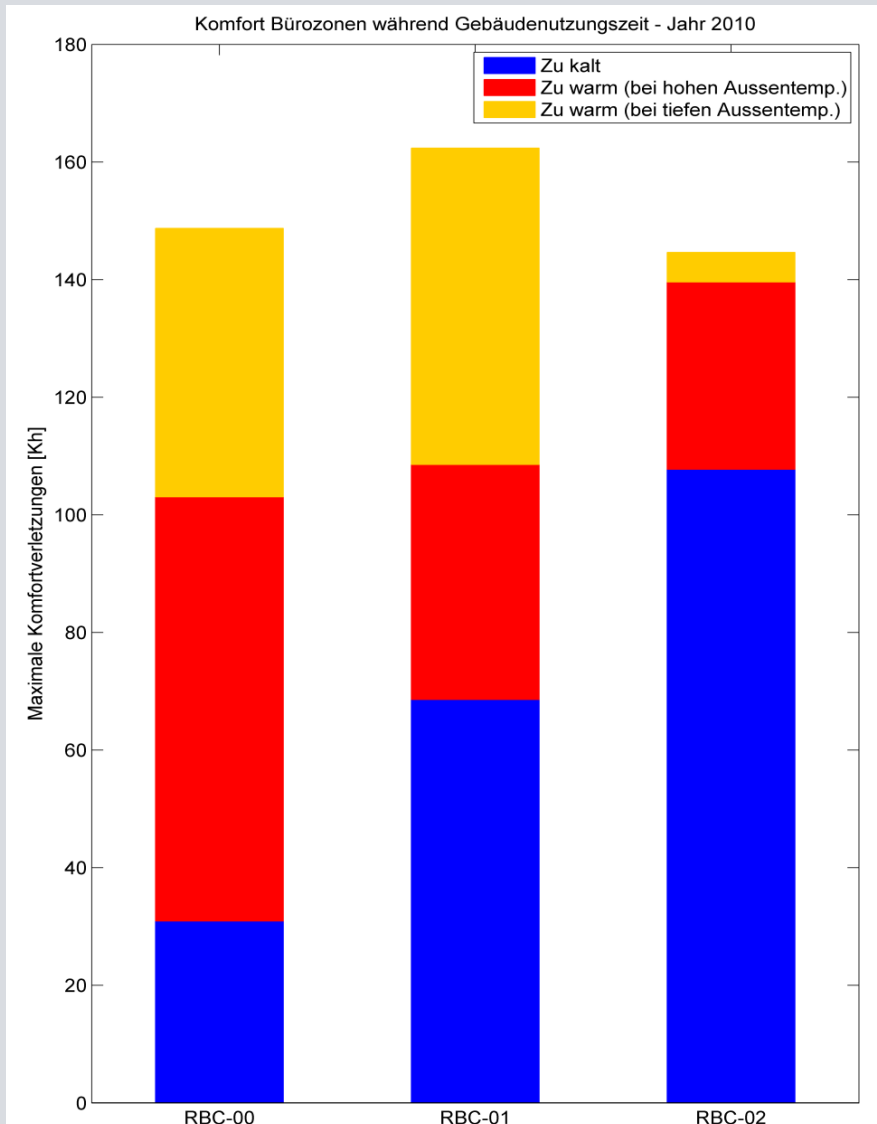
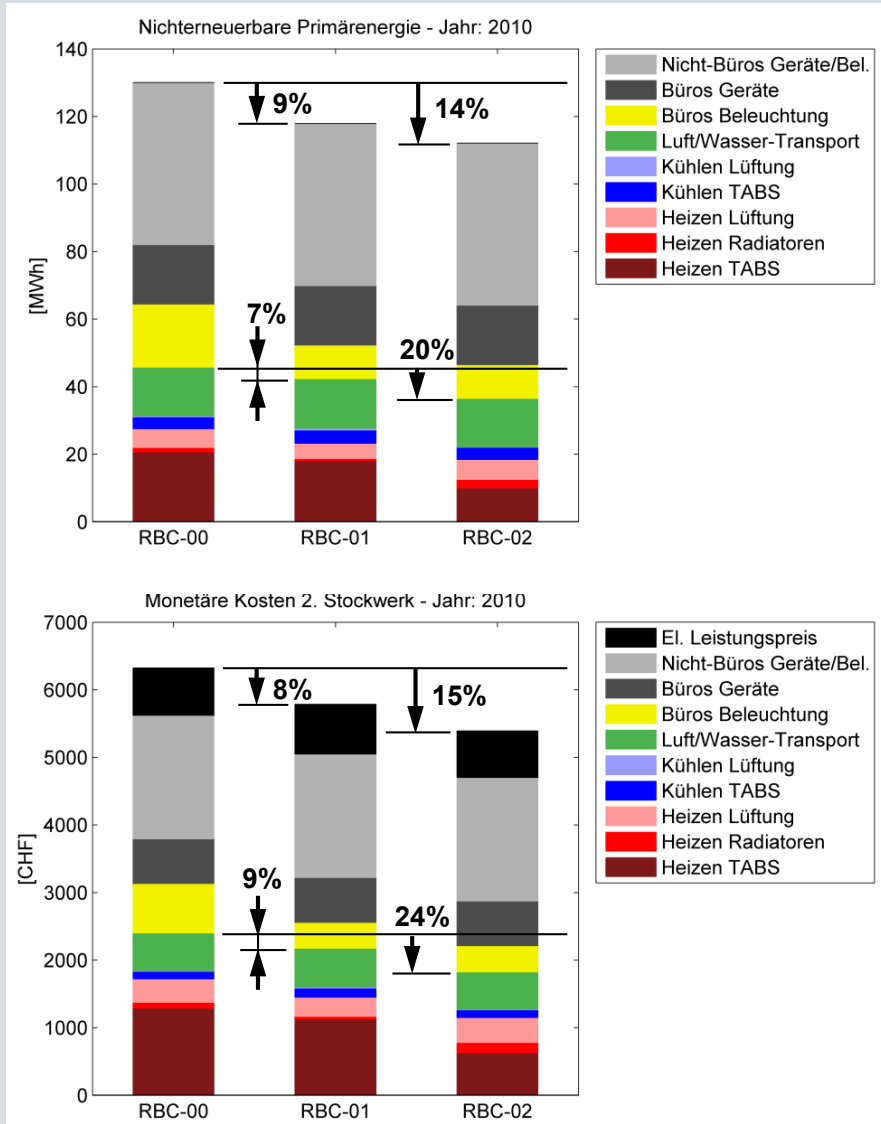
# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Simulationsauswertung Strategie RBC-2



# Regelung und Steuerung des Demonstrationsgebäudes **SIEMENS**

## Vergleich Simulationen RBC Strategien



## Bisherige Erkenntnisse

- Nur durch **geeignetes Monitoring** inkl. Zusatzinstrumentierung können Fehler und Optimierungspotential schnell und sicher erkannt werden
- Getrennte (Regel)systeme erschweren das Monitoring und verunmöglichen die **gesamtheitliche, koordinierte Regelung**
- Zusätzlich zur klassischen Anlagenoptimierung lassen sich durch einen Ausbau mit **einfachen regelbasierten evt. vorausschauenden Strategien** weitere Verbesserungen der Energieeffizienz und des Komfort realisieren
- Die untersuchten überlagerten regelbasierten Strategien sind vollautomatisch – wir glauben, dass sie sich auch **einfach bedienbar** sind
- Die überlagerten regelbasierten **Strategien sind einfach einzustellen**, ein Vorgehen für Erstparametrierung und Betriebsoptimierung ist definiert

## Vorausschauende Regelung bei Siemens BT morgen

### **Kurz bis mittelfristig:**

- Integration von verschiedenen Vorhersagen (Wetter, Energiepreise, ...) in Gebäudeautomationssysteme  
→ Internationale Standards benötigt für zu beziehende Informationen (Wettervorhersagen, SmartGrid)
- Entwicklung geprüfter prädiktiver RBC Lösungen für Standardanwendungen wie z.B. TABS oder Einzelraumregelungen

### **Längerfristig:**

- Fortführung der Mitarbeit an Forschungsprojekten zur prädiktiven Gebäudeautomation
- Umsetzung weiterer modellprädiktiver Regelungen für ausgewählte Anwendungen