

---

# Betriebsüberwachung, Gebäudeanalyse und - optimierung basierend auf GLT Datenerfassung

---



Dr.- Ing. Peter Engelmann  
Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme ISE

GLT Anwendertagung  
Wuppertal, 27.09.2012

# Betriebsoptimierung - ein Zahlenspiel

Nicht-Wohngebäude (gebäudespezifisch)

Primärenergie:	ca. 320 TWh/a
CO <sub>2</sub> :	ca. 70 Mio. t/a
Energiekosten:	ca. 13 Mrd. €/a

Einsparpotential Gebäudebetriebsoptimierungen (Nichtwohngeb.) 5% - 50%

Ansatz für folgende Berechnungen **20%**

→ (gebäudespezifisch)

Primärenergie:	ca. - 60 TWh/a
CO <sub>2</sub> :	ca. -15 Mio. t/a
Energiekosten:	ca. -2,5 Mrd. €/a

aus: D. Jacobs: Gebäudebetriebsoptimierung, Dissertation am KIT / Fraunhofer ISE, 2012

# Betriebsoptimierung - Zahlenspiel anschaulich

das entspricht

- Gehalt für ca. 8.000 hoch qualifizierte Energieberater



- Hardware (z.B. Messtechnik) für ca. 1,2 Mrd. €/a (ca. 40.000 Geb.)



aus: D. Jacobs: Gebäudebetrieboptimierung, Dissertation am KIT / Fraunhofer ISE, 2012

# Hintergrund

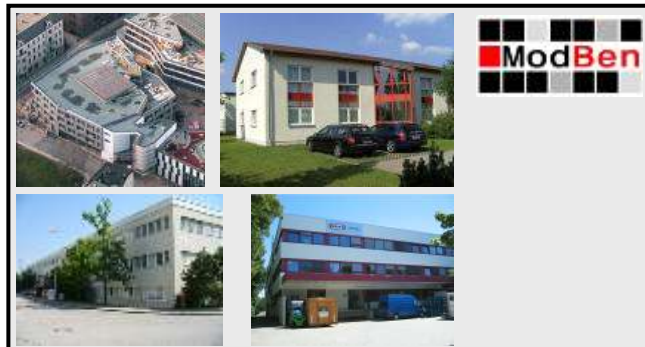
- Der Gebäudesektor ist verantwortlich für mehr als 40% des europäischen Endenergieverbrauchs
- Energie-Einsparpotenzial im Bereich der Betriebsführung liegt bei 5-30%
- Dabei handelt es sich um gering investive Maßnahmen

Aber:

- Gebäude bzw. haustechnische Systeme sind nicht für die Betriebsanalyse entworfen
- Missverhältnis zwischen Praxis des Gebäudebetriebs und potenziell verfügbaren Technologien
- Problematik besteht ähnlich in fast allen Industrieländern



# Projekte am Fraunhofer ISE



# Ziele des Fraunhofer ISE bei der Betriebsanalyse

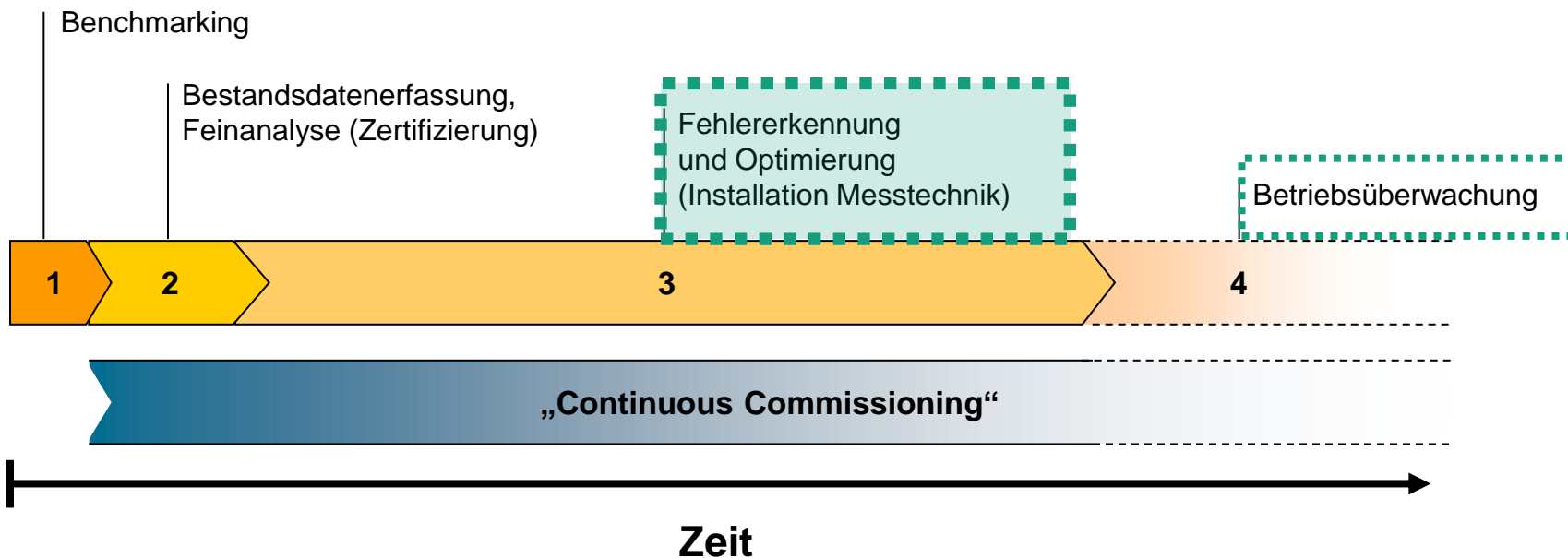
- Entwicklung einer Systematik für die Analyse, Optimierung und zeitnahe Überwachung des energetischen Gebäudebetriebs
- Entwicklung von praxistauglichen Werkzeugen
- Aufzeigen der Bedeutung eines kontinuierlichen Monitorings für den energieeffizienten Betrieb von Nichtwohngebäuden
- Evaluierung in verschiedenartigen Demonstrationsgebäuden
- Dokumentation der Einsparungen und Kosten



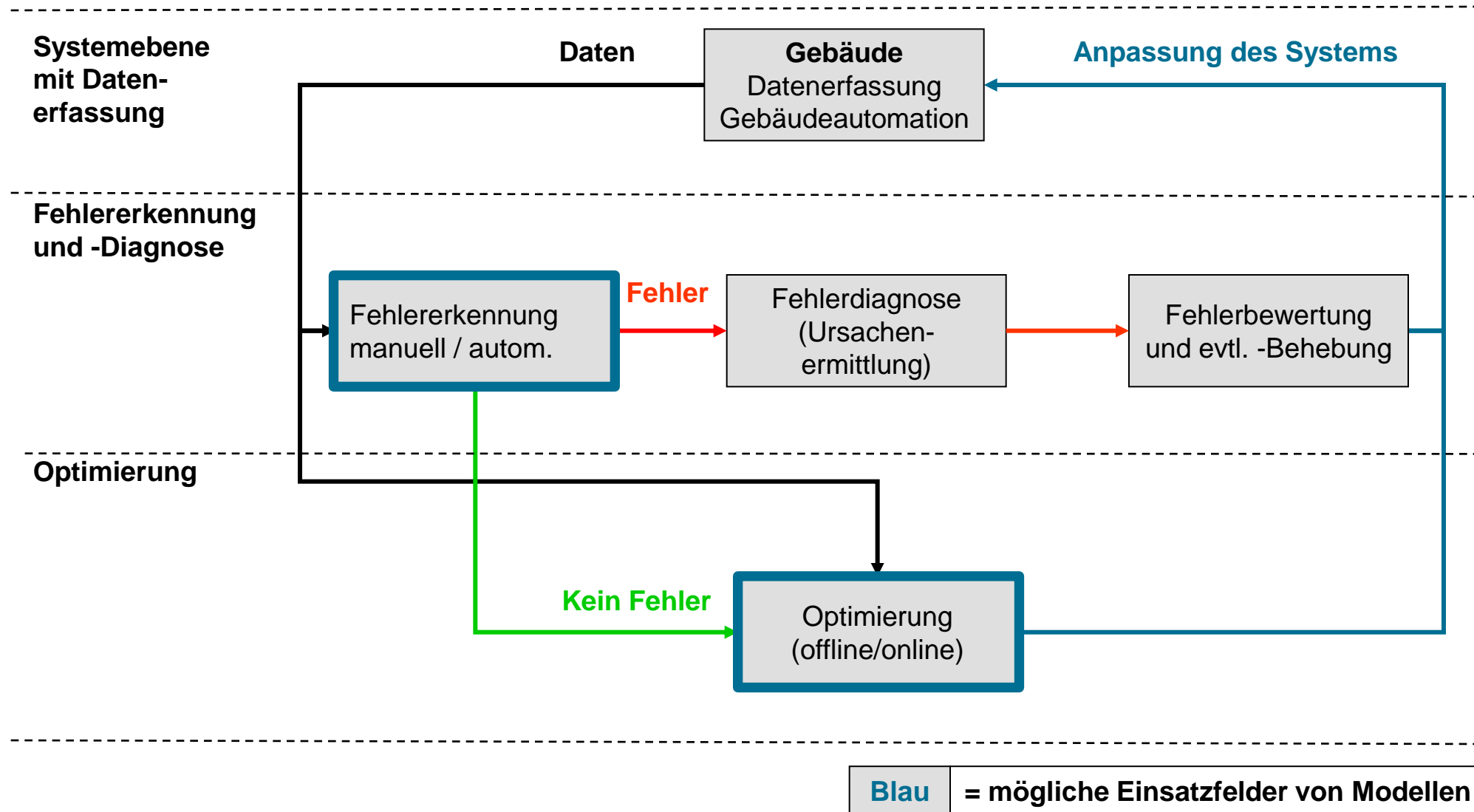
# Allgemeine Systematik – Top-Down

- 4 Schritte
- Aufwand (Messungen / Analyse) nur wo und wann erforderlich
- Soweit möglich: Standardisierung / Automatisierung

→ basierend auf Mindestdatensatz

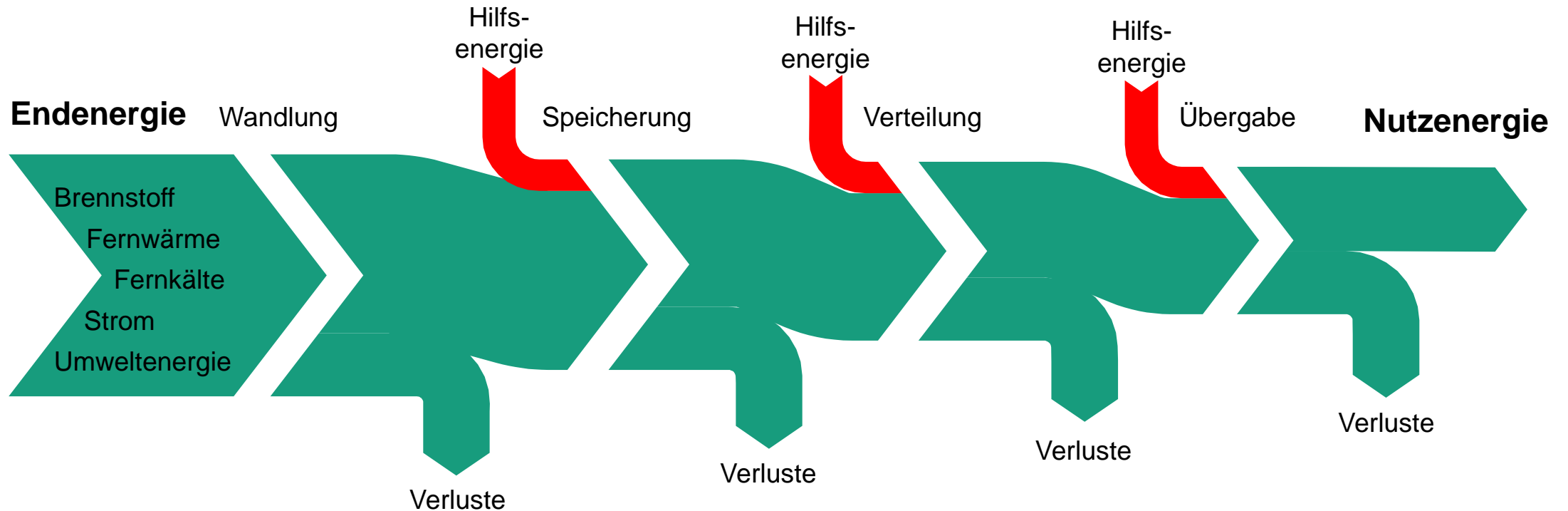


# Fehlererkennung / Optimierung





# Fehlererkennung / Optimierung - Mindestdatensatz



- Gesamtenergie-Verbrauch
- COP's
- Systemtemperaturen
- Systemtemperaturen der Verteilung (Luft / Wasser)
- Betriebsrückmeldungen
- Betriebsrückmeldungen Antriebe
- Raumklima

abnehmende Verfügbarkeit von Daten

abnehmende Genauigkeit von Berechnungen

# Fehlererkennung / Optimierung - Mindestdatensatz

## ■ Basierend auf Mindestdatensatz:

- Wetter
- Energiebezug (Gesamtbezug Endenergie; Teilsysteme)
- Innentemperaturen (Referenzräume)
- Systemtemperaturen
- Betriebsrückmeldungen

-> zeitliche Auflösung: 5-10 min

## ■ Vordefinierte Visualisierung

- charakteristischer Verläufe; Zusammenhänge für Verbrauch
- Heiz-/Kühlkreisen
- Lüftungsanlagen und Raumklima

## ■ Manuelle Fehlererkennung / Betriebsüberwachung

# Typische Fehler – einige Beispiele

- kein/ungenügender Absenkbetrieb
- Betriebszeiten nicht abgestimmt  
(z.B. Ventilatoren, Umwälzpumpe Heizregister)
- Heiz-/Kühlkurven falsch
- fehlender hydraulische Abgleich
- Volumenströme zu hoch  
→ zu geringe Temperaturspreizung der Heiz-/Kühlkreise
- Falsche Dimensionierung Erzeugeranlagen  
→ z.B. Takten von Kältemaschinen



# Fehlererkennung - einheitliche Datenpunktbezeichnung

Einheitliche Datenpunktbezeichnung setzt sich zusammen aus vordefinierten Abkürzungen für die folgenden (hierarchischen) Kategorien:

1. **Building**
2. **Zone**
3. **System**
4. **Subsystem\_1**
5. **Subsystem\_2**
6. **Medium**
7. **Position**
8. **Kind**
9. **datapoint**

→ Kategorien werden mit Unterstrich „\_“ getrennt

→ weitere (u.U. Nutzerspezifischen) Spezifikationen werden nach einem Punkt „.“ angehängt

Auszug aus der Liste der Abkürzungen:

Category	item	abbreviation
<b>Building</b>	Userdefined	Userdefined
<b>zone</b>	Userdefined	Userdefined
	Whole building	WBD
<b>System (Subsystem 1, 2)</b>	Heating circuit	WC.H
	Cooling Circuit	WC.C
	Air Handling Unit	AHU
	Pump	PU
	Control Valve	CTRLV
	Cooling Coil	CC
<b>Medium</b>	Hot Water	HW
	Chilled Water	CHW
	Supply Air	SUPA
	Exhaust Air	EXHA
<b>Position</b>	Supply pipe	SUP
	Return pipe	RET
	Primary / secondary side	PRIM / SEC
<b>Kind</b>	Measured value	MEA
	Set Value	SEV
<b>Datapoint</b>	Temperature	T
	Status	STAT
	Heat energy	E.H

# Fehlererkennung - einheitliche Datenpunktbezeichnung

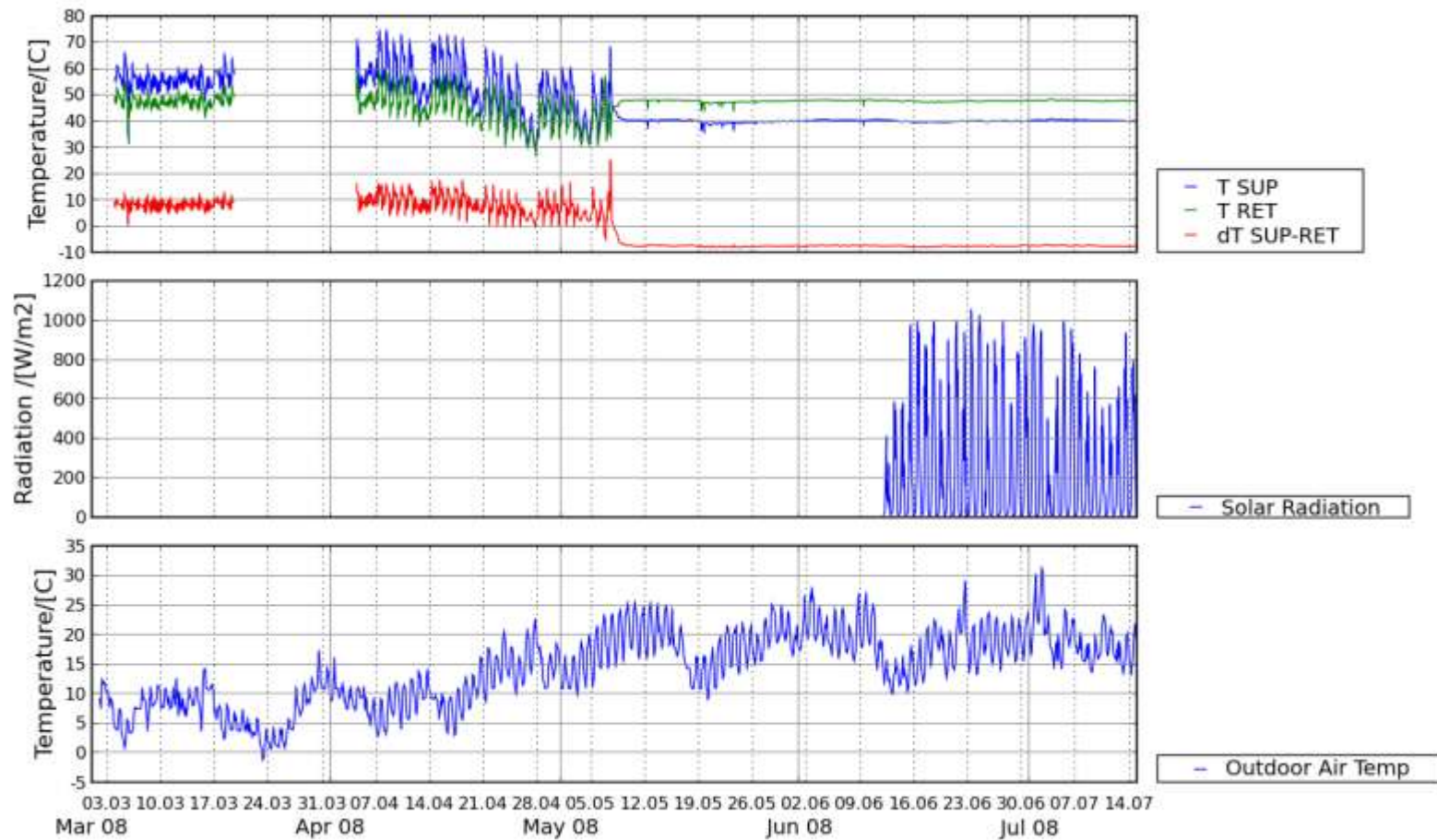
Beispiele:

1. **Building**                      Messwert Zulufttemperatur RLT 1 in Gebäude A:
2. **Zone**                              **Building.A\_\_AHU.1\_\_SUPA\_\_MEA\_T**
3. **System**
4. **Subsystem\_1**                      Betriebsrückmeldung Pumpe von RLT 1 in Gebäude A:
5. **Subsystem\_2**                      **Building.A\_\_AHU.1\_HC\_PU\_HW\_\_SIG\_STAT**
6. **Medium**
7. **Position**
8. **Kind**                              → Analyse-Algorithmus „weiß“ welche Datenpunkte verfügbar sind,  
indem die einheitliche Datenpunktbezeichnung ausgewertet wird.
9. **datapoint**

# Automatisierte Visualisierung

## Linienplots

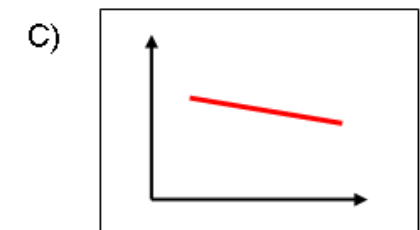
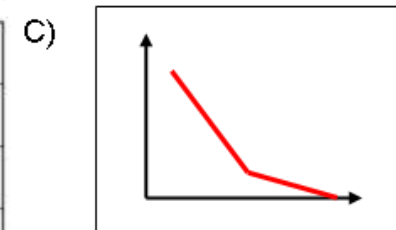
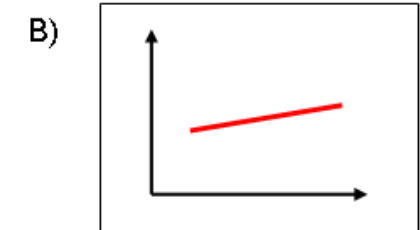
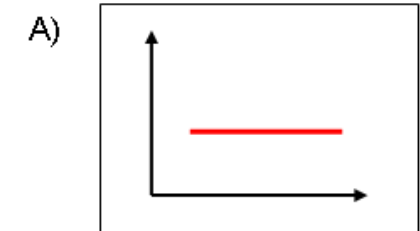
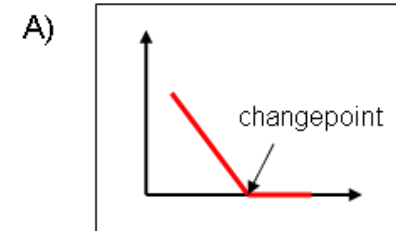
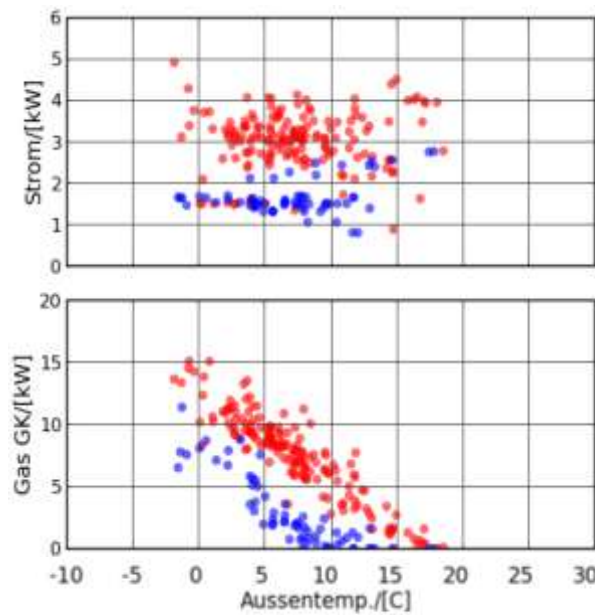
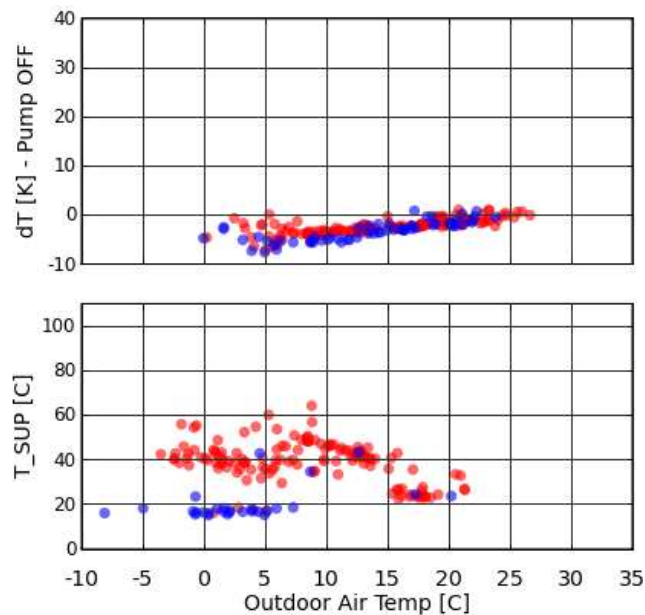
- Darstellung des zeitlichen Verlaufs
- Soll - Istwert Vergleich



# Automatisierte Visualisierung

## „Scatter“ Plots

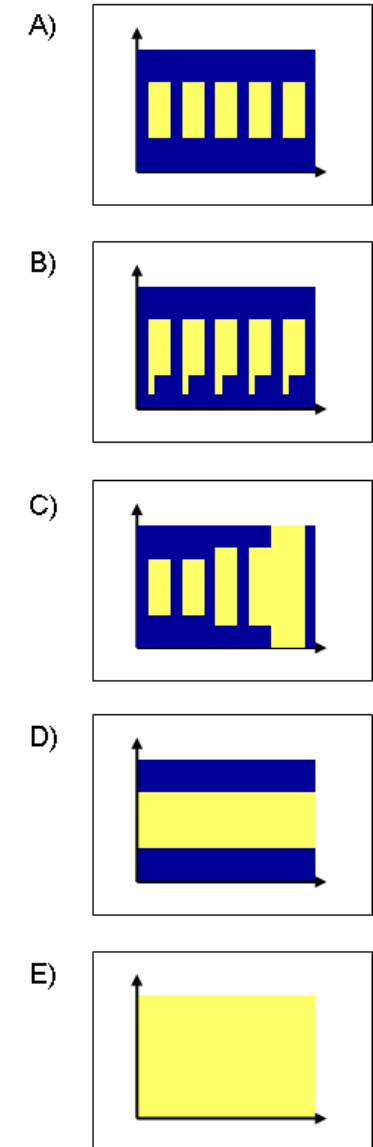
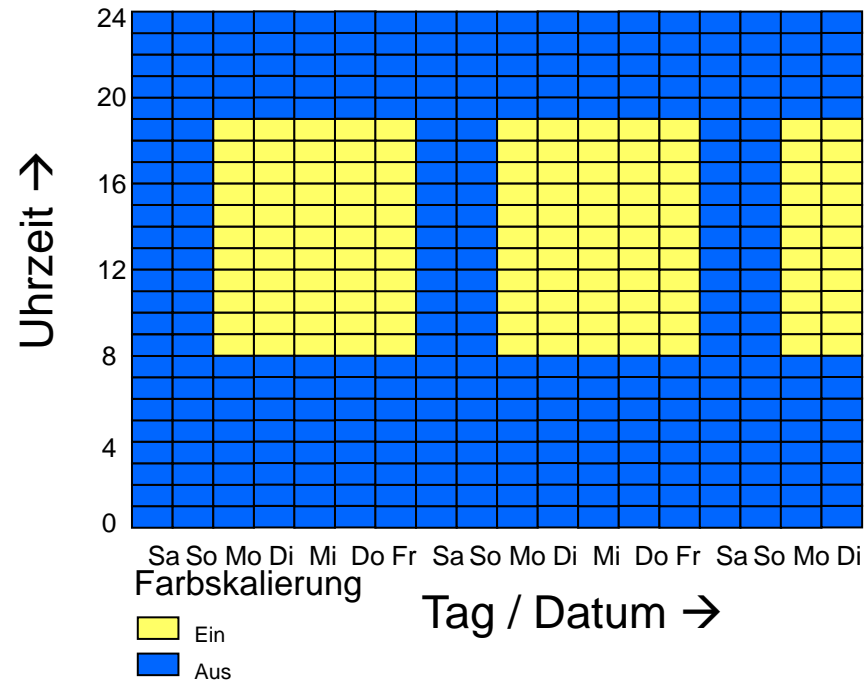
- Korrelation zweier Messwerte
- Vergleich mit typischen Kennfeldern



# Manuelle Fehlererkennung - Datenvisualisierung

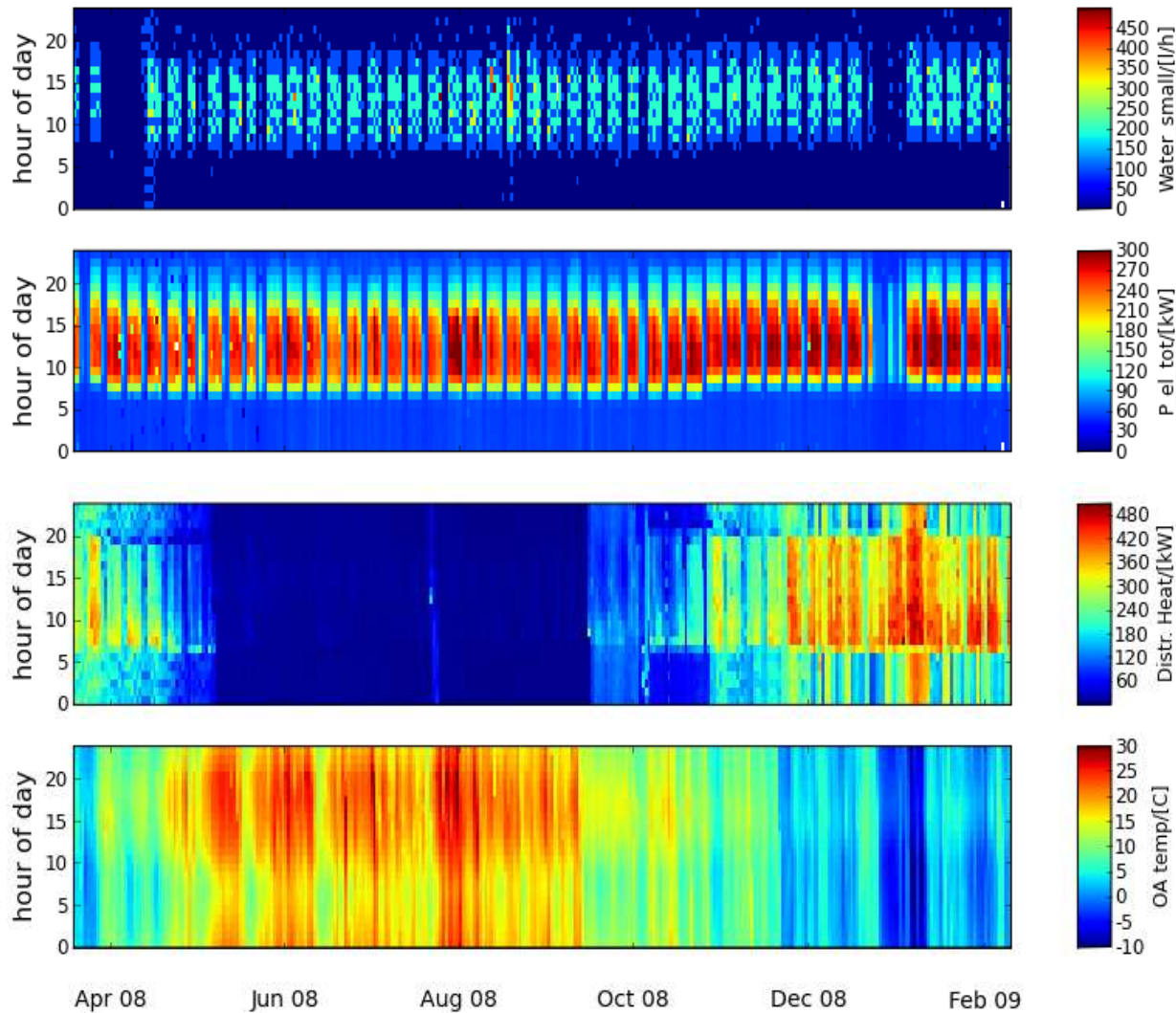
## „Carpetplot“

- Zeitlicher Verlauf einer Messgröße als „Muster“
- Leichtes Erkennen von regelmäßigen Betriebs-/Anwesenheitszeiten



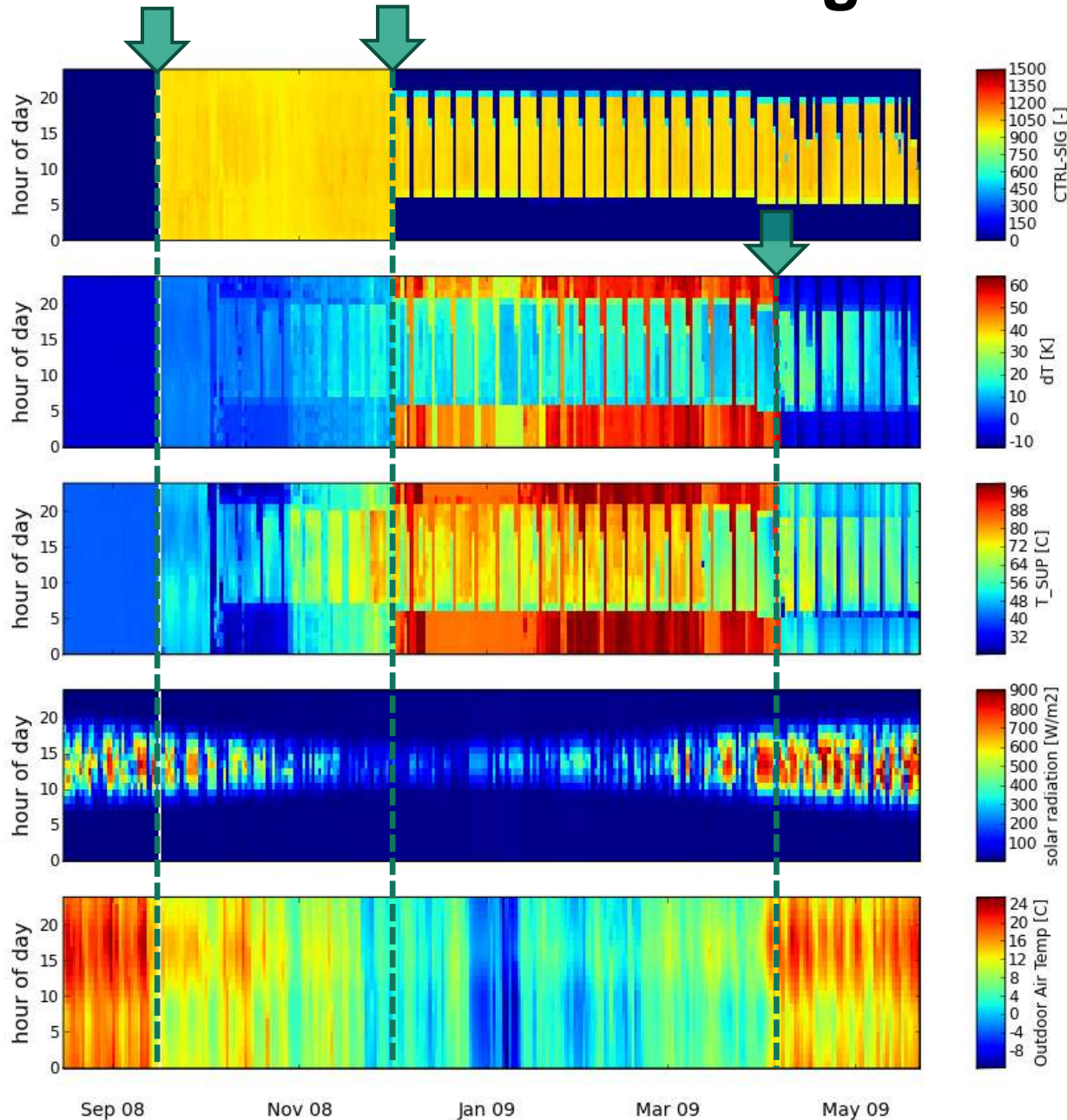


# Manuelle Fehlererkennung - Datenvisualisierung



- Zeitlicher Verlauf einer Messgröße als „Muster“
- Leichtes Erkennen von regelmäßigen Betriebs-/Anwesenheitszeiten
- „Gestapelte“ Plots zum Vergleich von Mustern

# Manuelle Fehlererkennung - Datenvisualisierung

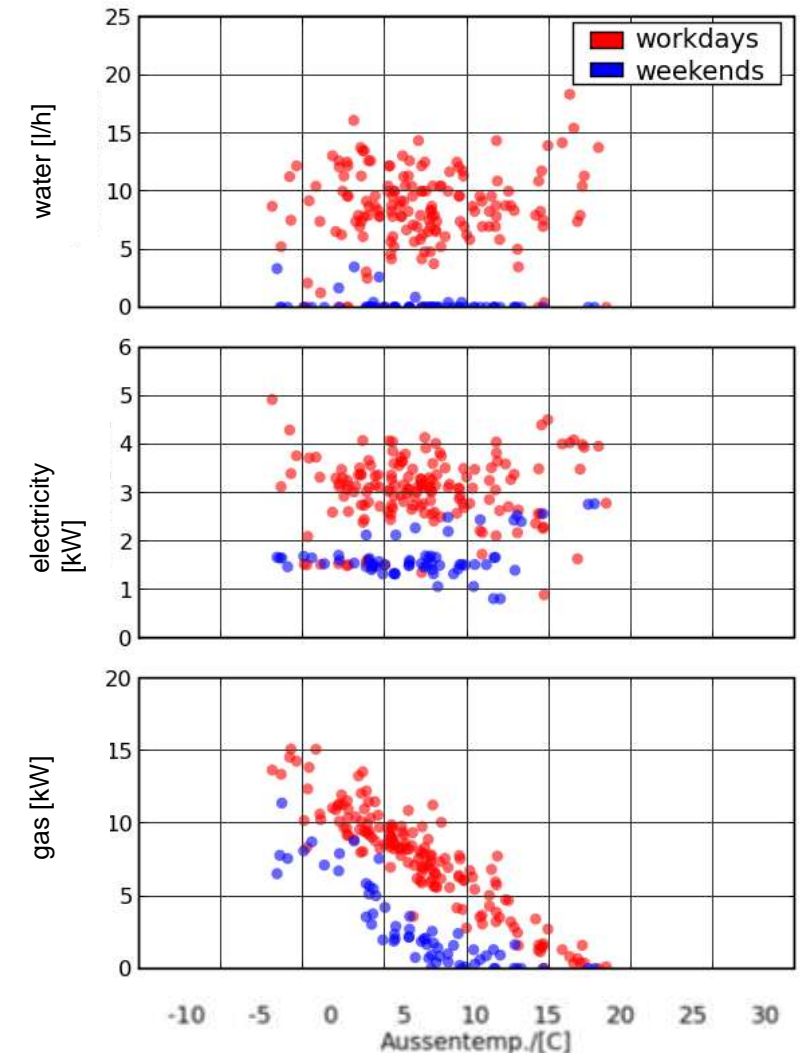


- Manuelles Einschalten im September
- Bis Dezember:  
Pumpe war im Dauerbetrieb,  
Absenkbetrieb über Mischventil
- Danach, Umstellung auf Zeitprogramm
- Aber Primärpumpe blieb im Betrieb und  
Mischventil wurde nachts nicht  
geschlossen → hoher Verbrauch
- Wurde im April 09  
korrigiert

# Betriebsüberwachung – Automatische Ausreißererkennung

## Idee

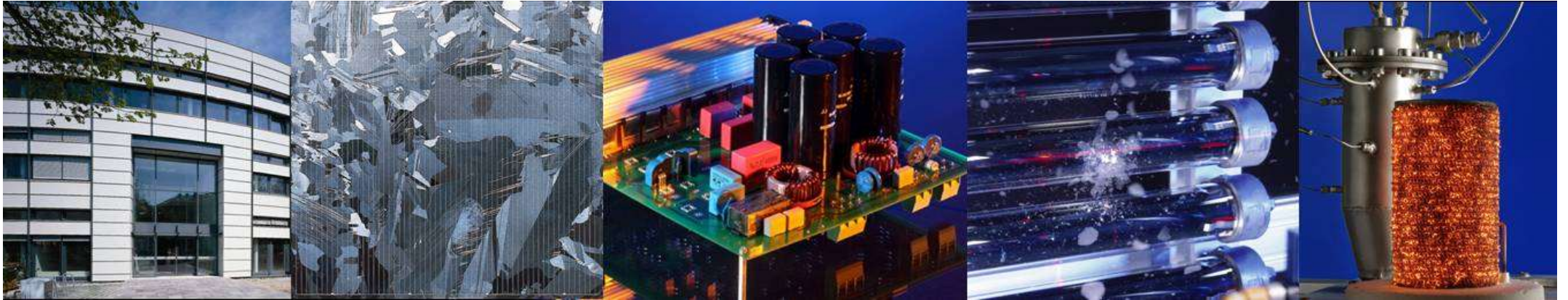
- Identifikation des „Grundmusters“ des Energieverbrauchs mittels statistischer Methoden (Regressionsmodell) auf Tagesbasis
- Ausnutzung der Abhängigkeiten/ Korrelationen der Variablen des Mindestdatensatzes
- Berücksichtigung unterschiedlicher „Typtage“ (Tage mit unterschiedlicher Nutzung, z.B. Werktag, Wochenende)
- Verwendung des Regressionsmodells zur Überprüfung des aktuellen Verbrauchs
- Automatisierung!



# Energiemonitoring ja, aber wie und zu welchen Kosten ?

- Zugang zu Messdaten oft noch sehr problematisch: schlechte Qualität, kostenintensiv, zeitintensiv,...  
→ neue Generation von GLT-Systeme entwickeln
- Zugang zu Planungsunterlagen oft problematisch: Notwendigkeit einer systematischen Dokumentation der Gebäude  
→ ISO-basierte Energie Management Systeme entwickeln
- Nur sehr wenige Fehlererkennung und Diagnose Werkzeuge am Markt:  
→ Weiterentwicklung von praxistauglichen Werkzeugen
- Sind FDD Systeme für Anlagenhersteller wirklich interessant, wenn viele Fehler in Ihrem System detektiert werden? Was können für Sie die Vorteile sein?

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Dr.-Ing. Peter Engelmann

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

[peter.engelmann@ise.fraunhofer.de](mailto:peter.engelmann@ise.fraunhofer.de)