

# Einleitung und Vorstellung des Projektes MPC-Boxes

Vortrag  
am  
Workshop  
Intelligente Regelungen in Verbindung  
mit Speichertechnologien im Gebäude

von

Hermann Schranzhofer  
[hermann.schranzhofer@tugraz.at](mailto:hermann.schranzhofer@tugraz.at)

25.10.2016

1 von 18

**Leiter:** Univ.-Prof. Dr. Christoph Hochenauer  
**Stv. Leiter:** Ao.Univ.-Prof. Dr. René Rieberer



**Mitarbeiter:** ca. 40 Vollzeit-Mitarbeiter  
+ ext. Lehrbeauftragte, student. Mitarbeiter



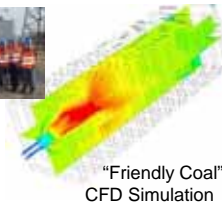
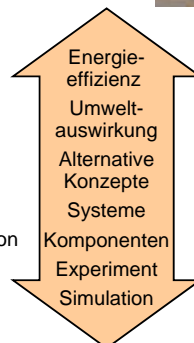
**Forschung:**

**Thermische Energieanlagen**

- Kraftwerkstechnik
- Brennstoffzellen (SOFC)
- Energetische Biomassenutzung
- Wärmepumpen / Kältetechnik
- Solarthermie
- Thermische Speicher
- Thermische Gebäude- & Anlagen-Simulation
- „Vorausschauende“ Regelung

**Heizungs-, Kälte- & Klimatechnik**

**Energie-effiziente Gebäude**



**Lehre:**

Bachelor & Master Programme Maschinenbau & Wirtschaftsing.

- Wärmetechnik
- Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik
- Energie- und umwelttechn. Mess- und Versuchswesen
- Numerische Verfahren in der Energietechnik
- Sonnenenergienutzung
- Wärmepumpentechnik
- Energetische Nutzung von Biomasse

Doctoral School Mechanical Engineering

**FoE:**

Sustainable Systems  
Mobility & Production

**Vision:**

Erste-Wahl-Partner bei nationalen & internationalen F&E-Projekten

**Mission:**

Hoch motivierte Mitarbeiter erbringen hervorragende Forschungs- und Lehrleistungen

2 von 18

## Institutsinfrastruktur

### Infrastruktureinrichtungen / -anlagen, zB.

- Mechanische Werkstätte
- Chemielabor
- Brennstoffzellenlabor
- Schornsteinanlage für Kesselleistungen bis 1,2 MW
- Rückkühlanlage mit einer max. Leistung von ca. 1,0 MW
- Diverse (mobile) Wärmequellen- und Wärmesenkenanlagen
- Klimakammer(n) für einen Temperaturbereich von -20 bis +40°C



BZ-Labor am IWT

### Messtechnik, zB.

- alle in der Wärmetechnik „üblichen“ Sensoren für Durchfluss, Temperatur, Druck, Feuchte, etc.
- Flammenionisations-Detektor (FID), Gasanalysatoren (GA), Gas-Chromatographen (GC), Infrarot-Spektrometer,...



### Versuchsanlagen, zB.

- Allothermer 5 kW Biomassevergaser
- Absorptions-Wärmepumpe/-kälteanlage
- PKW-Klimaanlagenversuchsstand
- ...



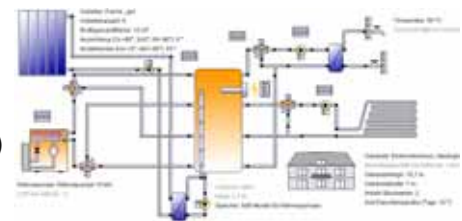
Oxyfluid/  
BIOX-Versuchs-  
anlage (zirkul.  
Wirbelschicht) NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O-Kälte.

3 von 18

## „Simulations-Infrastruktur“

### Allgemeine Software

- EES (Engineering Equation Solver)
- ASPEN Plus
- Polysun
- MATLAB, LabVIEW
- Zahlreiche Netzgitterprogramme (AnsysMesh, Gambit, ..)
- Programmiersprachen (Fortran, C, VBA, ..)
- Stoffwertedatenbanken (REFPROP, etc.)
- ...



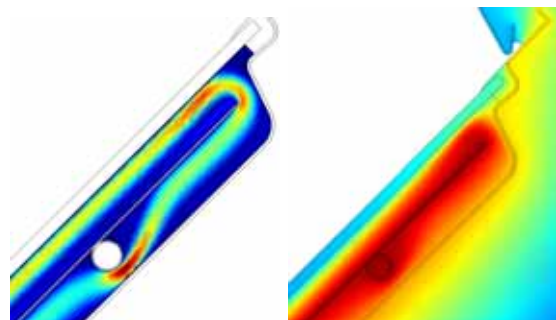
thermische Gebäude- und Anlagensimulation

### 0D / 1D

- TRNSYS, IDA ICE
- Dymola (bei ViF-Kooperationsprojekten)
- IPSEpro (Kreisprozesssimulation)

### 3D

- Fluent (CFD)
- StarCCM+
- Moldflow
- Polyflow



Geschwindigkeitsfeld, Temperaturfeld – Flachkollektor

4 von 18

## Grundstruktur des Master-Studiums Mb & Mb-Wi an der TU Graz

<b>Masterstudium</b>		120*
Masterarbeit		30
Freie Wahllehrveranstaltungen		5
Wahl Pflicht	Produktionstechnik	25
	Energetische Biomassenutzung	25
	Comp. Eng. & Mechatronik	25
	Motor- & Antriebstechnik	25
	Fahrzeugtechnik & -Sicherheit	25
	Wirtsch.-Wissenschaften	25
Grundlagen	15	

Maschinenbau: zwei techn. Vertiefungsrichtungen sind zu wählen

Maschinenbau-Wi: eine techn. Vertiefungsrichtung ist zu wählen

Lehrveranstaltungen am IWT (eine Auswahl):

- Wärmetechnik 1 und 2
- Energetische Biomassenutzung
- Gas- und Brennstoffzellentechnik
- Kernkraftwerkstechnik
- Energie- & Umwelt. Messwesen
- Num. Verfahren in der Energietechnik
- Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik
- Wärmepumpentechnik
- Sonnenenergienutzung

\*) ECTS

## Forschungsbereiche

- Absorptions-Kälteanlagen & -Wärmepumpen
- Kompressions-Wärmepumpen & -Kälteanlagen
- Energieeffiziente Gebäude
- Solarthermie
- Thermische Energiespeicher
- Thermische Energieanlagen
- Verbrennung und Brennstoffzelle

# MPC

## Einige Begriffe

- Model Predictive Control (MPC)
- Co-Simulation (z.B. mit TRNSYS)
- Zustandsraummodell (z.B. RC – Modell)
- Optimierung (z.B. CAO)
- Kostenfunktion (nicht nur Energieeinsparung!)
- Vorhersage (z.B. Wetter, Belegung)
- Adaptive Regelung
- Predictive Ruel Based Control (PRBC)
- Receding Horizon Control (RHC)
- Nichtlineare Modell Prädiktive Regelung (NMPC)

## Regelung in gebäudetechnischen Anlagen

- Hysterese Regler, PID Regler, Vermaschte Regelungsstrukturen
- Prädiktive Regelung (z.B. Wenn – Dann Entscheidungen)
- Modell Prädiktive Regelung

## Wenn – Dann Entscheidungen

Durch „wenn - dann“-Entscheidungen wird beispielsweise die **Nachtlüftung** aktiviert.

Beispiel:

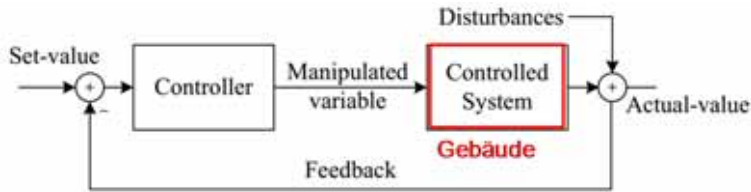
- wenn **TRaum = kalt** und **TPrognose = kühl**, dann **Nachtlüftung = aus**
- wenn **TRaum = warm** und **TPrognose = heiß**, dann **Nachtlüftung = ein**

Predictive Rule Based Control (PRBC)

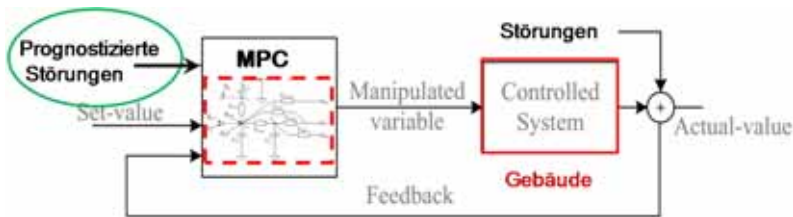
- Nachteil: wenn die Regeln nicht passen, dann kann die Regelung auch weit daneben liegen.
- Vorteil: Kein Modell notwendig.

# Model Predictive Control (MPC)

## Klassische Regelung



## MPC



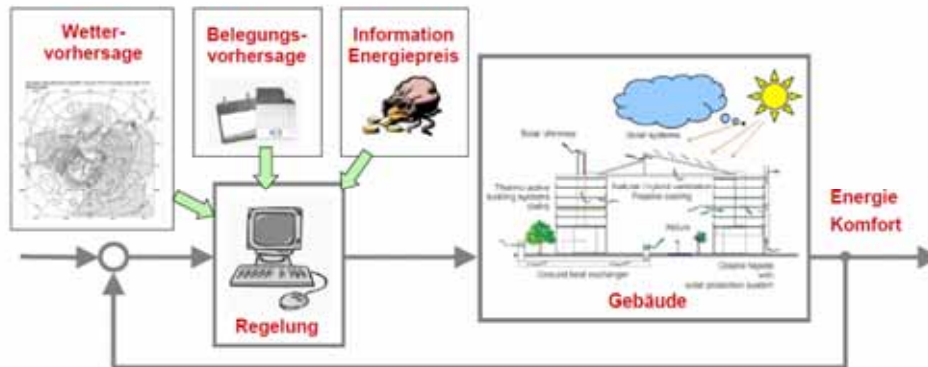
Notwendig:

- Prognose
- Modell
- Kostenfunktion
- „Möglichkeiten“ (z.B. Speicher)

# Kostenfunktion (auch Gütefunktion)

$$\min J = a \cdot f(\text{Energie}) + b \cdot f(\text{Komfort})$$

# Vorhersage

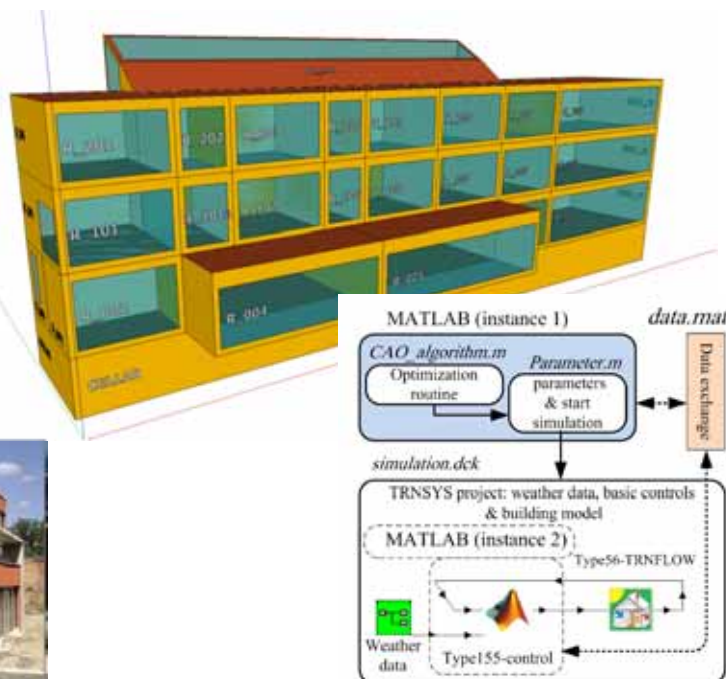


Quelle: Prof. Manfred Morari und das Opticontrol Team, Prädiktive Regelung für Gebäude, Simulation und Praxis

# Pebble – MPC für das ZUB in Kassel

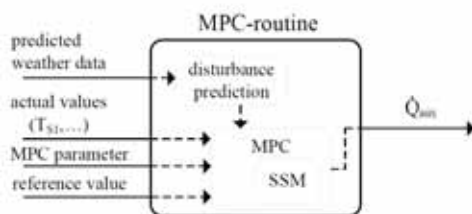
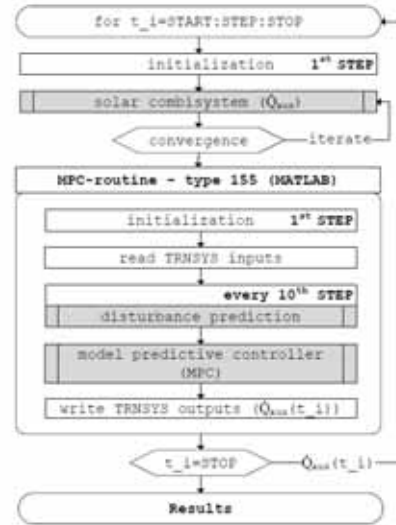
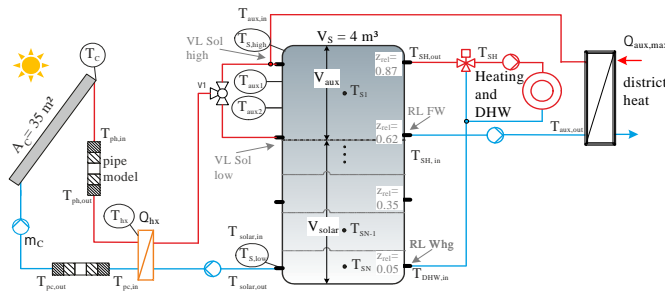
Positive Energy Buildings thru Better control dEcisions

[www.pebble-fp7.eu](http://www.pebble-fp7.eu)



# ProgReg

Prognostizierende Regelungen zur Effizienzsteigerung von Solaranlagen



[www.aee-now.at/cms/index.php?id=63](http://www.aee-now.at/cms/index.php?id=63)

## Offene Fragestellungen

- Praktisches Energie-Einsparungspotential 9% bis 28% bei wenig Komfort-Verletzung
- Publierte Ergebnisse beziehen sich überwiegend auf Simulationsstudien
- Kaum Vergleichsmöglichkeit mit realen Gebäuden
- Ist monovalenter Betrieb mit thermisch aktivierten Bauteilsystemen (TABS) möglich?



# MPC-BOXES

Model Predictive Control von aktiven Bauteilen und Messungen in zwei Test-Boxen

- Laufzeit: 1.10.2013 – 31.10.2016
- Gesamtprojektkosten: 580 000 EUR
- Inhaltliche Arbeitspakete:
  - Stand der Technik
  - Test-Boxen Aufbau
  - Messung, Simulation, Regleruntersuchung
  - Integrale Tests und Bewertung

Fördergeber:



Partner:



<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/hdz/projekte/mpc-boxes-model-predictive-control-von-aktiven-bauteilen-und-messungen-in-zwei-test-boxen.php>

## MPC – BOXES Experimenteller Aufbau

Standort Inffeldgasse Graz, Fertigstellung Herbst 2014  
 HWB ~ 64 kWh/(m<sup>2</sup>a) bei interner Last von 3,75 W/m<sup>2</sup>



# Danksagung

Dieses Projekt wird im Rahmen des F-Programms „Haus der Zukunft Plus“ durchgeführt, gefördert aus Mitteln des BM für Verkehr, Innovation und Technologie. (FFG Projektnummer 840675)

Forschungspartner:



Sponsoren aus der Wirtschaft:

