



bioenergy2020+

## 15. Symposium Energieinnovation 2018

# Modulares Energiemanagementsystem für sektorübergreifende Energiesysteme

Daniel Muschick, Andreas Moser, Michael Stadler, Markus Gölles

Graz, EnInnov2018, 16. Februar 2018

COMET

Competence Centers for  
Excellent Technologies

# Herausforderungen an zukünftige sektorübergreifende Energiesysteme

- Der zukünftige Energiebedarf kann nur durch eine verstärkte **Kopplung** bisher getrennter Sektoren effizient gedeckt werden



Wärme



Kälte



Strom



Gas

- Dies erfordert die Zusammenarbeit auf unterschiedlichen Ebenen:



Bedarfsermittlung



Planung



Betrieb

- Die zunehmende Komplexität erfordert Computerunterstützung auf allen diesen Ebenen (**Energiemanagementsysteme**)

# Überblick



**Bedarfsermittlung**



**Planung**



**Betrieb**

# Bedarfsermittlung



## ■ Infrastruktur

- Existierende Anlagen, verbleibende Restlebensdauern
- Verfügbarer Platz, verfügbare Flächen für Fotovoltaik und Solarthermie
- Geographische Parameter (Solare Einstrahlung, Potenzial für Windkraft)
- Anschlussleistung, Anschluss an ein Wärmenetz, mono-/bidirektional

## ■ Energiebedarf

- Erwartete Lastprofile der Verbraucher (Wärme, Kälte, Strom)

## ■ Finanzielle Aspekte

- Verfügbares Budget
- Brennstoff-, Strom-, Anlagen- und Betriebskosten, Einspeisetarife, Lebensdauern
- Fördermodelle, Geschäftsmodelle

## ■ Politische Aspekte

- Förderfähige / bevorzugte Technologien
- CO<sub>2</sub> versus Kosten

# Überblick



**Bedarfsermittlung**



**Planung**



**Betrieb**



# Planung



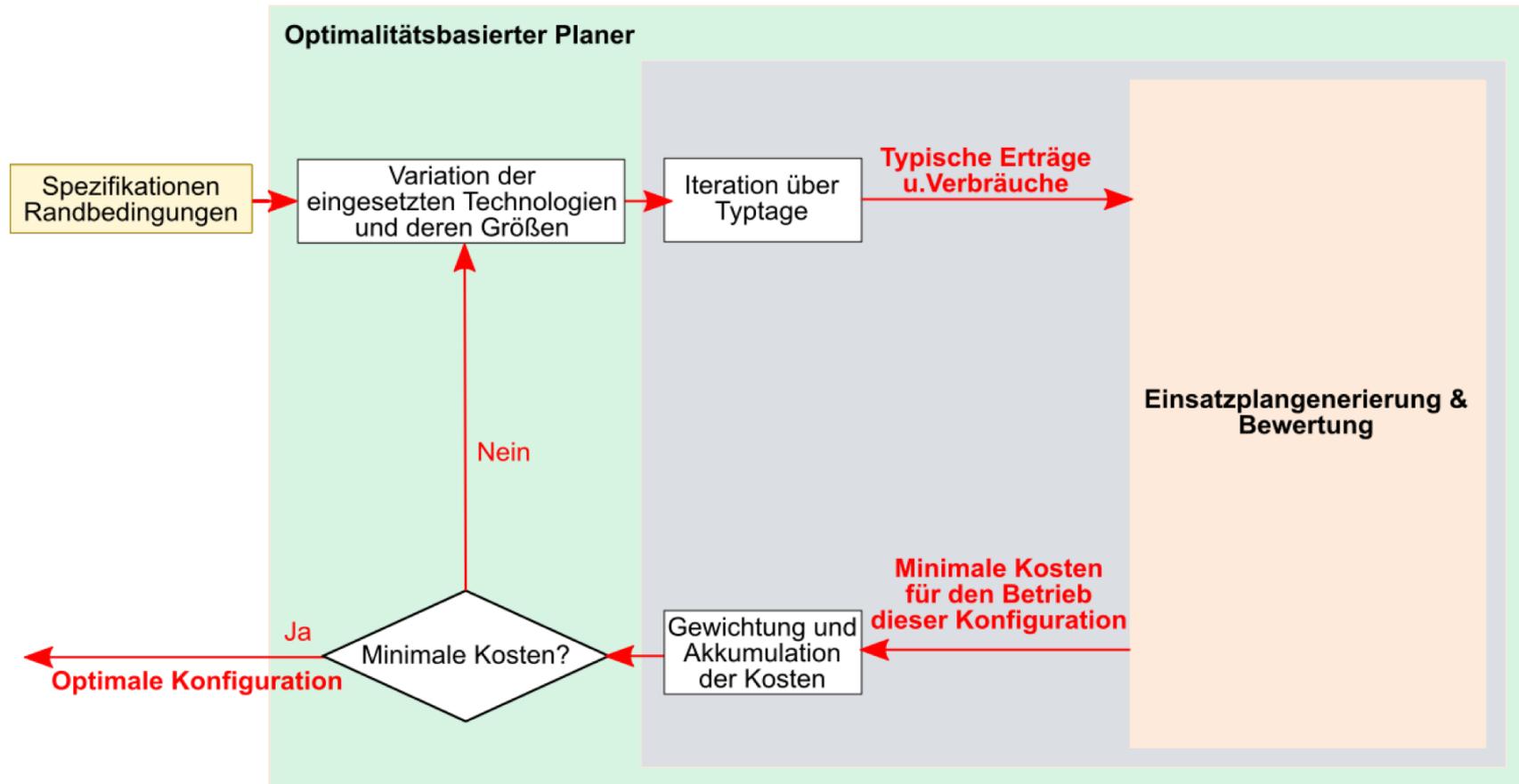
- Die **Planungsphase** bestimmt passende Konfiguration für ermittelte Anforderungen und Einschränkungen
  - Auswahl der Technologien und ihrer Dimensionierung und Positionierung
- Gewerke für Elektrizität und HLK historisch getrennt
  - Keine Berücksichtigung des Potenzials **sektorübergreifender** Kopplung (P2H, Wärmepumpen, KWK)
- Tendenz zu Technologien, mit denen bereits Erfahrung gemacht wurde
  - Keine Berücksichtigung des Potenzials moderner Technologien (z.B. Absorptionskältemaschinen)

# Optimierungsbasierte Planung



- Ein **optimierungsbasierter Planer** untersucht alle sinnvollen Konfigurationen unter den gegebenen Randbedingungen und schlägt alternative, optimale Lösungen vor.
  - Liefert eine Liste der Anlagen, ihre Dimensionierungen und den Ort der Installation
  - Entwickelt **Einsatzpläne** für Typtage auf Grundlage der bereitgestellten typischen Bedarfsprofile
  - Berücksichtigt **individuelle Optimierungsziele**: schnelle Amortisationszeit, geringste Gesamtkosten, geringste CO<sub>2</sub>-Emissionen, geringster Platzbedarf...
- Viele **Vorteile**
  - Automatisierter Ablauf; kein wiederholter menschlicher Arbeitsaufwand für Untersuchung verschiedener Szenarien
  - Keine Voreingenommenheit gegenüber Technologien

# Optimierungsbasierte Planung: Schematischer Überblick



# Planung: Beispiel Technologie- und Forschungszentrum (tfz), Wieselburg-Land

Energetische Optimierung basierend auf OptEnGrid



© Michael Stadler, Michael Zellinger, Andreas Moser, Projekt OptEnGrid

# Planung: Ergebnisse

## Technologie- und Forschungszentrum (tfz), Wieselburg-Land



	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Beschreibung	<b>Basiskonfiguration:</b> Strombezug vom Energieversorger, Gas für Heizen			
Energiekosten inkl. amortisierte Investitionen (€/Jahr)	67.000			
CO <sub>2</sub> Emissionen (kg/Jahr)	149.000			
Gaskessel (kW)	<b>162 (67+95)</b>			
Hackgutkessel (kW)	0			
Strom-WP (kW)	<b>32</b>			
Absorptionskälte (kW)	0			
PV (kW)	0			
Elekt. Speicher (kWh)	0			

# Überblick



Bedarfsermittlung



Planung



Betrieb



# Betrieb



- Der Planer setzt auf vereinfachte Betriebssimulationen mit typischen Lastprofilen typischer Tage.
- Im **realen Betrieb** hängt die optimale Betriebsstrategie von
  - der **unbekannten zukünftigen Nachfrage**
  - den **fluktuierenden Erträgen** aus erneuerbaren Quellen sowie
  - der **Preisentwicklung** ab
- Typischerweise basiert Betrieb auf „**Expertenregeln**“
  - Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur
  - Ein-/Ausschalten auf Basis von Pufferfüllständen oder Schwellentemperaturen
- Für den **sektorübergreifenden** Betrieb gibt es **keine Standardstrategien**
  - KWK: strom- oder wärmegeführter Betrieb?
  - Strom aus PV: Deckung Eigenbedarf, Einsatz in Wärmepumpen/P2H, Speicherung in Batterie, Verkauf an Stromnetz?

# Betrieb: Modellprädiktive Regelung

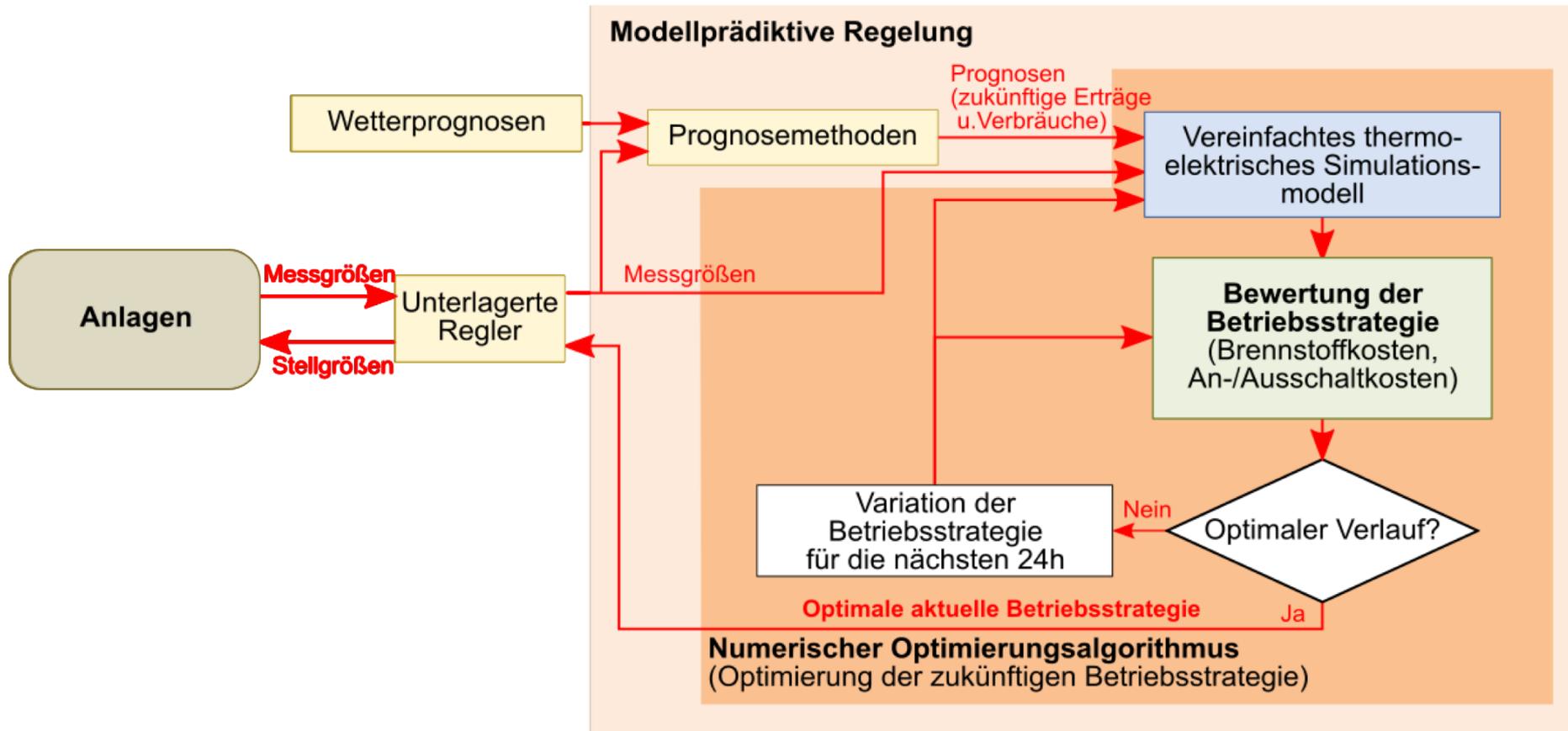


- Optimale Betriebsstrategie:  
Lösung eines **mathematischen Optimierungsproblems**
  - Automatische Formulierung basierend auf Konfiguration und modularen Bausteinen für einzelne Komponenten
  
- Die **Modellprädiktive Regelung (MPR)** berechnet aus
  - Last-, Ertrags- und Preis**prognosen** und
  - Informationen über den aktuellen Zustand des Energiesystems

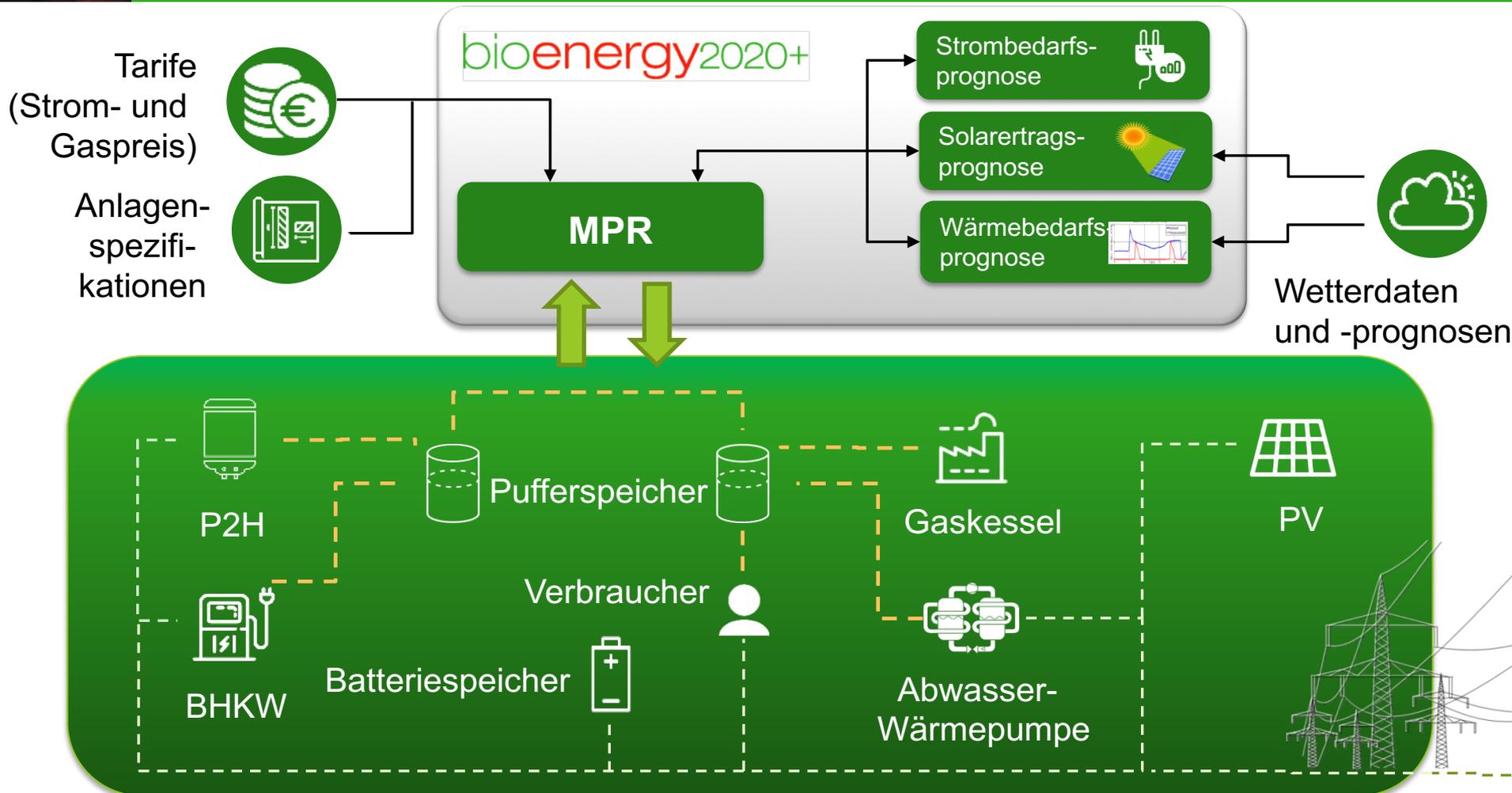
eine **optimale Betriebsstrategie** für z.B. die nächsten 24 Stunden

  - An-/Ausschalten der Anlagen, Leistungsvorgaben
  - (Ent-)Ladeleistungen von Pufferspeichern und Batterien
  - Verkauf von Strom an das Netz
  
- Häufige **Neuberechnung** (z.B. alle 15 min) erlaubt auf neue Daten und unerwartete Ereignisse zu reagieren
  
- **Unterlagerte Regler** setzen die Vorgaben der MPR um
  - Automatische Definition der Datenpunktliste aus Konfiguration

# Betrieb: Schematischer Überblick Modellprädiktive Regelung



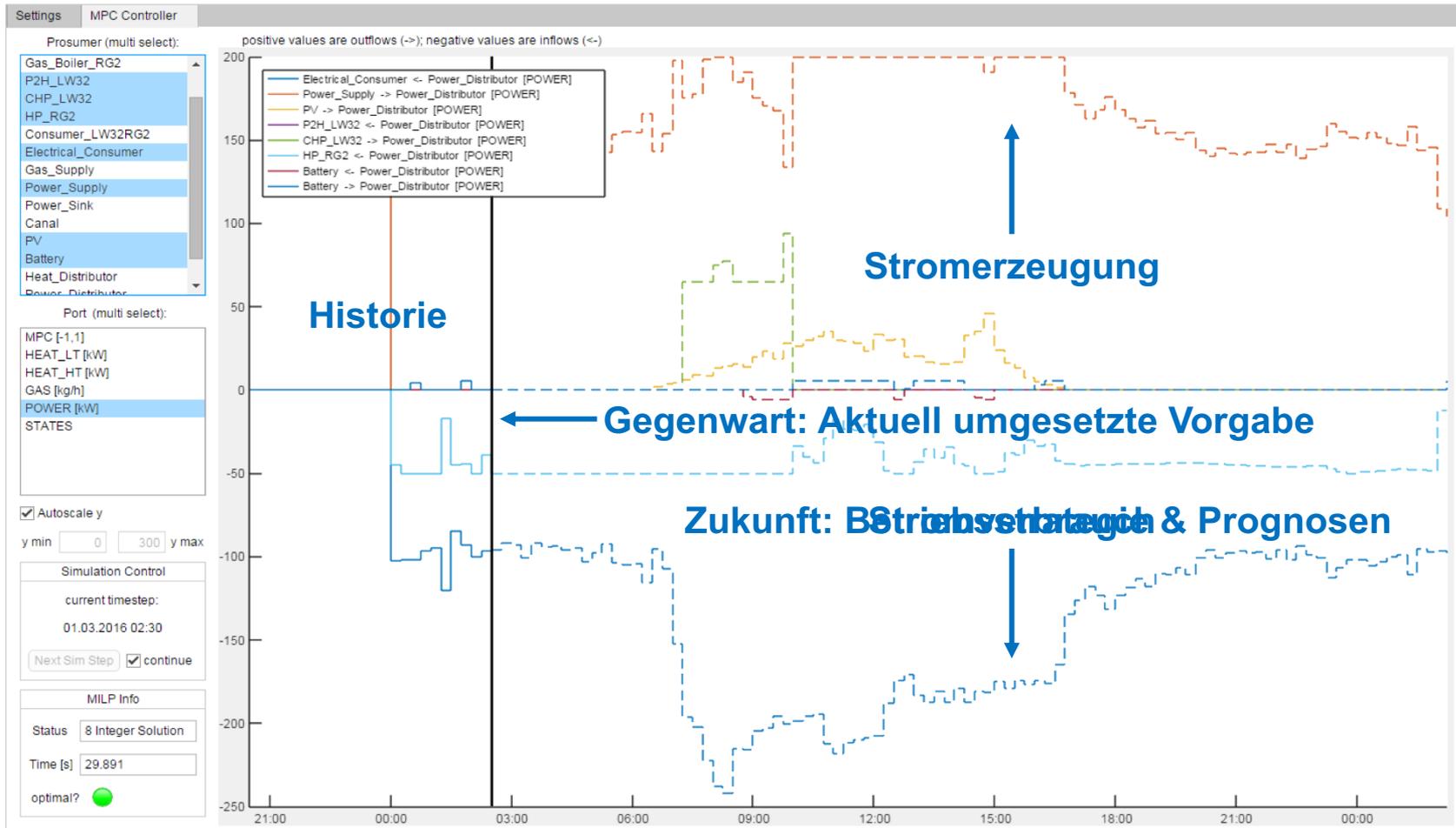
# Betrieb: Aktuelle Umsetzung in einem *Smart District*



# Betrieb: Aktuelle Umsetzung in einem Smart District

Energy Management System (EMS)

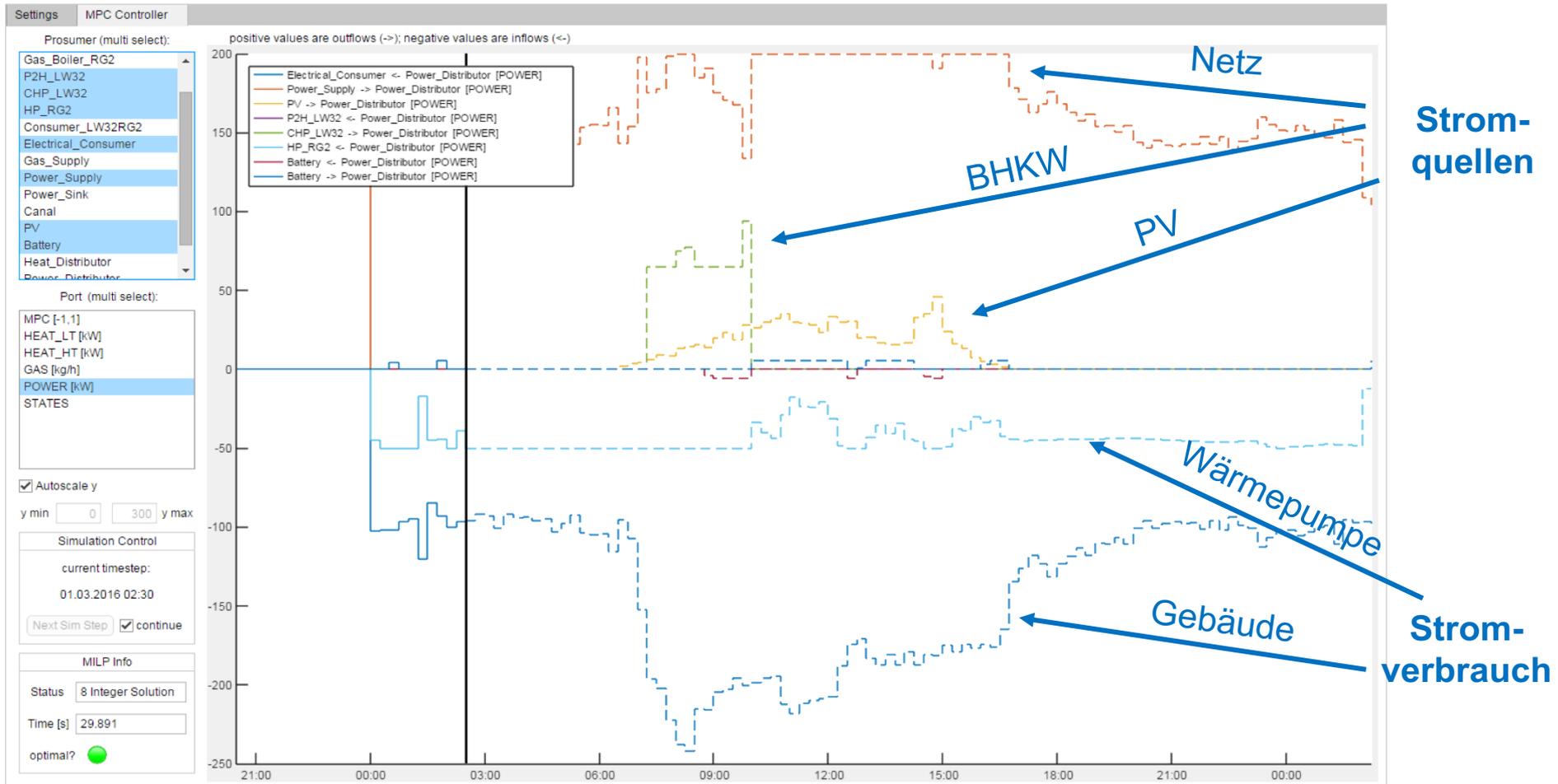
BIOENERGY 2020+ GmbH



# Betrieb: Aktuelle Umsetzung in einem Smart District

Energy Management System (EMS)

BIOENERGY 2020+ GmbH





# Zusammenfassung und Ausblick

- Komplexität sektorübergreifender Energiesysteme erfordert Unterstützung durch Computer und Algorithmen (**Energiemanagementsysteme**)
- Formulierung der Aufgabe als **mathematisches Optimierungsproblem** liefert automatisiert Lösungen sowohl für
  - die **Planungs-** als auch für
  - die **Betriebsphase**
- **Modularer Aufbau** ermöglicht einfaches
  - Experimentieren mit verschiedenen Konfigurationen und
  - Anpassen an neu installierte Technologien
- **Ziel:** Durchgehende Computerunterstützung von Bedarfsermittlung bis zu unterlagerter Regelung



bioenergy2020+

# Modulares Energiemanagementsystem für sektorübergreifende Energiesysteme

**Daniel Muschick**

E-Mail: [Daniel.Muschick@bioenergy2020.eu](mailto:Daniel.Muschick@bioenergy2020.eu)  
Telefon: +43 316 873 9248

**Andreas Moser**

E-Mail: [Andreas.Moser@bioenergy2020.eu](mailto:Andreas.Moser@bioenergy2020.eu)  
Telefon: +43 316 873 9226

**Markus Göllles**

E-Mail: [Markus.Goelles@bioenergy2020.eu](mailto:Markus.Goelles@bioenergy2020.eu)  
Telefon: +43 316 873 9208

**Michael Stadler**

E-Mail: [Michael.Stadler@bioenergy2020.eu](mailto:Michael.Stadler@bioenergy2020.eu)  
Telefon: +43 7416 522 3825

Graz, EnInnov2018, 16. Februar 2018

COMET

Competence Centers for  
Excellent Technologies