



# Optimale Bewirtschaftung eines Pools von thermischen Speichern

D-A-CH Energieinformatik Konferenz 13. Nov. 2013, Wien

Samuel Pfaffen

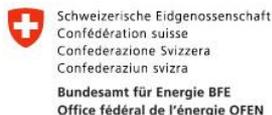


# warmup

## Optimale Verwertung der Flexibilität von thermischen Speichern

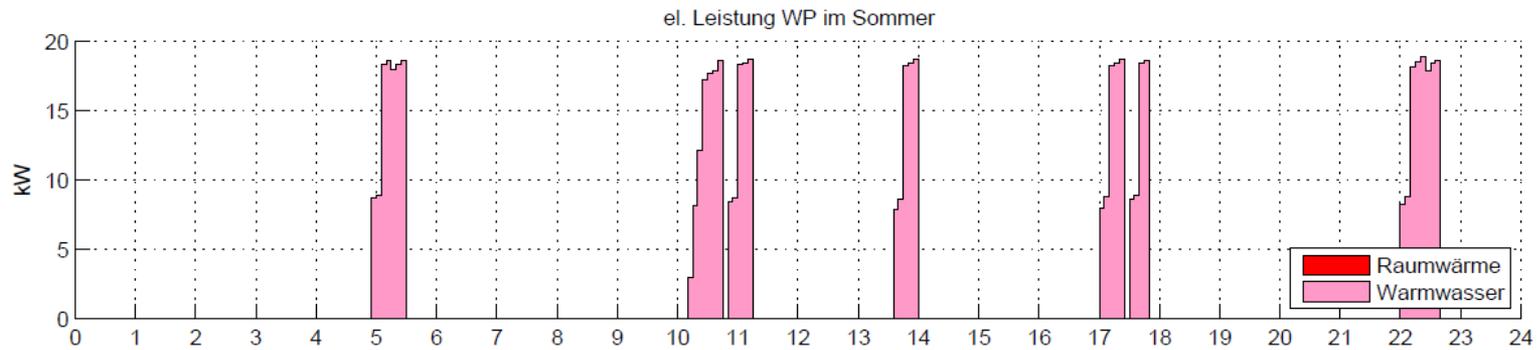
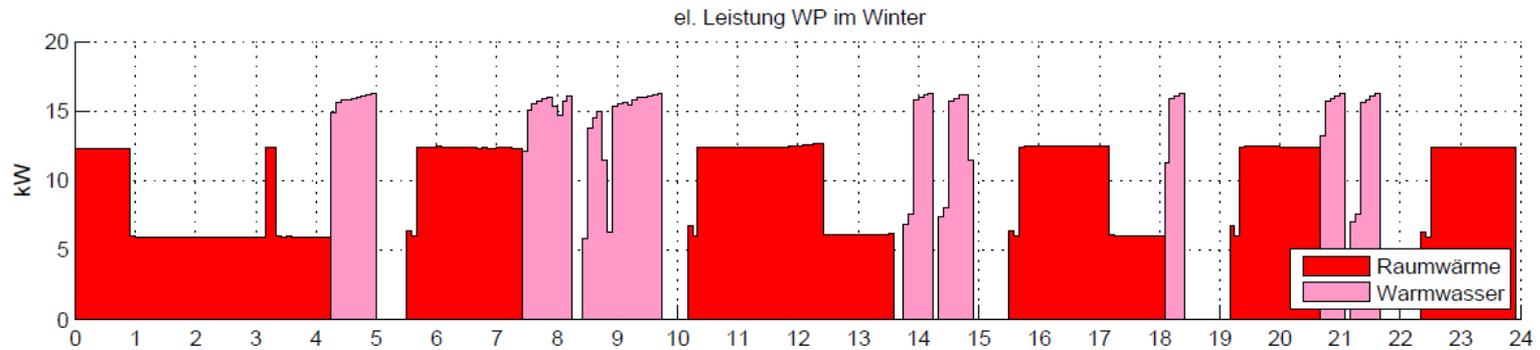
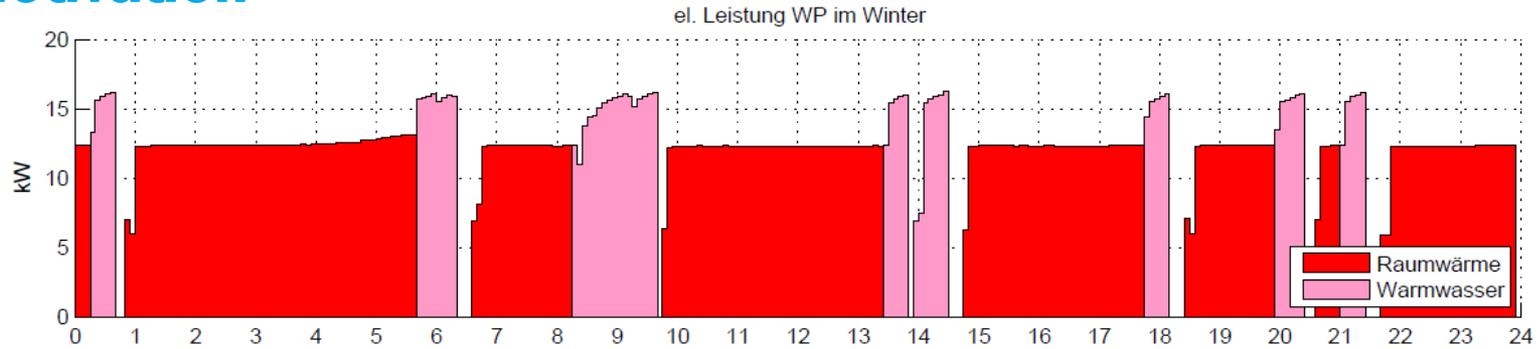
Phase 1: Simulator für Potentialabschätzung, Feb. 2012 – Okt. 2013

Phase 2: Pilotprojekt in Zürich, Sept. 2013 – Dez. 2015



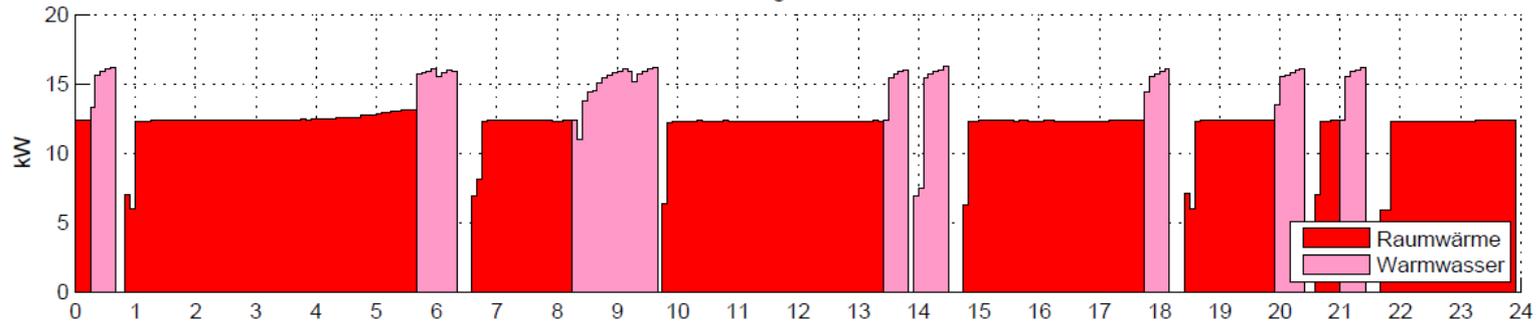
13. Nov. 2013 | V1.00

# Motivation

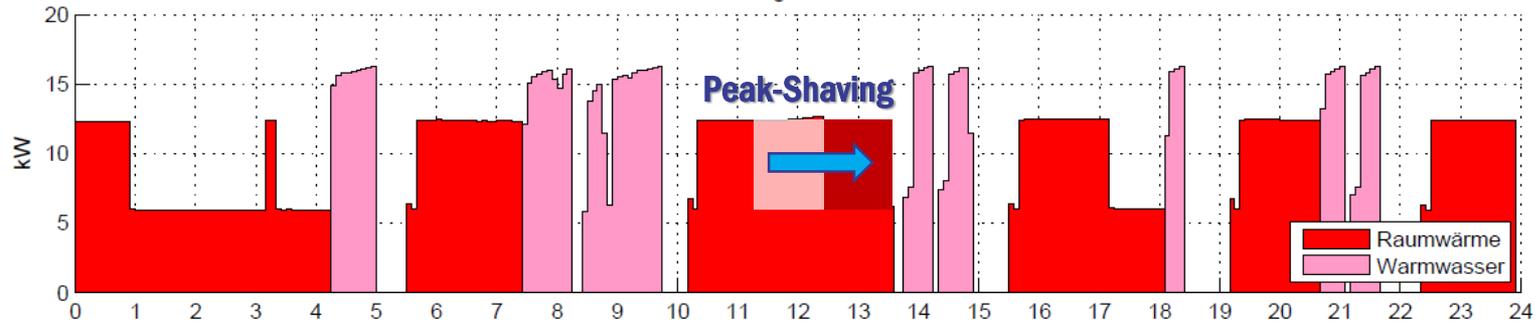


# Motivation

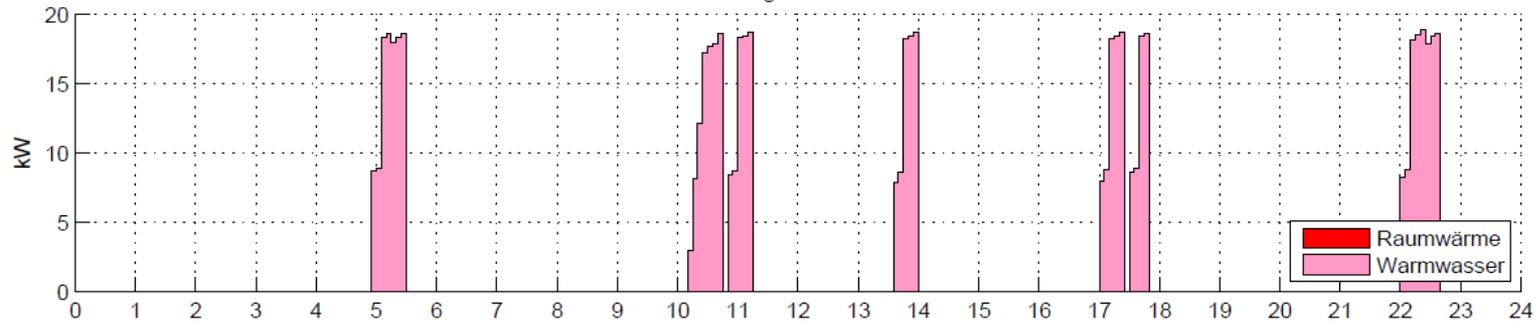
el. Leistung WP im Winter



el. Leistung WP im Winter

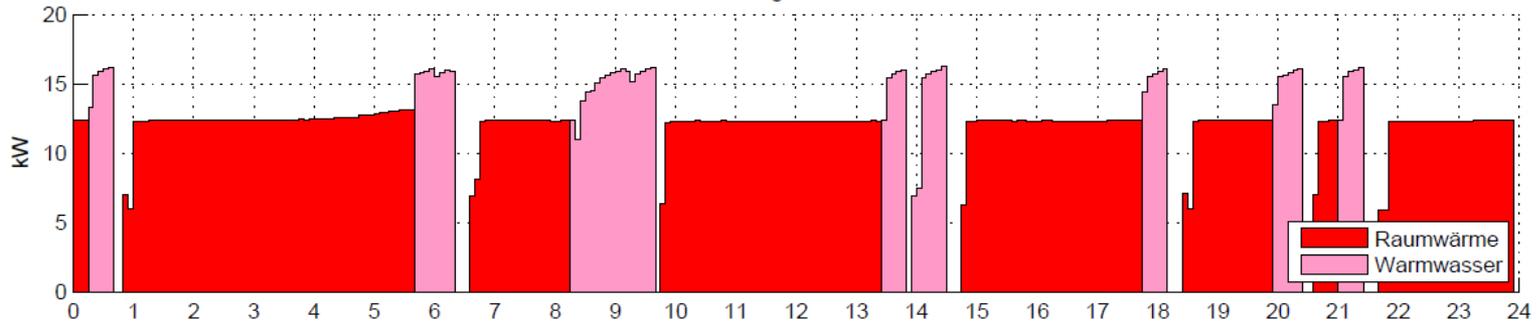


el. Leistung WP im Sommer

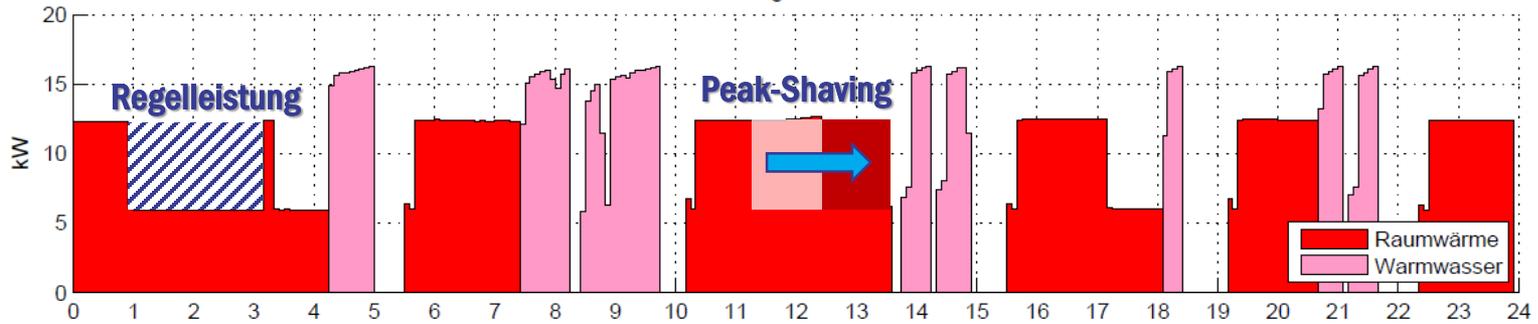


# Motivation

el. Leistung WP im Winter



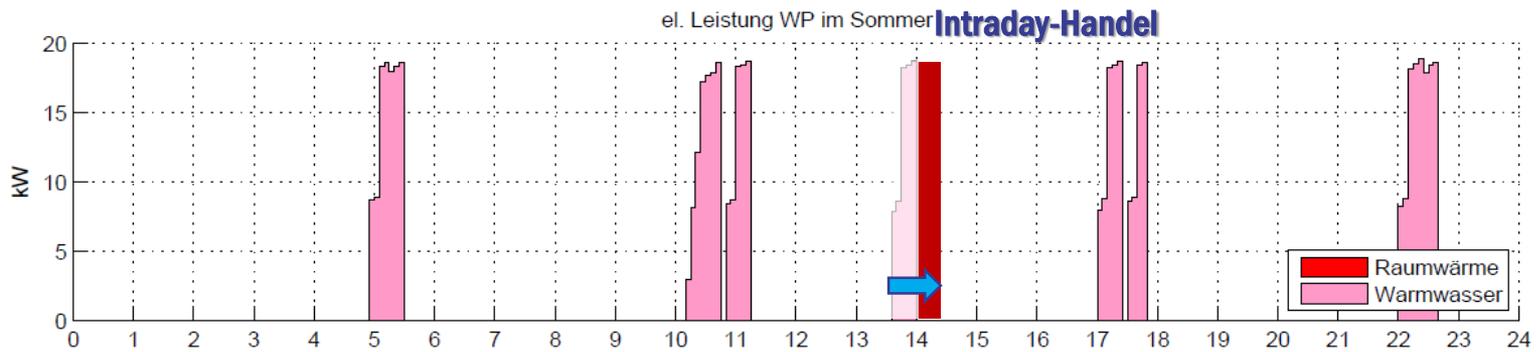
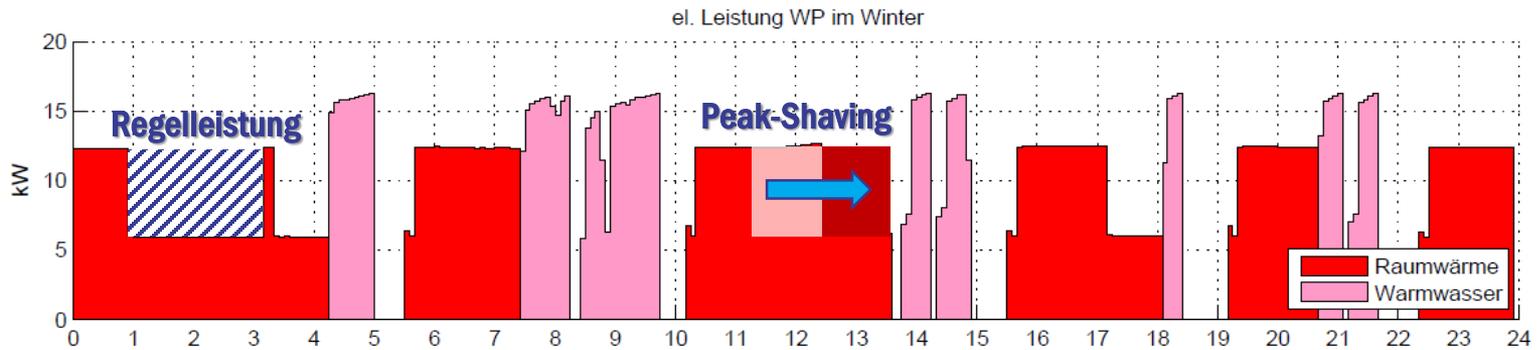
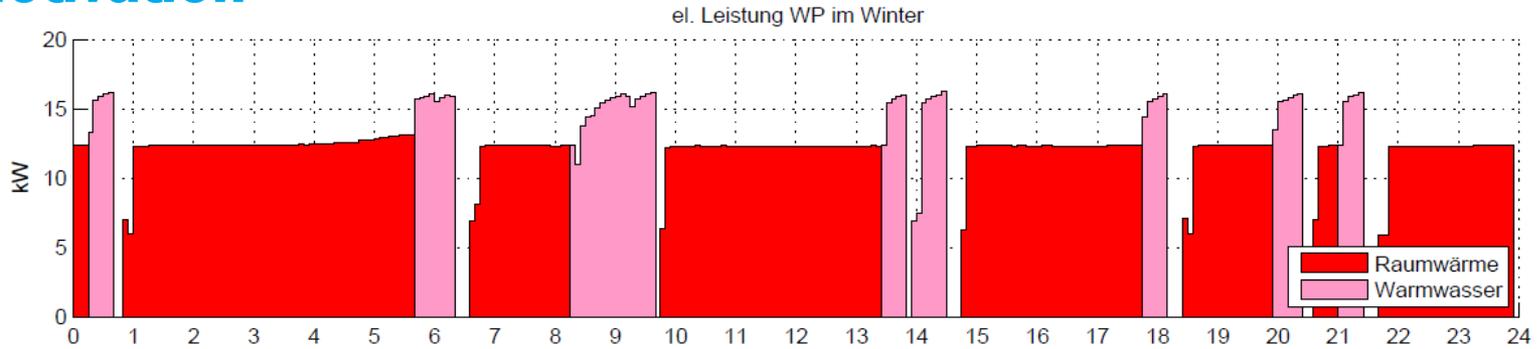
el. Leistung WP im Winter



el. Leistung WP im Sommer

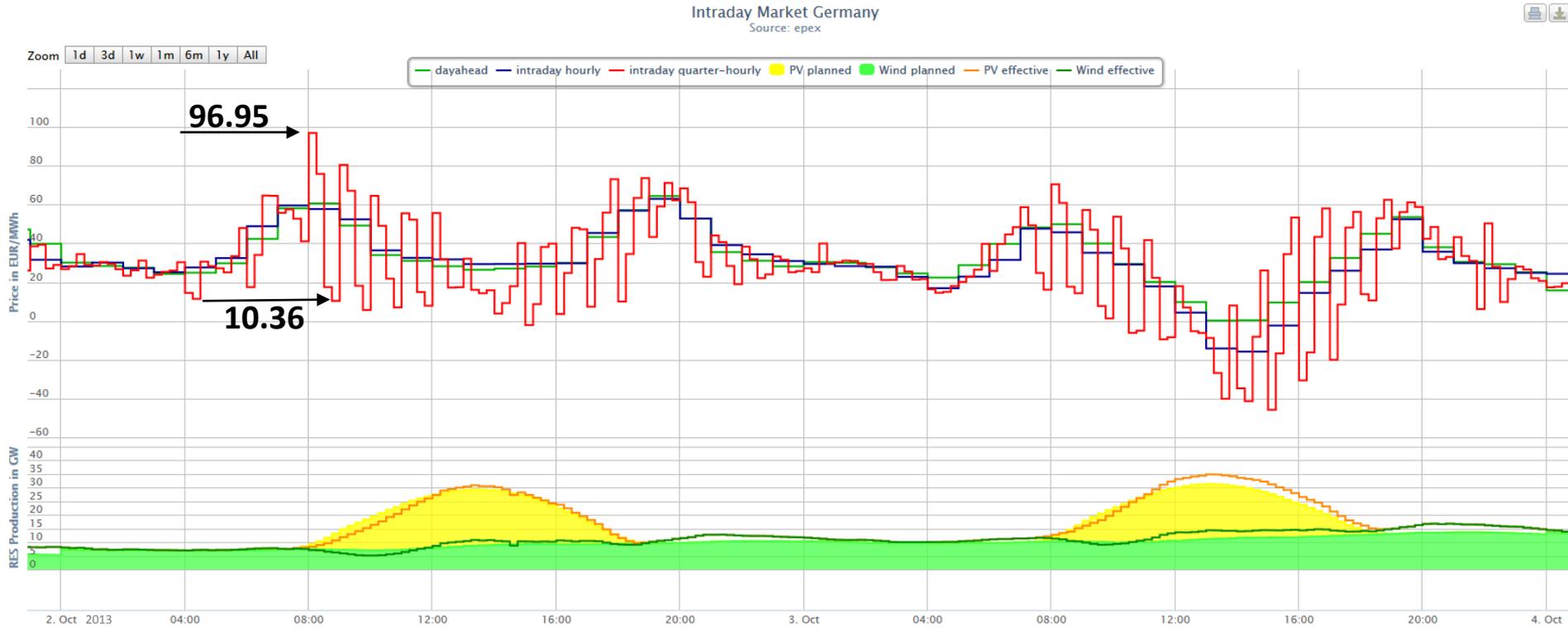


# Motivation



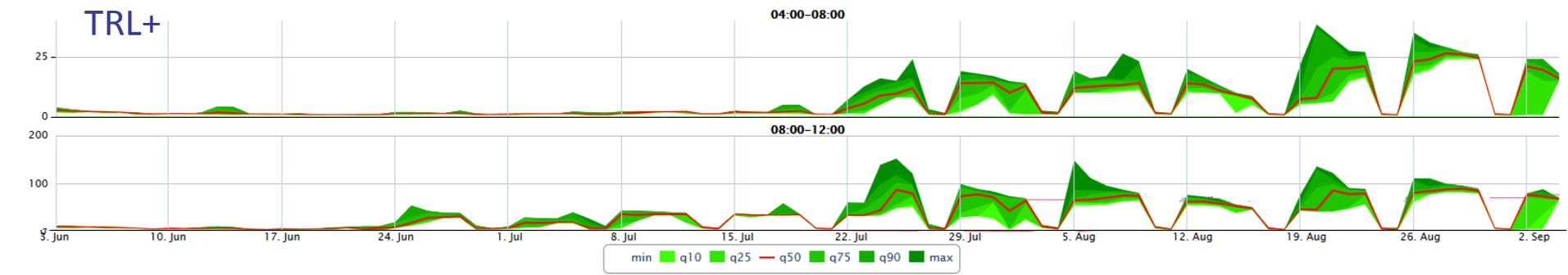
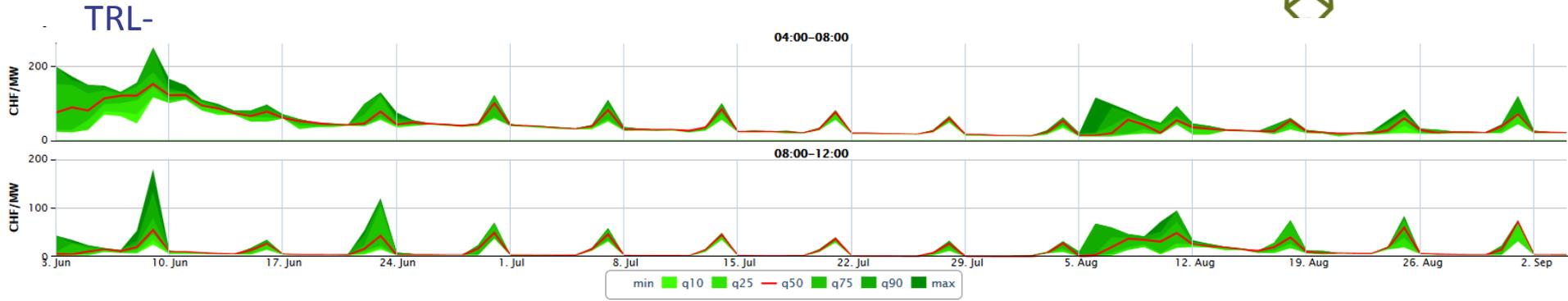
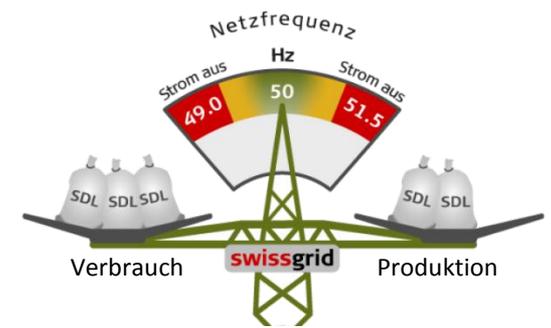
# Intraday-Strommarkt (DE)

## Beispiel: 2./3. Oktober 2013



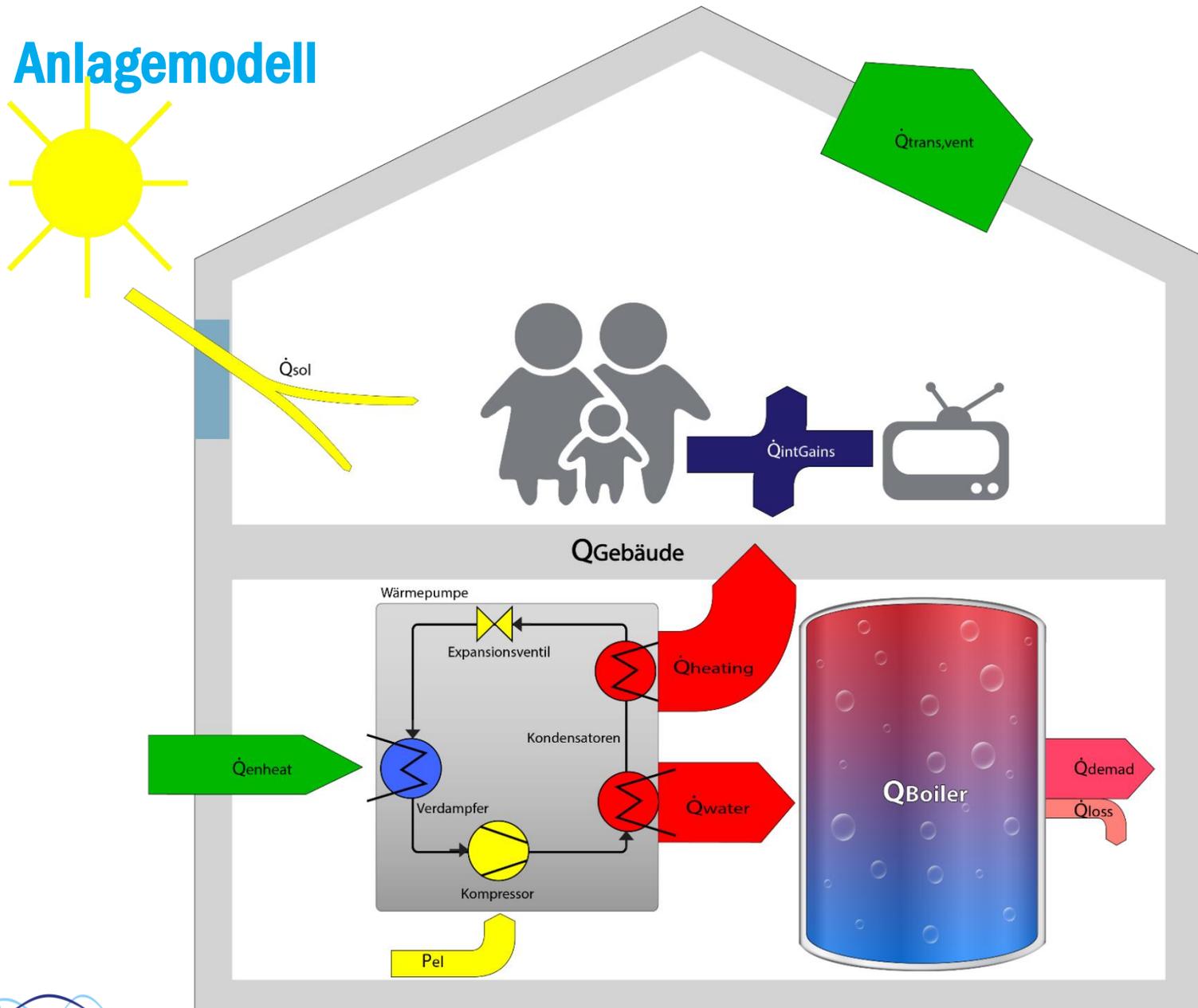
# Markt: Tertiärregelleistung

## TRL- Preise für 4h-Blöcke (Jun – Sept 2013)

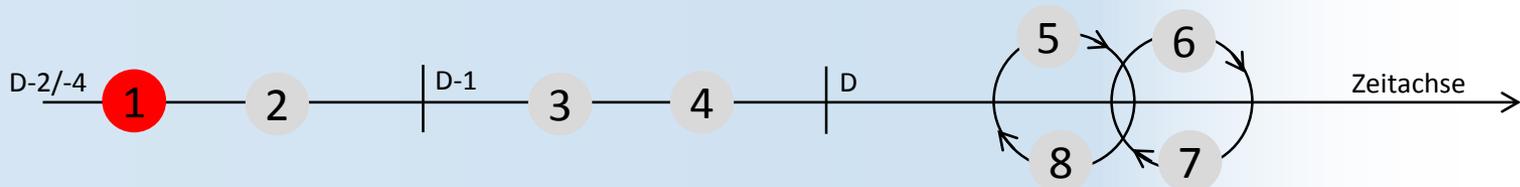
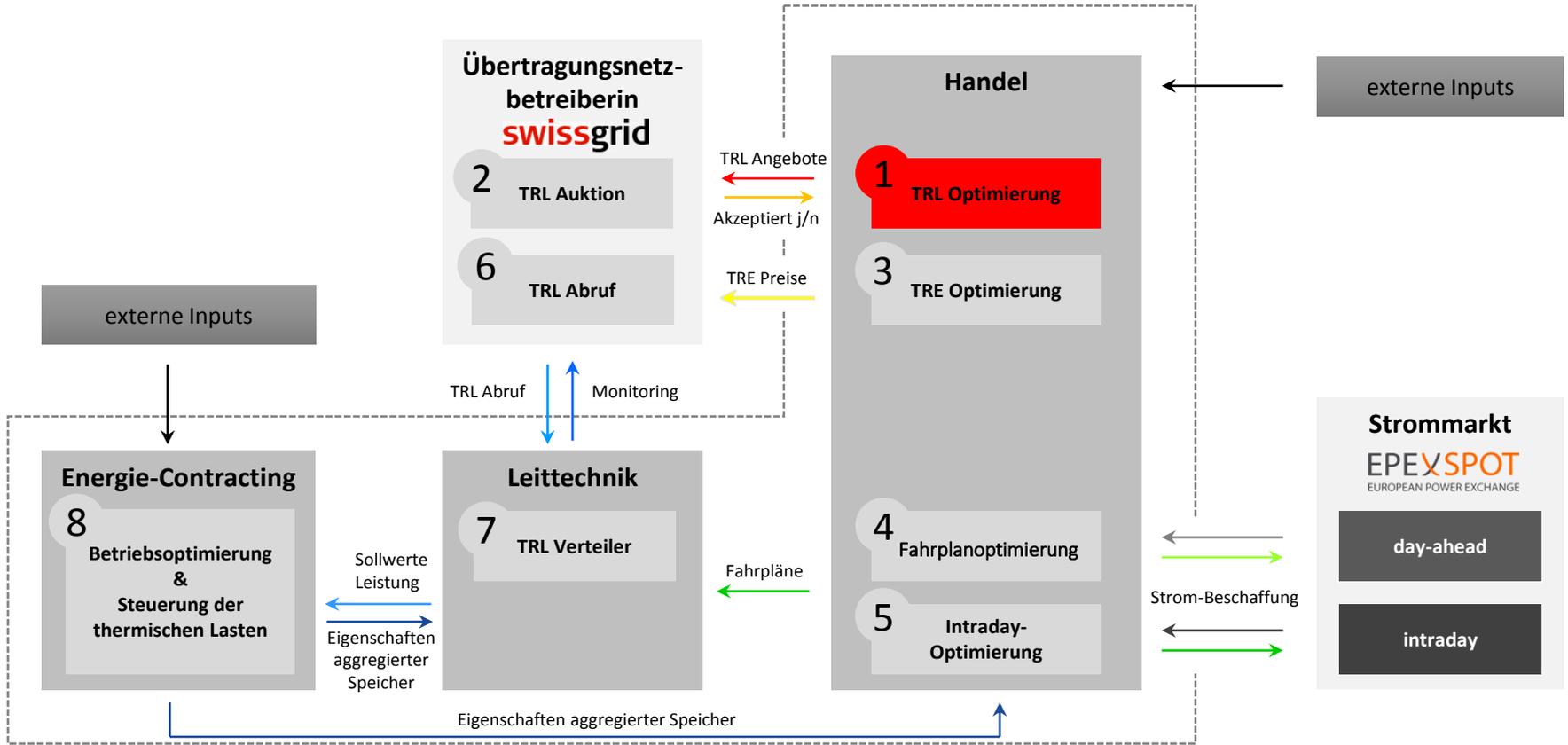


(Quelle: Swissgrid)

# Anlagemodell

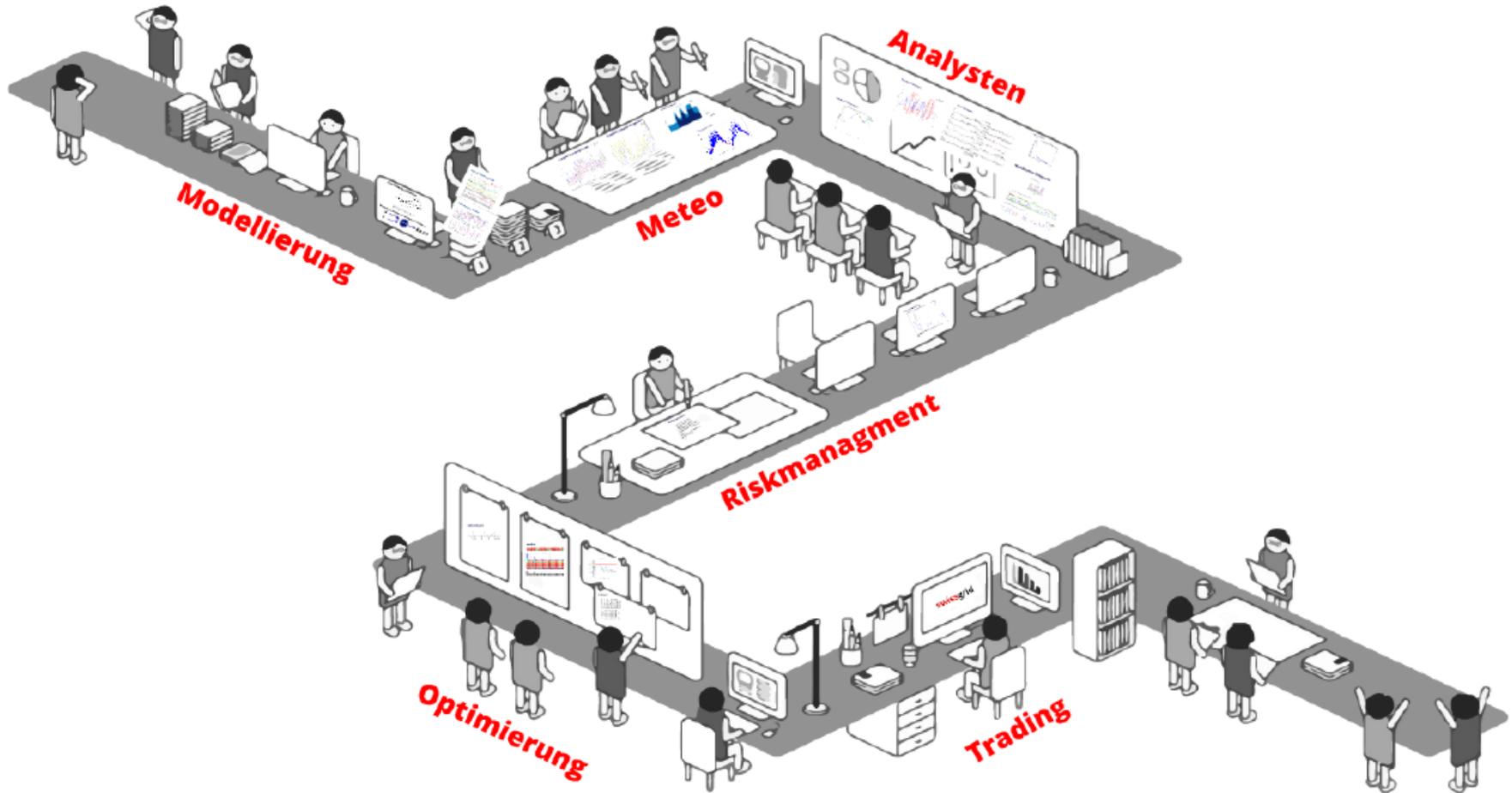


# 1 TRL Optimierung



# 1 TRL Optimierung

ex ante Simulation!



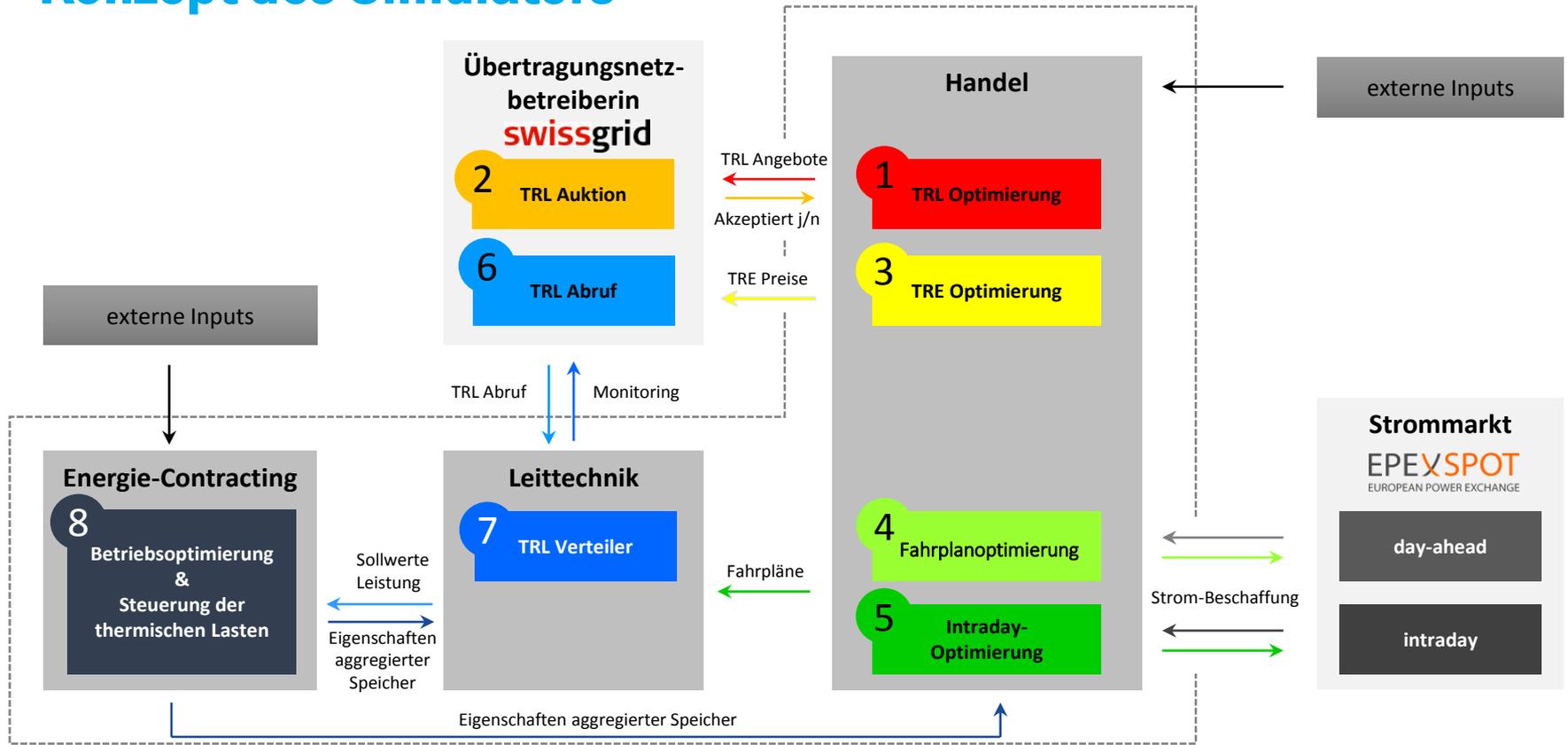
# 1 TRL Optimierung

## Zielfunktion

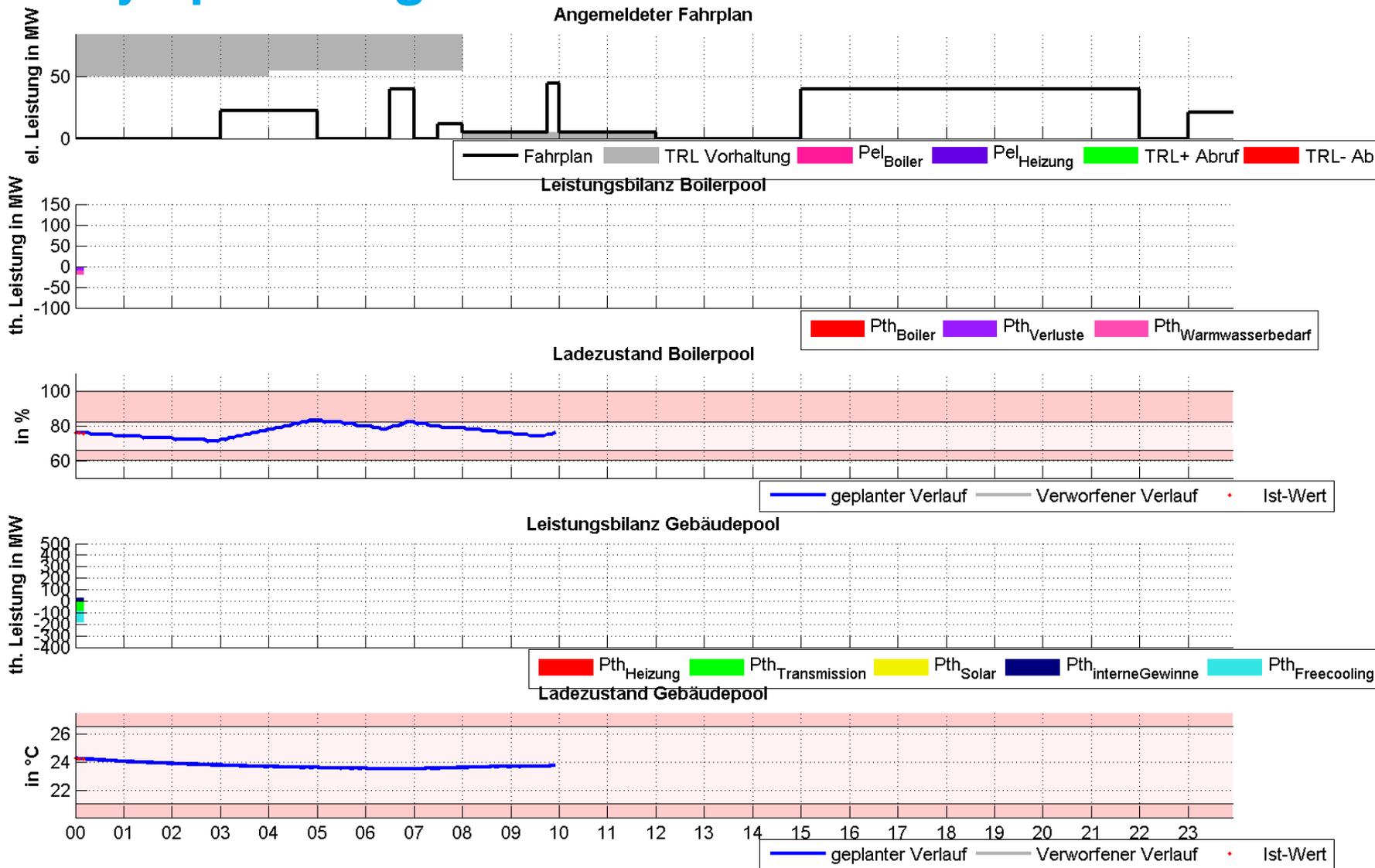
$$\begin{aligned}
 \min C_{\text{tot}} = & C_{D-1} - P_{\text{CP}_b^+} - P_{\text{CP}_b^-} \\
 & \begin{array}{l} \text{Day ahead} \\ \text{Energiekosten} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Erträge durch Vorhaltung} \\ \text{von Regelleistung} \end{array} \\
 & + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{PB}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{ID1h}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{ID15m}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{D+1_s} \cdot p_s) \\
 & \begin{array}{l} \text{Ausgleichsenergie} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Intraday Energiehandel 1 h / 15 min} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Energiekosten am Folgetag} \end{array} \\
 & + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{grid}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (G_{\text{CE}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{pen}_s} \cdot p_s) \\
 & \begin{array}{l} \text{Netzkosten} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{gelieferte / bezogene} \\ \text{Regelenergie} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pönalen} \end{array} \\
 & + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{sw}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{WHsoft}_s} \cdot p_s) \\
 & \begin{array}{l} \text{Schaltkosten} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Soft Constraints Warmwasserspeicher} \end{array} \\
 & + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{Buildingsoft}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{fees}_s} \cdot p_s) + \sum_{s \in \mathcal{S}} (C_{\text{cert}_s} \cdot p_s) \\
 & \begin{array}{l} \text{Soft Constraints Gebäude} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{div. Gebühren} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Zertifikate} \end{array}
 \end{aligned}$$

**Nebenbedingungen:** Minimale Blockgrösse, Vorhaltung von Regelleistung ist zwingend, Abruf von Regelleistung muss erbracht werden, keine Voraussicht für Abrufe, Komfortvorgaben einhalten, absolute Temperaturgrenzen, Mathematische Modelle der Anlage, Risikoparameter, usw...

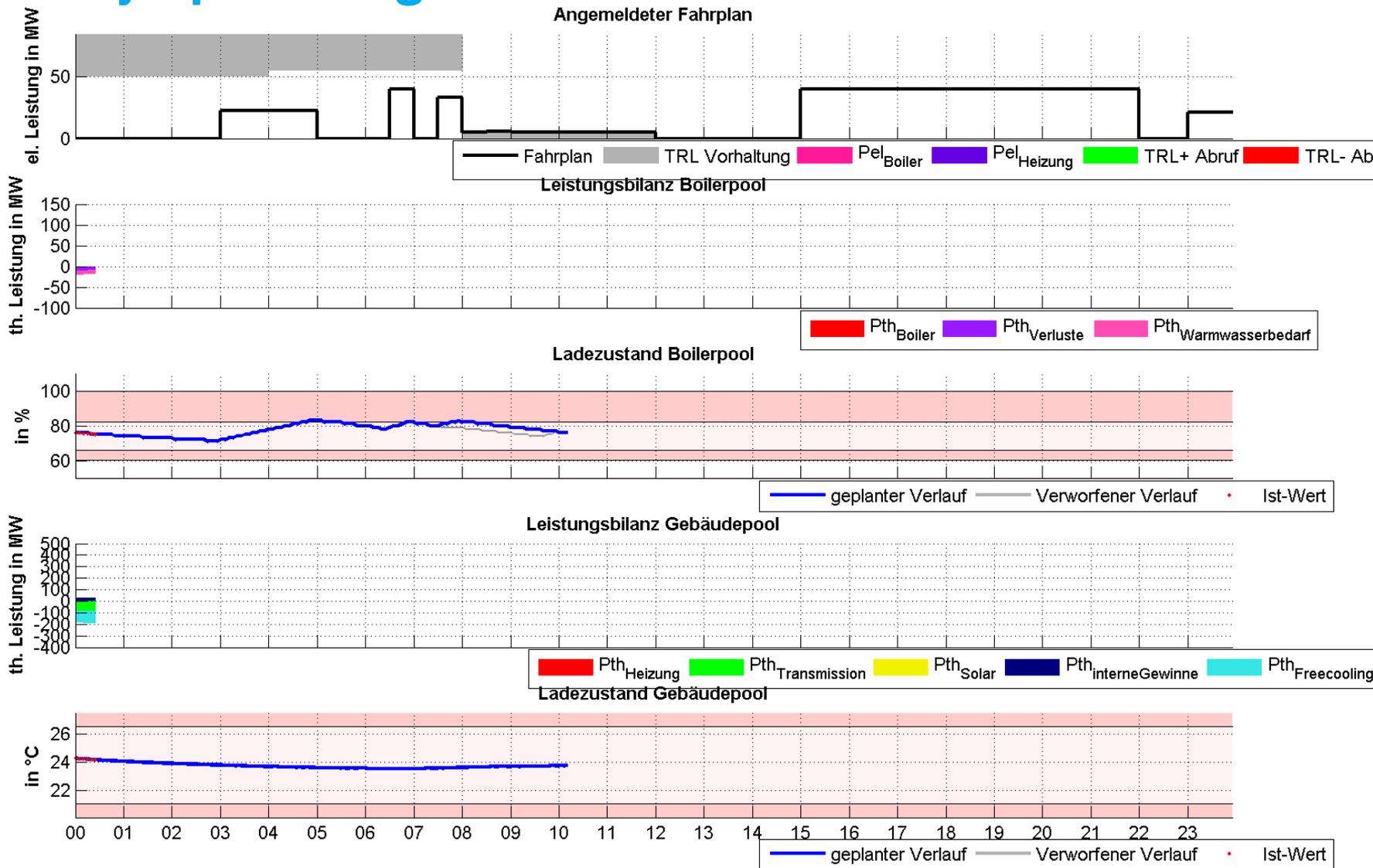
# Konzept des Simulators



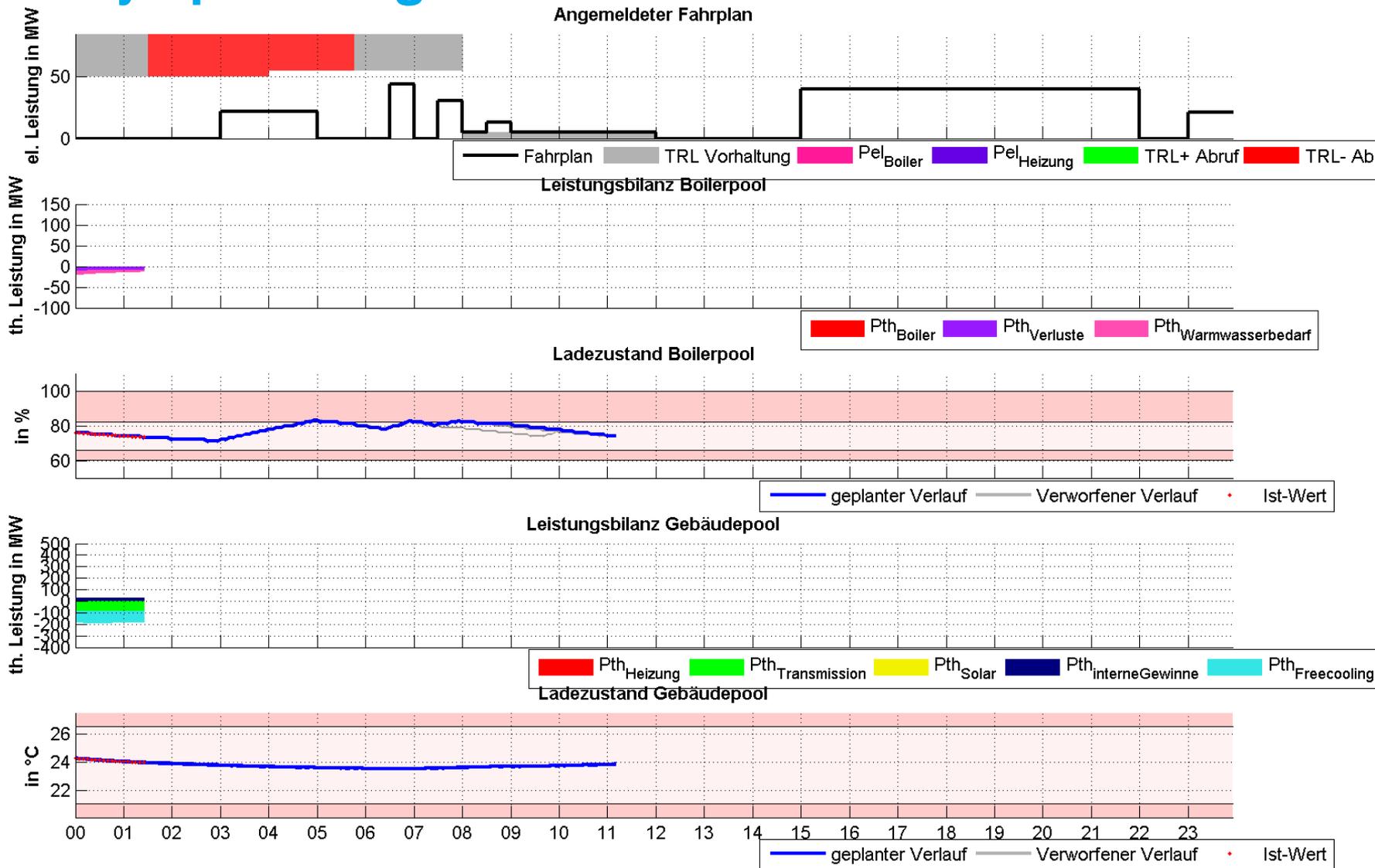
# 5 Intraday-Optimierung



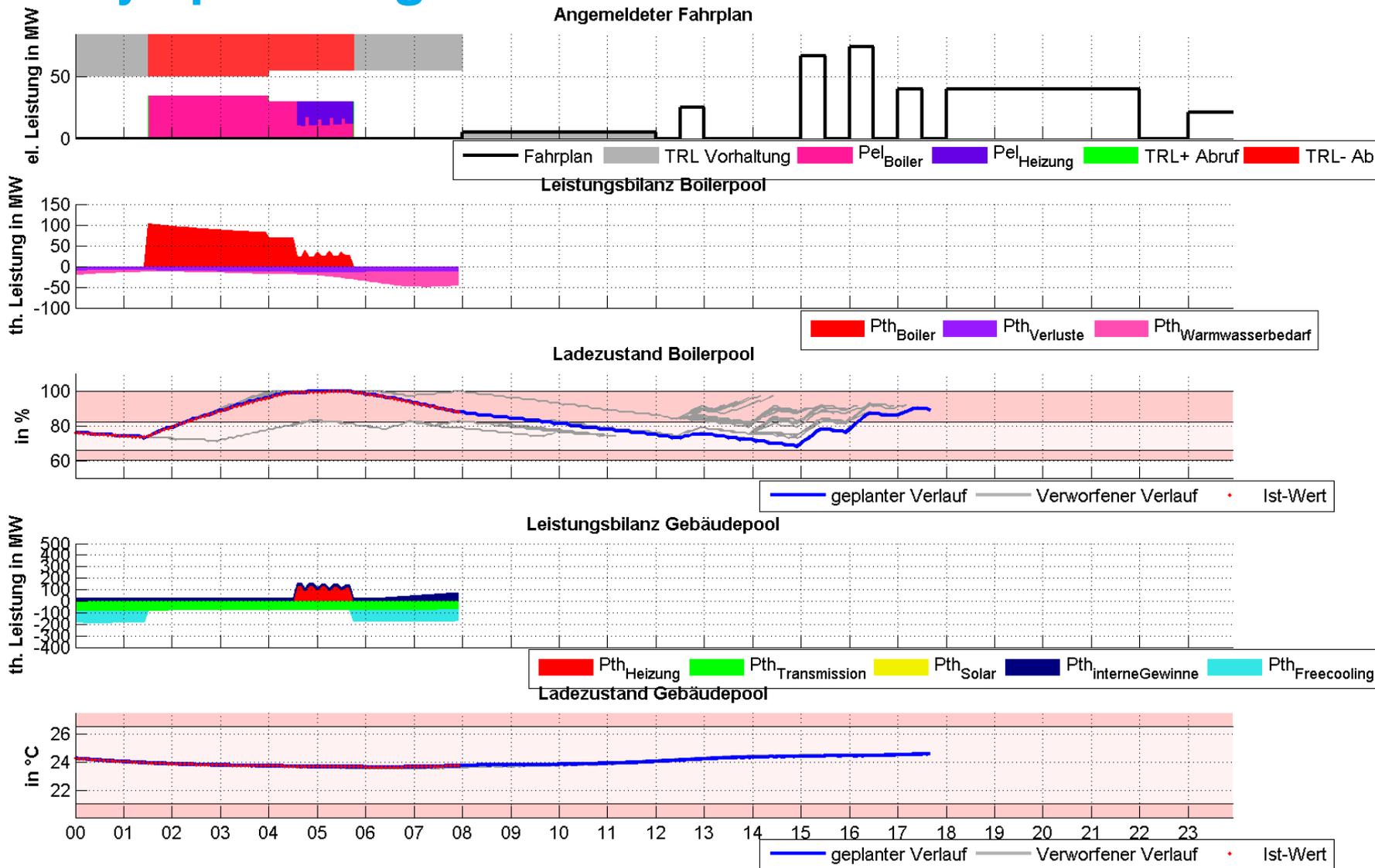
# 5 Intraday-Optimierung



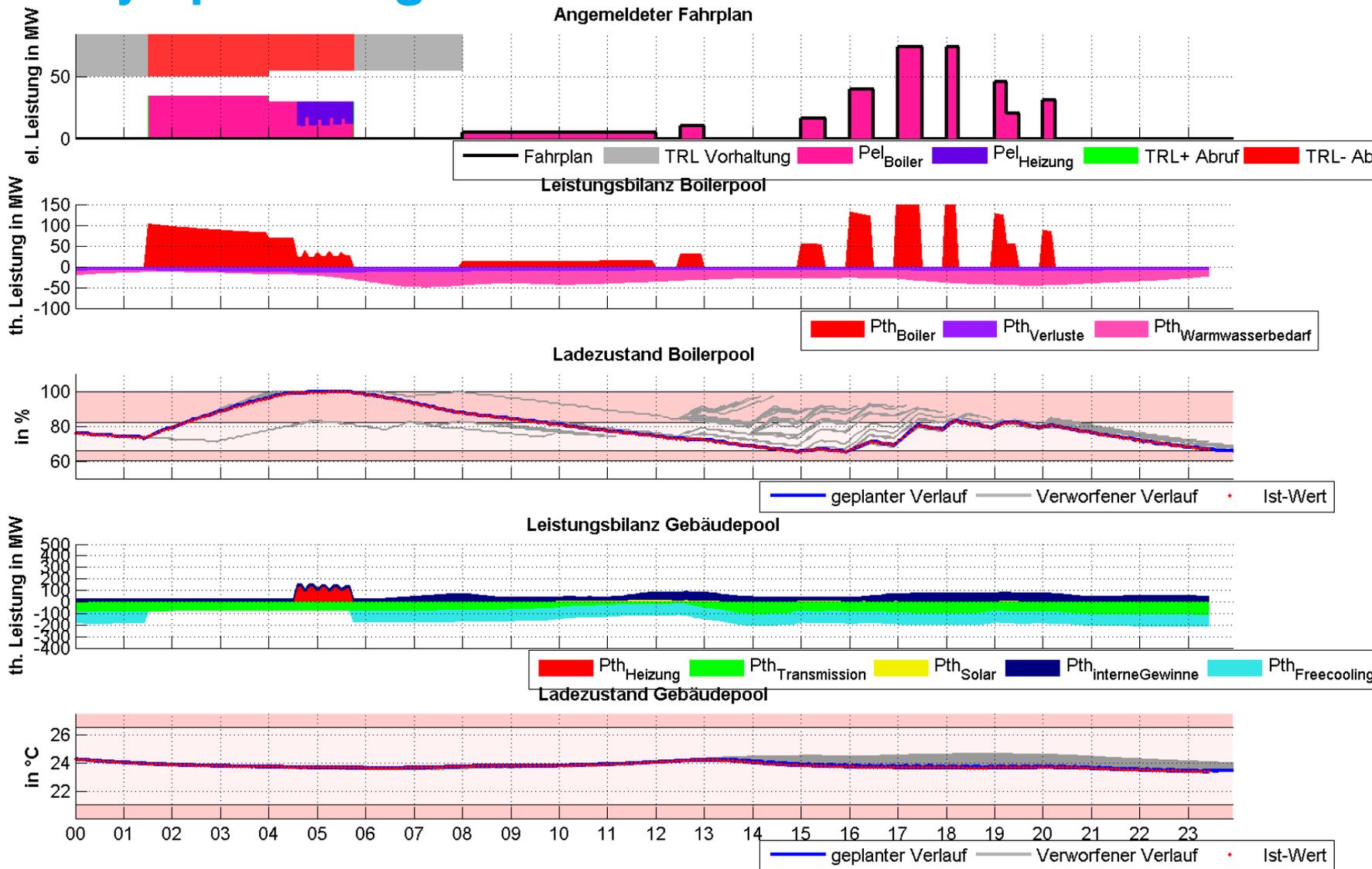
# 5 Intraday-Optimierung



# 5 Intraday-Optimierung



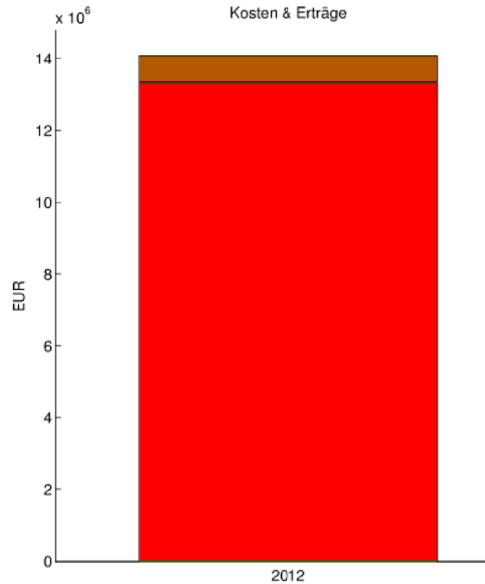
# 5 Intraday-Optimierung



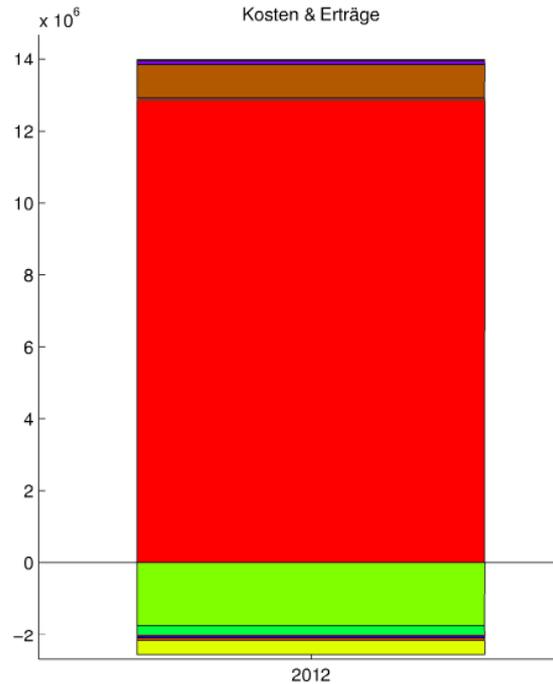
# Resultate

## Simulation Basisfall – Jahr 2012

Heutige Situation



Optimale Bewirtschaftung  
ohne Anlagemodifikationen



### Benefit in EUR

-0.1 Mio TRE  
-0.2 Mio Netz

0.5 Mio Day-Ahead

2.0 Mio Intraday  
0.4 Mio TRL

**~ 2.6 Mio EUR**

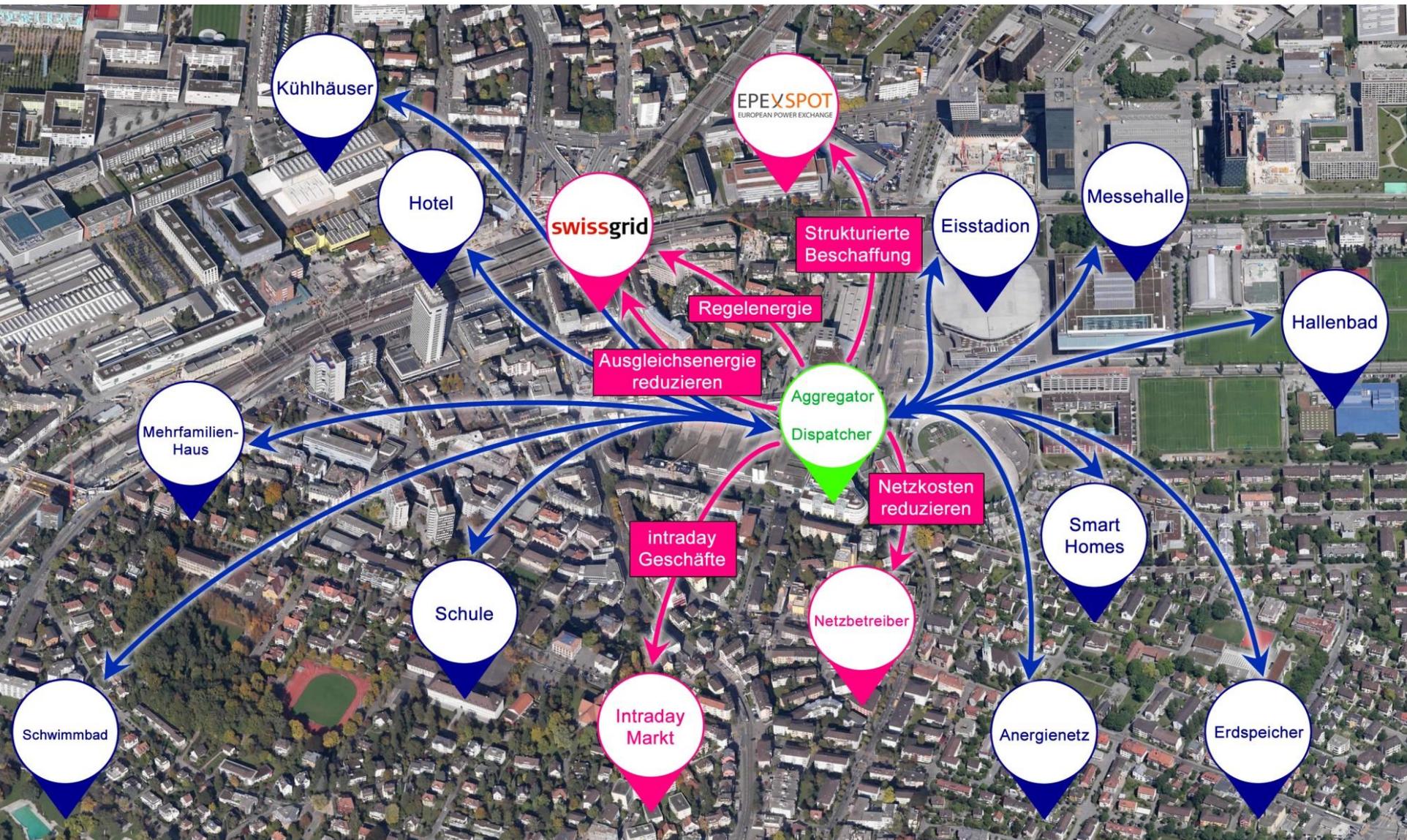
**~ 600 CHF / Anlage**

# Fazit

- Thermische Speicher bieten ein **attraktives Lastverschiebungspotenzial**
- Das Speichervermögen von **Gebäuden** und eine **vorausschauende Betriebsweise** versprechen die grösste Wirtschaftlichkeit
- Überheizen oder Unterkühlen führen zu einem Mehrverbrauch an Strom und somit zu lokal sinkender Energieeffizienz aber **steigender Systemeffizienz**
- Der Anlagenbetreiber braucht einen finanziellen Anreiz, damit er mitmacht (**dynamische Tarife**) – wie entwickeln sich die Strompreise?
- **Es braucht Schnittstellen** zwischen den Automatisierungswelten von Anlagen und Gebäuden und denen von Stromnetzen und Kraftwerken
- **Komfort und thermische Behaglichkeit** dürfen nicht vergessen werden

# Ausblick – Pilotprojekt in der Stadt Zürich

Sept. 2013 – Dez. 2015



Die markierten Objekte sind mögliche Beispiele und entsprechen nicht den tatsächlich gewählten Pilotanlagen.

# [www.misurio.ch](http://www.misurio.ch)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!