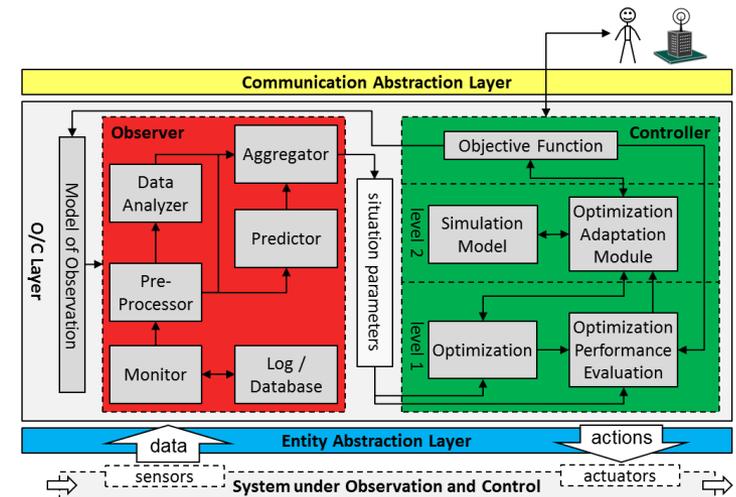


Organic Smart Home – eine flexible Architektur für ebenen- und energieträgerübergreifendes Energiemanagement

Hartmut Schmeck (gemeinsam mit Florian Allerding, Birger Becker, Christian Hirsch, Sebastian Kochannek, Ingo Mauser, Fabian Rigoll und weiteren Mitarbeitern)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut AIFB
FZI Forschungszentrum Informatik

INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIK UND FORMALE BESCHREIBungsverfahren (AIFB)



Europäische Energieziele:

Strategic Energy Targets 20-20-20:

März 2007: EU Technologieziele für das Jahr 2020:

- 20% Reduktion der EU CO₂-Emissionen.
- 20% Anteil erneuerbarer Energien an Europäischem Energieverbrauch
- 20% erhöhte Energieeffizienz.

Ehrgeizigere Ziele Deutschlands:

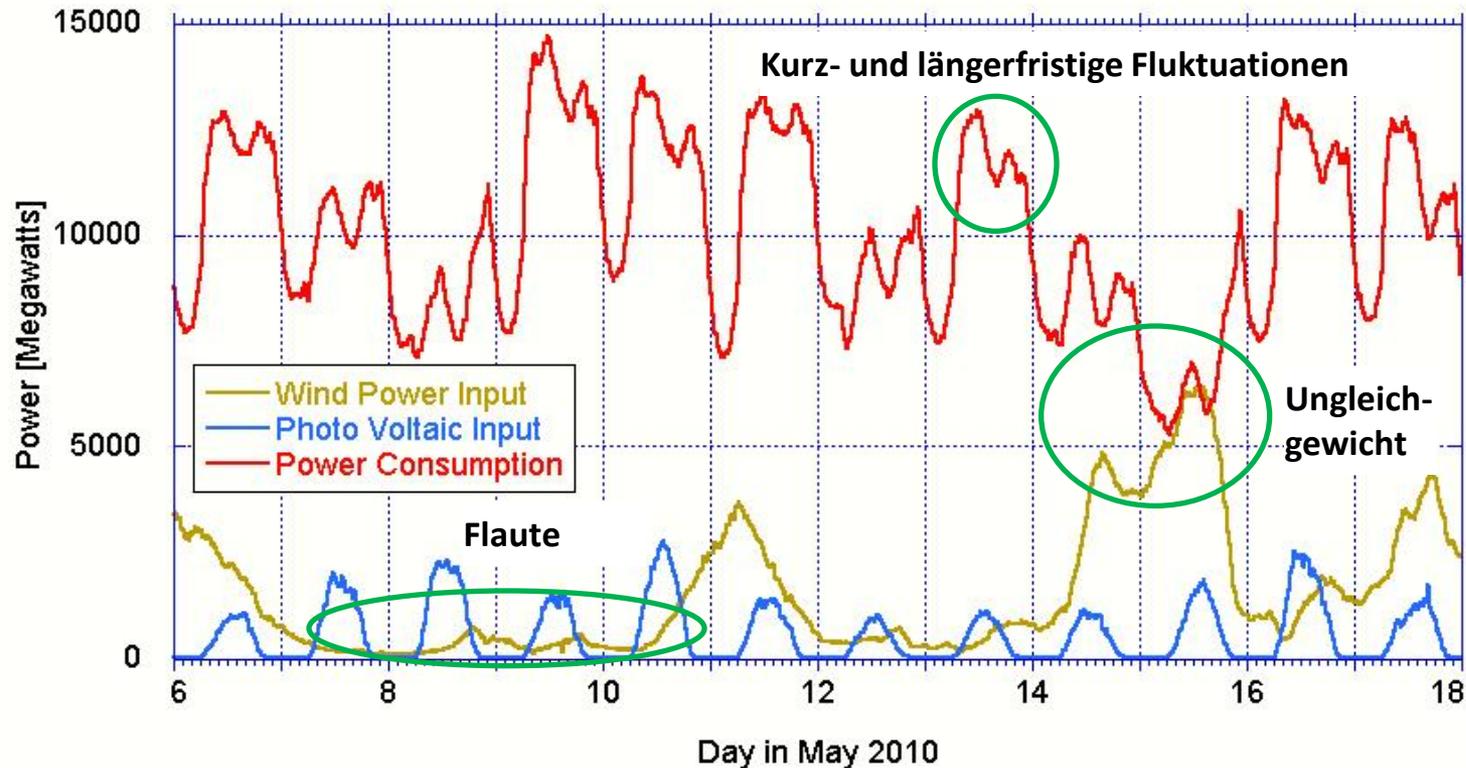
Herbst 2010:

35% EE bis 2020, 50% bis 2030, 85 % (??) bis 2050

Frühjahr 2011: „Energiewende“

Beschleunigter Ausstieg aus Atomenergie ...

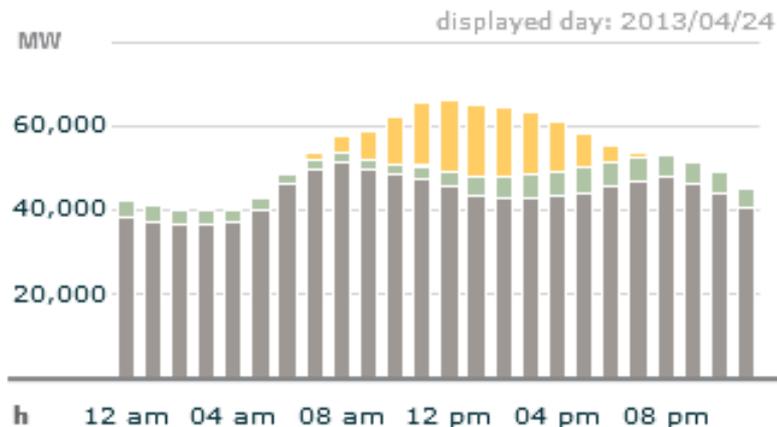
Probleme: **Fluktuationen** von **Stromverbrauch** und **Stromerzeugung**



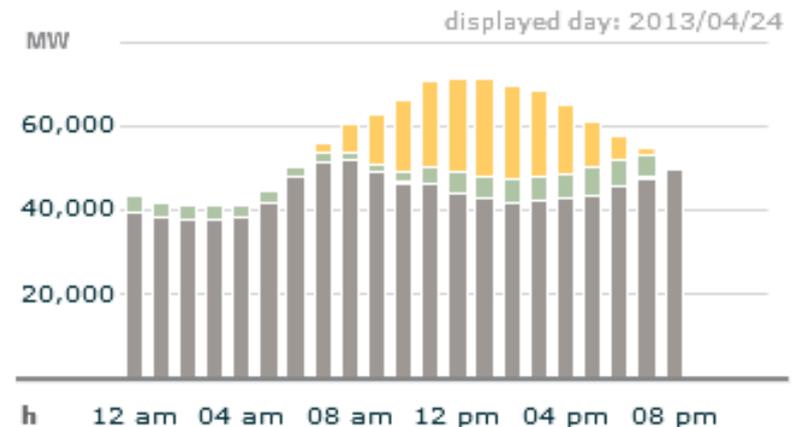
- Fluktuationen in verschiedenen Zeitskalen, unterschiedlich vorhersehbar
- Umgang mit Fluktuationen? Demand and Supply Management
- Umgang mit langer Flaute?? Speicher??

Probleme: Ungewissheit vorhergesagte und tatsächliche PV-Leistung

Vorhergesagte Stromerzeugung



Tatsächliche Stromerzeugung



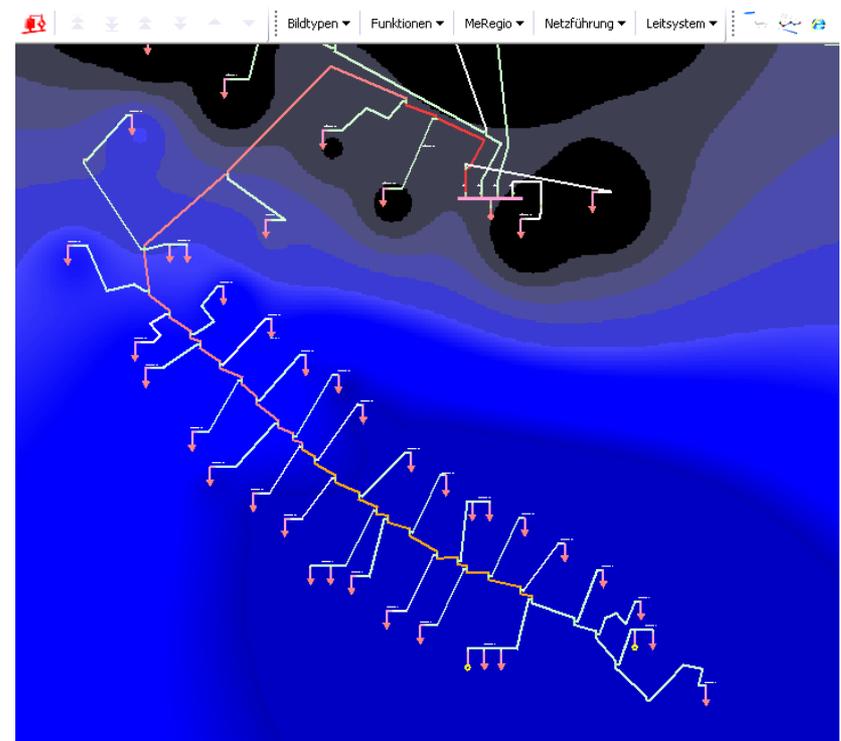
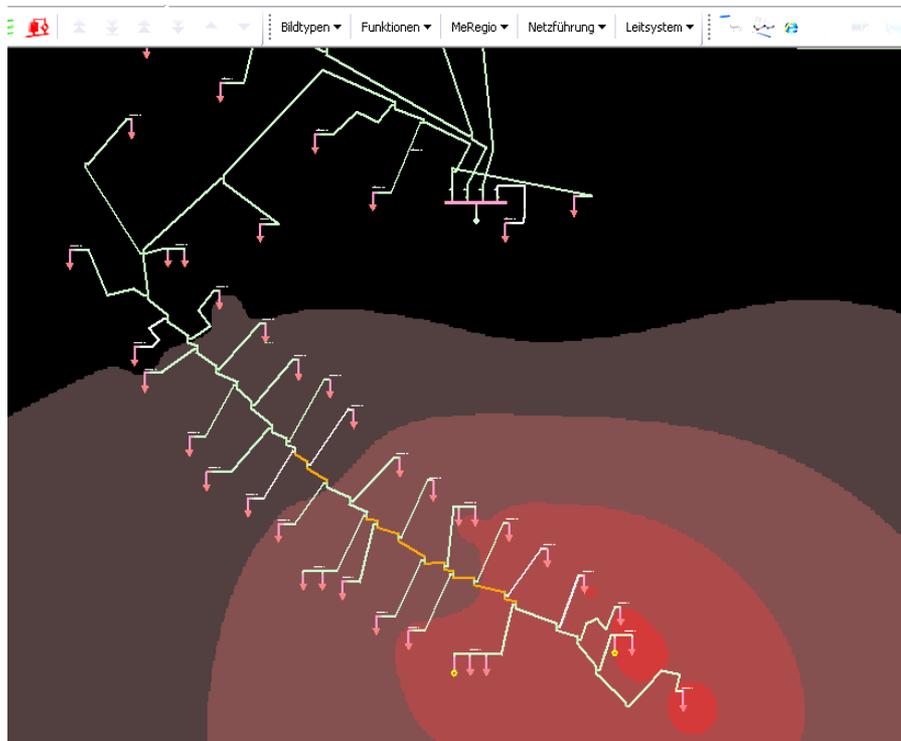
- 24.4.13, geplant: PV 17,3 GW, Wind 5,9 GW (Spitze),
 - 24.4.13.: tatsächlich: PV 23 GW, Wind 6,4 GW (Spitze),
- Wie geht man mit derartigen Abweichungen um?? (hier rund 6 GW!)
(Quelle: <http://www.transparency.eex.com/>)

Probleme: **Dezentralität** Netzengpässe im 0,4 kV-Verteilungsnetz

**Spannungserhöhung
durch PV-Einspeisung**

**Spannungsabfall
durch hohe Last (E-Auto)**

Darstellung ermöglicht durch Modellregion MeRegio (E-Energy)



Quelle: Stephan Kautsch ABB

Energiemanagement: Ausgleich von Nachfrage und Versorgung

Traditionell:

- Nachfrage kann nicht gesteuert werden
- Elektrizität kann nicht gespeichert werden.

→ **Prinzip: Versorgung folgt der Nachfrage**
(Frequenzgesteuerte Regelenergie:
Primär-, Sekundär-, ...)

Zukünftig:

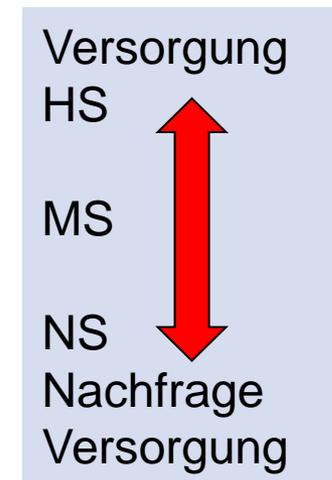
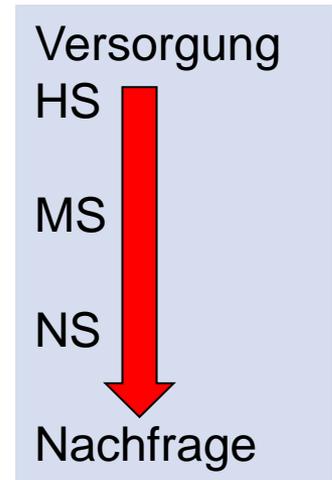
- Versorgung nur partiell steuerbar und dezentral
- **Potentielle Umkehrung des Stromflusses**

Neues Prinzip:

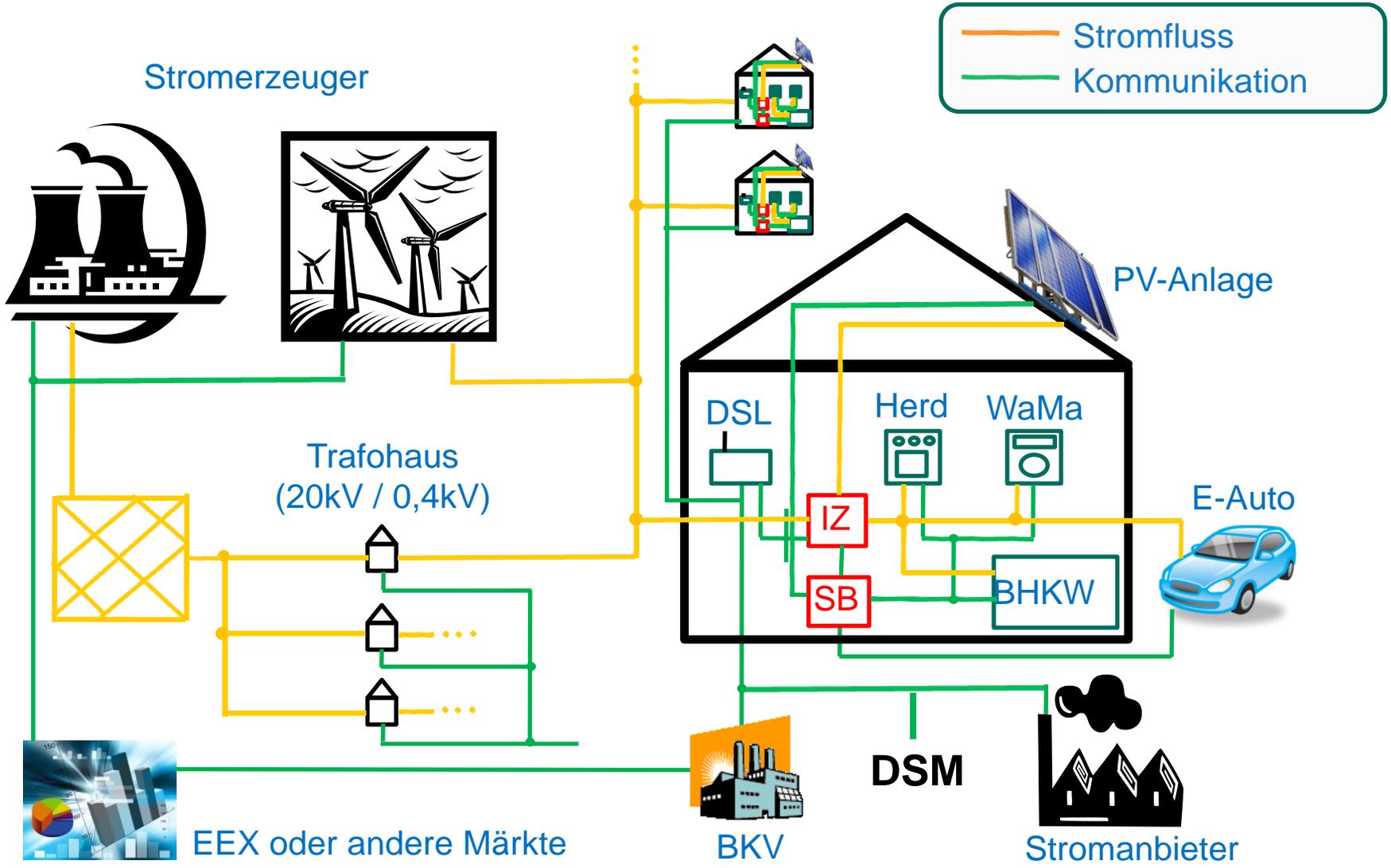
Nachfrage muss der Versorgung folgen!

Erfordert Flexibilisierung der Nachfrage

Starke Dezentralisierung des Energiemanagements



Das "Intelligente Haus" im Energienetz



Energy Smart Home Lab auf dem KIT Campus



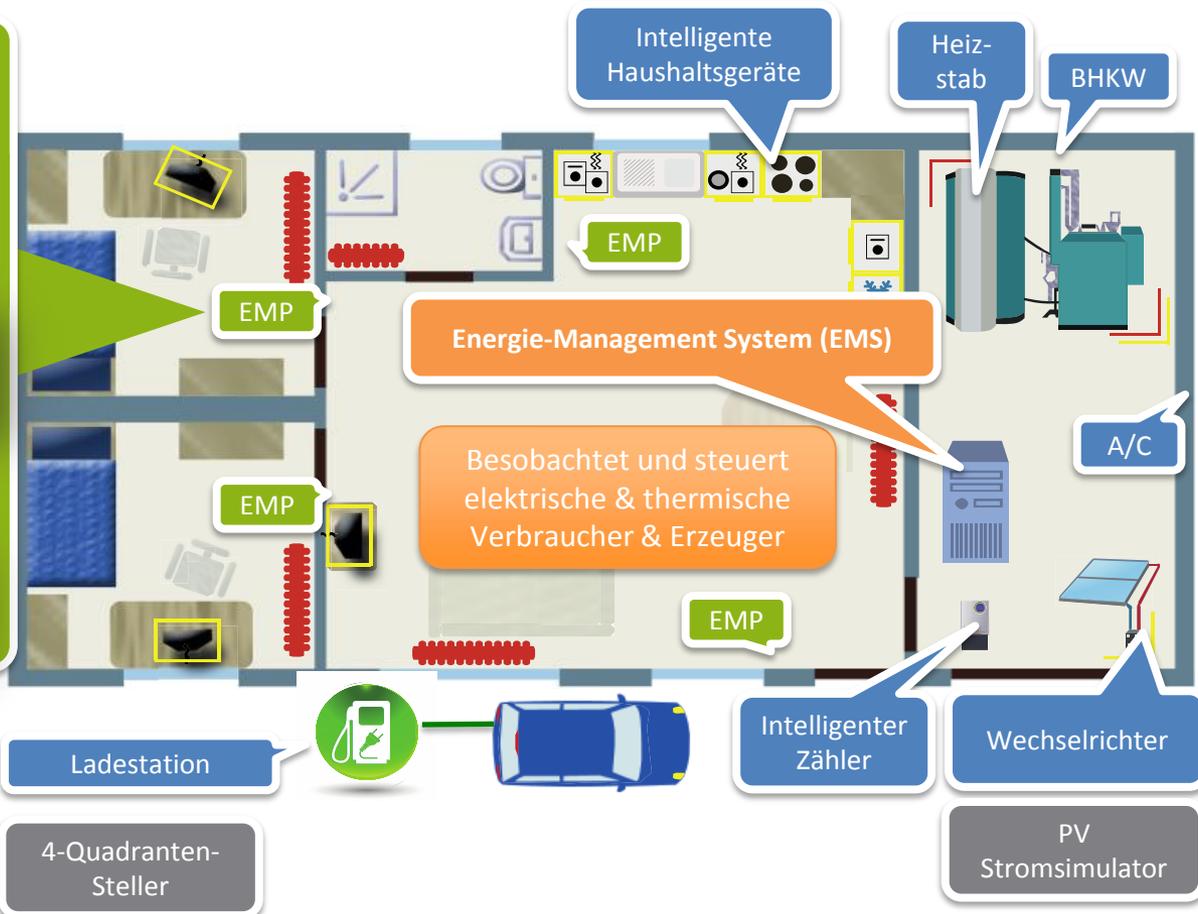
Energy Management Panel (EMP)

Visualisiert die Energienutzung

Energy Flows

Entdeckt Nutzerpräferenzen

Opel Meriva Plug-in-Hybrid



Benutzerinteraktion im Energy Smart Home Lab

Energy Management Panel

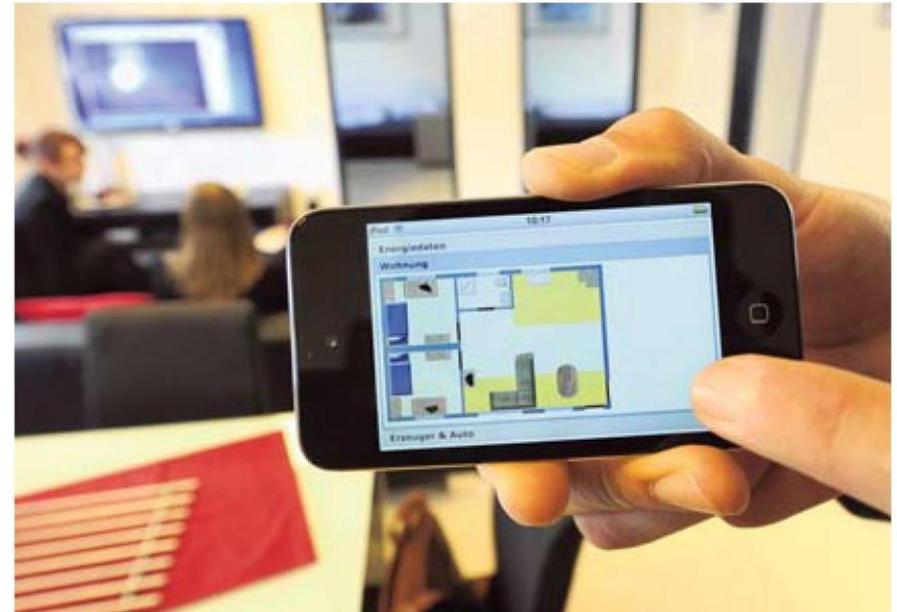


Informieren

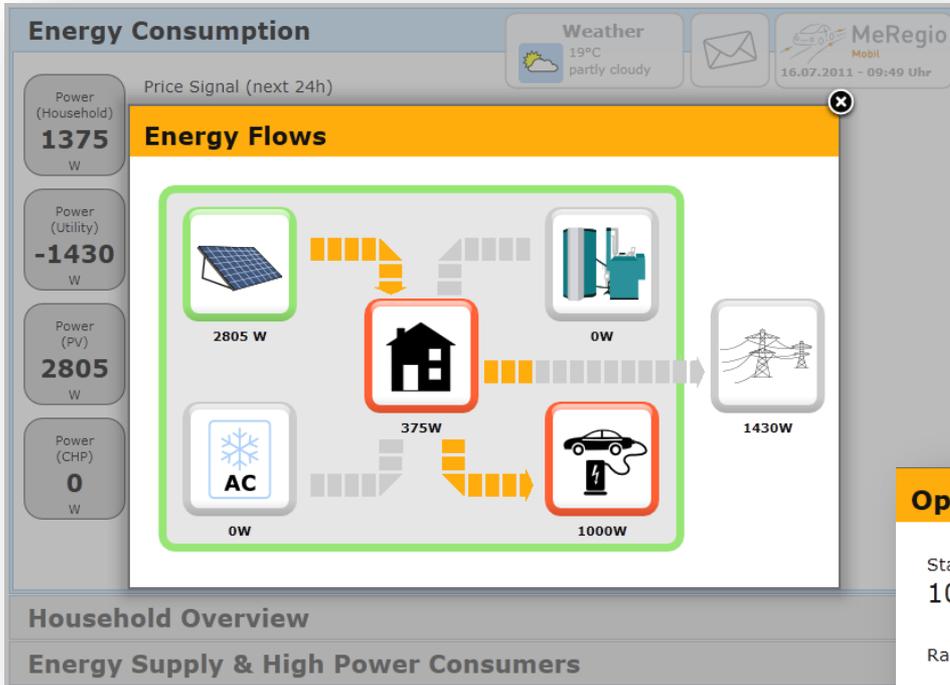
- Transparente Information über aktuellen Energieverbrauch
- Information über Verbrauchshistorie

Spielräume erschließen

- Eingabe zeitlicher Freiräume
- Konfiguration von Nutzerpräferenzen

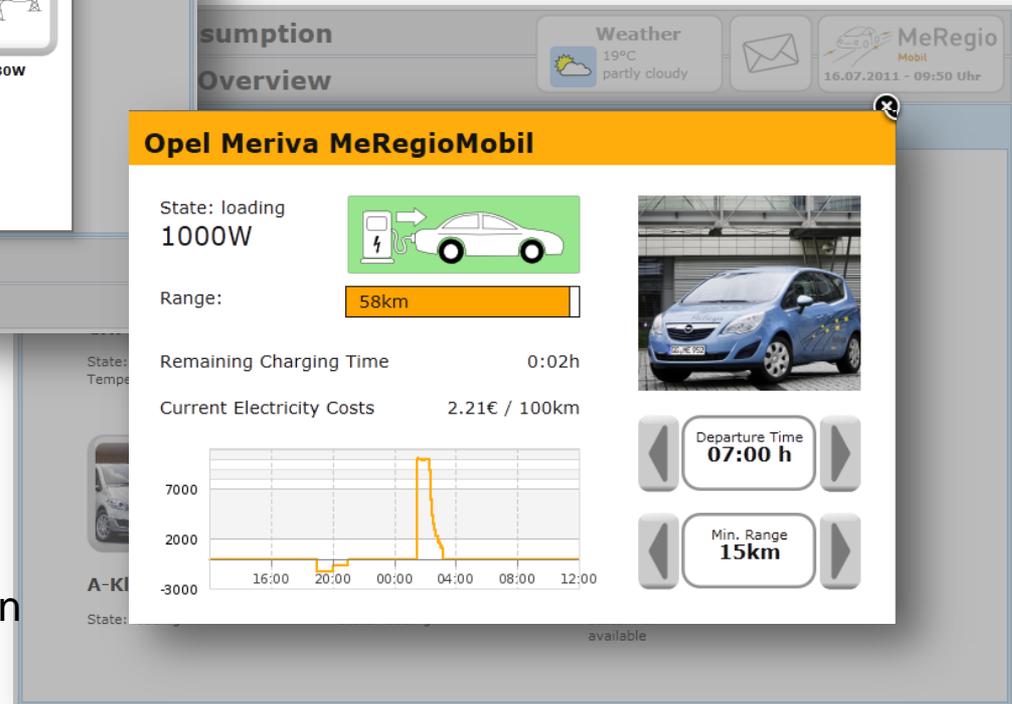


Nutzerinteraktion - EMP



Informieren

- Transparente Information über aktuellen Energieverbrauch
- Information über Verbrauchshistorie



Spielräume erschließen

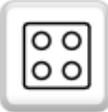
- Eingabe zeitlicher Freiräume
- Spezifikation von Nutzerpräferenzen

Energiedaten

Wohnung

MeRegio Mobil
21.02.2011 - 16:30 Uhr

Küche

	Kochfeld Leistung: 0 W Status: aus		Backofen Leistung: 2586 W Status: an
	Waschmaschine Leistung: 0 W Status: aus		Trockner Leistung: 0 W Status: aus
	Geschirrspüler Leistung: 0 W Status: an		Kühlschrank Leistung: 0 W Status: an
	Gefrierschrank Leistung: 0 W Status: an		Kaffeemaschine Leistung: 0 W Status: aus

Erzeuger & Auto

Energiedaten

MeRegio Mobil
21.02.2011 - 16:30 Uhr

Wohnung

Küche → Trockner

Gerätetyp:	Trockner	
Status:	Programmiert	
verbleibende Laufzeit:	0:53h	
Programm:	Baumwolle	
Trocknungsstufe:	Normal	
Leistung:	0 W	

 ein

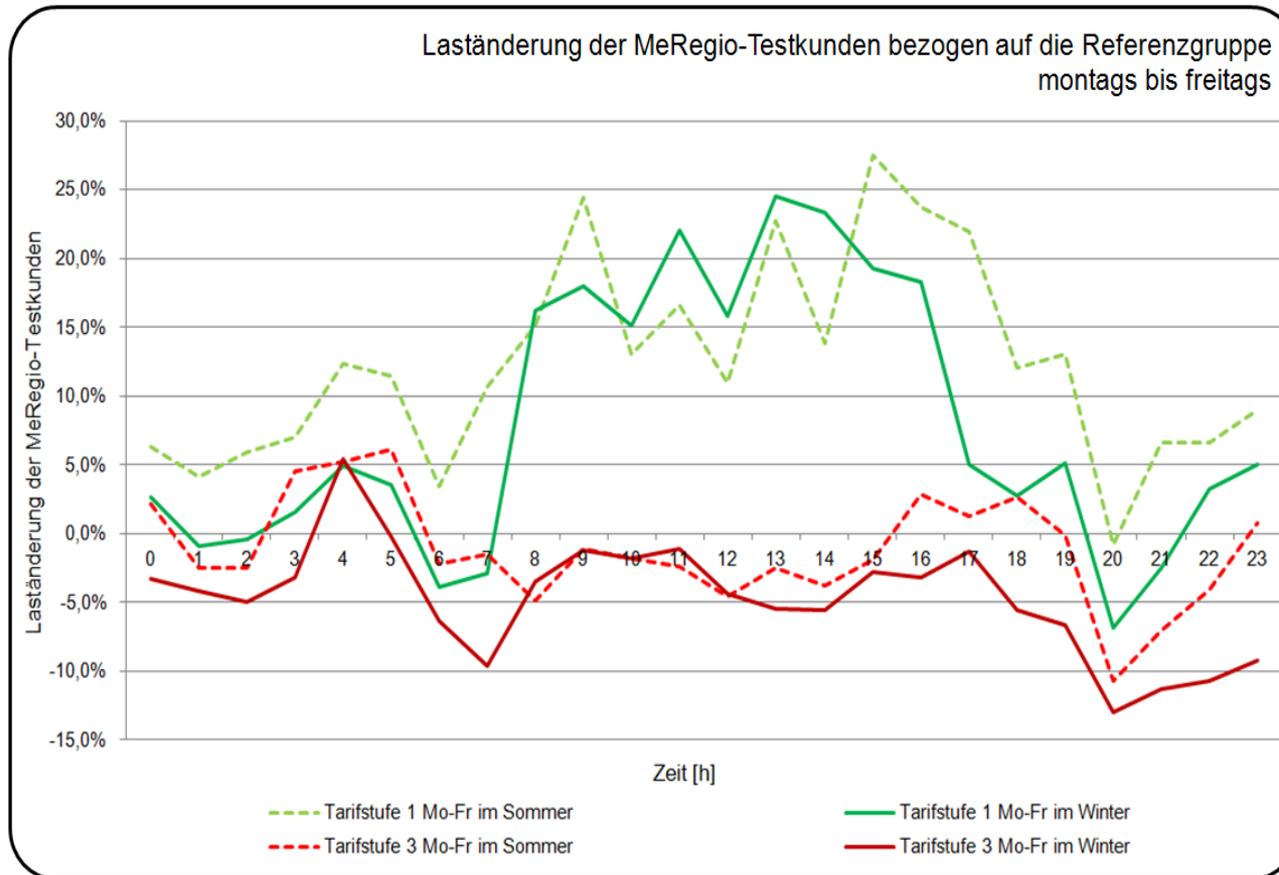
Freiheitsgrad: **04:30 Std.**

Automatischer Start um **18:00 Uhr.**



Erzeuger & Auto

Nachfragereaktionen im Feldtest MeRegio (1000 Haushalte)



Stromampel:

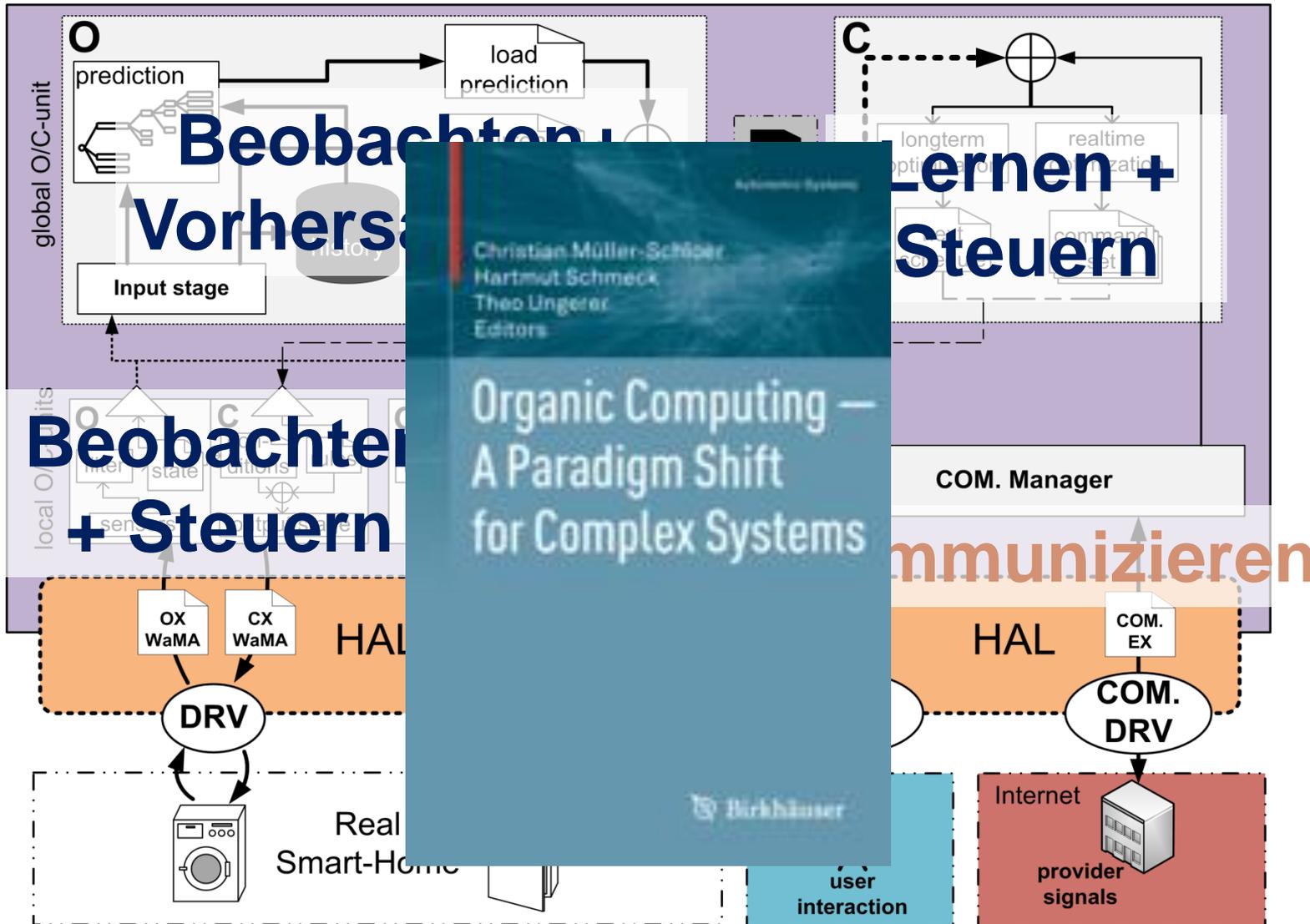


rot = teuer
grün = preiswert

[Hillemecher et al. 2012]

- Der Verbrauch wird erhöht in Stunden mit günstigen Tarifen (grüne Linien) und reduziert in Stunden mit teuren Tarifen (rote Linien), **Verschiebungspotential bis zu 30%**
- Größtes Potenzial zur Lastreduktion: In den frühen Morgenstunden und in den Abendstunden
- Größtes Potenzial der Laststeigerung: In den späten Morgenstunden und am frühen Nachmittag

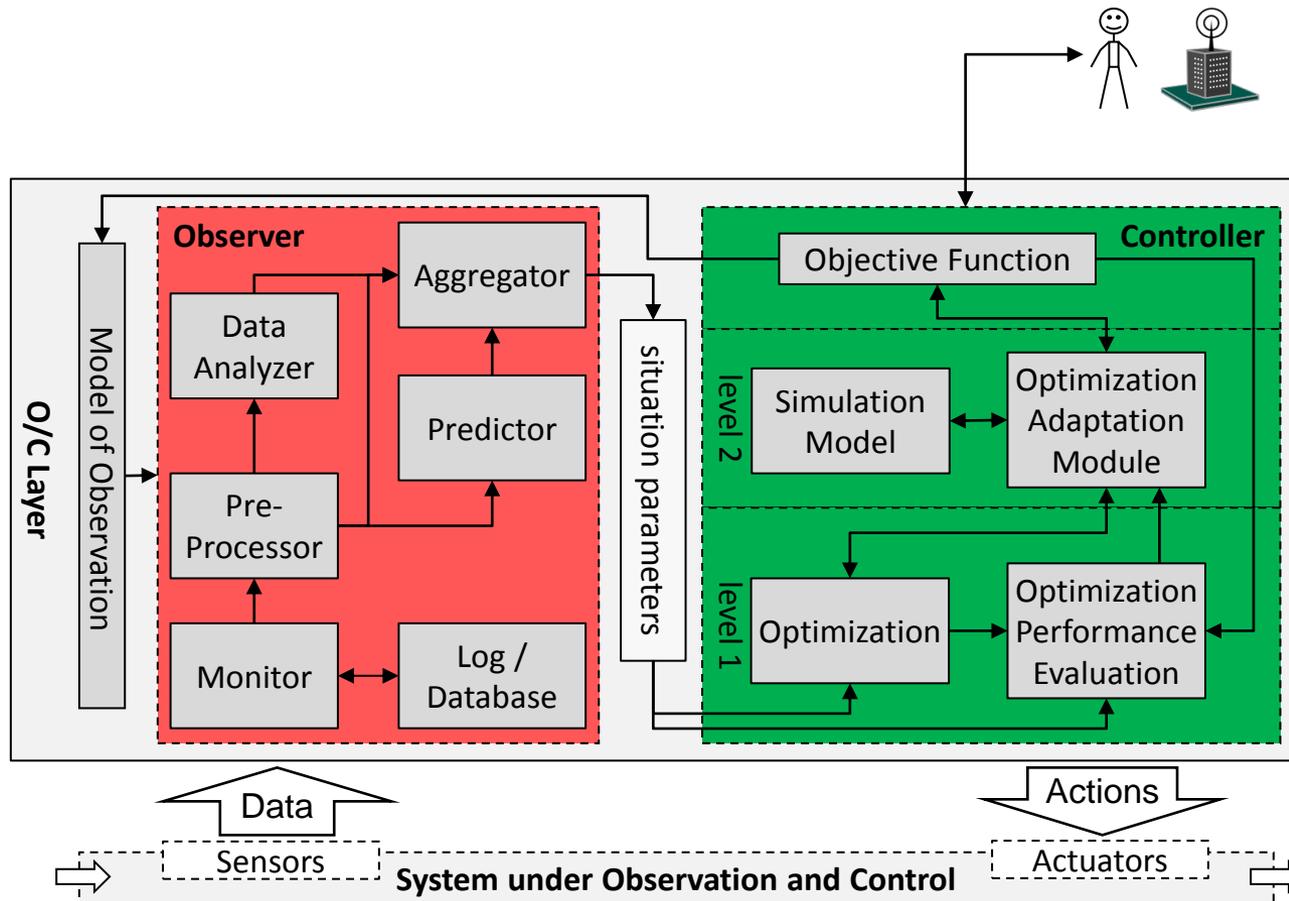
Energiemanagement-System: Organic Smart Home



Generische Observer/Controller Architektur

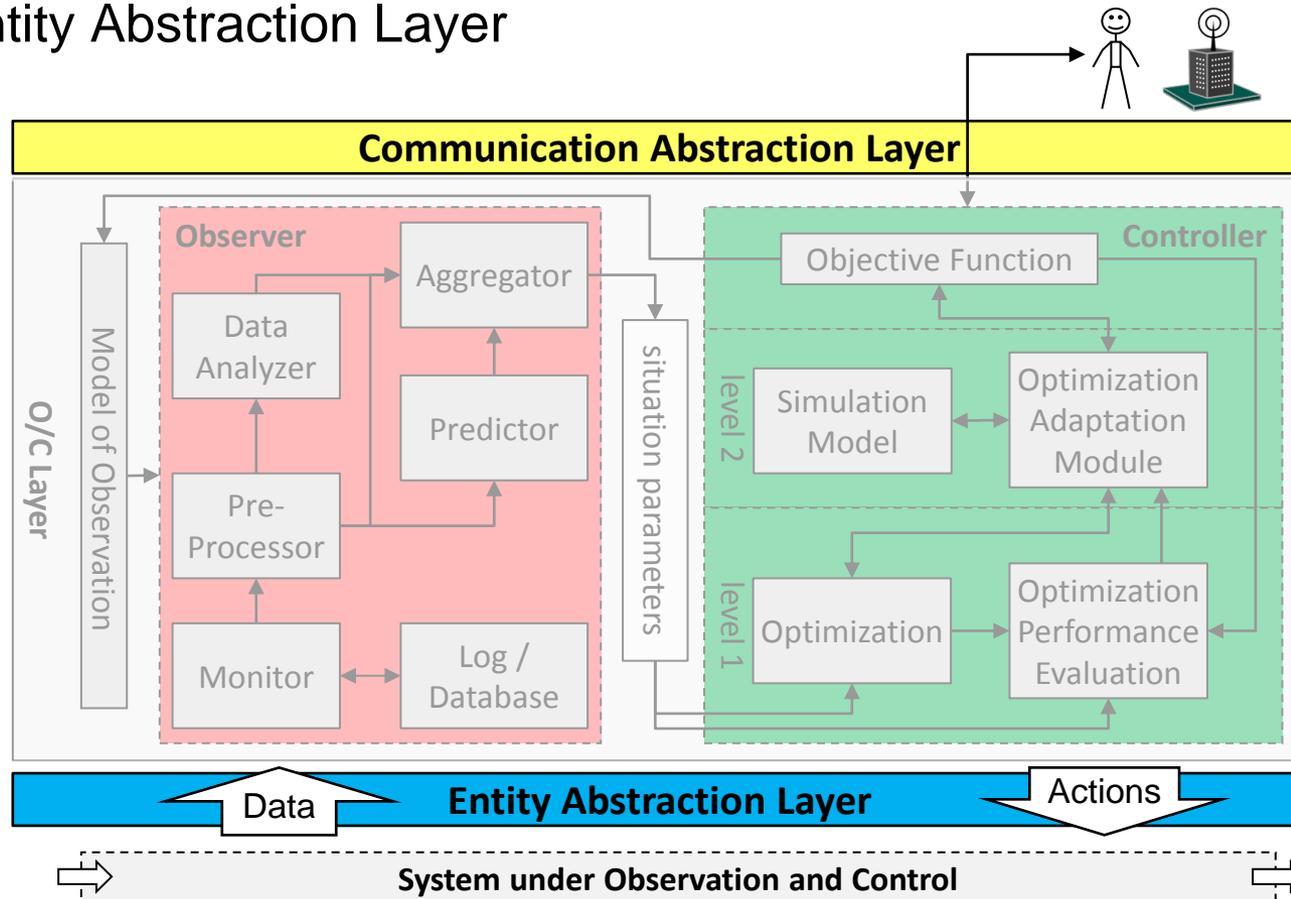
■ Basis-Architektur

(J.Branke, M.Mnif, C. Müller-Schloer, U. Richter, H. Schmeck 2006)



Erweiterte Observer/Controller Architecture

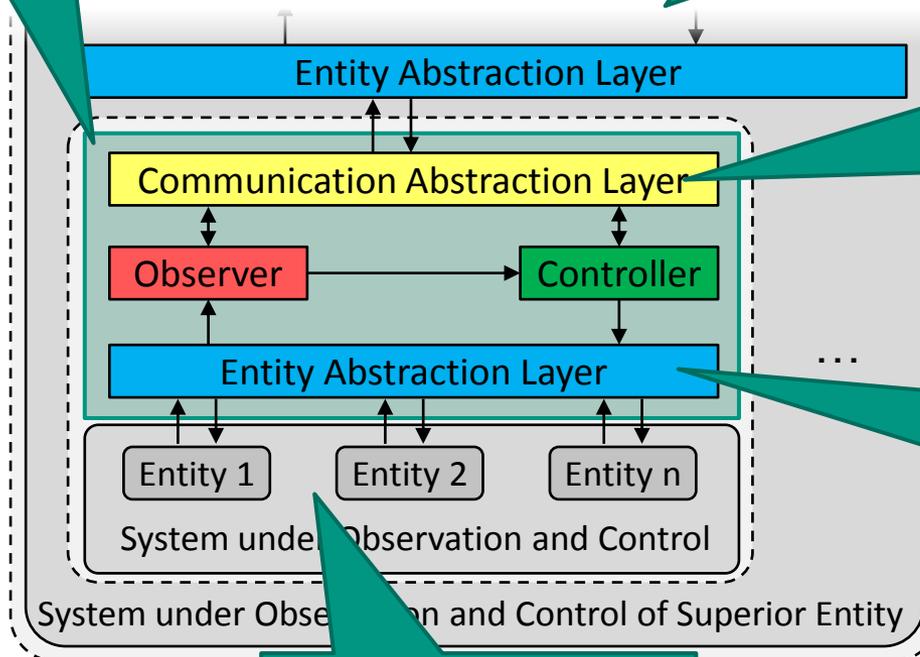
- 2 neue Schichten
 - Communication Abstraction Layer
 - Entity Abstraction Layer



Baustein für Ebenen-übergreifende Architektur

Einheit

Übergeordnete
Einheit



Communication Abstraction Layer

- Wahrnehmung externer Signale
- Wahrnehmbarkeit und Steuerbarkeit übergeordneter Einheiten

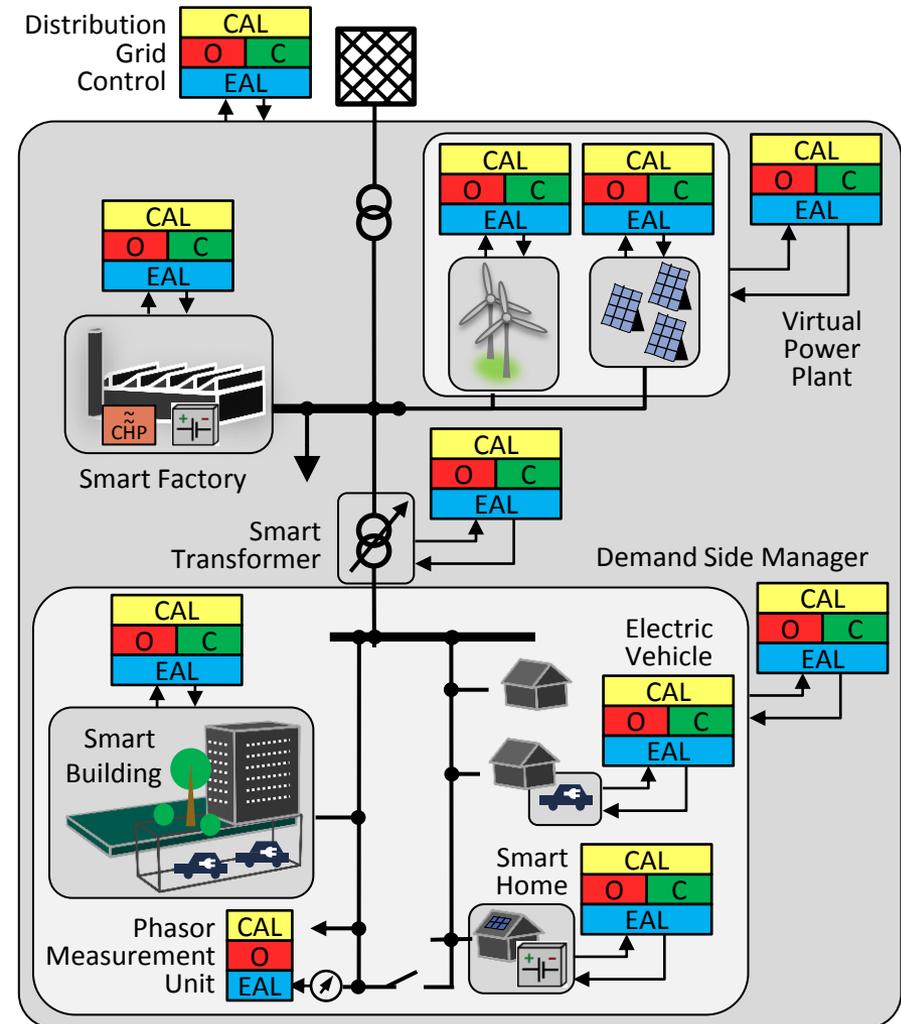
Entity Abstraction Layer

- Abstrahiert von untergeordneten Einheiten
- Entkoppelt die Managementschicht

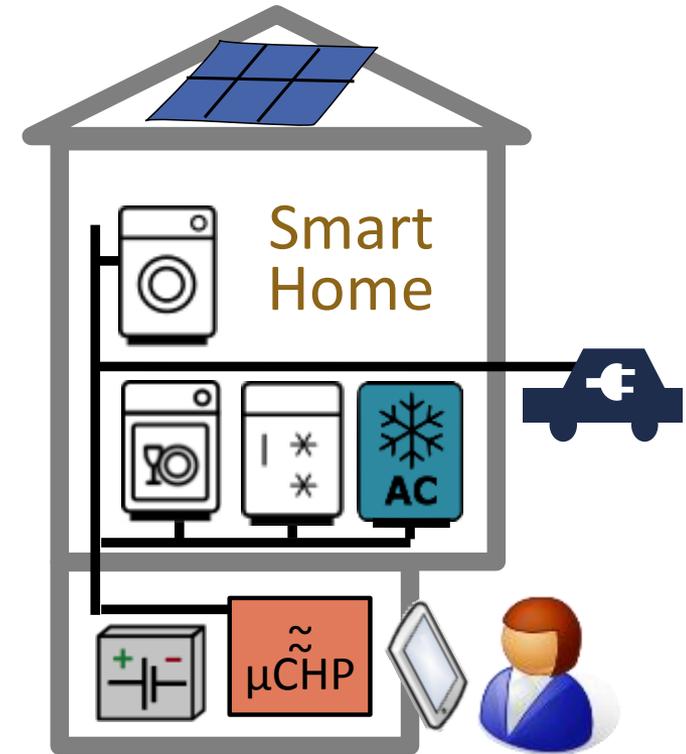
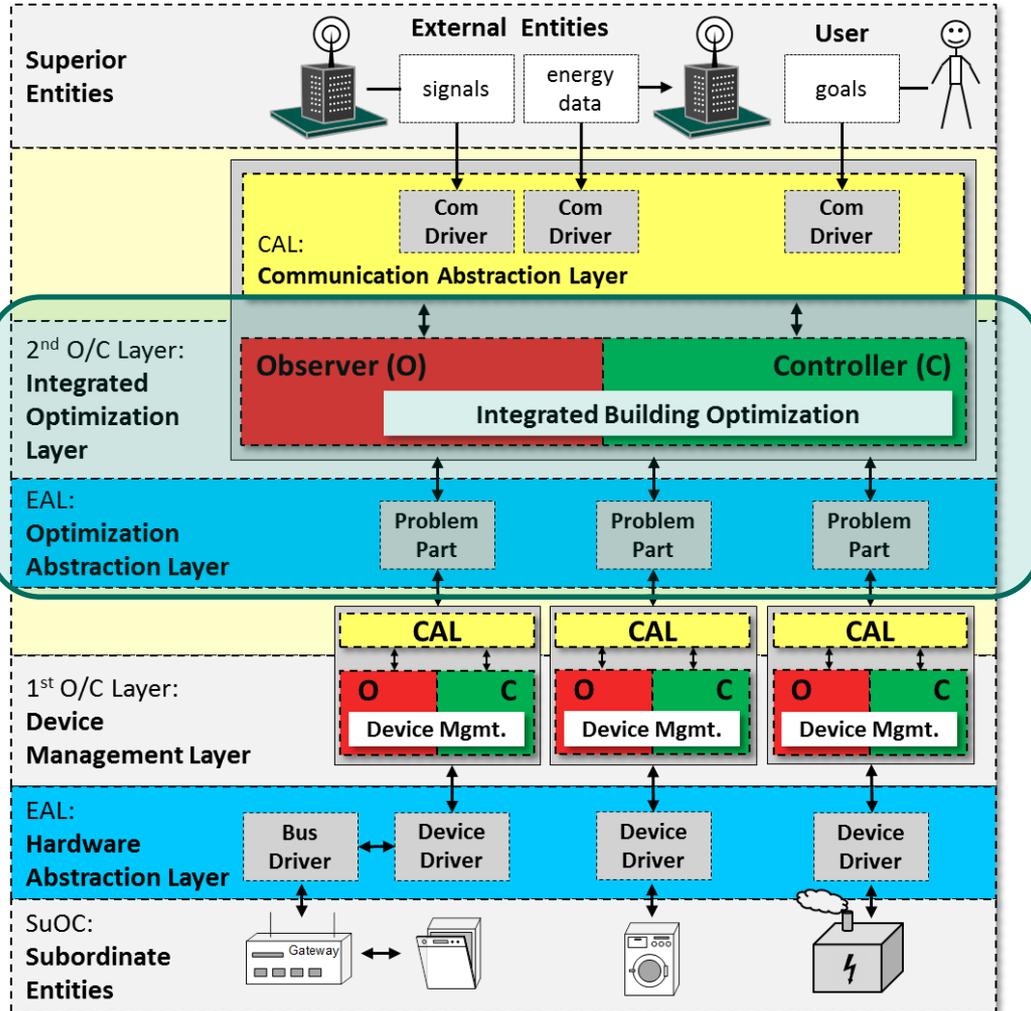
Untergeordnete
Einheiten

Ebenenübergreifende Architektur für das Smart Grid

- Vielseitig einsetzbar
 - Gebäudeenergiemanagement
 - Überwachungssysteme
 - Geräteeinsatzoptimierung
 - Virtuelle Kraftwerke
 - ...

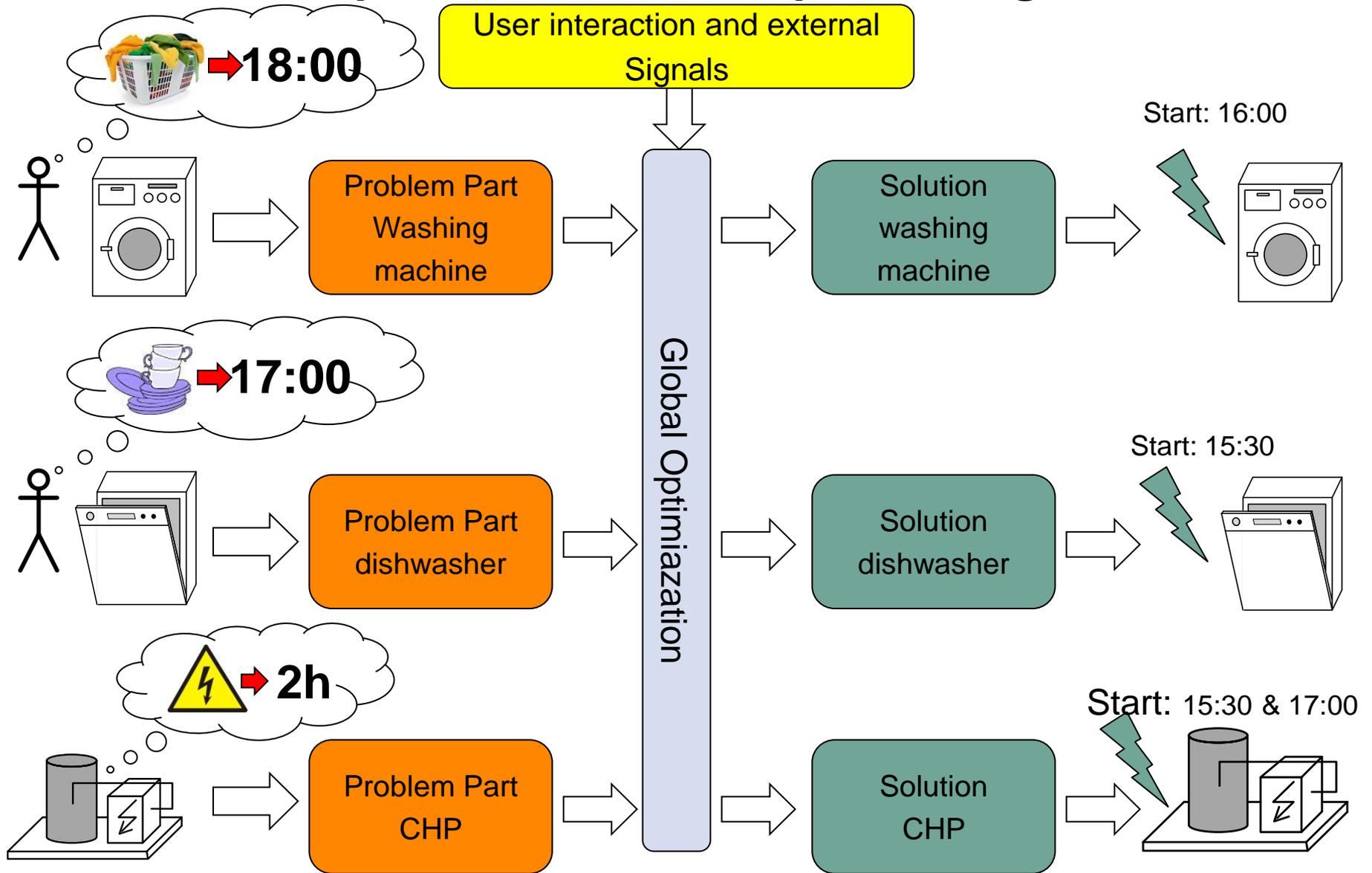


Organic Smart Home – Gebäudeenergiemanagement

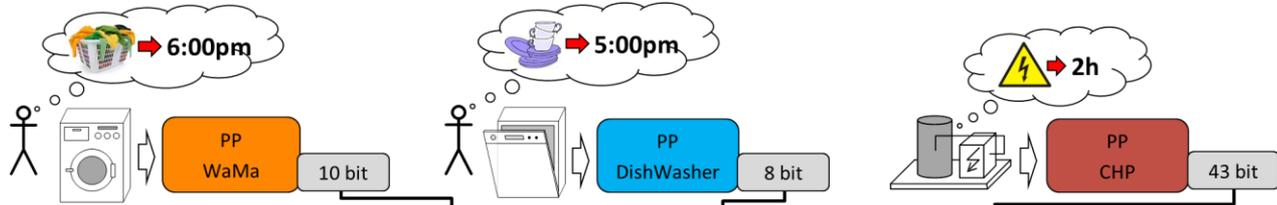


Website: www.organic smarhome.org
 Download at: sourceforge.net/projects/osmarhome/

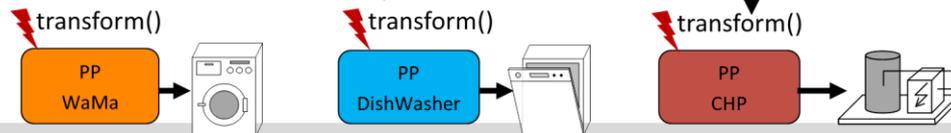
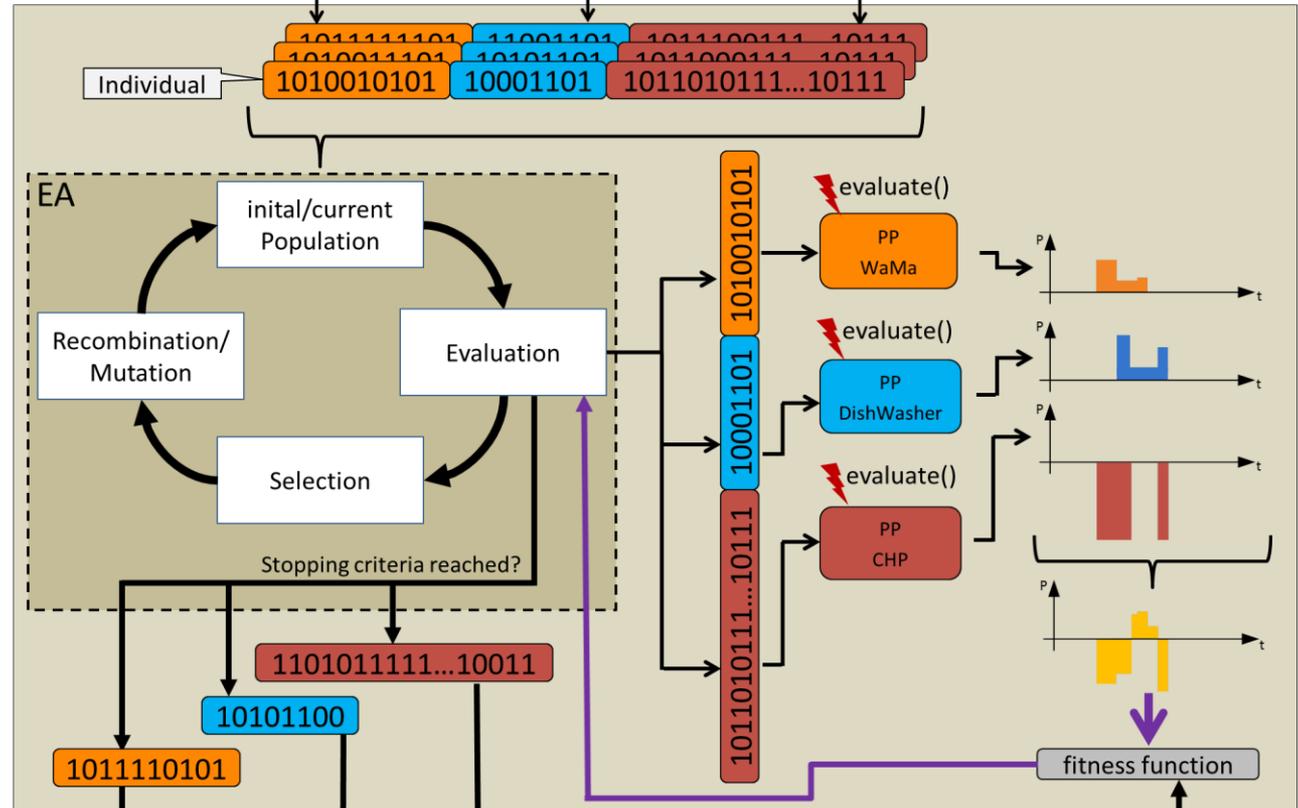
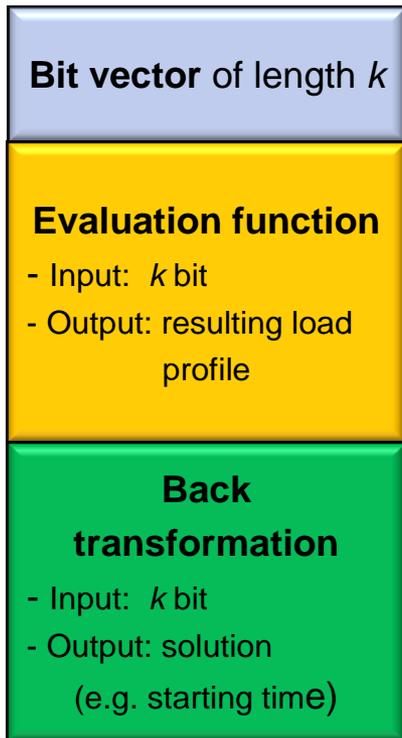
Modulare Teilproblem-basierte Optimierung



Modulare Teilproblem-basierte Optimierung



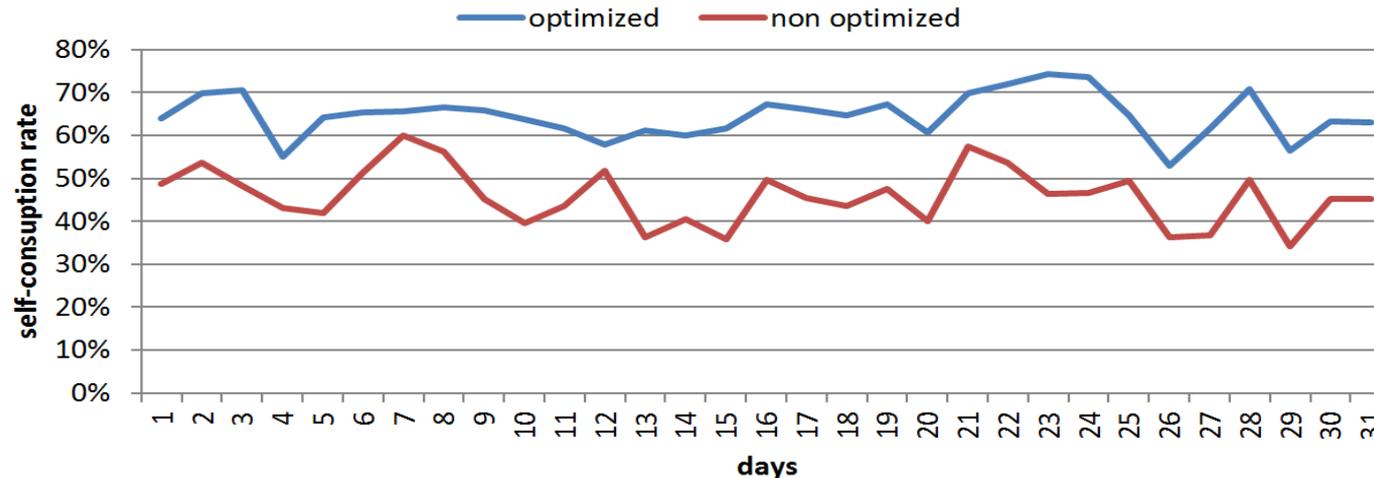
Problem part:



Beispiel: Simulationsergebnisse Haushalte mit BHKW

■ 5-Personenhaushalt

- μ -BHKW und steuerbare Haushaltsgeräte
- Signifikante Steigerung der Eigenverbrauchsrate
(d.h., Anteil des lokal erzeugten Stroms, der lokal verbraucht wird)

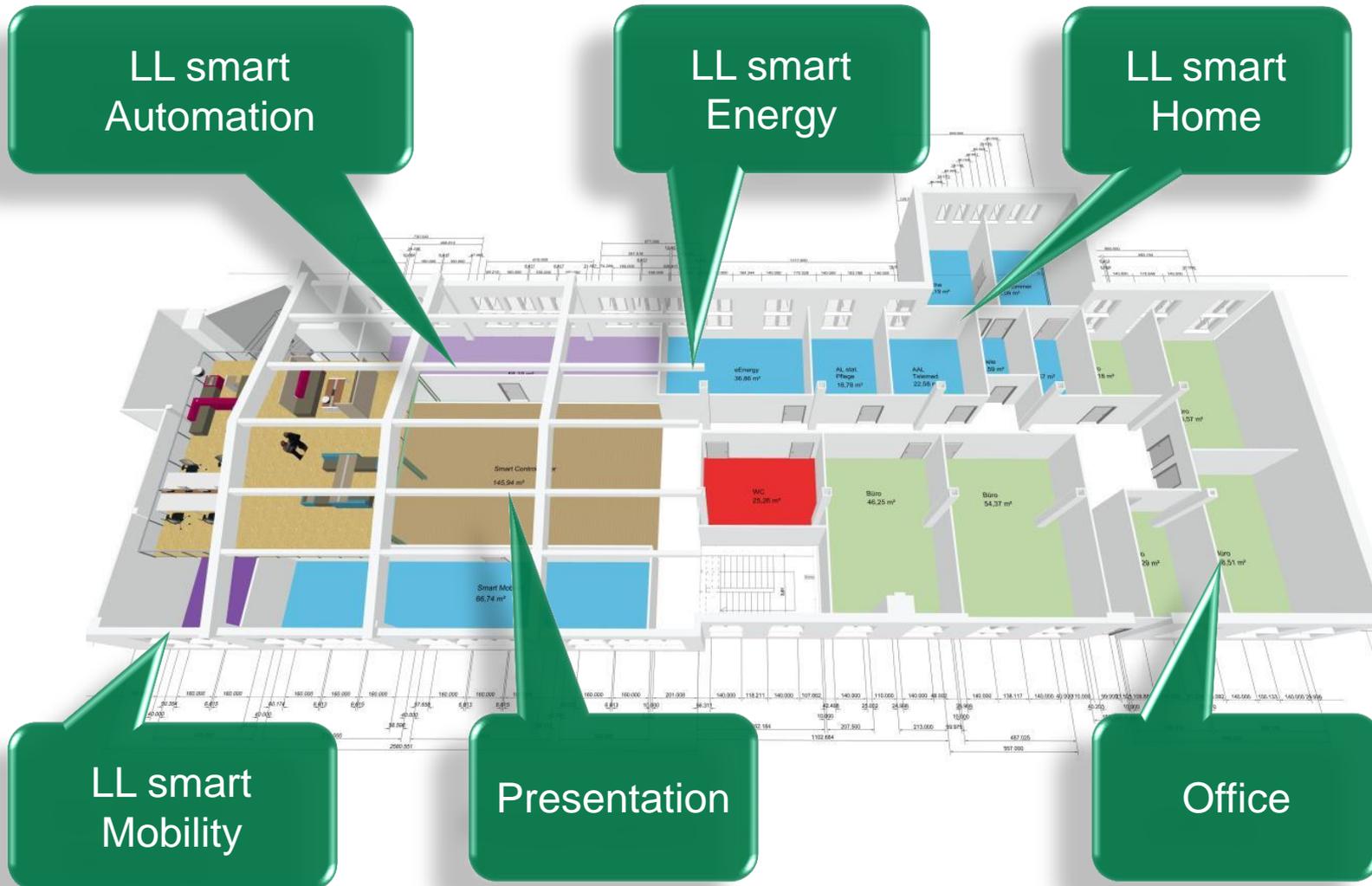


More about optimization of households using our energy management system:

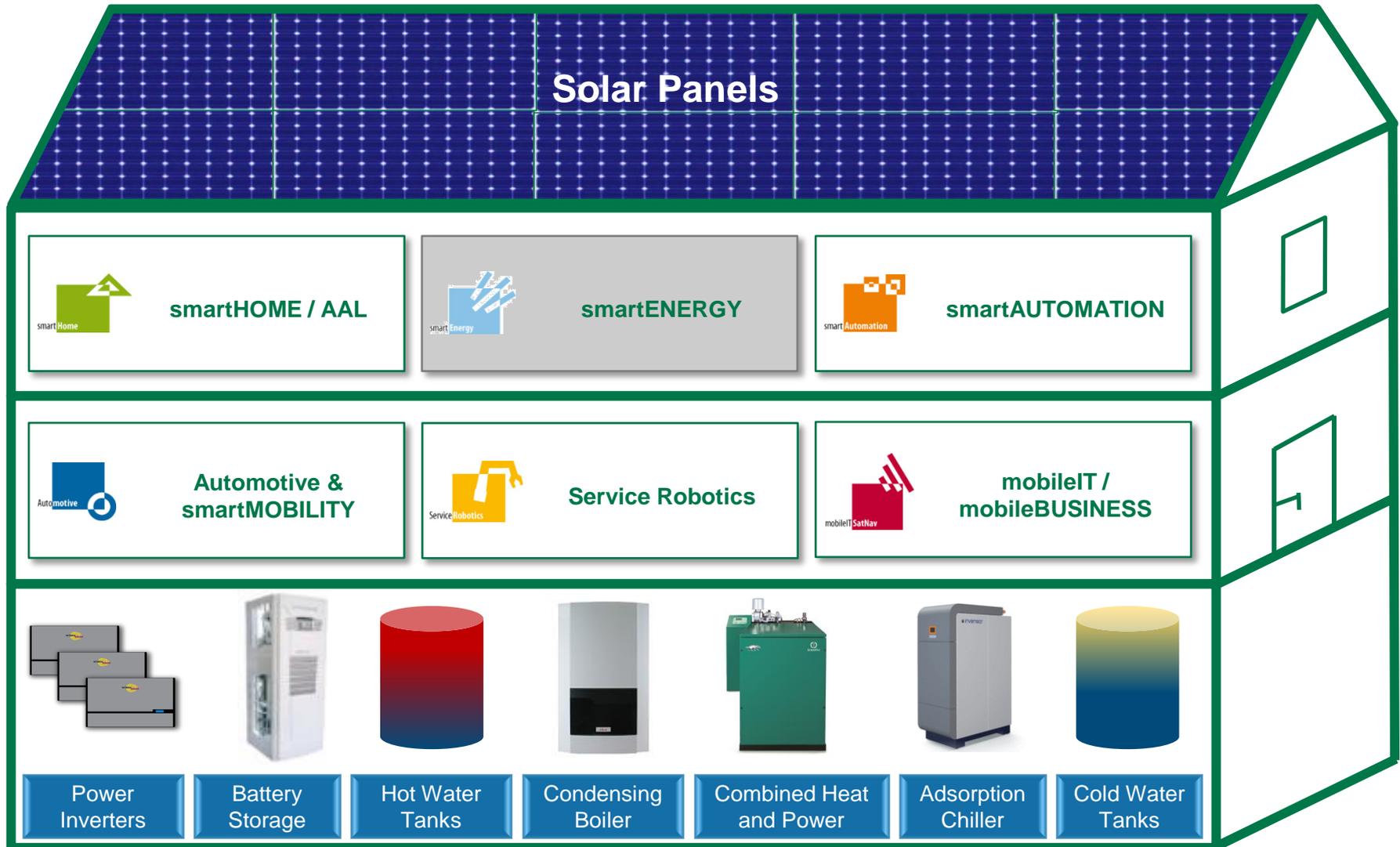
Allerding, F.; Mauser, I. & Schmeck, H. :

“Customizable Energy Management in Smart Buildings Using Evolutionary Algorithms”,
EvoStar 2014: 17th European Conference on Applications of Evolutionary Computation

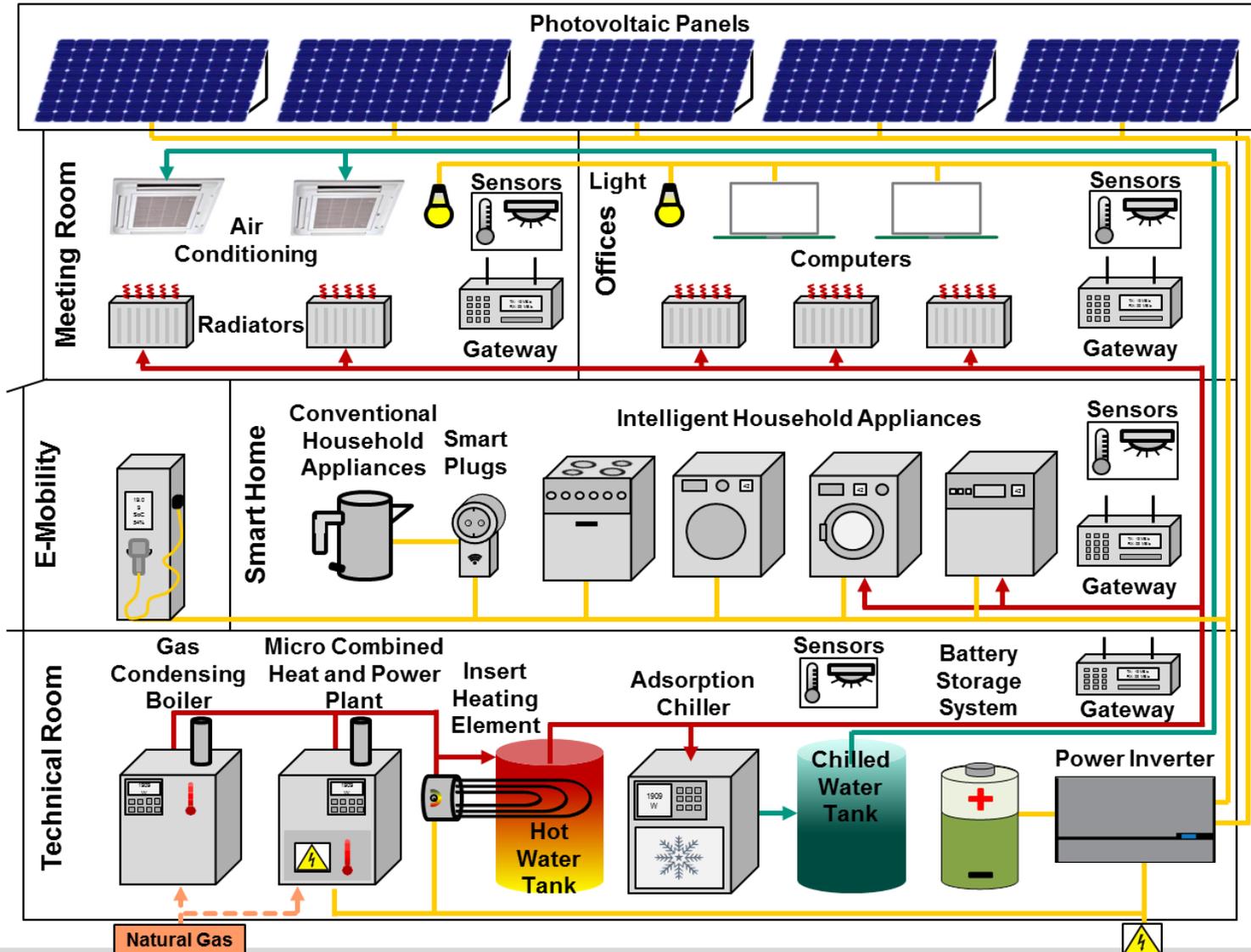
FZI House of Living Labs (HoLL)



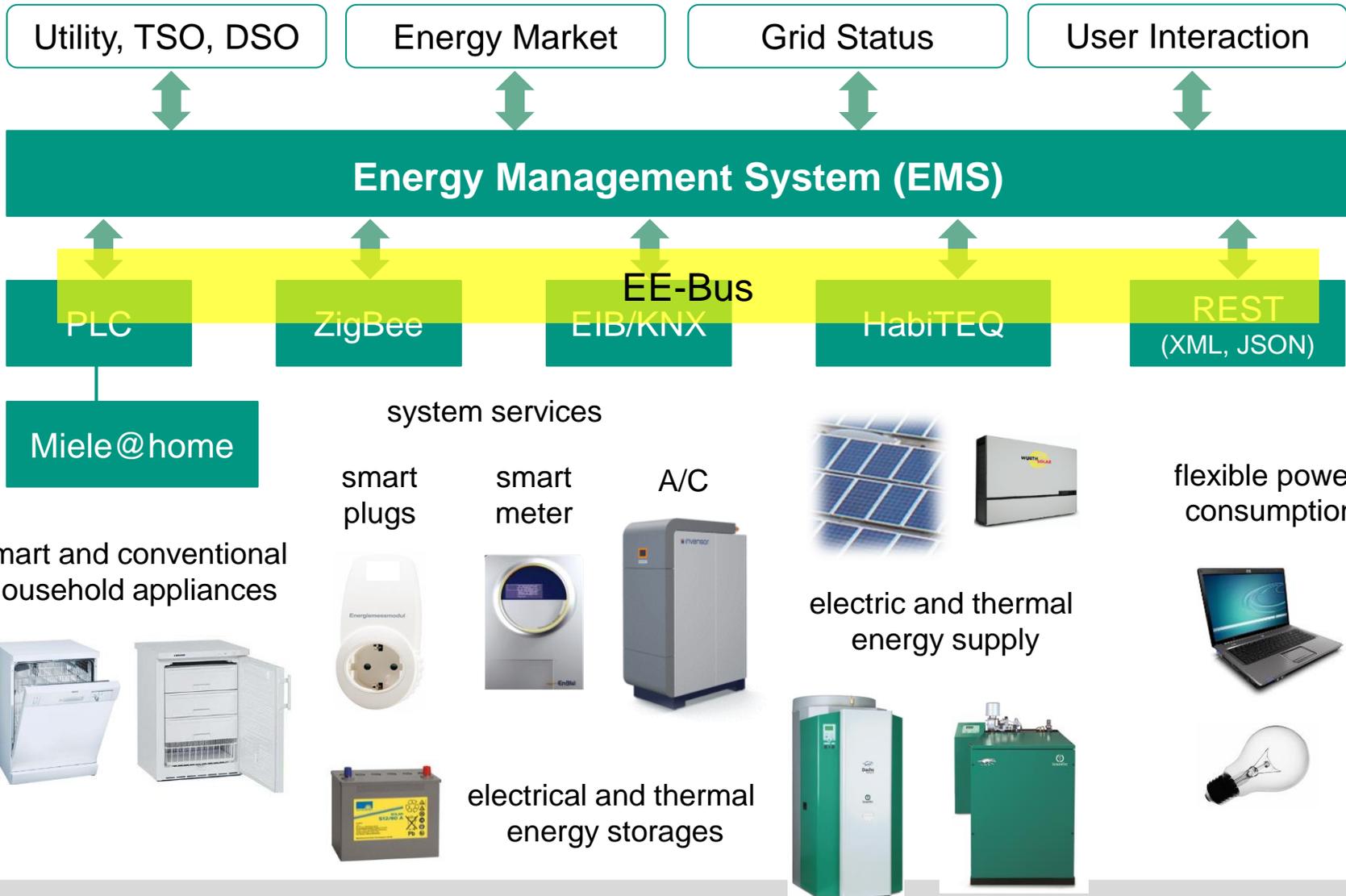
FZI House of Living Labs (HoLL)



FZI House of Living Labs (HoLL)

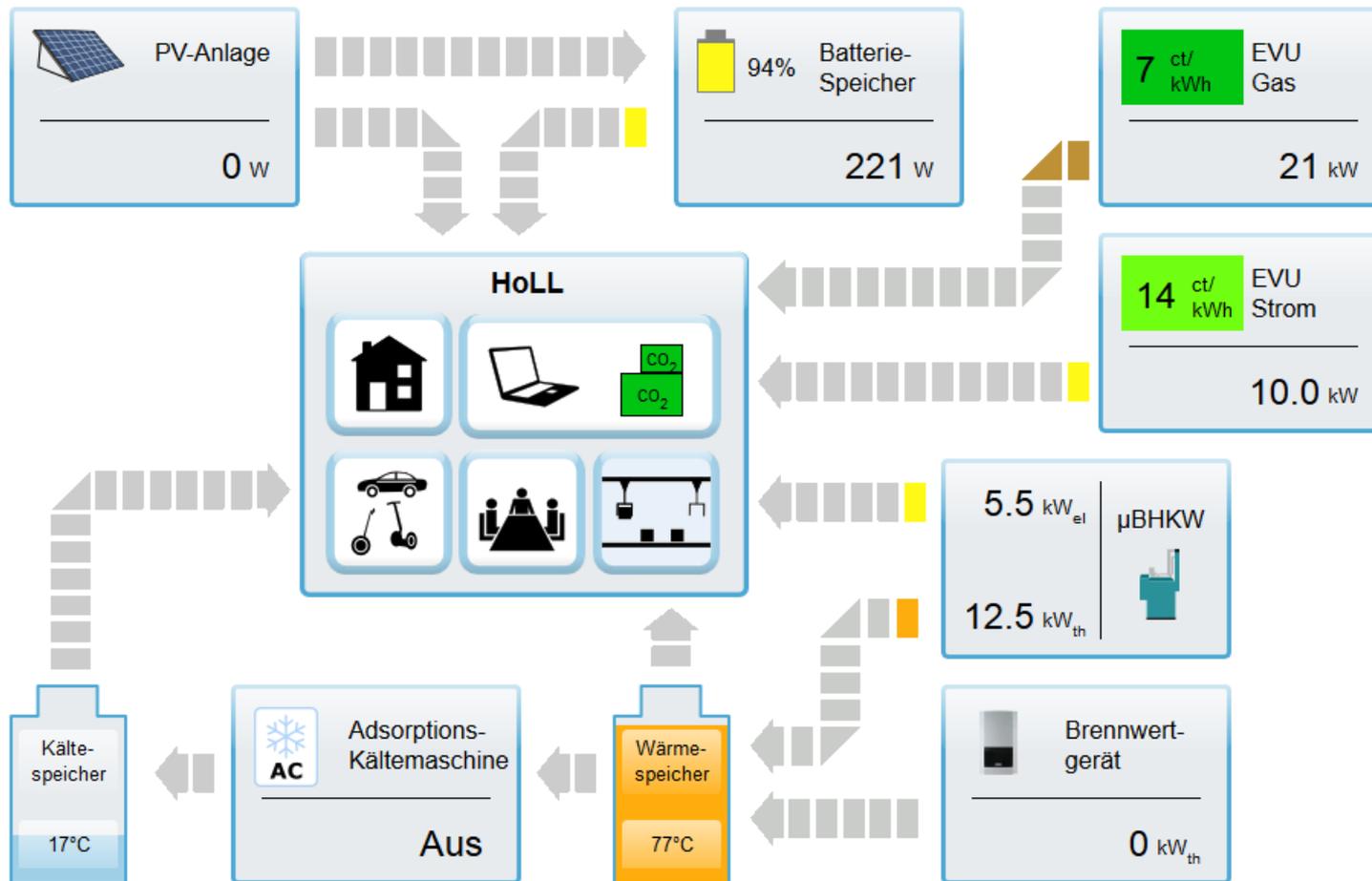


Kommunikation und Schnittstellen



Energy Management Panel (EMP) at FZI HoLL

ENERGY MANAGEMENT PANEL 23:21 FZI

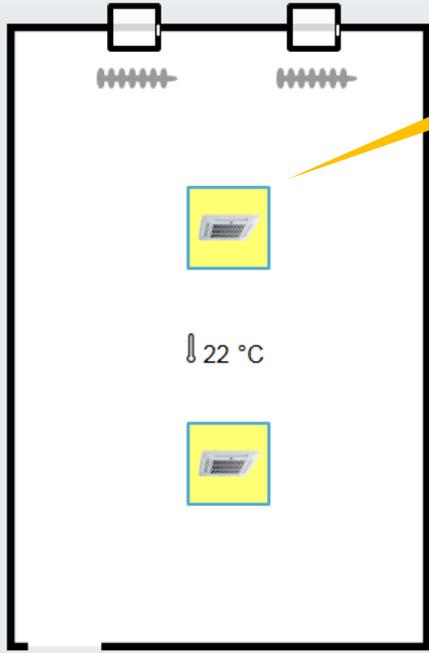


EMP – Integrierte Ressourcenplanung

ENERGY MANAGEMENT PANEL
14:15


Mittwoch, 21.05.	
08:00	
09:00	
10:00	10:00 - 12:00 Birger Becker
11:00	
12:00	
13:00	
14:00	
15:00	14:30 - 17:30 Birkholz Group
16:00	
17:00	
18:00	

Raum Hollywood



Soll-Temperatur

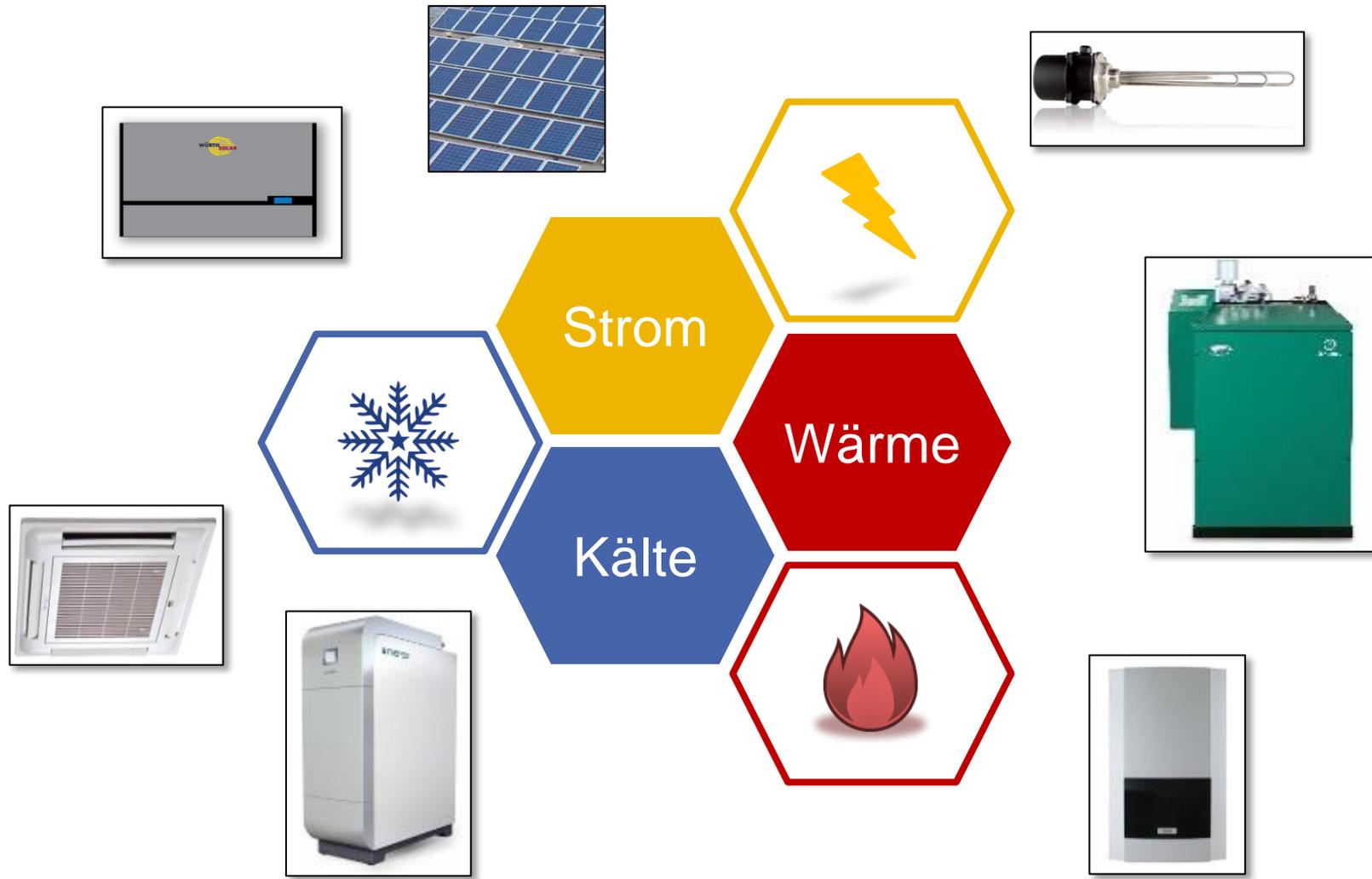
 22 °C

Status Heizung/
Kühlung

Manuelle Steuerung

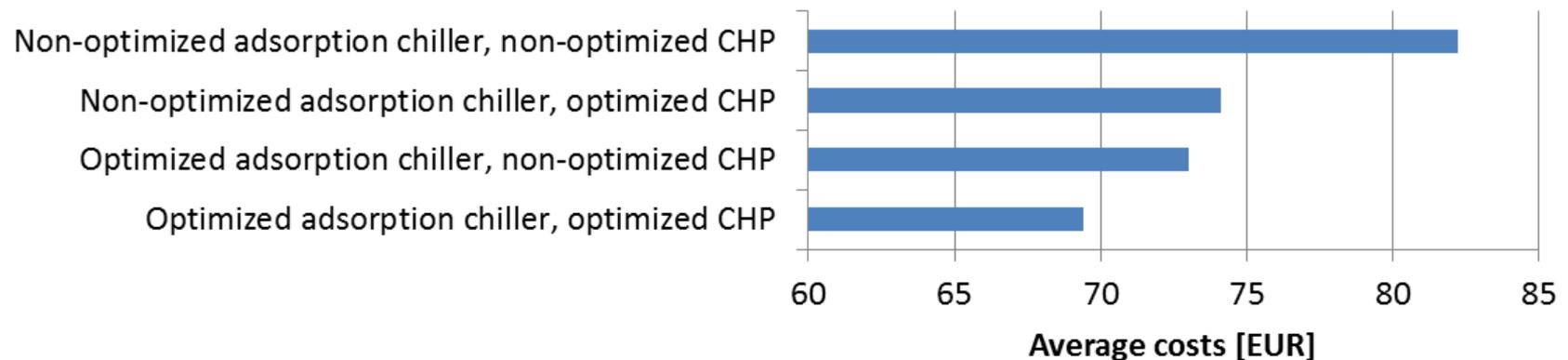
Integrierte
Ressourcenplanung

Energieträgerübergreifendes Energiemanagement



Beispiel für Simulation und Optimierung Kraft-, Wärme-, Kälte-Kopplung

- Optimierung der Kraft-, Wärme-, Kälte-Kopplung (KWKK)
 - Besprechungsraum im FZI House of Living Labs
 - BHKW + Adsorptionskältemaschine
 - Reduktion der Energkosten im Juli um bis zu 15.6%



More about optimization of CCHP systems:

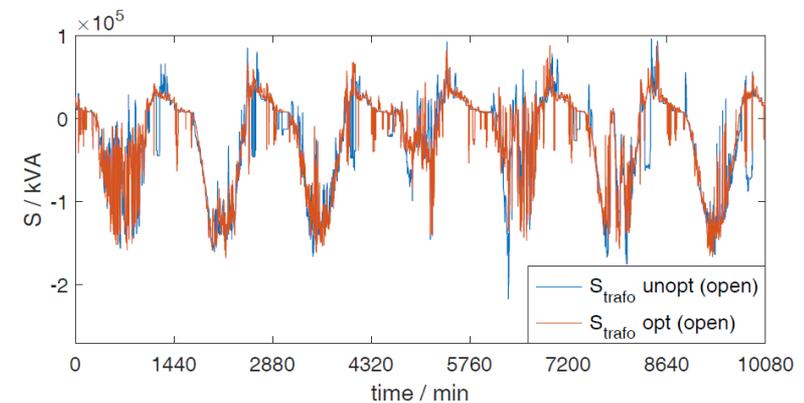
Mauser, I.; Feder, J.; Müller, J. & Schmeck, H.:

“Evolutionary Optimization of Smart Buildings with Interdependent Devices”,

EvoStar 2015: 18th European Conference on Applications of Evolutionary Computation

Simulation und Optimierung im Netz

- Optimierung eines Niederspannungsnetzes mit intelligenten Gebäuden
 - Netzstabilisierung durch erhöhten Eigenverbrauch
 - Effekte verschiedener Topologien
 - Reduktion von Lastspitzen



More about bottom-up simulation and optimization of power grids:

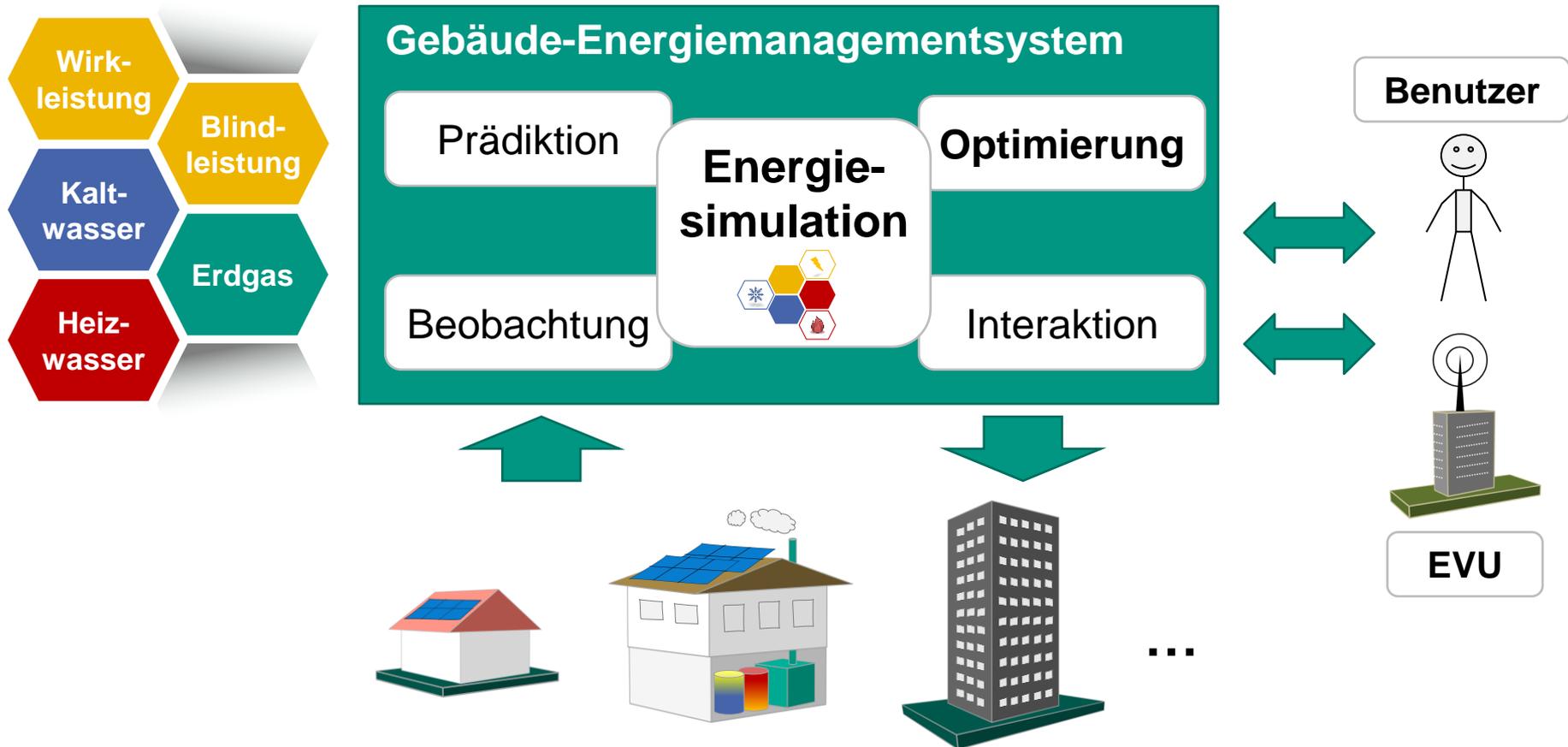
Kochanneck, S.; Hirsch, C.; Mauser, I.; Schröder, M. & Schmeck, H.:

“Bottom-Up Simulation of Suburban Power Grids”,

VDE ETG Congress 2015: *Die Energiewende* – Blueprint for the new energy age

Energieträger- und -ebenenübergreifendes Energiemanagementsystem

■ Energieträgerübergreifende, ganzheitliche Optimierung



Energieträger- und -ebenenübergreifendes Energiemanagementsystem

Entwicklung

Optimierung

Modelle

Treiber

Simulation

Parameterstudien

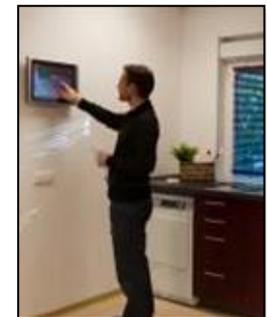
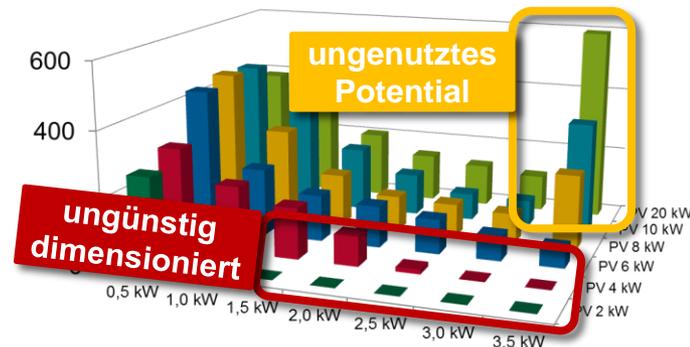
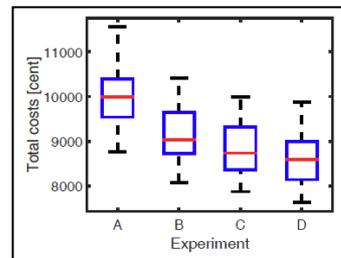
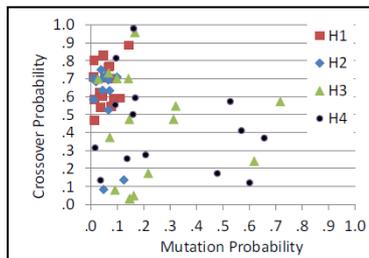
Potentialanalysen

Realer Einsatz

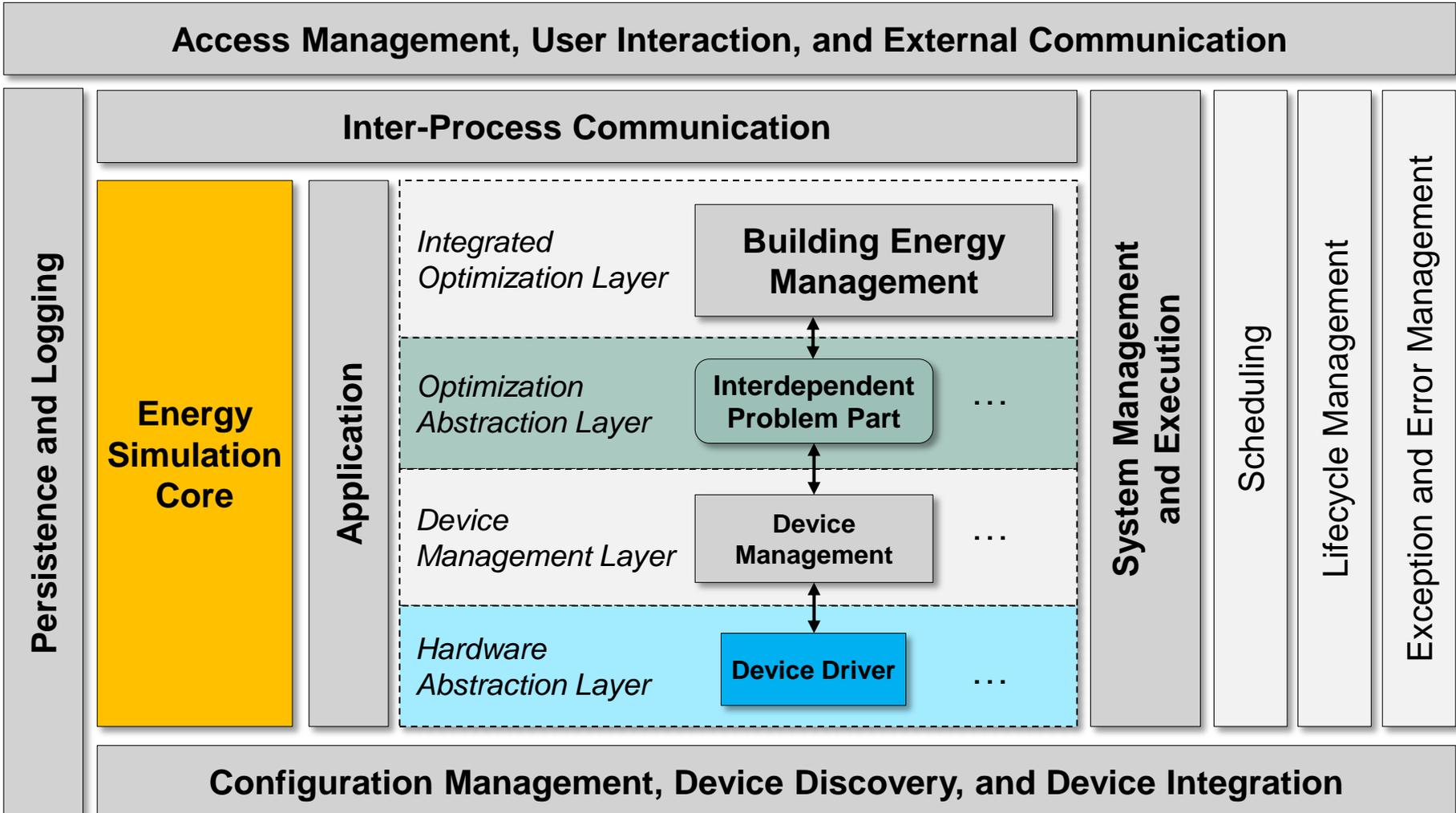
Evaluation / Testphasen

Gerätetests

Benutzerakzeptanzstudien



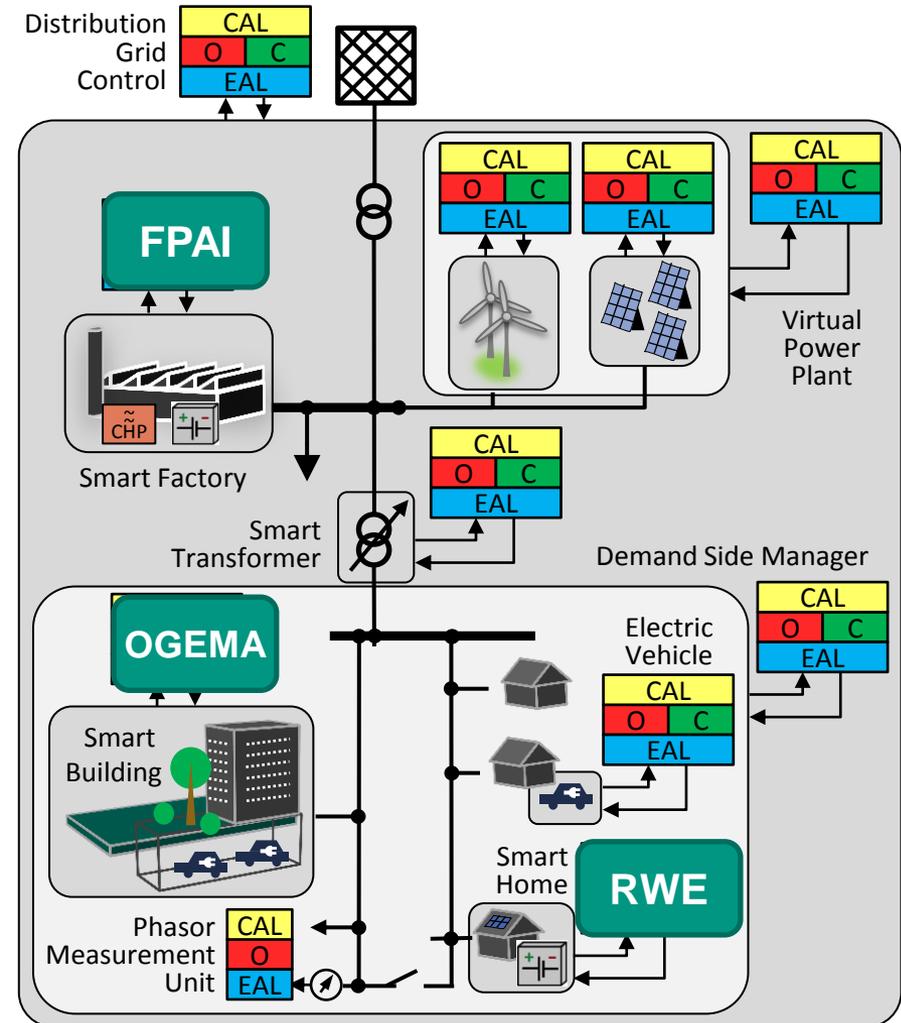
Alternative Sicht: Gebäude-/Energie-Betriebssystem



Andere Ansätze

- OGEMA – Open Gateway Energy Management Alliance (Fraunhofer IWES)
- FPAI – Flexible Power Application Infrastructure (TNO)
- Fiware for Smart Energy Platform (RWTH Aachen, EU Projekt FINESCE)
- mosaik (OFFIS)
- RWE Smart Home
- SMA Smart Home
- ...

Interoperabilität?



Zusammenfassung

- Energiewende verlangt vielfältiges, dezentrales Energiemanagement zur Nutzung von Lastflexibilität
- Organic Smart Home – generische, flexible Architektur für Entwicklung, Simulation, Betrieb zukünftiger Energiesysteme
- Energy Management Panel (EMP) – wichtige Komponente zur Visualisierung und aktiven Einbindung der Nutzer
- Reale Entwicklungs- und Evaluationsumgebungen
 - KIT Energy Smart Home Lab
 - FZI House of Living Labs

Hinweise auf Veranstaltungen:

- **Gründung FG „Energieinformatik“** in FB TI und WI
(bisher FG „Energieinformationssysteme“ in FB WI)
Donnerstag, 1.10.2015, 11:00 Uhr,
im Hauptgebäude 4.40 (Senatssaal)*
- **AIK-Symposium „Smart Energy“**, Karlsruhe, 23.10.2015
http://www.aifb.kit.edu/web/31_AIK-Symposium_Smart_Energy
- **4. D-A-CH Tagung Energieinformatik 2015**,
Karlsruhe, 12./13.11.2015
www.energieinformatik2015.org

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontakt

Prof. Dr. Hartmut Schmeck
KIT Campus Süd
Institut AIFB – Geb. 05.20
Kaiserstr. 89
76133 Karlsruhe

FZI Forschungszentrum Informatik
Haid-und-Neu-Str. 10-14
76131 Karlsruhe

schmeck@kit.edu schmeck@fzi.de

www.aifb.kit.edu www.fzi.de

www.organic-smarthome.org