

# Integration eines multifunktionalen Wärmepumpensystems als Hardware-in-the-Loop in ein Niederspannungsnetzmodell

Maximilian Rödder, Thomas Spiegel, Lena Frank, Matthias Neef und Mario Adam

ZIES – Zentrum für Innovative Energiesysteme

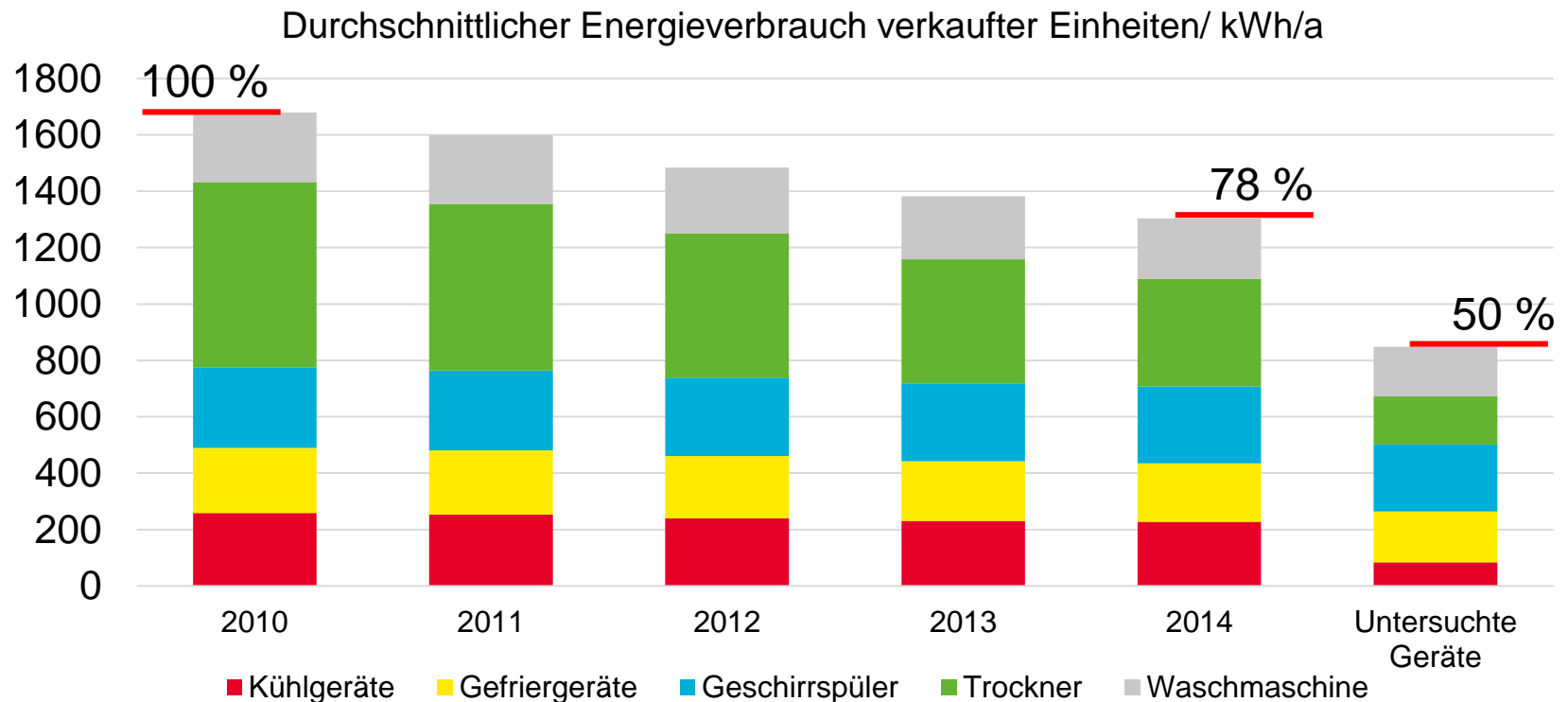
Hochschule Düsseldorf

# Inhalt

- Motivation
  - Effizienzverbesserungen im Haushaltssektor
- Gebäudetechnik
  - multifunktionale Systemansätze und Erweiterungen
- Flexibilitätsoption im Niederspannungsnetz
- Einsatzmöglichkeit für die Gebäudetechnik
- Strategie

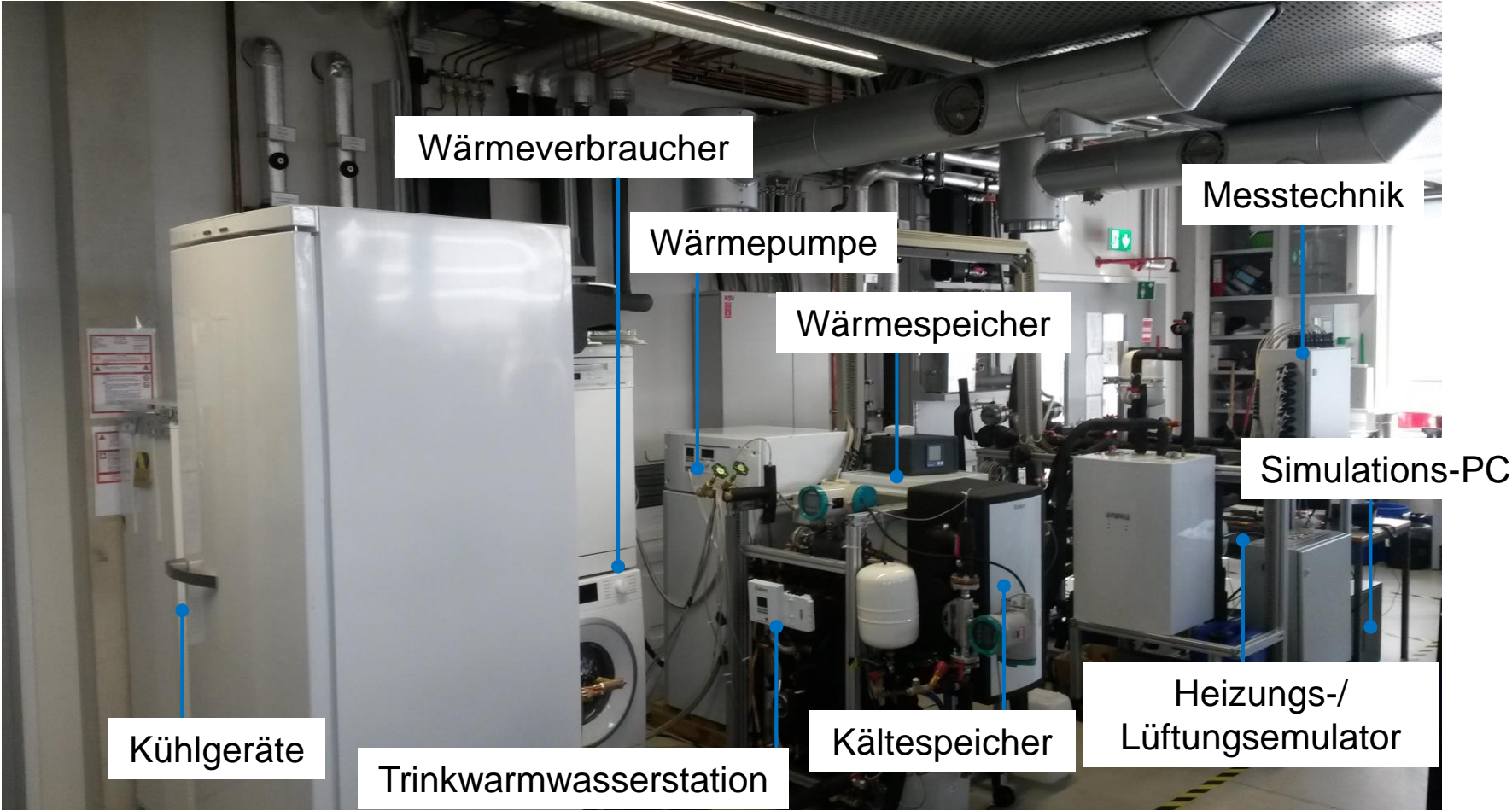
# Energieeinsparung durch Effizienzverbesserung

- Waschmaschine: hauptsächlich durch reduzierten Wasserverbrauch
- Geschirrspüler: energieintensiver Trocknungsprozess
- Wäschetrockner: wurde mit Wärmepumpe ausgestattet
- Kühl- und Gefriergeräte: verbesserte Dämmung





# Hardware-in-the-Loop-Prüfstand

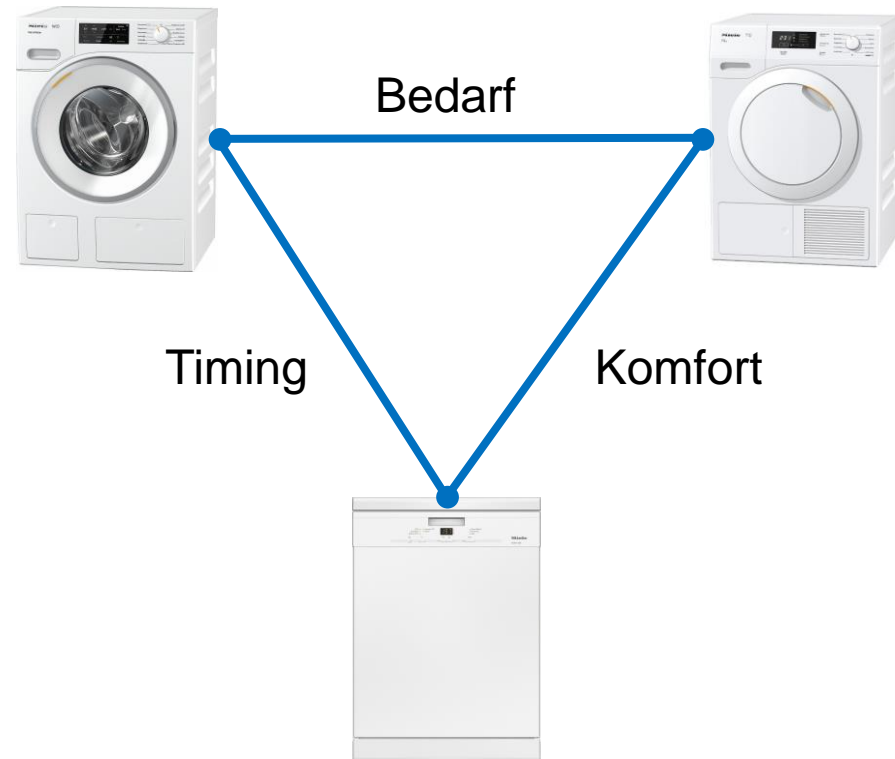


\*Wäschetrockner nicht abgebildet

# Systembetrieb von Haushaltsgeräten

## Potential eines Systemkonzepts

- Geräte werden über die Gebäudetechnik zentral mit Wärme/Kälte versorgt
  - **einzel:** 3,4 kWh (100 %)
  - **im System:** 2,4 kWh (70 %)
- Mit 220 Zyklen ergibt sich eine Einsparung von 66 €/a für gewählten Programmablauf
- Gibt es zusätzliche Anreize für den Betrieb eines Systemkonzepts
  - Flexibilität durch Wärmespeicher
  - z.B. Nutzung von PV-Strom bzw. netzdienlichen Strommengen



# Geräteverbrauch (variable Außenlufttemperatur)



## Einzelbetrieb

## Gesamt:

• -	• 1,27 kWh	• 0,87 kWh	• 1,29 kWh	• 3,43 kWh → <b>100 %</b>
-----	------------	------------	------------	------------------------------

## 10 °C Außenluft (Messung)

• 1,90 kWh	• 0,32 kWh	• 0,06 kWh	• 0,40 kWh	• 2,68 kWh → <b>78 %</b>
------------	------------	------------	------------	-----------------------------

## 20 °C Außenluft (Berechnung)

• 1,70 kWh	• 0,32 kWh	• 0,06 kWh	• 0,40 kWh	• 2,48 kWh → <b>72 %</b>
------------	------------	------------	------------	-----------------------------

## 25 °C Außenluft (Berechnung)

• 1,62 kWh	• 0,32 kWh	• 0,06 kWh	• 0,40 kWh	• 2,4 kWh → <b>70 %</b>
------------	------------	------------	------------	----------------------------

# Einsatzbereiche als Flexibilitätsoption

## Netzdienlicher Einsatz

Vermeidung lokaler netzbedingter Engpasssituationen

## Systemdienlicher Einsatz

Bilanzieller, nicht ortsgebundener Ausgleich

# Flexibilität

Anpassung des Verbrauchsverhaltens auf Anforderung

## Marktdienlicher Einsatz

Portfoliooptimierung von Angebot und Nachfrage

## Kundendienlicher Einsatz

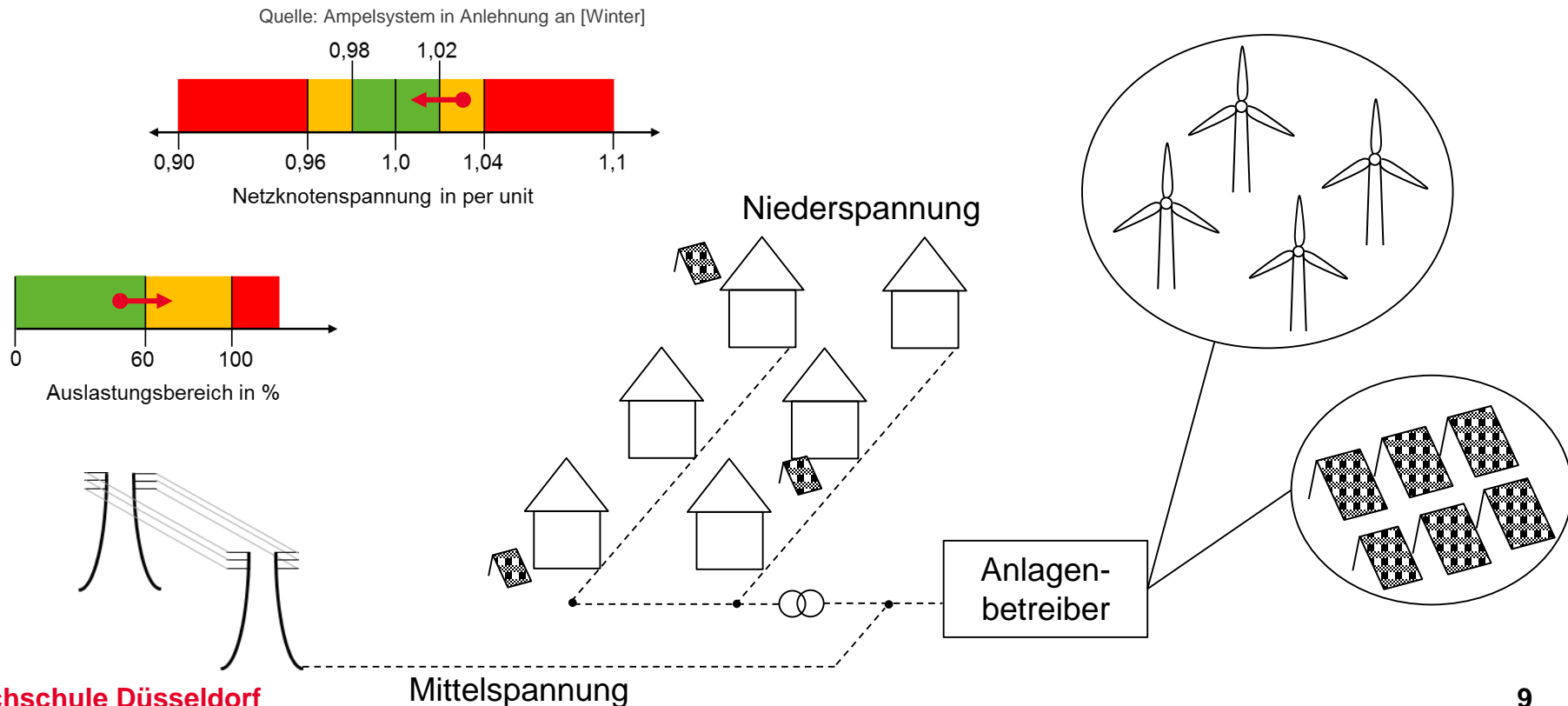
Betrieb in benutzerdefiniertem Wohlfühltemperaturbereich



# Einsatzmöglichkeit der Gebäudetechnik

## Hohe Einspeisung und geringe Lastabnahme

- Leistungsreduktion von Einspeiseeinheiten über den Anlagenbetreiber (Übergangslösung)
- Zusätzliche Verbrauchseinheiten (z.B. Netzausbau)



# Entwurf eines Systemreglers

## Netzdienlicher Einsatz

- Unterstützung des Lastmanagements im Niederspannungsnetz
  - Netzbetreiber ruft zusätzliche Last ab
  - Erhaltung der Spannungsstabilität innerhalb der gelben Ampelphase (bis ca. 240 V)

## Kundendienlicher Einsatz

- Gebäudetechnik
  - Wärme- und Kältebereitstellung über sensible Wärmespeicher
- Erweiterbar durch zusätzliche Wärme-/Kälteabnehmer
  - Warmwasser und Weiße Ware
- Gebäude als Langzeitspeicher
  - Kühlung unter den Wohlfühltemperaturbereich im Sommer

# Ansatz

## Stromnetzmodell

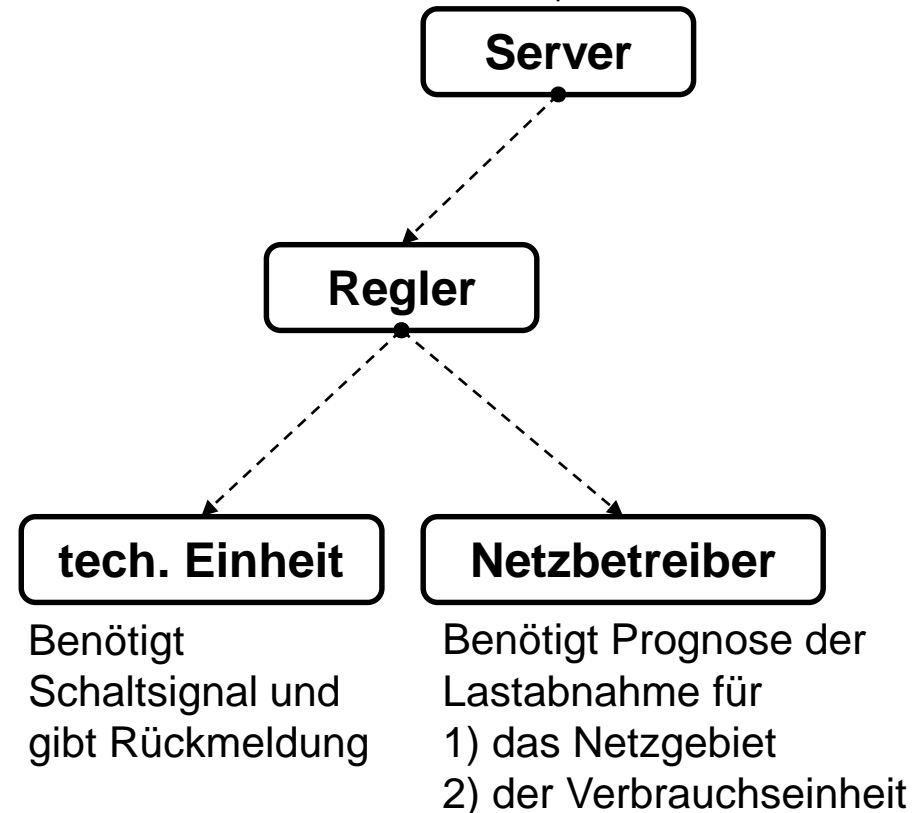
- Generiert Spannungswerte für einen Ortsstrang mit hoher PV-Einspeisung
- Generiert Daten für die Zustandsbewertung des Netzes mittels Kapazitätsampel

## Server

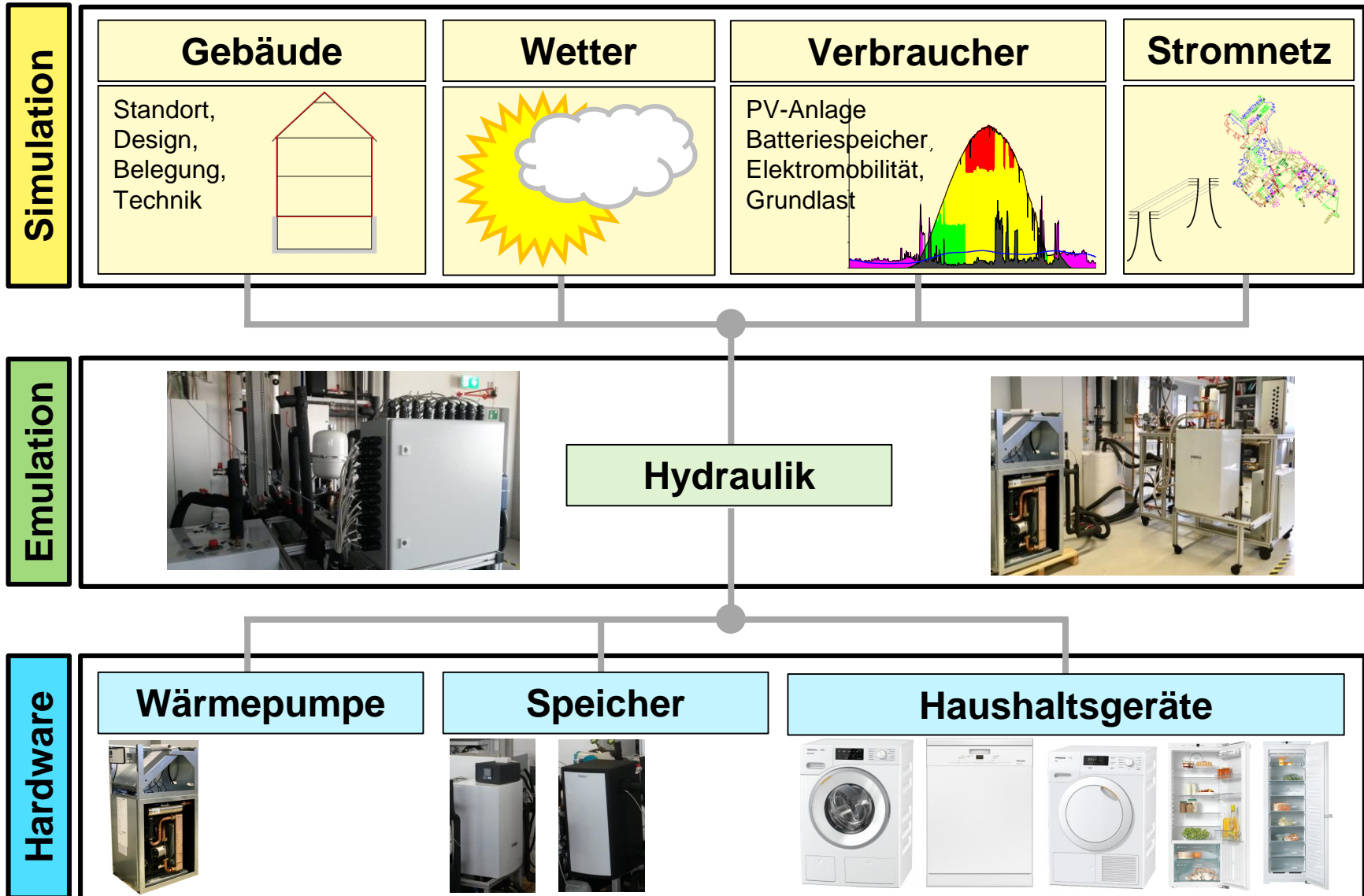
- Wird über das Stromnetzmodell angesprochen
- Erhält Info zum Netzzustand

## Systemregler

- Ruft den Netzzustand ab
- Sendet Info an den Netzbetreiber
- Aktiviert die Gebäudetechnik



# Entwicklungsumgebung



# Ausblick

- Erste Einschätzung des Flexibilitätpotenzials eines innovativen Wärmepumpensystems
  - Gebäudeheizung-/kühlung, Warmwasser und Weiße Ware
- Erfahrungen im online Betrieb für die Entwicklung eines Systemreglers
  - Gibt es Einschränkungen für den Nutzer und Netzbetreiber?
  - Haben beide Parteien einen entsprechenden Vorteil?
  - Wie könnte ein automatisiertes Regelungskonzept aussehen?

# Referenzen

- [Bertoldi] Energy consumption and energy efficiency trends in the EU-28 2000-2014, Joint Research Centre: Ispra, Italy
- [INNOGY] INNOGY SE, Das proaktive Verteilnetz – Abschlussbericht, Essen, 2015
- [BDEW] BDEW, Elektromobilität als Anwendungsfall des Ampelkonzepts im Verteilnetz, Berlin, 2018
- [Winter] Modellierung und marktorientiertes Lastmanagement von Haushaltslasten. Sierke Verlag, Göttingen
- [Rödder] EnergiBUS4home – Sustainable energy resourcing in low-energy buildings, Energy 159, 638-647