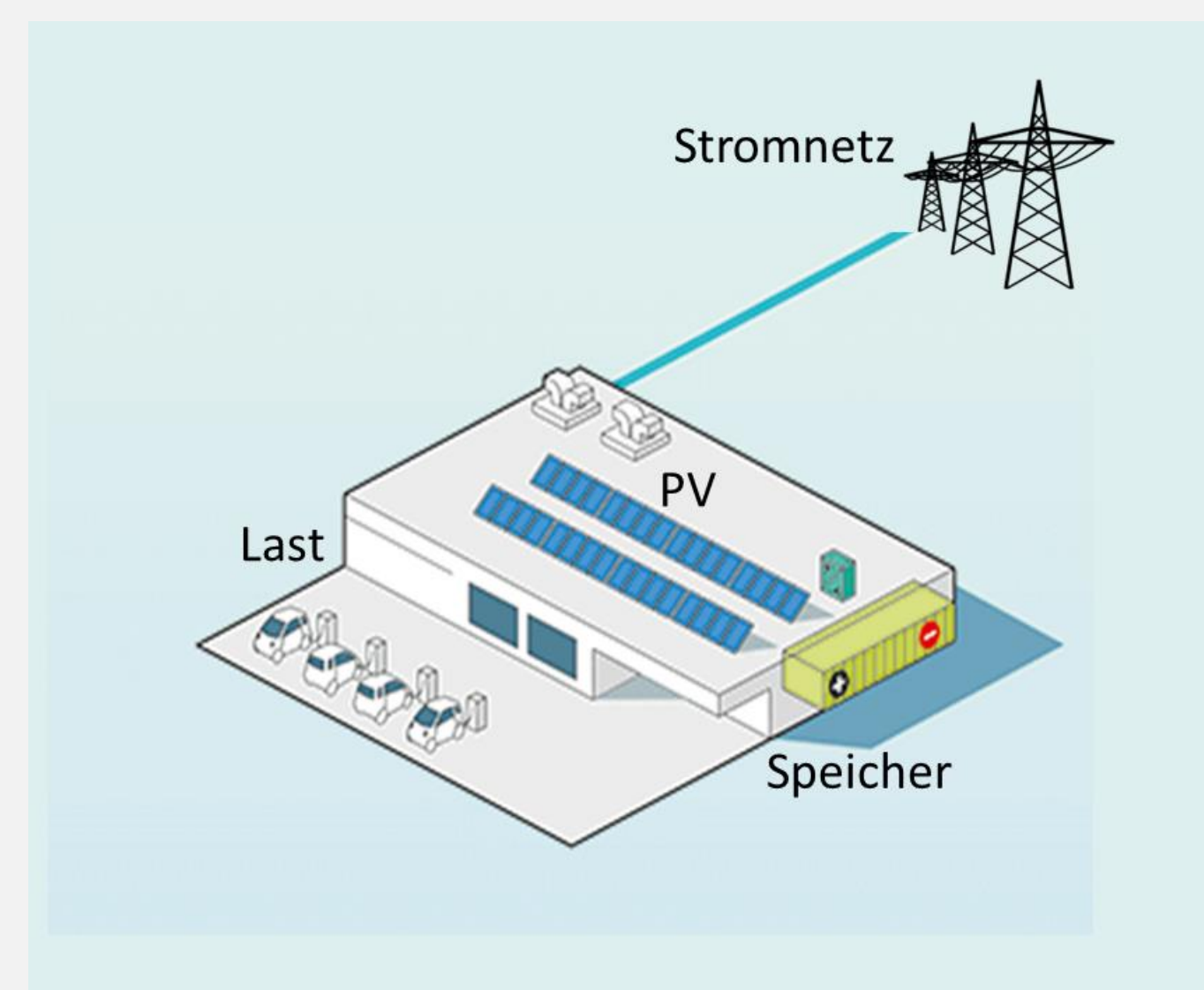


# Integrative Simulationsumgebung für PV-Batteriesysteme

Tobias Zech, Hans Nübel, Matthew Berwind, Benedikt Köpfer, Arne Surmann, Matthias Kühnbach, Tobias Rohrer, Nils Reiners, Elke Lorenz, Anna Heimsath

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,  
Heidenhofstr. 2, 79110 Freiburg, Tobias.Zech@ise.fraunhofer.de, +49 761 4588 5758

## Motivation

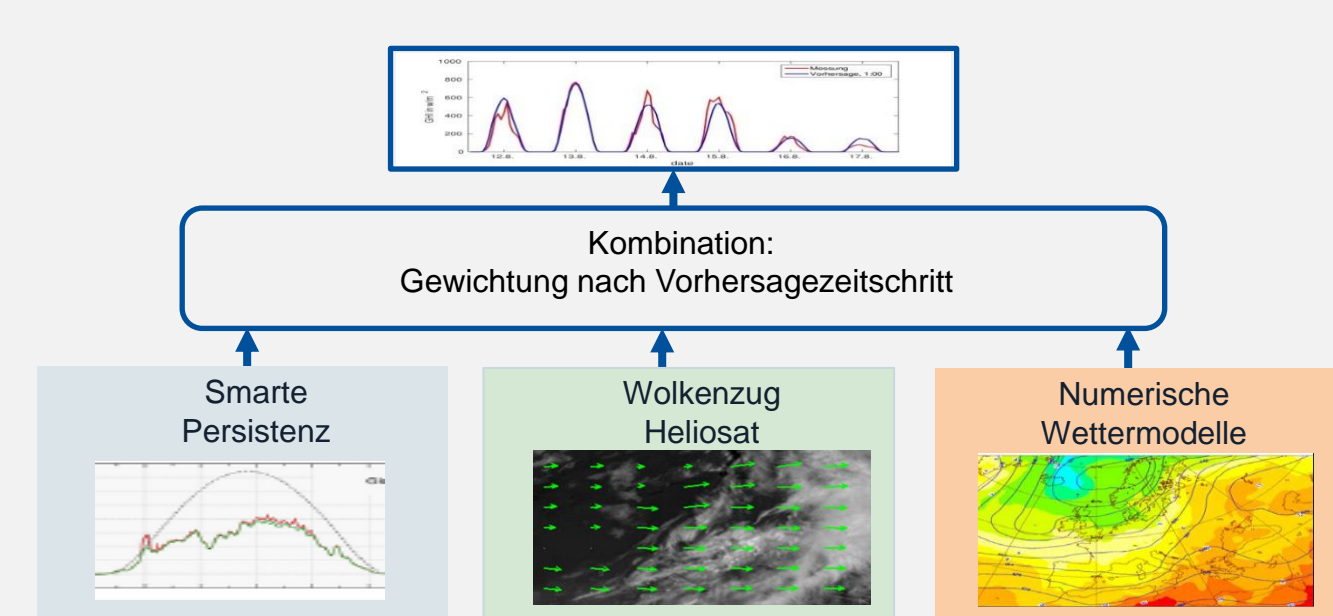


**Schnelle Technologiewechsel, Änderungen von Regularien und Geschäftsmodellen erfordern PV-Batteriesystems simulation aus einer Hand**

- Vernetzung von
- Photovoltaik
  - Last
  - Speicher
  - Stromnetz

## Domainspezifischer Stand der Technik

### ISE-Sat Satellitenbasierte Daten und Prognosen der Solarstrahlung

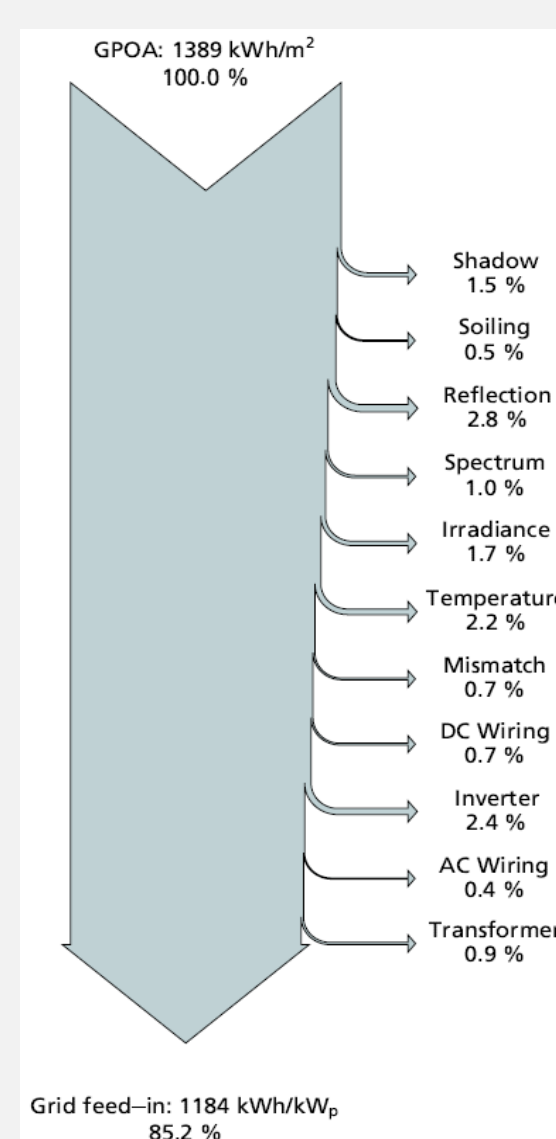


- Langjährige Zeitreihen der solaren Einstrahlung<sup>1</sup>
- Präzise Kurzfristprognose<sup>2</sup>
  - Kombination mit Messwerten und Wettermodelldaten<sup>3</sup>
  - In Betrieb für Einzelstandorte bis hin zu Übertragungsnetzen

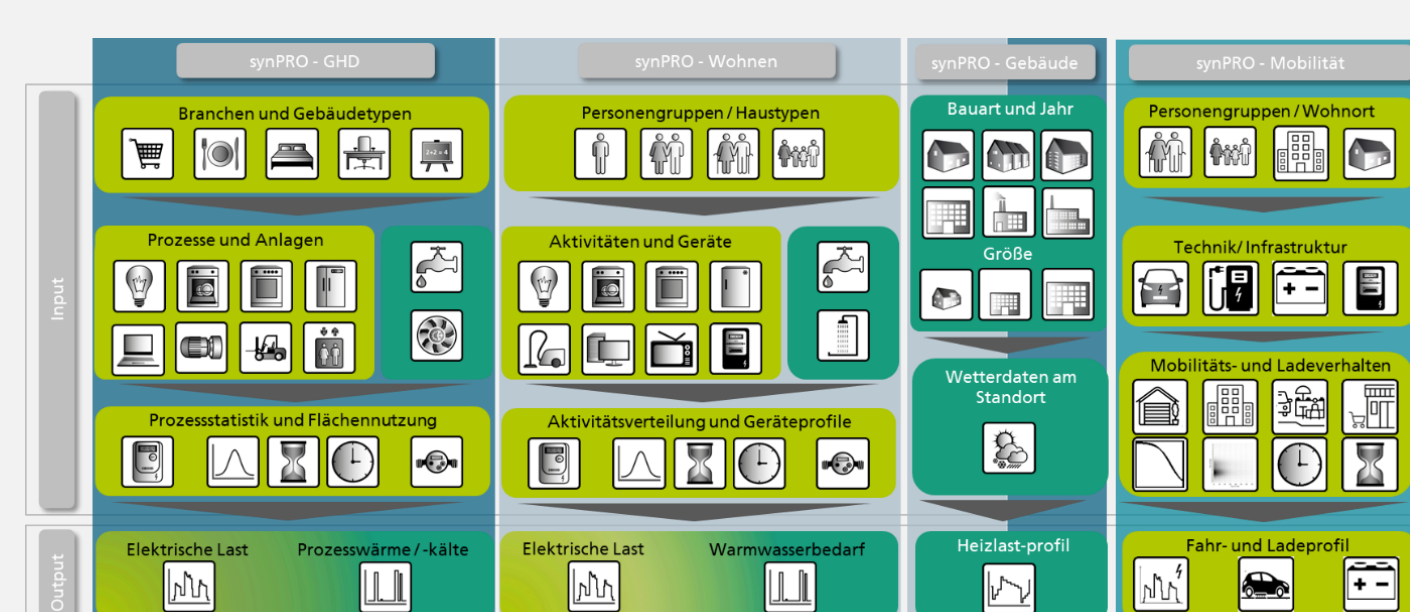
### Zenit (PV-Simulation)

Variable PV-Simulationskette aus Anlagendesign

- keine Black-Box
- Einzelverlustfaktoren validiert<sup>4</sup>
- Simulation-Round-Robins (z.B. IEA PVPS Task 13)
- In Betrieb für Ertragsgutachten und PV-Kurzzeitprognosen



### synPRO (Lastprofile)



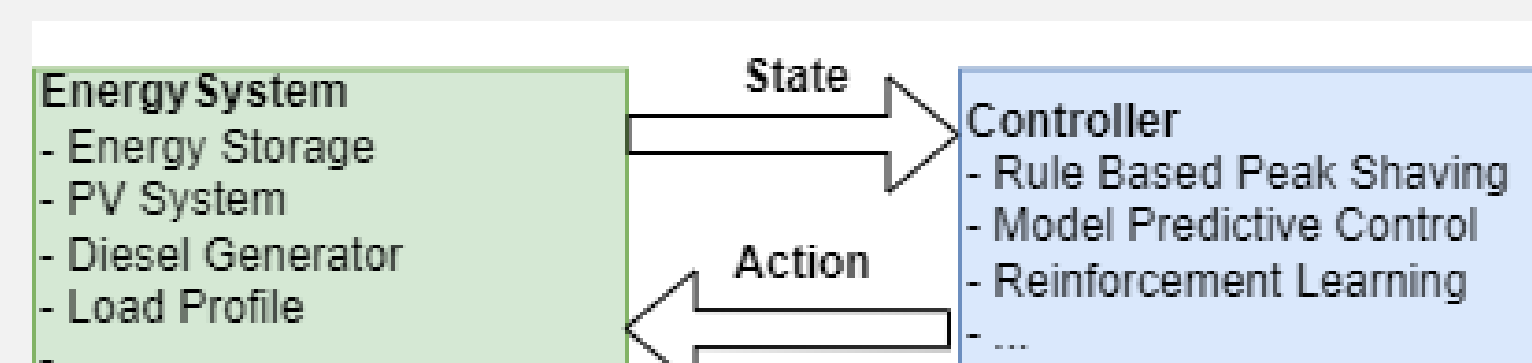
Synthetische Lastprofile

- Haushalt, Gewerbe & Handel<sup>5,6</sup>
- Hochaufgelöste Zeitreihen
- Einzelverbraucher bis Quartiere
- E-Mobilität<sup>7</sup> und Wärme<sup>8</sup>

### NRGISE (Batteriesimulation)

Techno-Ökonomische Batterieauslegung unter Berücksichtigung verschiedener Steuerungsalgorithmen

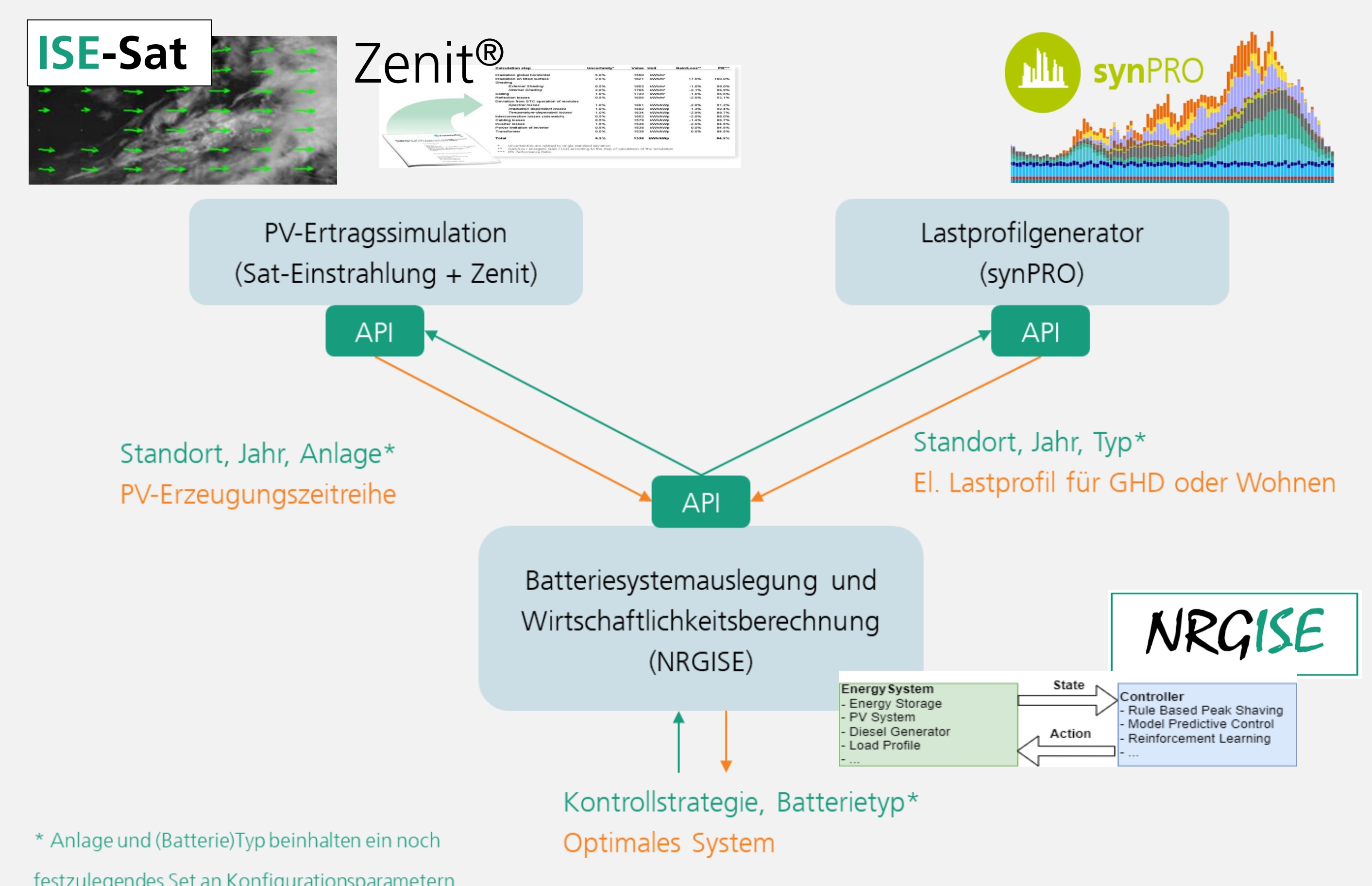
- Batteriealterungsverhalten
- Genaue Speicherkostenmodelle
- General-Purpose-Ansatz für PV, Batterie und Steuerung



## Gesamtlösungsansatz

### Kombination von Expertenmodellen

- Know-How auf dem Stand der Technik der jeweiligen Domäne (Energie-meteorologie, PV, Lastprofile, Batterie)
  - Realitätsnahe Simulationsstudien mit detaillierter Modellierung von Energiesystemkomponenten und datengetriebenen Prognosen
  - Steuerungsstrategien für Energiesysteme der nächsten Generation
- Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit durch definierte Schnittstellen
  - Komponenten können gut auf dem Stand der Technik gehalten werden
  - Einfache Integration neuer Modelle



### Use Cases

- Eigenverbrauchsmaximierung
  - Verwendete Tools: Meteorologischen Daten, PV-Simulation, Lastprofile, Batteriemodell und Controller zur Steuerung
  - Fokus auf Interaktion der existierenden Tools und Modelle
- Lastspitzenkappung
  - Zusätzliche Tools: PV-Kurzzeitprognose
  - Anpassung der einzelnen Modelle zur besseren Integration der Modelle aus den anderen Domänen

## Zusammenfassung und Anwendungen

### Aus 4 wird 1

- Neuartige Kombination vorhandener Expertenmodelle
- Kompatibilität bestehender Tools via Schnittstellen

### Sukzessive Erweiterung zur integrativen Simulationsumgebung für

- Anlagenbetreiber zur Batteriesystemauslegung
- Direktvermarkter zur Kostenanalyse von Steuerungsalgorithmen
- Netzbetreiber zur automatisierten Simulation von tausenden PV-Batteriesystemen

<sup>1</sup> A. Hammer, D. Heinemann, C. Hoyer, R. Kulemann, E. Lorenz, R. Müller, Beyer HG. Solar energy assessment using remote sensing technologies. Remote Sensing of Environment 2003; 86(3): 423–32.  
<sup>2</sup> J. Kühnert, E. Lorenz, D. Heinemann. 2013. Satellite-Based Irradiance and Power Forecasting for the German Energy Market, in: Solar Energy Forecasting and Resource Assessment, Editor: Jan Kleissl, Elsevier, 2013.  
<sup>3</sup> W. Herzberg, N. Holland, T. Zech, J. Bor, E. Lorenz. Improved Blending of PV Power Forecasts in Case of Measurements with Limited Reliability, World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Milan, 2022.  
<sup>4</sup> W. Heydenreich, B. Müller, Ch. Reise. Describing the world with three parameters: a new approach to PV module power modelling, 23. European Photovoltaic Solar Energy Conference. Valencia, Spain, 2008.

<sup>5</sup> D. Fischer, A. Härtl, B. Wille-Haussmann. Model for Electric Load Profiles With High Time Resolution for German Households, in: Energy and Buildings, 2015, Vol. 92., Pages 170–179.  
<sup>6</sup> C. Wittwer, B. Wille-Haussmann, D. Fischer, B. Köpfer, S. Bercher, P. Engelmann, F. Ohr. synGHD - Synthetische Lastprofile für eine effiziente Versorgungsplanung für nicht-Wohngebäude, 2023.  
<sup>7</sup> D. Fischer, A. Harbrecht, A. Surmann, R. McKenna. Electric vehicles' impacts on residential electric local profiles – A stochastic modelling approach considering socio-economic, behavioural and spatial factors, in: Applied Energy, Volumes 233–234, 2019.  
<sup>8</sup> D. Fischer, T. Wolf, J. Scherer, B. Wille-Haussmann. A Stochastic Bottom-up Model for Space Heating and Domestic Hot Water Load Profiles for German Households, in: Energy and Buildings, 2016.