



Hochschule
Zittau/Görlitz
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Institut für Prozeßtechnik,
Prozeßautomatisierung
und Meßtechnik



THERESA^{next}

Vorstellung Energiesystemmodell EnSySim



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushaltes.



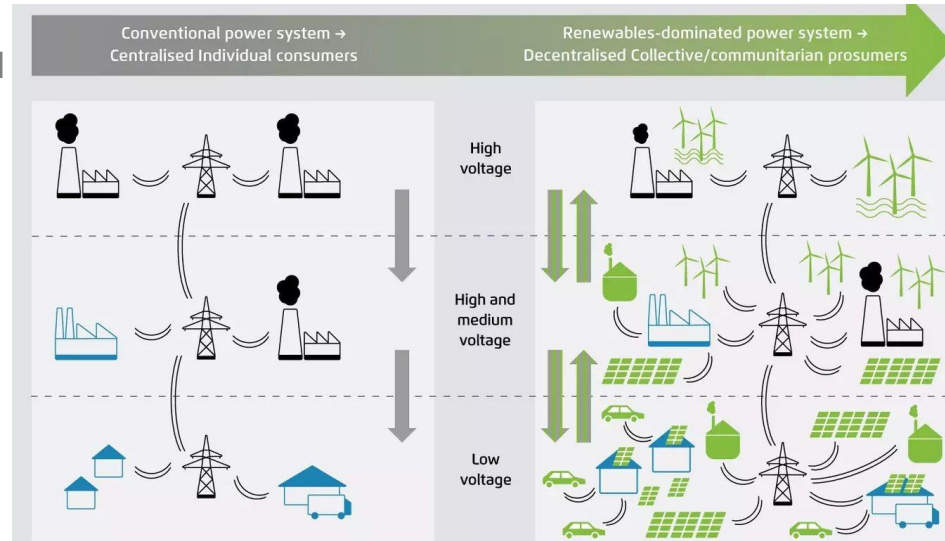
Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

STUDIERN_OHNE_GRENZEN



1. Ziele und Motivation
2. Aufbau und Struktur der Simulationsumgebung
3. Modellrandbedingungen
4. Erweiterungsmöglichkeiten
5. Verwendung im Projekt und Diskussion

- Ambitionierte Ziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen (PA¹ & EEG²)
 - Umbau des Energiesektors
 - Sektorübergreifende Nutzung der Energie
 - Nutzen von Speichertechnologien
- Herausforderungen: Versorgungssicherheit und Koordination



Ziel – Vernetzung und Integration

- Entwicklung einer Gateway-Technologie
 - Sicherstellen echtzeitfähiger Kommunikation
 - Einfache, hardwareunabhängige Umsetzung
 - Bereitstellung automatisierungstechnischer Grundfunktionen
 - Modular, erweiterbar
 - Einsatz intelligenter Algorithmen

Gewählter Ansatz:

- **vereinfachte Modellierung** eines **generischen** Energiesystems inklusive generischer Energiespeichertechnologien
- Modellierung der Gateway-Algorithmen (Model in the Loop)

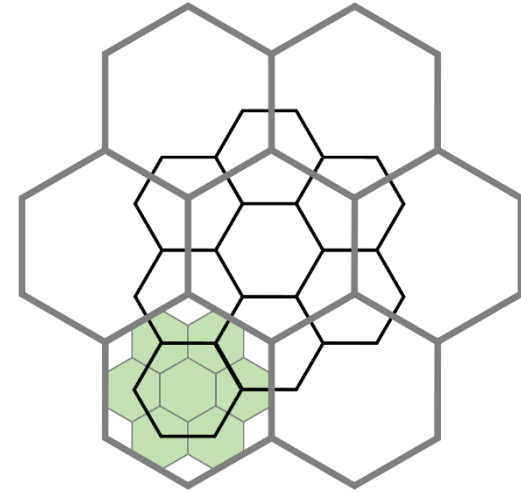
Zellular-Sektorale-Kopplung

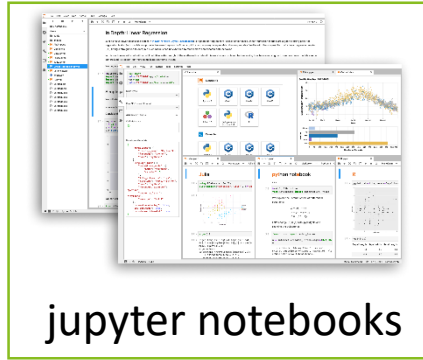
Grundidee:

- Gemeinsame Betrachtung Strom, Wärme, Gas
- Konzept: Hierarchische, selbstähnliche Organisation
- Erweiterung leitungsgebundene Energieträger um Informationsschicht

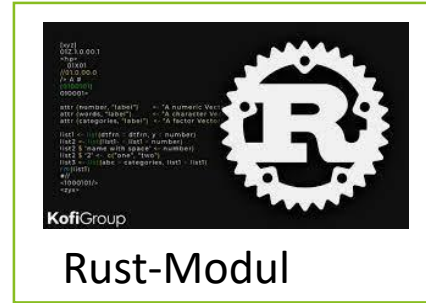
Literatur:

- Präsentation Zellularer Ansatz³
- Definition Zelle⁴





Datenrückgabe



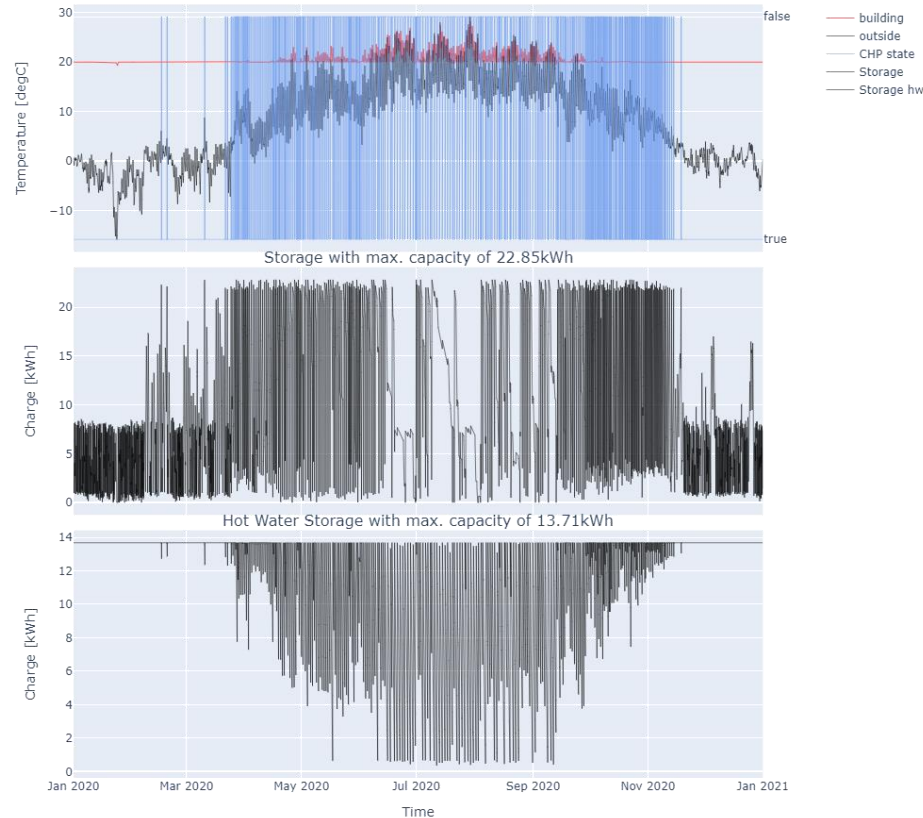
Parametrierung
Modell

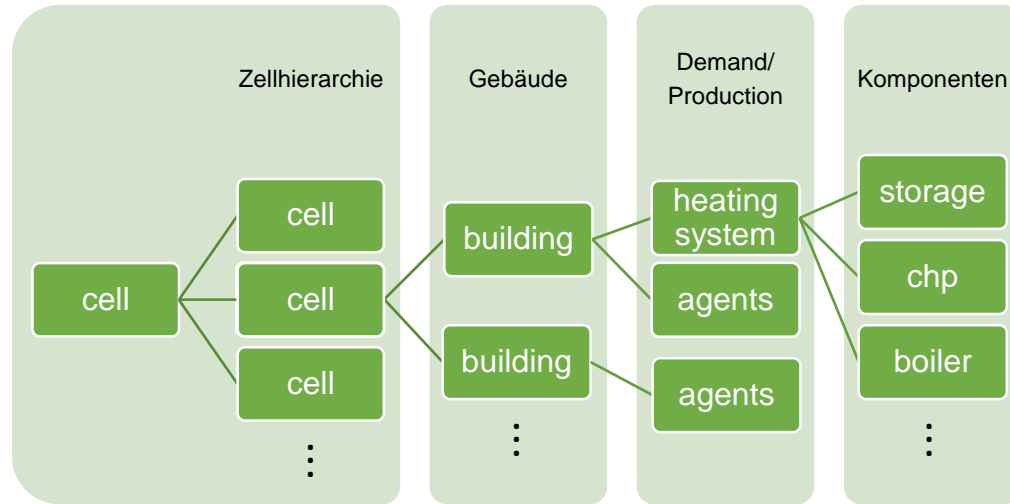


Aufbau Modell
(Aufruf über pyo3-
Schnittstelle)



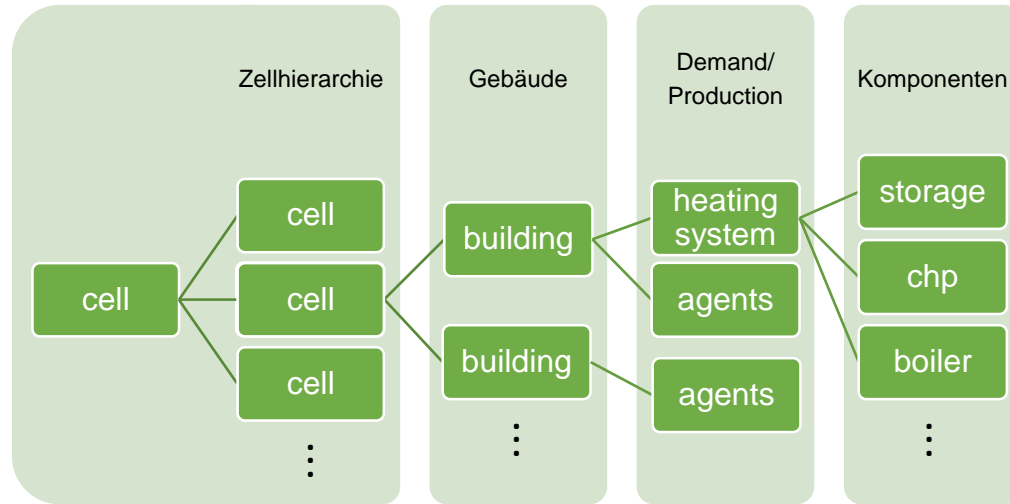
Building overview



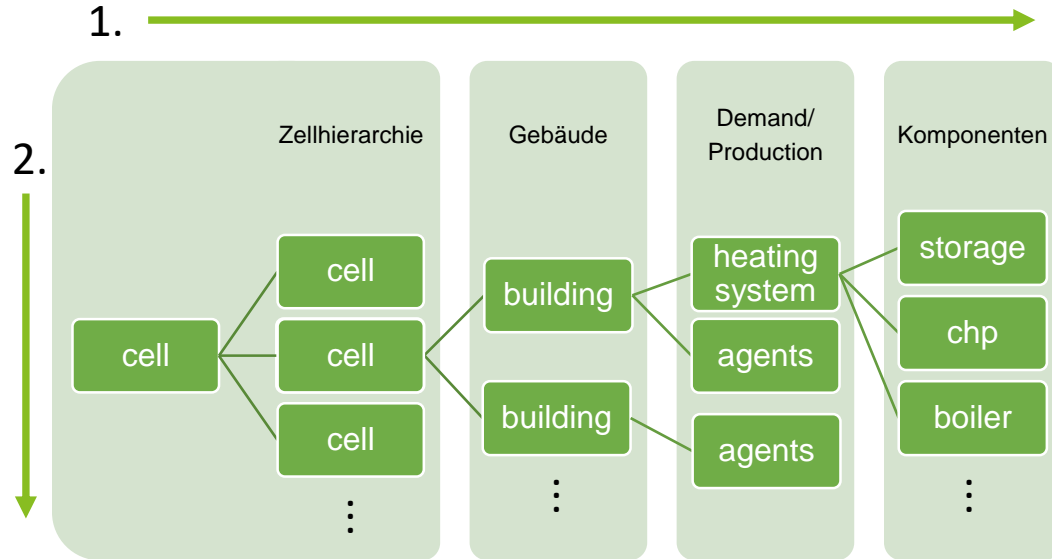


Identifikation der entscheidenden Objekte:

- Zelle: Organisationsobjekt
- Gebäude: Berechnung Heizlast
- Agenten: Datencontainer SLP, WW-Bedarf
- Komponenten: Einfache Energiewandler
- Logik-Klasse *_system: Default Betriebslogik für gekoppelte Anlagen (energy hub)



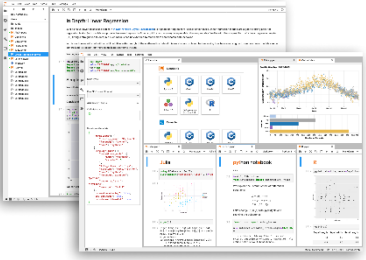
- Kapselung der Daten und Funktionen in hierarchisch organisierten Containern, `Vec<object::class>`
- Jedes Objekt stellt eine `step()`-Methode bereit und gibt aktuelle thermische und elektrische Leistungen getrennt nach Verbrauch und Erzeugung zurück



Berechnungsablauf:

- Jeweils Aufruf aller untergeordneten Objekte
- Verrechnung Bedarfe und Erzeugung auf nächst höherer Ebene
- Rückgabe der offenen (Leistungs-)Bilanzen

Exkurs: Selbstlernende Regler



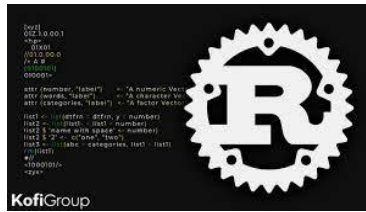
jupyter notebooks

Parametrierung
Modell




Python-Skripte

Datenrückgabe

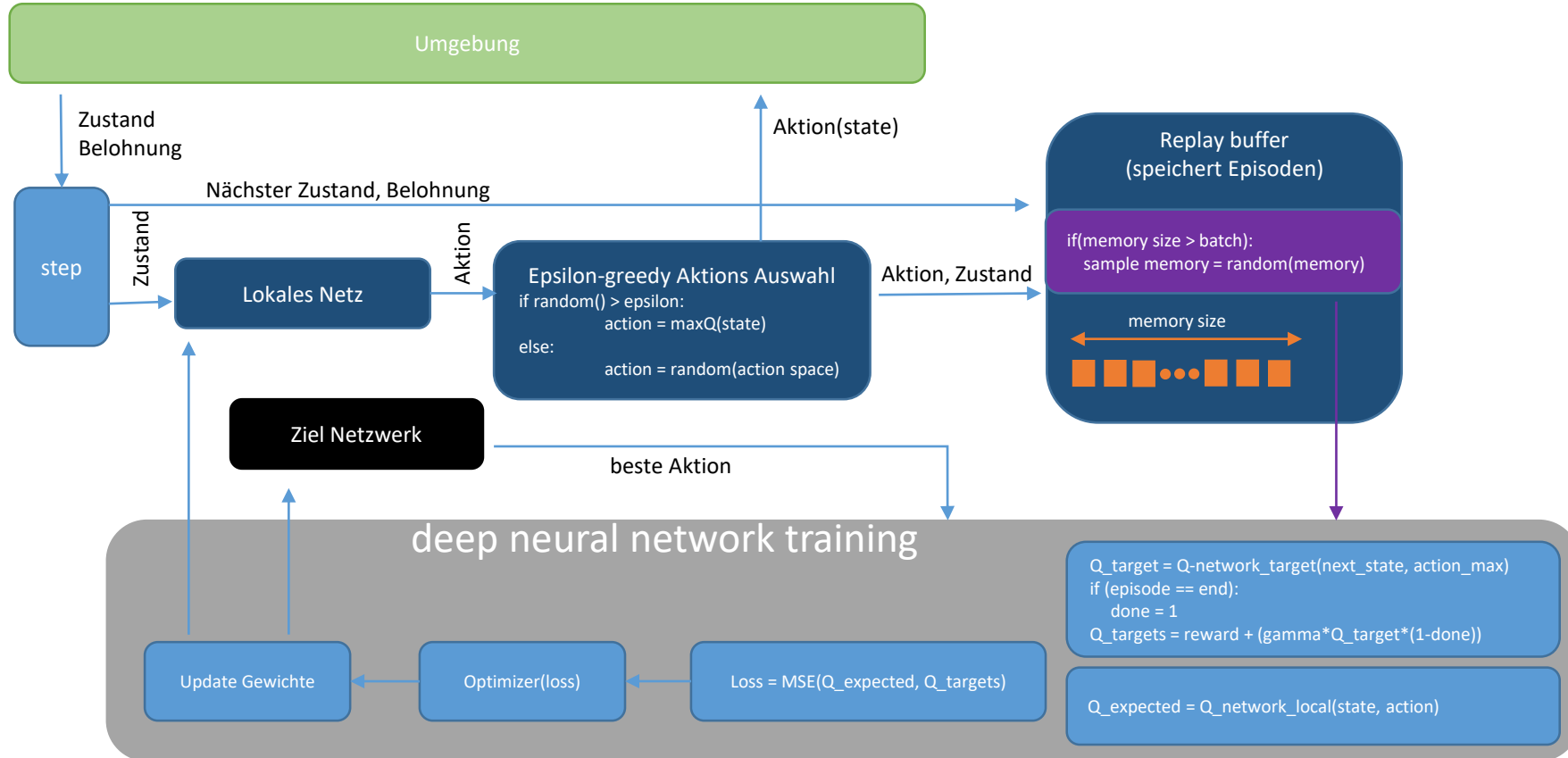


Rust-Modul

Aufbau Modell
(Aufruf über pyo3-
Schnittstelle)



PyTorch
Deep learning
Controller



Simulation von Verbraucherverhalten

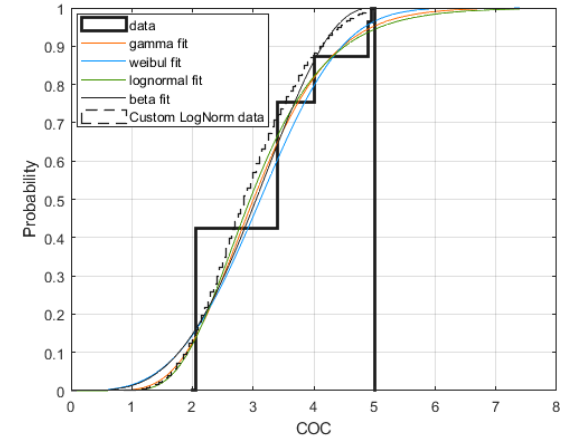
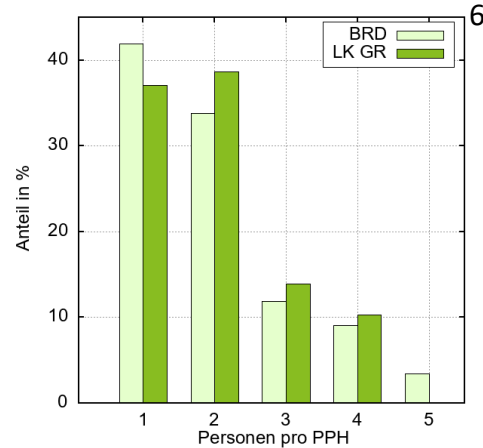
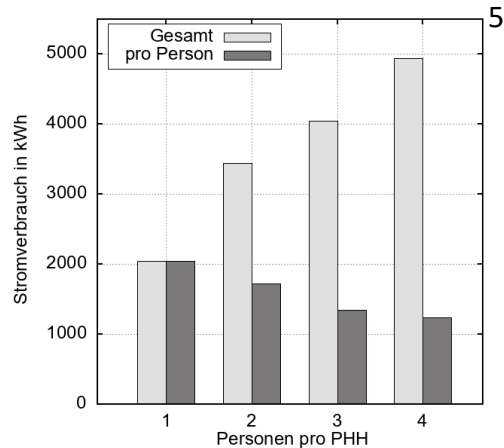
- Randbedingungen Agenten
 - Standardlastprofile COC*-skaliert
 - Private Haushalte (PHH)
 - Unternehmen mit Standardlastprofil (BSL)
- Randbedingungen Wetter
 - Temperatur + Globalstrahlung
- Randbedingungen Gebäude
 - Vereinfachte Wärmebedarfsrechnung
- Randbedingungen Anlagen
 - „Energy hub“: Input-Output-Verknüpfung über Gesamtwirkungsgrade
 - Vorstellung generisches Speichermode

Erzeugung und Versorgung

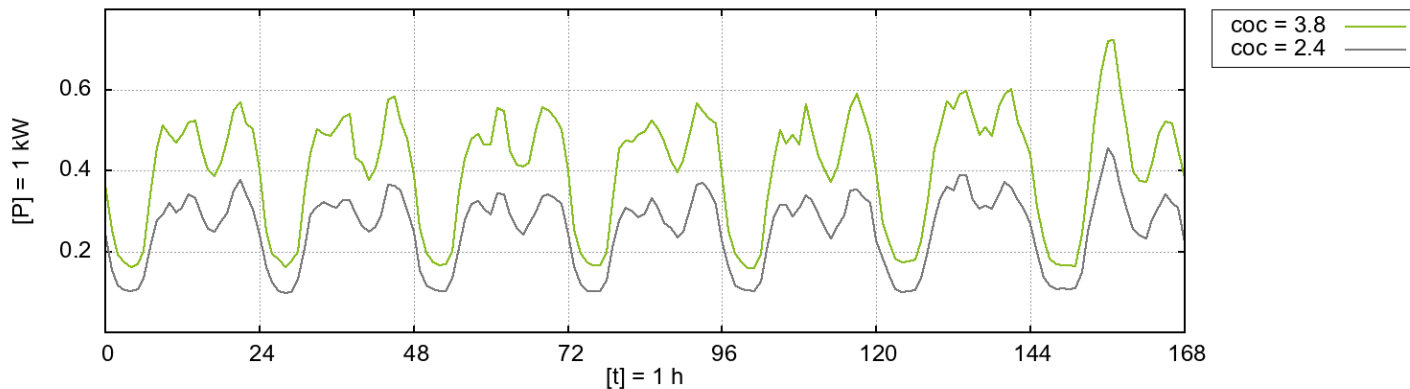
- PV
- Generischer Speicher
- BHKW
- Boiler
- Wärmepumpe
- Nahwärme

Agentenverteilung PHH und Lastprofile

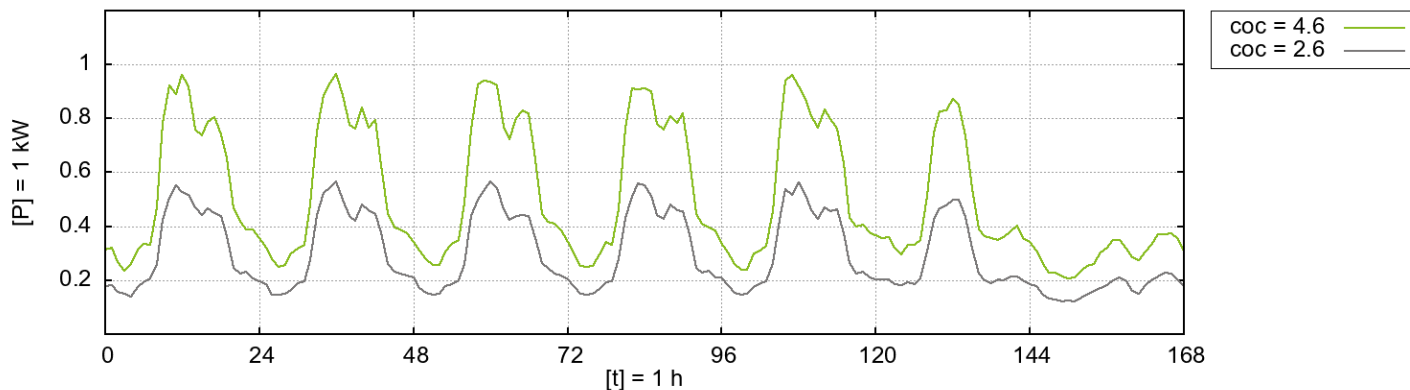
- Normiertes SLP (dyn. $H0^5$)
- Verbrauchsfaktor (COC) [1;5] und Zufallsvektor [0.8;1.2]
- Verteilungsfunktion auf statistischer Basis
- Zuordnung der Profilabschnitte



PHH



BSL

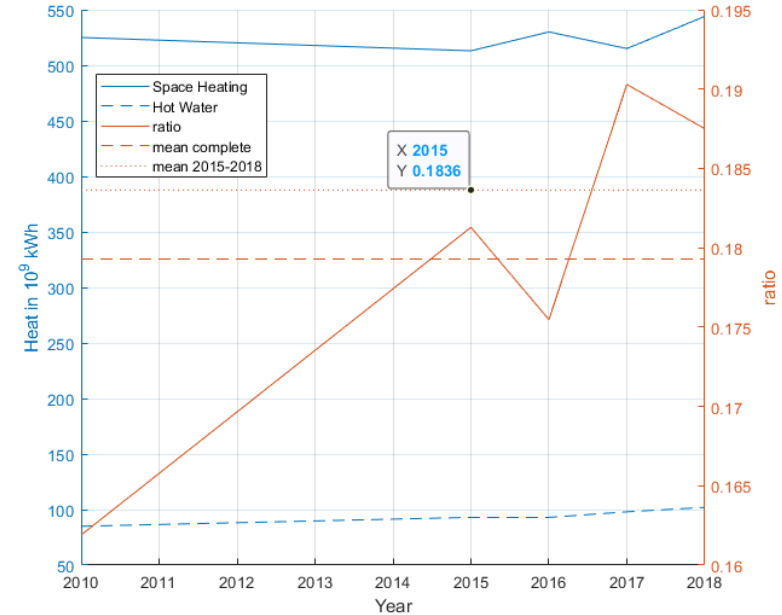


- Abschätzung Warmwasserbedarf anhand Raumwärmebedarf⁷

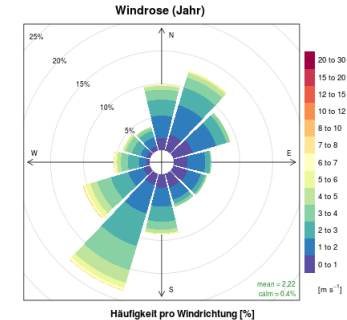
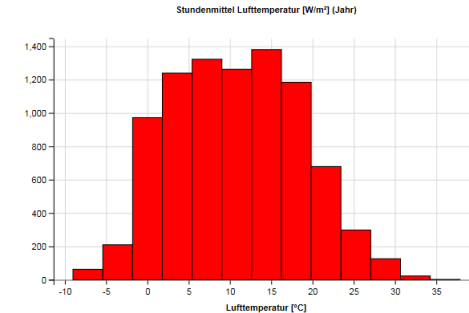
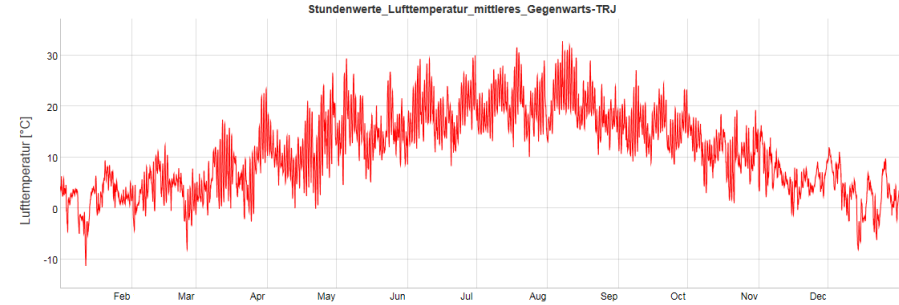
- Korrelation mit COC:

$$P_{WW} = \frac{684,7kWh \cdot COC + 314,4kWh}{8760h}$$

- Nachbildung Tagesgang durch Verlaufsfaktor, zusätzliche Randomisierung [0,8..1,2]

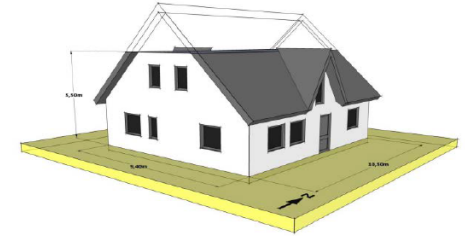


- Nutzung der Testreferenzjahresdaten von DWD und BMVI
- Bereitstellung von Temperatur, Globalstrahlung
- Referenzjahr plus Sommer-/Winterextrem
- Behandlung von Unstetigkeiten und Schalttagen

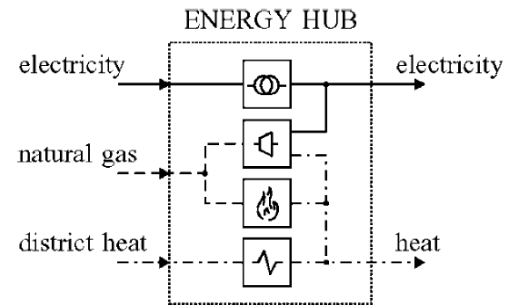
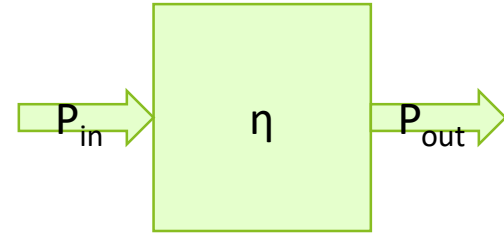


- Verwendung von Referenzgebäuden⁸
- Ermittlung Gebäudeheizlast nach DIN EN 12831-1 (Transmission + Luftaustausch)
- Berücksichtigung solare Einstrahlung (DIN 4108-6)
- Abbildung Alter/Sanierungsgrad
- Vereinfachte Berücksichtigung thermische Kapazität

EFH		
Wohnfläche	[m ²]	110,0
Außenwand zur Luft	[m ²]	123,4
Nord		34,3
Ost		28,1
Süd		34,7
West		26,3
Außenwand zum Erdreich	[m ²]	0,0
Fenster	[m ²]	26,5
Nord	14%	5,7
Ost	17%	5,8
Süd	13%	5,3
West	27%	9,7
Horizontal	0%	0,0
Außentüren	[m ²]	2,1
Bodenplatte/ Kellerdecke	[m ²]	99,0
Dach/ Oberste Decke	[m ²]	118,0
Raumhöhe	[m]	2,75
Gebäudevolumen	[m ³]	465,0
A/V Rate	[1/m]	0,79



- Einfache Leistungsbilanzen, Charakterisierung über Wirkungsgrad
- Zusätzliche Parameter, Bsp. Speicher:
 - Kapazität
 - Lade-/Entladeeffizienz
 - Selbstentladung
 - Maximale Lade-/Entladeleistung
- Zu jedem Anlagentyp wurden einfache Auslegungsregeln gewählt
- Zusammenfassung thermische Versorgung zu *_system (energy hub)





- Mobilität, Wind
- Wärme mit Temperaturniveaus, exergetische Betrachtung
- Teillastbetrieb BHKW, WP
- Vorschläge?

- Kopplung mit Versuchsanlage, Hardware in the Loop
- Erforschen selbstlernender Algorithmen im Szenario Energiezelle, Versuche zu
 - state space
 - Kostenfunktionen, Optimierungskriterien
 - Hyperparametern

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Ansprechpartner

Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik

Martin Herling

Tel: +49 3583 – 612 4696
Fax: +49 3583 – 612 3449
Mail: Martin.Herling@hszg.de
Web: www.hszg.de/ipm



STUDIERN_OHNE_GRENZEN

Adresse

Hochschule Zittau/Görlitz
IPM
Theodor-Körner-Allee 16
02763 Zittau



- 1 Paris Agreement (Annahme am 12.12.2015, Inkrafttreten am 4.11.2016).
United Nations Treaty Collection, Kapitel XXVII 7 d.
- 2 EEG (Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien), Inkrafttreten ursprüngliche Fassung am 1.4.2000, letzte Novelle 27.7.2021
- 3 Benz, T., Dickert, J., Erbert, M., Erdmann, N., Johae, C., und Katzenbach, B., „Der zelluläre Ansatz - Grundlage einer erfolgreichen, regionenübergreifenden Energiewende.“, Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE), Energietechnische Gesellschaft (ETG), Frankfurt a. M., VDE-Studie, Juni 2015.
- 4 Bayer, J., Benz, T., Erdmann, N., Grohmann, F., Hoppe-Oehl, H., und Hüttenrauch, J., „Zelluläres Energiesystem - Ein Beitrag zur Konkretisierung des zellulären Ansatzes mit Handlungsempfehlungen“, VDE, ETG, Frankfurt a. M., VDE-Fachbeitrag, Mai 2019.

5 „Energemarkt Deutschland 2019“. bdew (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.), Juni 03, 2019. Zugriffen: Nov. 18, 2019. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20190603_BDEW-Energemarkt-Deutschland-2019.pdf

6 Mikrozensus, Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder

7 Berechnungen destatis nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen und des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung

8 Bettgenhäuser, K., Offermann, M., Sandau, F., und Gerhardt, N., „Systemischer Vergleich von Wärmeversorgungsverfahren in einem regenerativen Energiesystem“, Umweltbundesamt, Endbericht, Climate Change 33/2016, Apr. 2016.

9 M. Geidl, „Optimal Power Flow of Multiple Energy Carriers“, IEEE Transactions on power systems, Bd. 22, Nr. 1, S. 11, 2007.



Bilder

Energiewende: © Agora Energiewende

jupyter notebooks: © jupyter.org

rust: © Kofi Group

pytorch: © Ricky Martin @ morioh.com

python: © morioh.com

Testreferenzjahr: © Deutscher Wetterdienst

DQN-Konzept: © Markus Buchholz @ medium.com