

# Open Source Energie-Modell Schleswig-Holstein (openMod.sh)

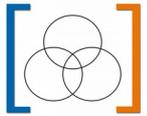
*Ein regionales Strom-Wärme-Modell für Schleswig-Holstein  
basierend auf Open Source und Open Data*

C. Wingenbach, S. Hilpert, S. Günther  
14. Symposium Energieinnovation  
Graz, 11.02.2016

Gefördert durch:



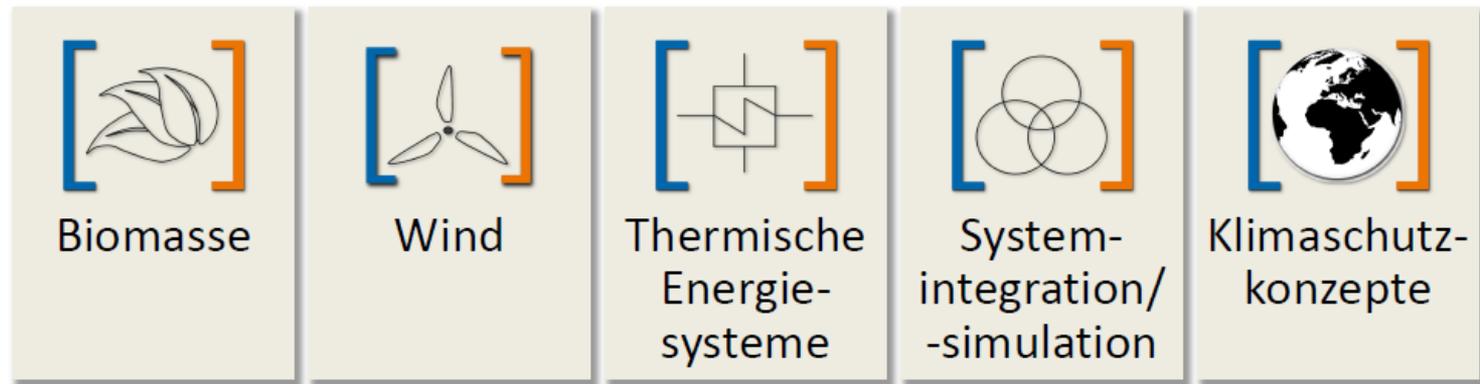
Gesellschaft für Energie und  
Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH



- 1) ZNES Flensburg
- 2) Motivation und Projektziel
- 3) Modellaufbau
- 4) Open Energy Modelling Framework oemof
- 5) Open Data

- **Interdisziplinäre Forschung und Entwicklung**
- Fachhochschule und Universität Flensburg
- Nachhaltige umwelt- und klimaverträgliche Energiesysteme und Energietechnologien

5 Cluster



## Status Quo

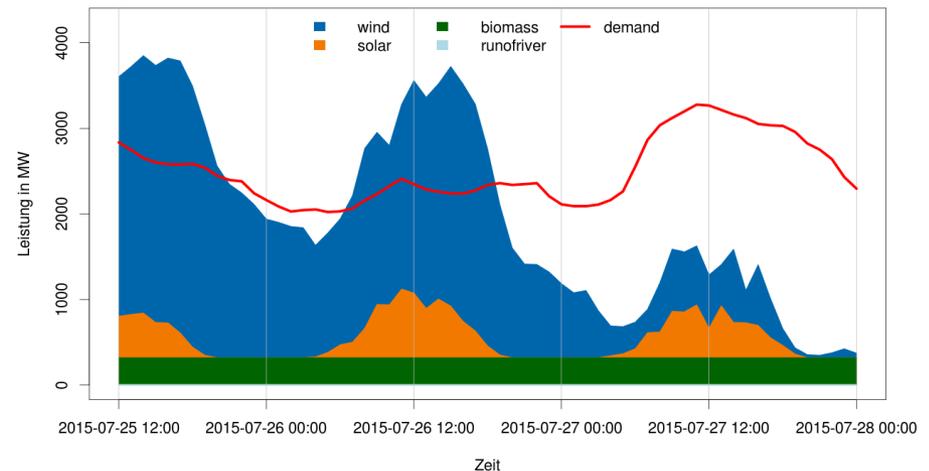
- Hybrid Stromsektormodelle - überregional
- Bottom-up Wärmemodelle - lokal
- zunehmende Wechselwirkungen

## Was fehlt?

- Regionale Wärmemodelle
- Sektorübergreifend

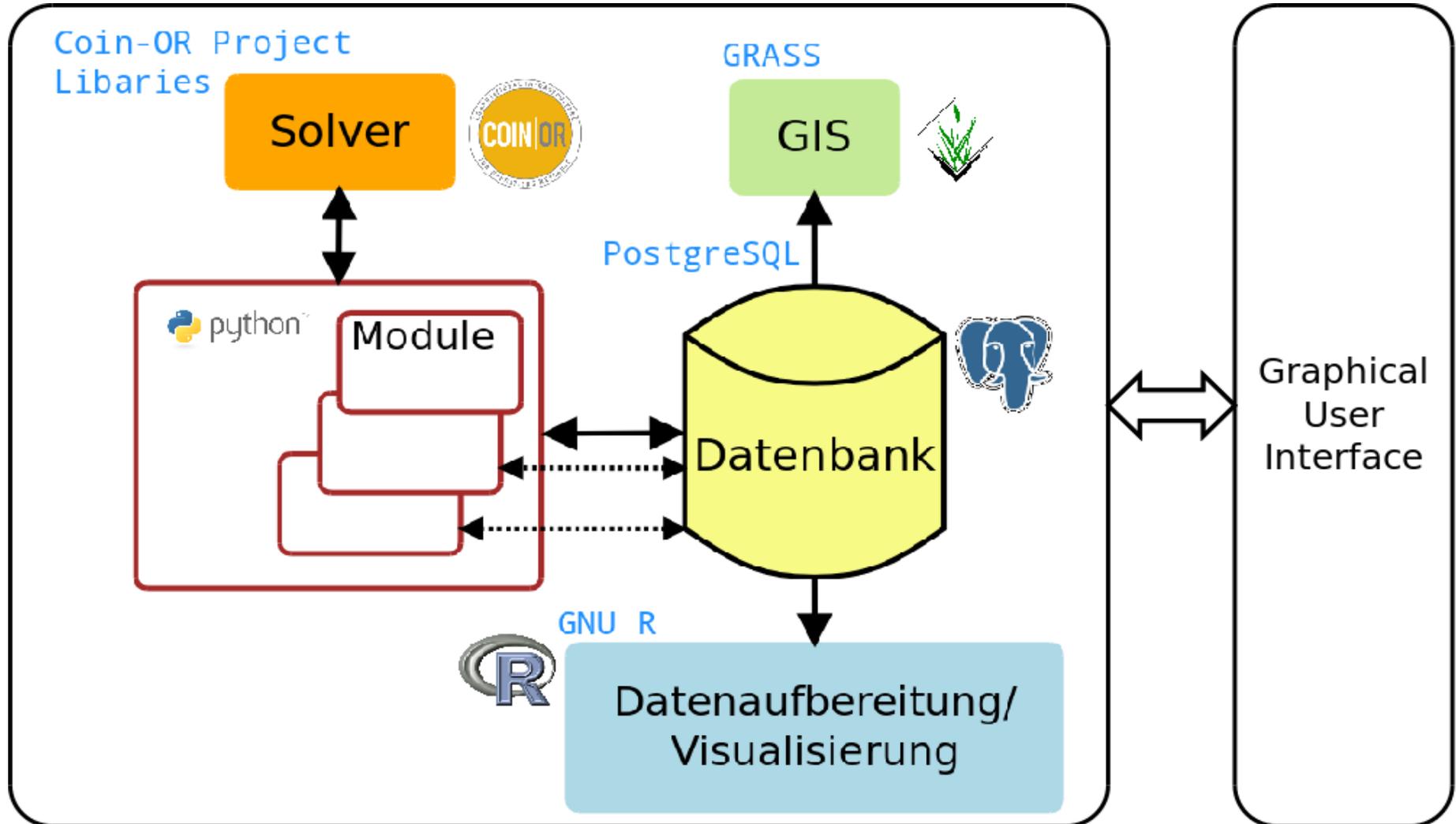
## Warum Schleswig-Holstein?

- Mögliches Zukunftssystem
- Überschaubare Ausdehnung



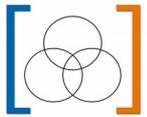


- Frei zugängliche GIS-Datenbank
- quelloffenes Modell mit Entwickler-Community
  - zur Anwendung
    - Betriebswirtschaftliche Analysen  
z.B. Wirtschaftlichkeit Virtuelles Kraftwerk,  
Flexibilisierung von KWK-Anlage
    - Landesspezifische Planung  
z.B. Ausbauplanung Erzeugung und Netz,  
Bewertung CO<sub>2</sub>-Emissionen
  - zur Weiterentwicklung  
z.B. Integration Personen- und Güterverkehr,  
Power-To-Gas

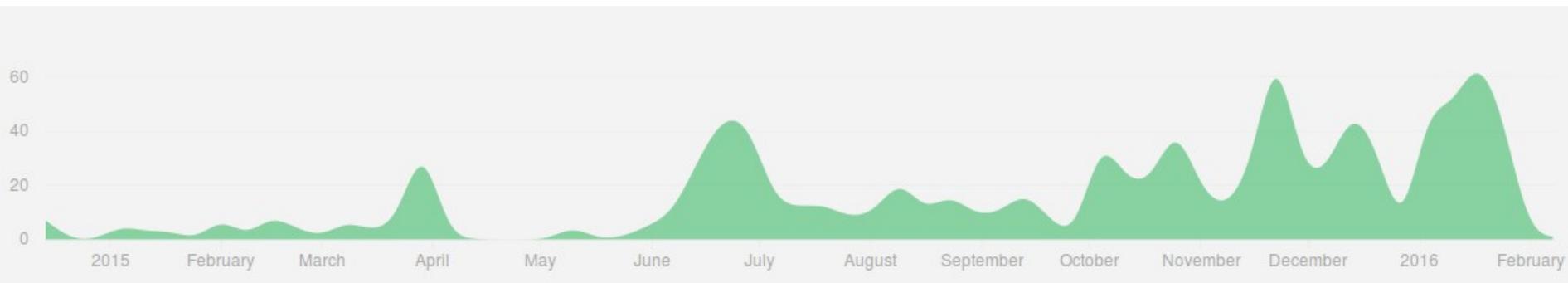


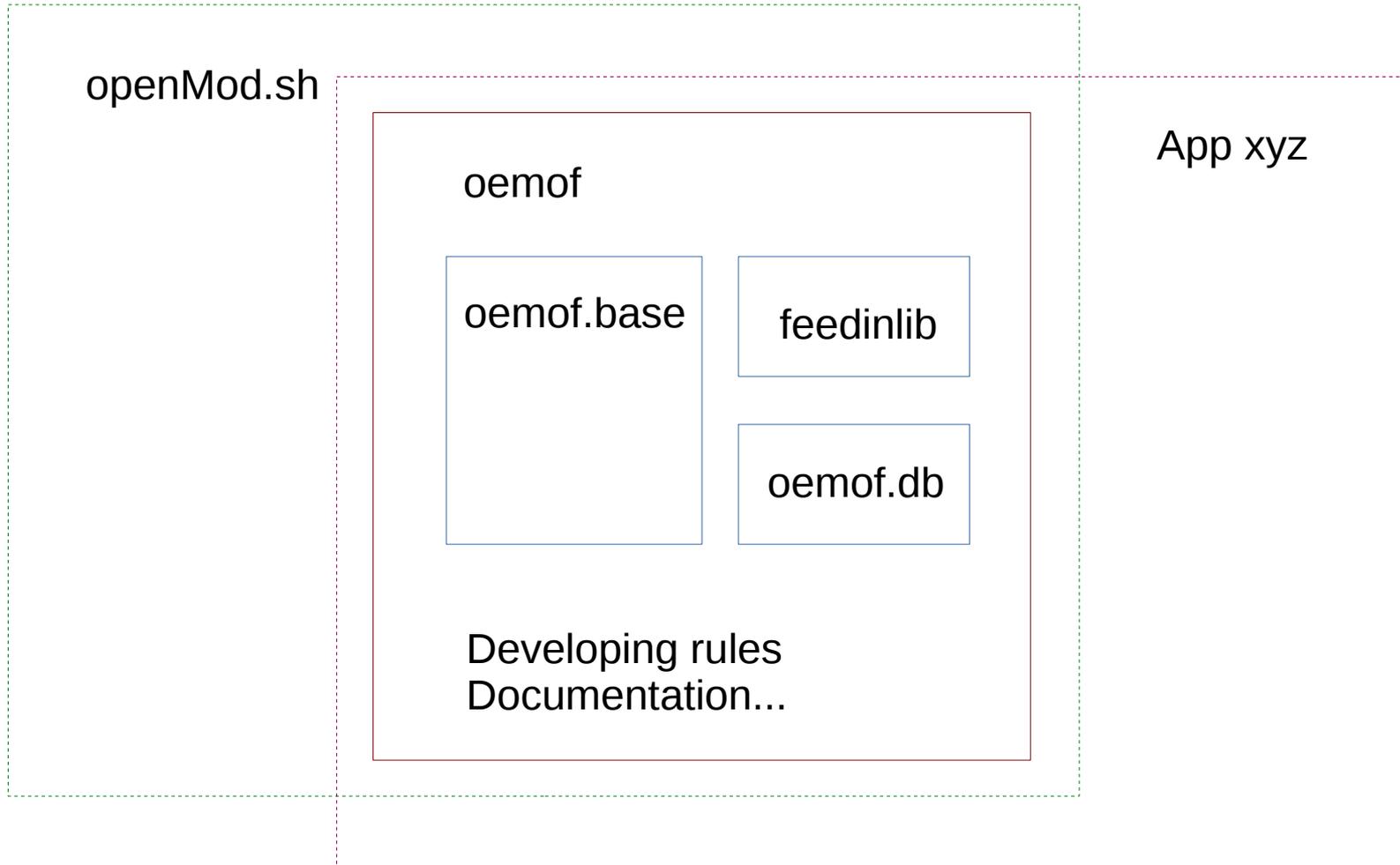
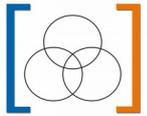


- oemof ist
  - das Open Energy Modelling Framework
- ein Framework ist
  - selbst noch kein fertiges Programm
  - stellt den Rahmen zur Verfügung, innerhalb dessen Anwendungen/Modelle erstellt werden
  - stellt Klassen und Funktionen zur Verfügung



- Aktive Code Entwicklung seit Dezember 2014
- ~ 1200 commits
- 11 Contributors von 3 Institutionen
- 3 „stable releases“, aktuell v0.0.3







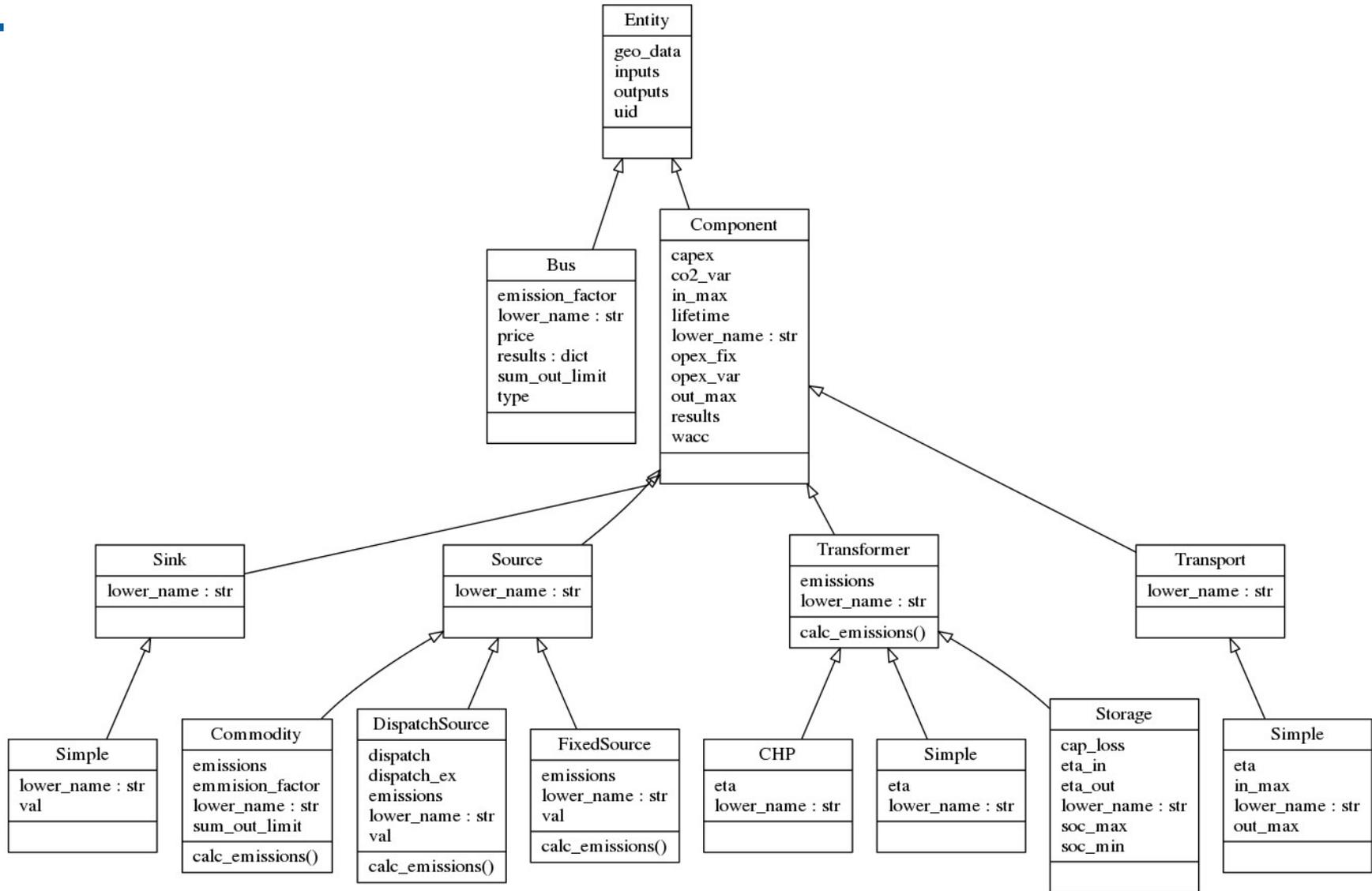
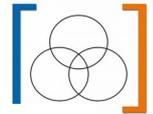
- Bus (von Sammelschiene)
  - kann in Verbindung mit mehreren Components stehen
  - Buses sind maßgeblich durch ihren Typ charakterisiert (z.B. Elektrizität, Gas, Wärme)
- Component
  - steht immer in Verbindung mit einem Bus
  - Untertypen: Transformer, Sink, Source, Transport



- Transformers (dt. Wandler) [Kohlekraftwerk, ...]
  - haben mindestens einen Input und einen Output
  - verfügen über zusätzliche Informationen, die in Übertragungsfunktionen genutzt werden können
- Sinks (dt. Senken) [Verbraucher]
  - verfügen immer über genau einen Input und über keinen Output
- Sources (dt. Quellen) [WEA, PV, ...]
  - verfügen über genau einen Output und keinen Input
- Transports [Stromleitung, Wärmenetz]
  - verfügen wie Transformer über einen Input und einen Output
  - die dazugehörigen Buses besitzen immer den selben Typ

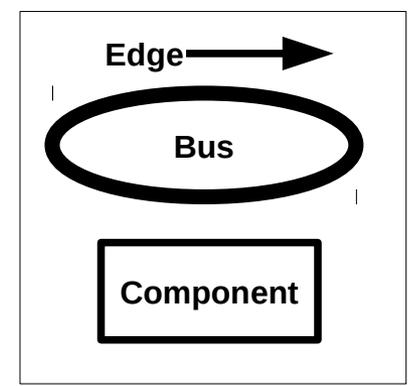
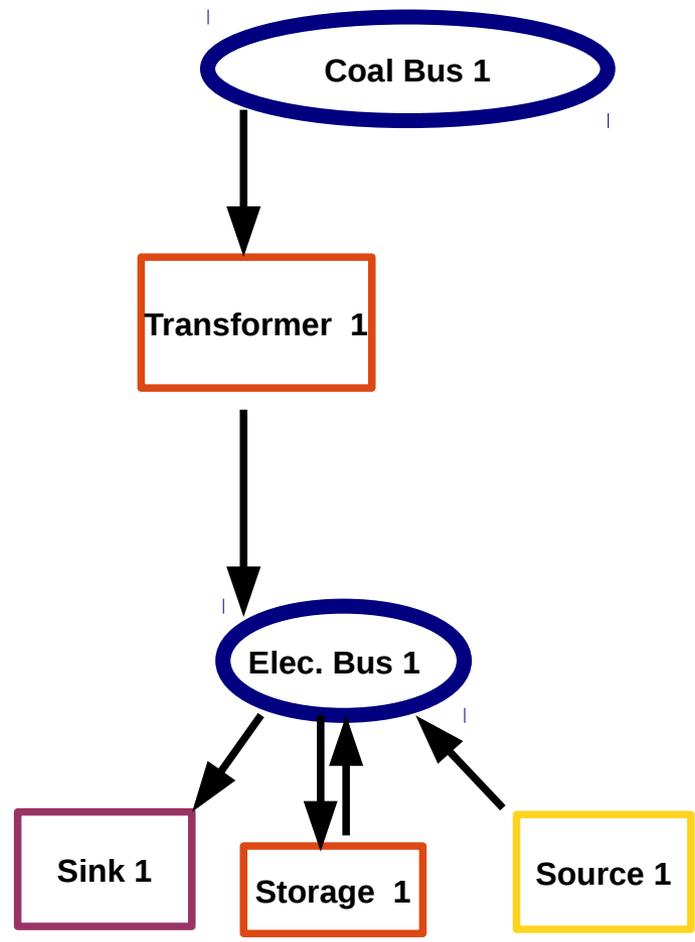
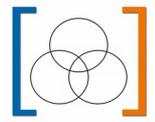


# oemof Klassen in python



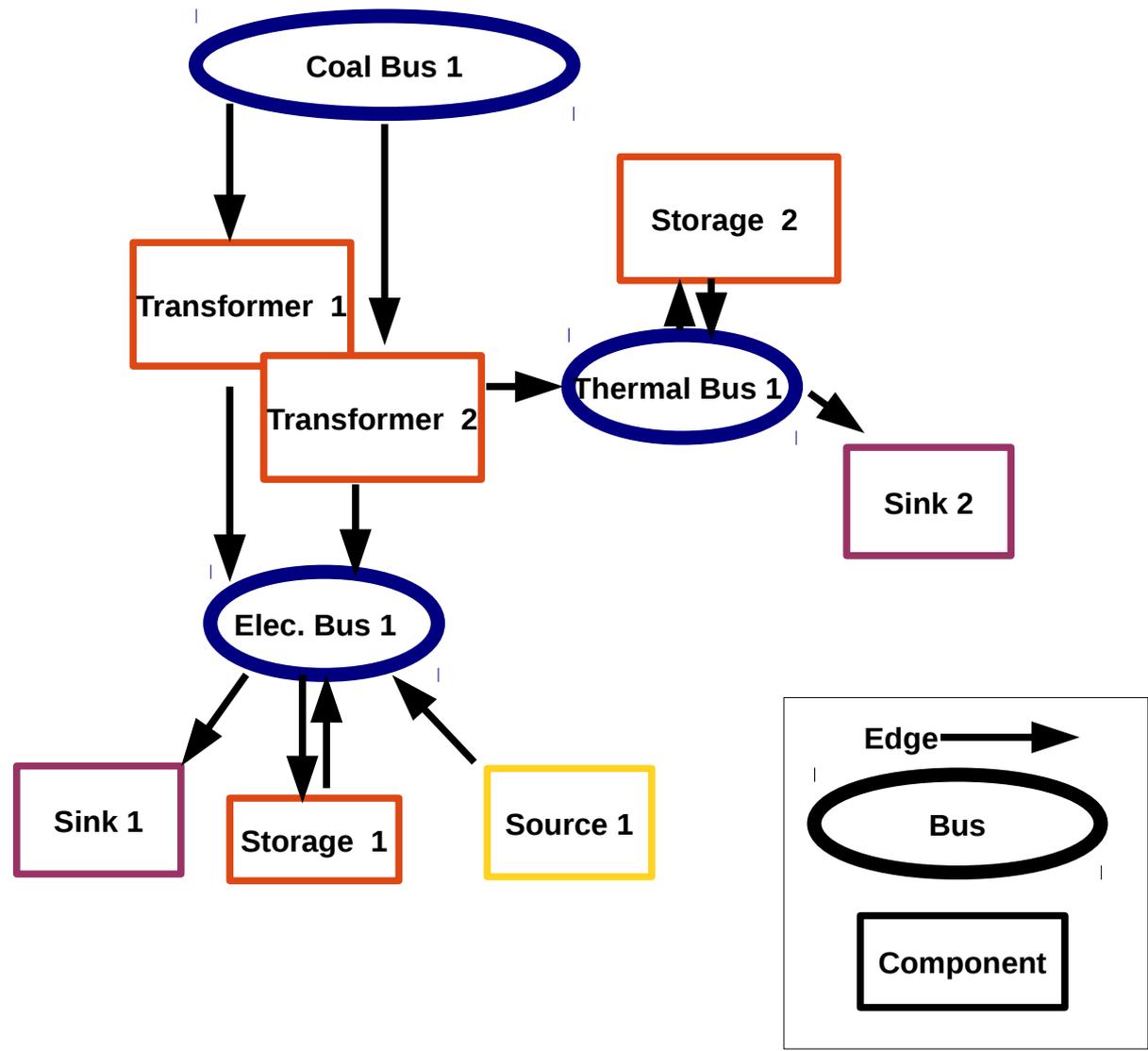


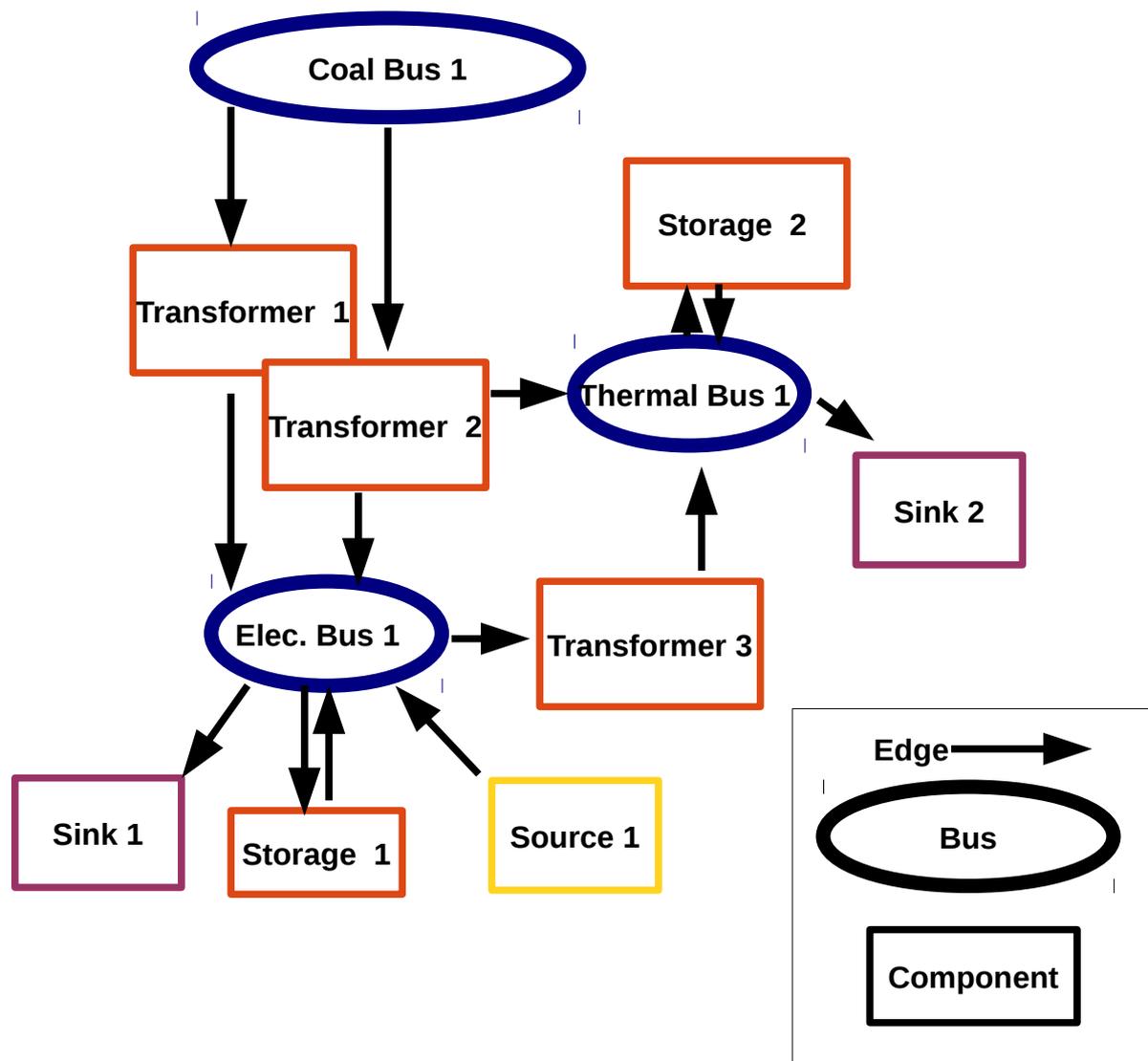
# oemof Entitätengraph

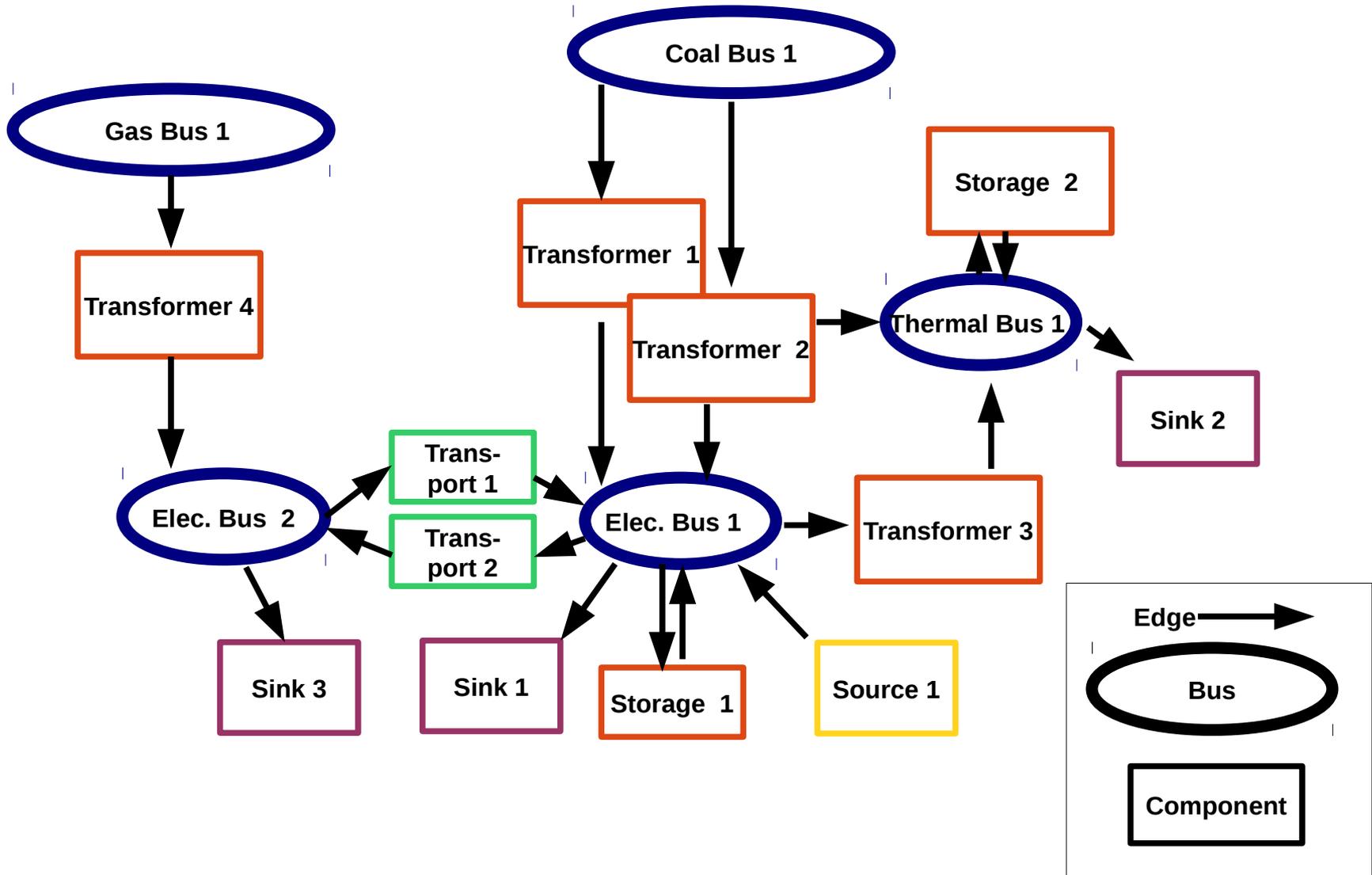
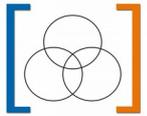




# oemof Entitätengraph









Menge aller Entitäten

$$\mathcal{E} := \{\mathcal{E}_B, \mathcal{E}_C\} \quad (1)$$

Menge aller gerichteten Kanten

$$\vec{\mathcal{E}} \subseteq \mathcal{E}_B \times \mathcal{E}_C \cup \mathcal{E}_C \times \mathcal{E}_B \quad (2)$$

Übertragungsfunktion / Constraints

$$f(\mathcal{I}_e, \mathcal{O}_e) \leq \vec{0}, \quad \forall e \in \mathcal{E} \quad (3)$$

$$g(e_i, e_j) \leq \vec{0}, \quad \forall (e_i, e_j) \in \vec{\mathcal{E}} \quad (4)$$

$\mathcal{I}_e$  und  $\mathcal{O}_e$  als Untermengen von  $\mathcal{E}$ :

$$\mathcal{I}_e := \{i \in \mathcal{E} \mid (i, e) \in \vec{\mathcal{E}}\} \quad (5)$$

$$\mathcal{O}_e := \{o \in \mathcal{E} \mid (e, o) \in \vec{\mathcal{E}}\} \quad (6)$$



Kosten und Erlöse als Teil der Constraints

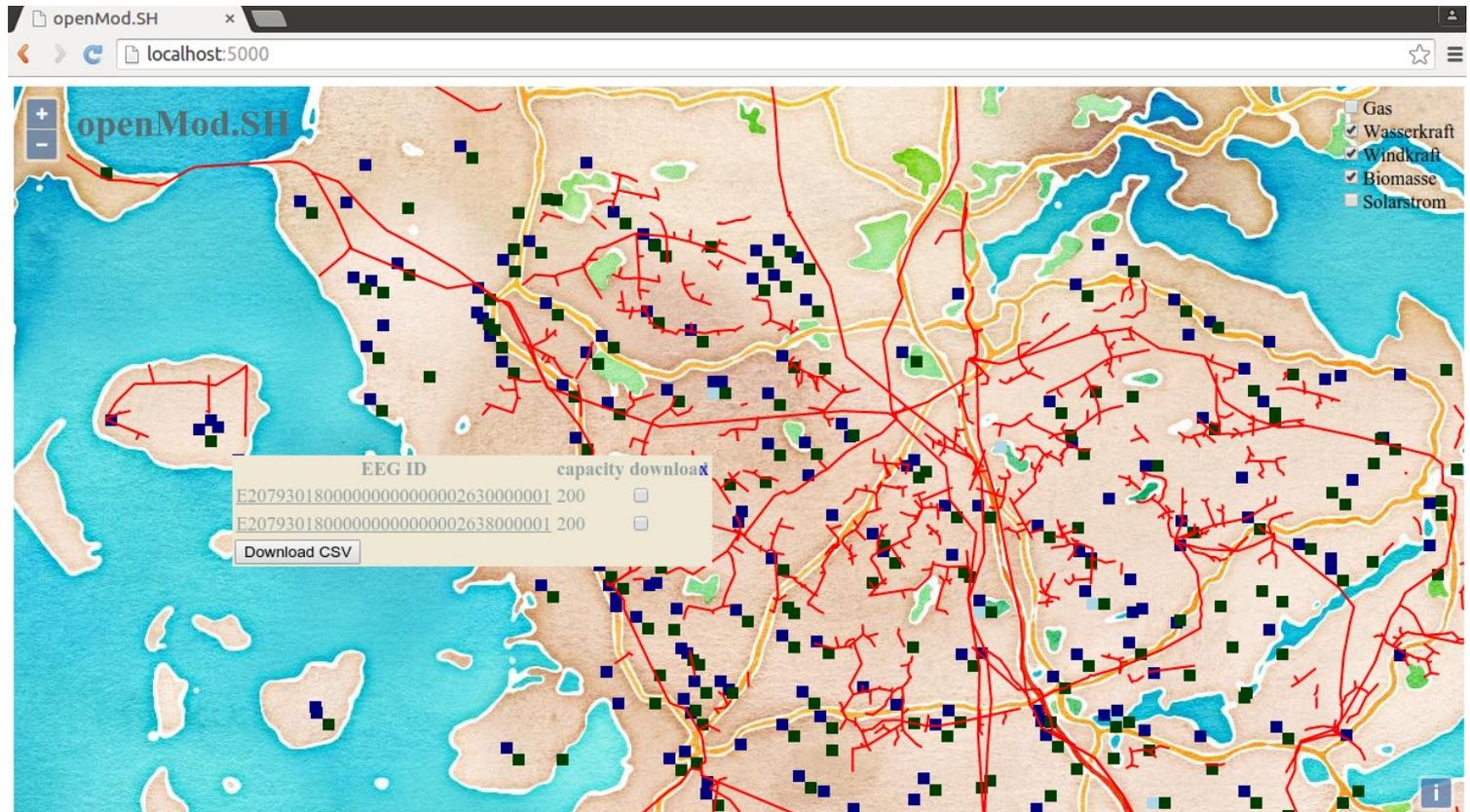
$$c(\mathcal{I}_e, \mathcal{O}_e) - \vec{C} = \vec{0} \quad (7)$$

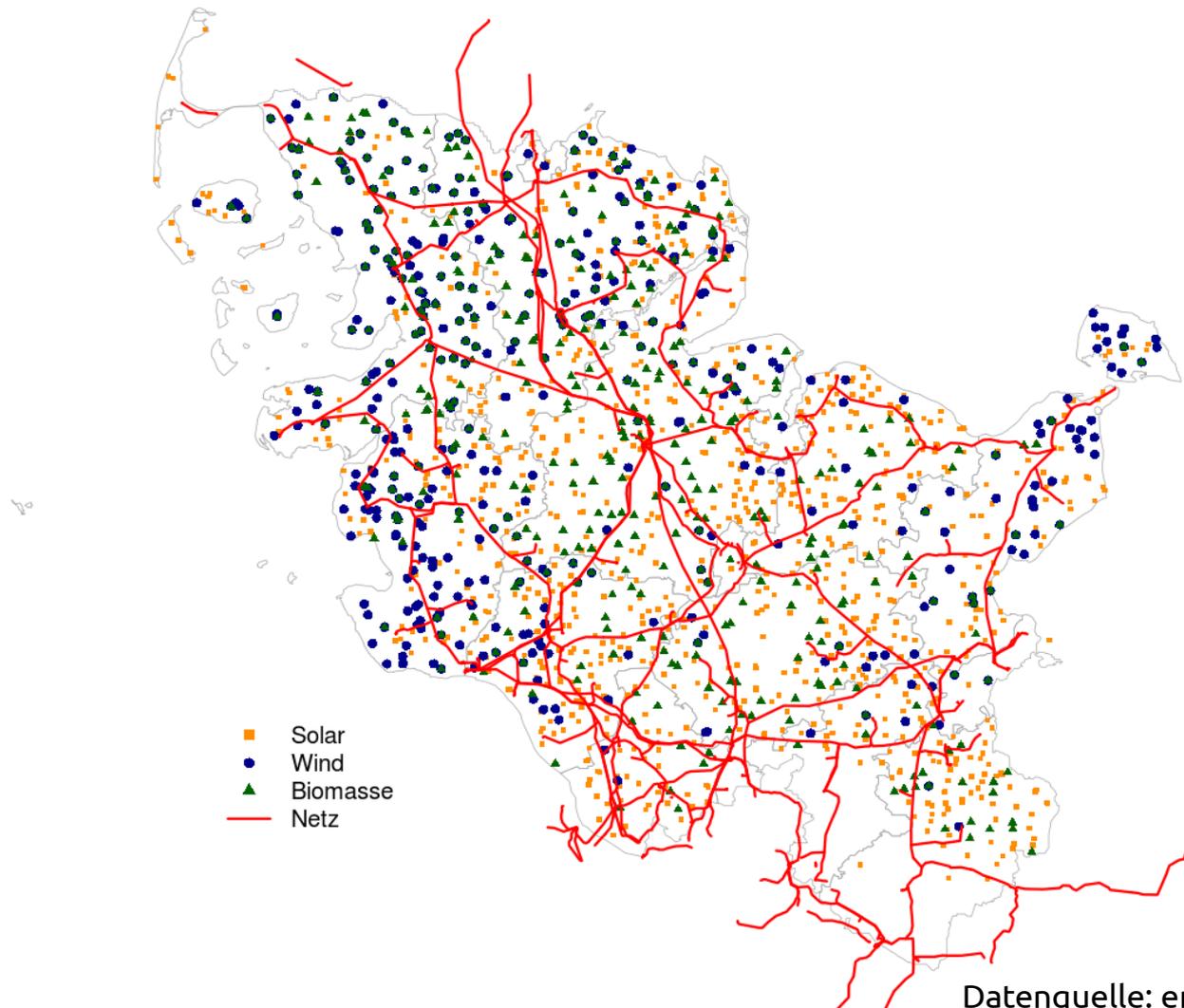
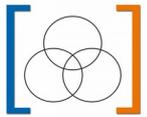
$$r(\mathcal{I}_e, \mathcal{O}_e) - \vec{R} = \vec{0} \quad (8)$$

Zielfunktion für Optimierung

$$\min: h(c, r) = \vec{C}^T - \vec{R}^T \quad (9)$$

- Browserbasiertes Graphical User Interface
- Zusätzlich: API (z.B. JSON, SQL, OPeNDAP)





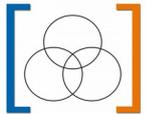
Datenquelle: energymap.info, OSM





**ZNES**

ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE ENERGIESYSTEME  
FACHHOCHSCHULE | UNIVERSITÄT FLENSBURG



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Clemens Wingenbach

Zentrum für nachhaltige Energiesysteme Flensburg  
Abteilung Systemintegration

Tel.: +49 461-805 3015

E-Mail: [clemens.wingenbach@uni-flensburg.de](mailto:clemens.wingenbach@uni-flensburg.de)

Web: [www.uni-flensburg.de/eum](http://www.uni-flensburg.de/eum)  
[www.znes-flensburg.de](http://www.znes-flensburg.de)