



Fair Energy Sharing in Local Communities: Peer-to-Peer Trading unter Berücksichtigung der Zahlungsbereitschaft der Prosumer

Theresia Perger, Hans Auer, Lukas Wachter, Andreas Fleischhacker
16. Symposium Energieinnovation, Graz/Austria

14.02.2020



Agenda

- Einleitung und Motivation
- Methodik und Modell:
 - FRESH:COM – Lineares Energy Community Modell
 - Mathematische Beschreibung des Modells
 - Daten und Annahmen
- Ergebnisse für eine Test-Community
- Schlussfolgerungen und Ausblick
- H2020 Projekt openENTRANCE

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) SR 1.5
 - Drastische Reduktion der Treibhausgase essentiell
 - Ausstieg aus fossilen Energieträgern
- Hoher Anteil an Erneuerbaren (speziell Photovoltaik)
 - Dezentralisierung
 - Prosumer sind aktive Teilnehmer des Energiesystems
- EU Clean Energy Package
 - Local Energy Communities (EC)
 - Erzeugung, Verbrauch, Speicherung, Verkauf erneuerbarer Energien
- Demokratisierung
 - Freiwillige Teilnahme
 - Keine abgeschlossenen Systeme, sondern Teil des Verteilnetzes
- **Ziel:** Ohne die Hilfe von staatlichen Förderungen Profitabilität von PV erhöhen, allerdings nicht vorrangig finanzieller Gewinn
- Weitere Gründe:
 - Bewusstsein über den eigenen ökologischen Fußabdruck
 - Shared Economy



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN



Methodik und Modell

Lineares Optimierungsmodell **FRESH:COM** (FaiR Energy SHaring in local COMmunities):

- Teilnehmer sind sogenannte **Prosumer**, oder auch nur Konsumenten bzw. Produzenten von erneuerbaren Energien.
- **Haushalte** oder Klein- und Mittelbetriebe (**KMUs**) mit unterschiedlichen Anreizen, der Community beizutreten.
- Unterschiedliche **Zahlungsbereitschaften** (Willingness-to-Pay) der Teilnehmer (als Aufschlag auf den Haushaltsstrompreis) abhängig von den **Grenzemissionen** des Netzes
- Technologien: **Photovoltaikanlagen** und **Batteriespeicher**
- Trading: Über das **öffentliche Verteilnetz**
- Die **Zielfunktion**: maximiert die Wohlfahrt (Welfare) für die gesamte Community.

Input Parameter:

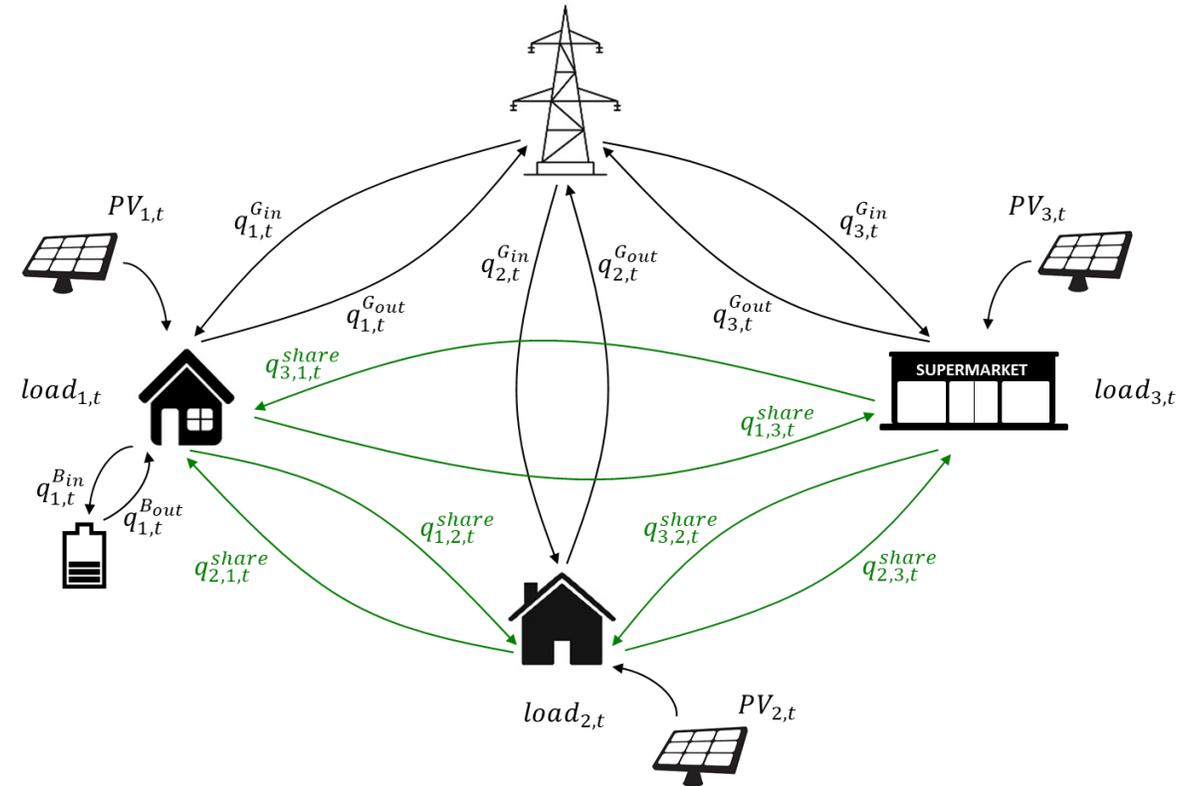
$q_{i,t}^{PV}$	PV-Erzeugung Prosumer i	kWh
$q_{i,t}^{load}$	Last Prosumer i	kWh
SoC_i^{max}	Max. Kapazität Batteriespeicher Prosumer i	kWh
q_i^{Bmax}	Max. (Ent)Ladeleistung Batteriespeicher Prosumer i	kW
w_i	Gewichtungsfaktor für Grenzemissionen	EUR/kg CO ₂
$wtp_{i,j,t}$	Zahlungsbereitschaft von Prosumer j	EUR/kWh
p_t^{Gin}	Haushaltsstrompreis	EUR/kWh
p_t^{Gout}	Erlös für PV-Überschusseinspeisung	EUR/kWh
e_t^G	Grenzemissionen	Kg CO ₂ /kWh

Output Parameter:

$q_{i,t}^{Gin}$	Bezug vom Netz Prosumer i	kWh
$q_{i,t}^{Gout}$	Einspeisen ins Netz Prosumer i	kWh
$q_{i,j,t}^{share}$	Gehandelte Energie von Prosumer i zu Prosumer j	kWh
$q_{i,t}^{Bin}$	Laden Batteriespeicher von Prosumer i	kWh
$q_{i,t}^{Bout}$	Entladen Batteriespeicher von Prosumer i	kWh
$SoC_{i,t}$	Ladezustand Batteriespeicher von Prosumer i	kWh

Indices:

$t \in \mathcal{T}$	Index Zeitabschnitte	h
$i \in \mathcal{J}$	Index Prosumer	



FRESH:COM – Optimization Model

Zielfunktion:

$$\max \underbrace{\sum_{i,t} p_t^{Gout} * q_{i,t}^{Gout} - \sum_{i,t} p_t^{Gin} * q_{i,t}^{Gin}}_{\text{Community welfare}} + \underbrace{\sum_{i,j,t} wtp_{i,j,t} * q_{i,j,t}^{share}}_{\text{Prosumer welfare}}$$

Zahlungsbereitschaft: $wtp_{i,j,t} = p_t^{Gin} + w_j \cdot e_t$

Nebenbedingungen:

$$load_{i,t} = q_{i,t}^{Gin} + \sum_j q_{j,i,t}^{share}$$

$$PV_{i,t} = q_{i,t}^{Gout} + \sum_j q_{i,j,t}^{share}$$

$$q_{i,t}^{Gin}, q_{i,t}^{Gout}, q_{i,j,t}^{share} \geq 0$$

For all $i \in \{1, \dots, N\}, t \in \{1, \dots, T\}$

Nebenbedingungen mit Batteriespeichern:

$$load_{i,t} = q_{i,t}^{Gin} + q_{i,t}^{Bout} + \sum_j q_{j,i,t}^{share}$$

$$PV_{i,t} = q_{i,t}^{Gout} + q_{i,t}^{Bin} + \sum_j q_{i,j,t}^{share}$$

$$SoC_{i,t} = SoC_{i,t-1} + q_{i,t}^{Bin} * \eta_{bat} - q_{i,t}^{Bout} / \eta_{bat}$$

$$SoC_{i,t} \leq SoC_i^{max}$$

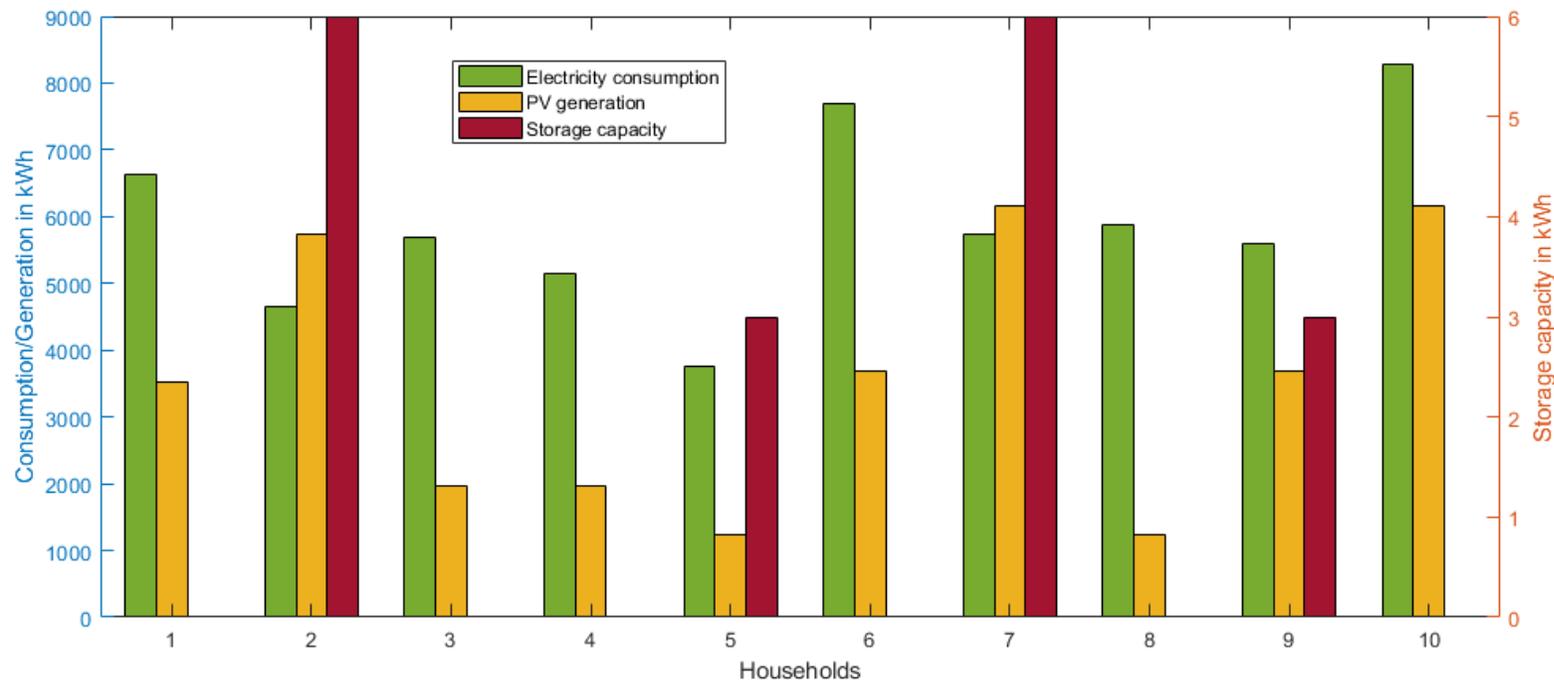
$$q_{i,t}^{Bin}, q_{i,t}^{Bout} \leq q_i^{Bmax}$$

$$q_{i,t}^{Gin}, q_{i,t}^{Gout}, q_{i,j,t}^{share}, SoC_{i,t}, q_{i,t}^{Bin}, q_{i,t}^{Bout} \geq 0$$

For all $i \in \{1, \dots, N\}, t \in \{1, \dots, T\}$

Daten und Annahmen

- 10 Haushalte (siehe Abbildung)
 - Unterschiedliche PV Systeme (Peak-Leistung, Ausrichtung)
 - Teilweise Batteriespeicher vorhanden
- Gewerbe
 - 5 unterschiedliche Gewerbetypen: APCS synthetische Lastprofile (G0, G1, G3, G4, G5)
 - PV Anlagen 10 kWp (Südseitig oder Ost-West)



Daten und Annahmen

PV-Erzeugungsdaten: <http://renewables.ninja> [1],[2]

- Stündliche Werte
- 8760 Werte
- Referenzjahr: 2014
- Verschiedene Ausrichtungen und Aufstellwinkel (hier: Aufstellwinkel=35°)

Haushalte: gemessene Daten

- Viertel-stündliche Werte (35040 Werte)

Gewerbe: APCS synthetische Lastprofile

Willingness-to-pay: Bereitschaft, einen Aufschlag auf den Haushaltsstrompreis zu zahlen, abhängig von den aktuellen Grenzemissionen im Netz

- Haushalte: 0-10 Cent/kgCO₂
- Gewerbe: 0 Cent/kgCO₂

Preise:

- Österreichischer Strompreis für Haushalte: 20 Cent/kWh
- Für Überschuss-PV: 0 Cent/kWh (keine Förderungen)

[1] Pfenninger, Stefan and Staffell, Iain (2016). Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. Energy 114, pp. 1251-1265.

doi: [10.1016/j.energy.2016.08.060](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.060)

[2] Staffell, Iain and Pfenninger, Stefan (2016). Using Bias-Corrected Reanalysis to Simulate Current and Future Wind Power Output. Energy 114, pp. 1224-1239.

doi: [10.1016/j.energy.2016.08.068](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.068)



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

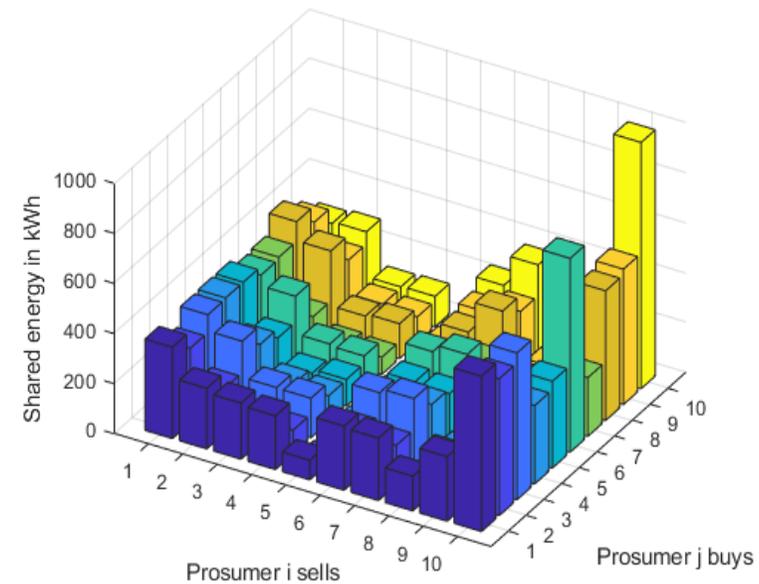
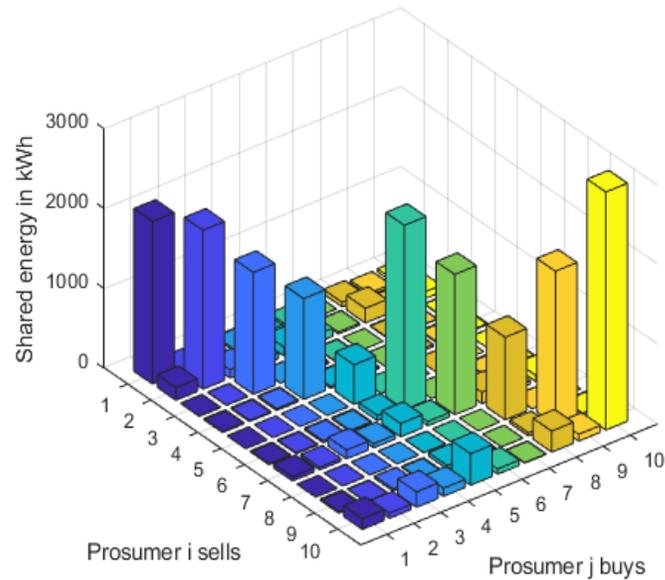


Ergebnisse

Ergebnisse – 10 Haushalte

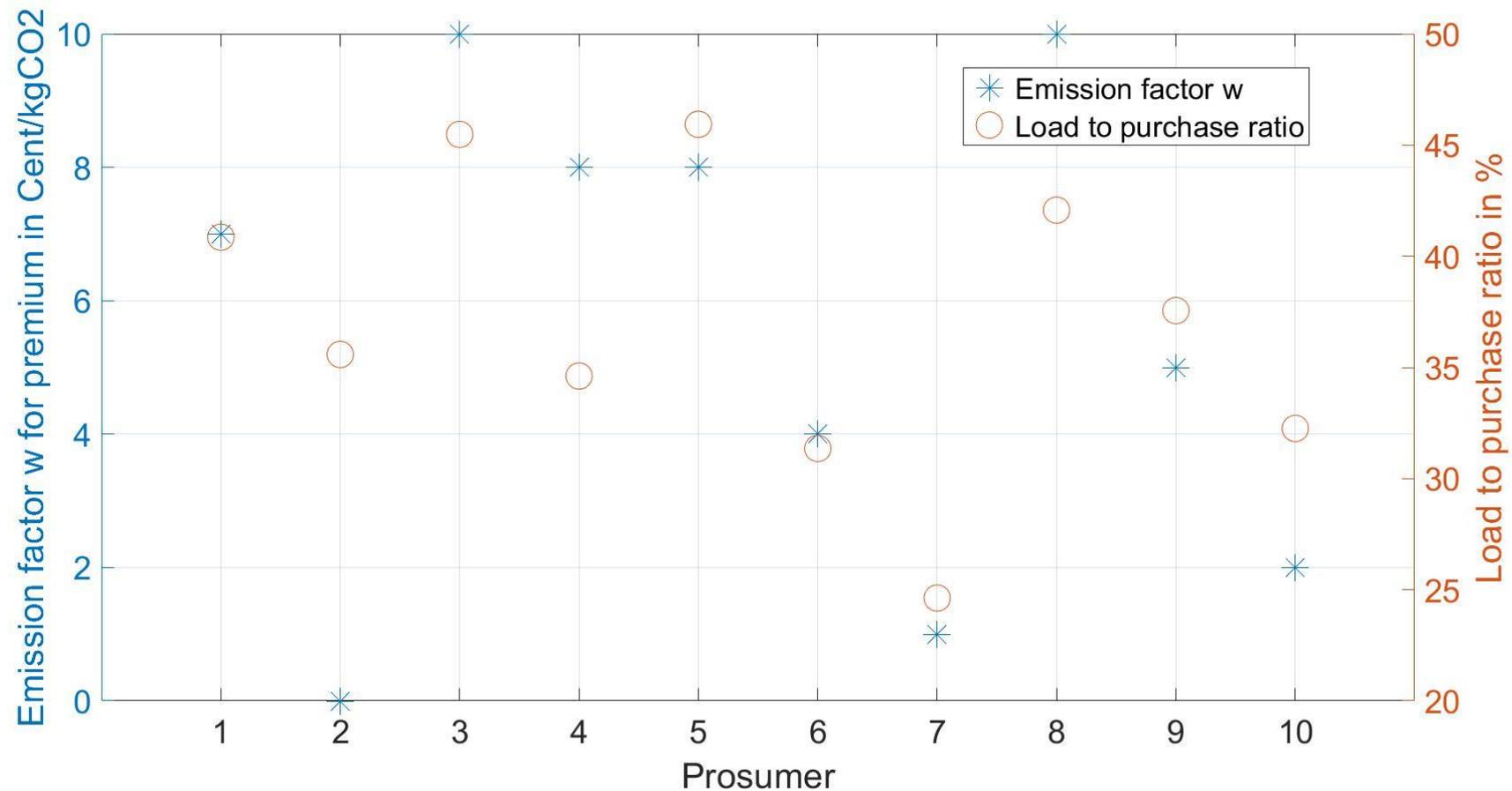
10 Haushalte über ein Jahr:

Teilen von Überschusserzeugung (links) vs. Aufteilung nach der Zahlungsbereitschaft (rechts)



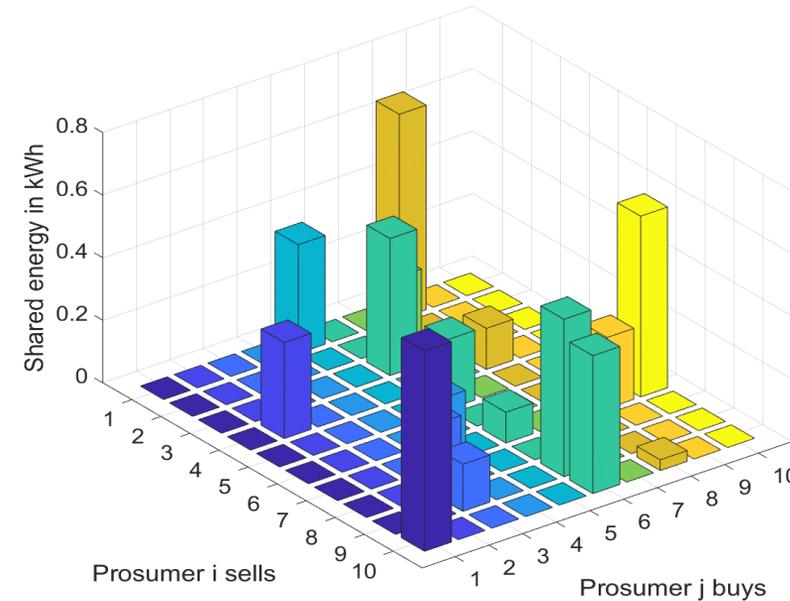
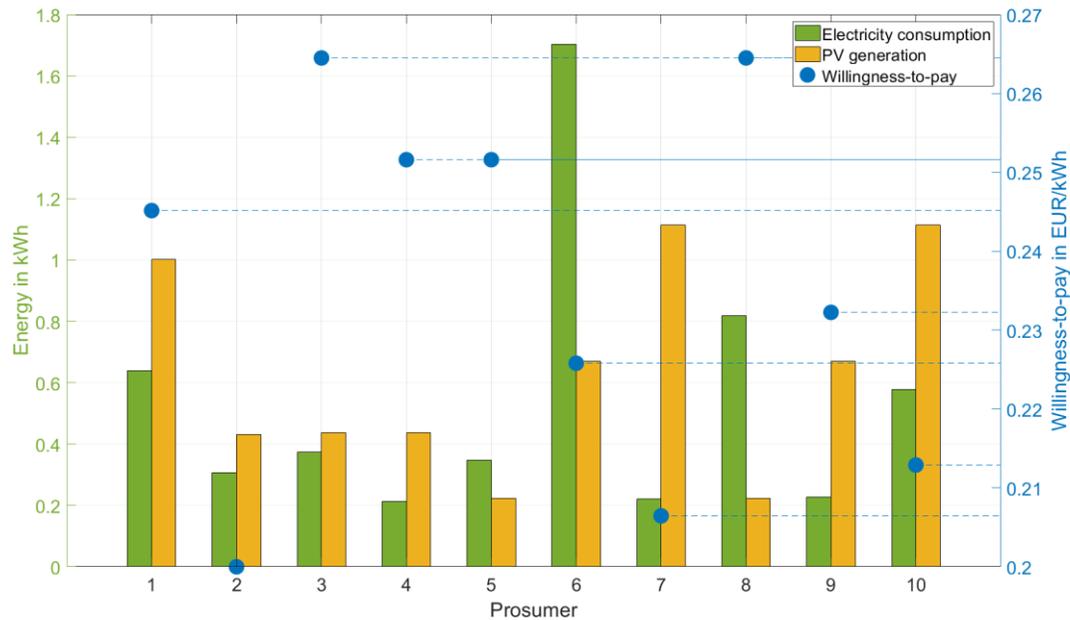
Ergebnisse – 10 Haushalte

Zusammenhang Willingness-to-Pay und Anteil Peer-to-Peer Trading aus der Community



Ergebnisse – ein Time Slot

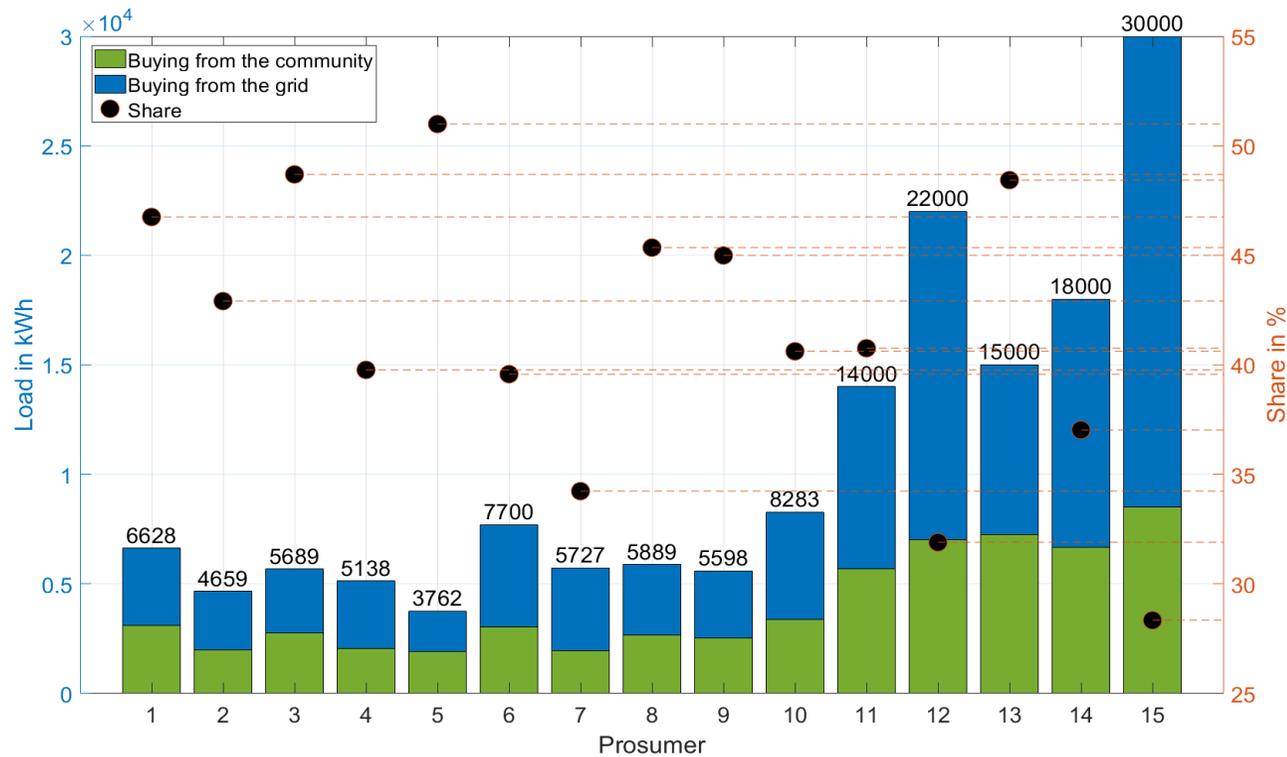
1. April am Vormittag



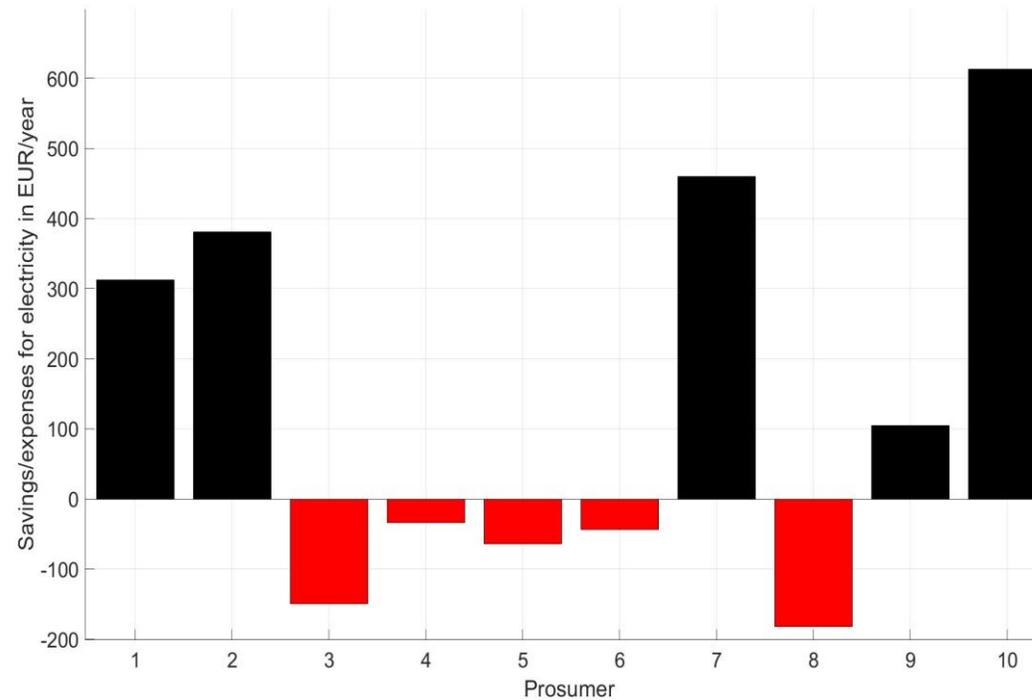
- Mehr PV Erzeugung als Nachfrage
- Prosumer 6 hat die höchste Nachfrage und kauft am meisten in der Community
- Überschuss von Prosumer 2, 6 und 9 wird ins Netz eingespeist

Ergebnisse – Haushalte + Gewerbe

Prosumer 11-15 sind Gewerbe mit hohem Verbrauch elektrischer Energie, PV Anlagen, niedriger Willingness-to-Pay



Im Vergleich zu Prosumer ohne Teilnahme an einer EC
→ Willingness-to-Pay spiegelt sich im finanziellen Profit

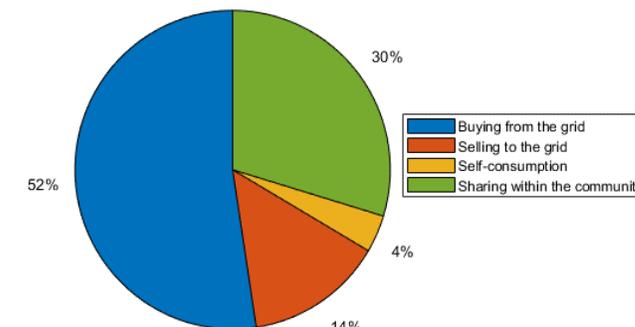


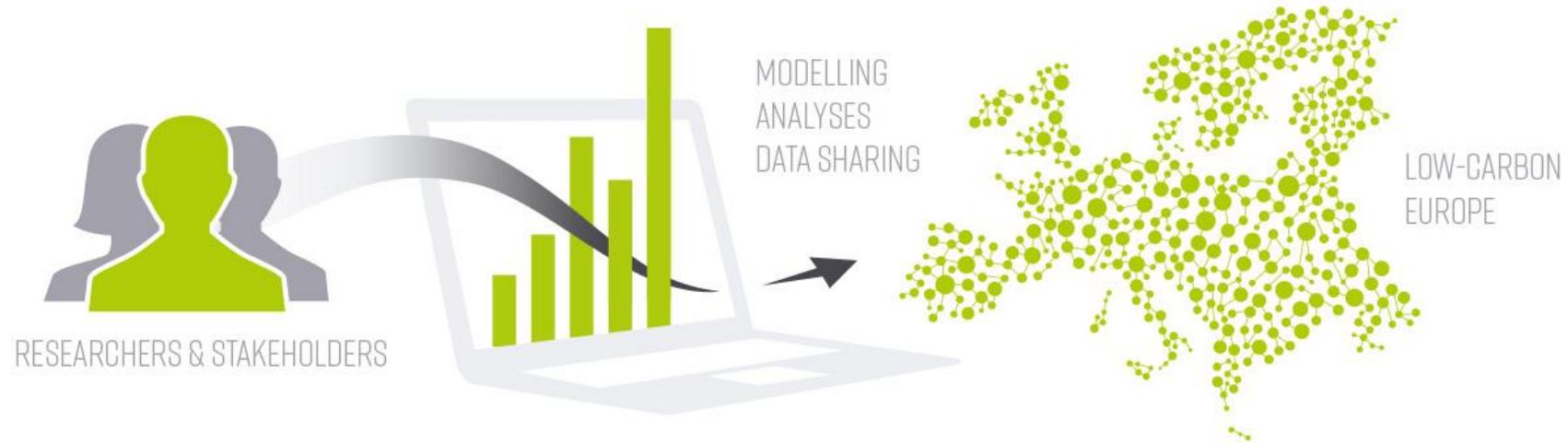
Schlussfolgerungen und Ausblick

- Keine Autarkie der EC angestrebt, sondern den kumulierten Eigenverbrauch maximieren
- Demokratisierung und Dezentralisierung des Energiesystems
- In dieser Analyse ersparen sich die Teilnehmer der EC nicht nur den Energiepreis, sondern auch Netzpreis und Steuern
 - zumindest die Netzkosten sollten von den Prosumern doch gezahlt werden

Next ...

- Net Present Value Analysen
- Verschiedene Siedlungsmuster (urbane, vor-städtische, klein-städtische und ländliche Gebiete)
- Größere Communities testen, die entfernungsabhängige Zahlungsbereitschaften berücksichtigen (über einen Verteilnetzabschnitt hinaus, d.h. über die Transformatorstation hinaus (NE7 und NE6))





OPEN ENergy TRansition ANalyses for a low-Carbon Economy

... aims at developing, using and disseminating an open, transparent and integrated modelling platform for assessing low-carbon transition pathways in Europe.

www.openentrance.eu

info@openentrance.eu