

Wirtschaftlich optimale Auslegung von PV-Anlage und dezentralem Speicher bei zeitvariablem Bezugstarifangebot

Hans Auer

Thomas Leberer, Andreas Fleischhacker

Graz, 10.02.2016

Wirtschaftlichkeit
von Tarifen mit PV
und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches
Modell
Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche
Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen

1 Einleitung

- Motivation
- Fragestellung

2 Methode

- Technisches Modell
- Wirtschaftliches Modell
- Analytischer Ansatz

3 Ergebnisse

- Fallstudien
- Wirtschaftliche Gegenüberstellung
- Sensitivitätsanalyse

4 Schlussfolgerungen

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation

Fragestellung

Methode

Technisches Modell

Wirtschaftliches Modell

Analytischer Ansatz

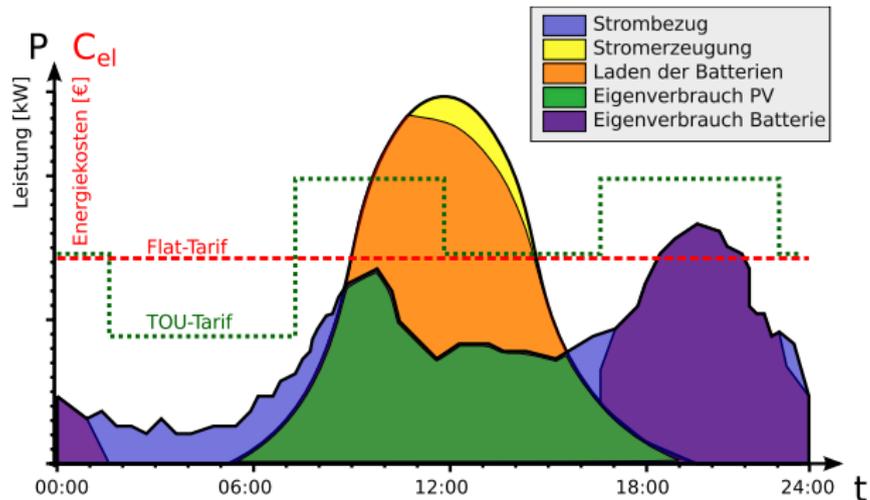
Ergebnisse

Fallstudien

Wirtschaftliche Gegenüberstellung

Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Lastkurve eines Haushalts mit PV- Einspeisung, Speichernutzung erhöht Eigenverbrauch, Tarifdesign für wirtschaftlichen Betrieb gewünscht

Wirtschaftlichkeit
von Tarifen mit PV
und dez. Speicher

Einleitung

Motivation

Fragestellung

Methode

Technisches Modell

Wirtschaftliches
Modell

Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien

Wirtschaftliche
Gegenüberstellung

Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen

Wirtschaftliche Anreize für Investitionen in Speichersysteme

- Tarifmodelle für wirtschaftlichen Einsatz von Speichersystemen
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen der Modelle und Szenarien
- Optimale Konfigurationen von PV- und Batteriesystem bei verschiedenen Tarifmodellen

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

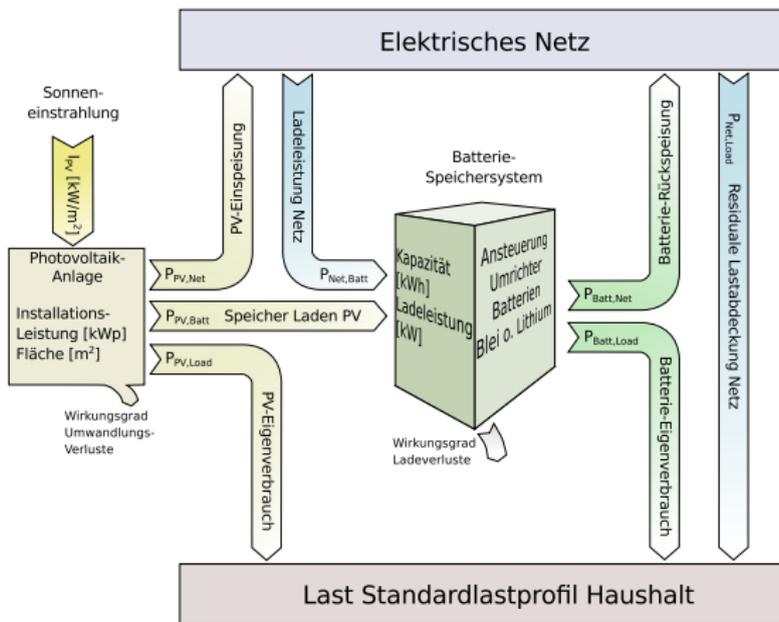
Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches Modell
Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Technisches Energiemodell, Haushalt mit Speicher und PV-Anlage, Leistungsflüsse, Definitionen und Verluste

Modellgleichungen:

- $P_{PV} = P_{PV,Batt} + P_{PV,Load} + P_{PV,Net}$
- $P_{Load} = P_{Batt,Load} + P_{PV,Load} + P_{Net,Load}$
- $P_{Batt,charge} = (P_{PV,Batt} + P_{Net,Batt}) \cdot \eta_{Batt,charge}$
- $P_{Batt,discharge} = \frac{P_{Batt,Load} + P_{Batt,Net}}{\eta_{Batt,discharge}}$
- $E_{Batt}[t] = E_{Batt}[t-1] + P_{Batt,charge}[t] \cdot t_h - P_{Batt,discharge}[t] \cdot t_h$

Zielfunktion für Optimierung:

$$\min_P \sum_t [((P_{Net,Load} + P_{Net,Batt}) \cdot p_{el,purchase}) - ((P_{PV,Net} + P_{Batt,Net}) \cdot p_{el,feedin})]$$

Wirtschaftlichkeit
von Tarifen mit PV
und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

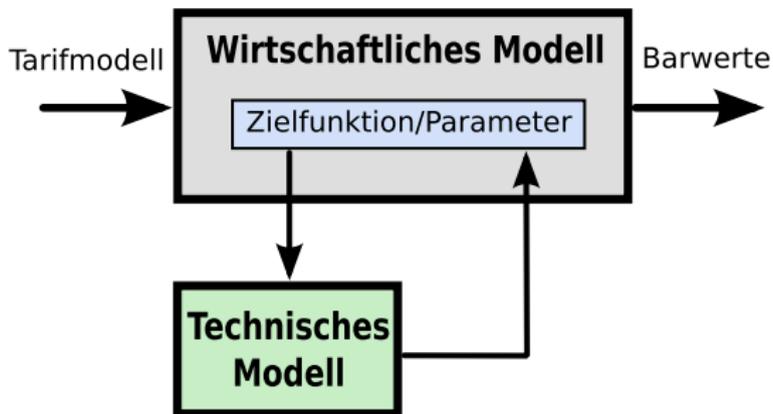
Methode

Technisches Modell
**Wirtschaftliches
Modell**
Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche
Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Wirtschaftliches Modell als Übergeordnete Struktur, beeinflusst das technische Modell und die Leistungsflüsse

Barwert (NPV - Net Present Value) über Laufzeit:

$$\begin{aligned}
 NPV_{Model} = & -(I_{PV,var} \cdot P_{PV,max}) \\
 & - [I_{Batt,fix} + I_{Batt,var} \cdot E_{Batt} \cdot (1 + \frac{LR}{(1+i)^{T_{L,Batt}}})] \\
 & + \sum_{t=1}^{T_{LZ}} \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t}
 \end{aligned}$$

Einnahmen:

$$E_t = \sum^T [(P_{PV,Net} + P_{Batt,Net}) \cdot t_h] \cdot p_{el,feedin}$$

Ausgaben:

$$A_t = \sum^T [(P_{Net,Load} + P_{Net,Batt}) \cdot t_h] \cdot p_{el,purchase}$$

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

Methode

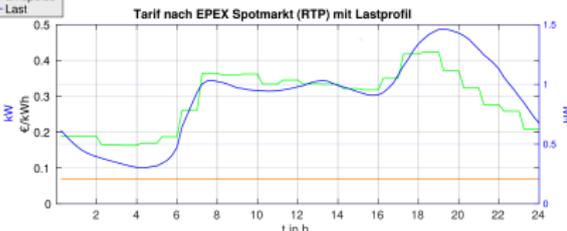
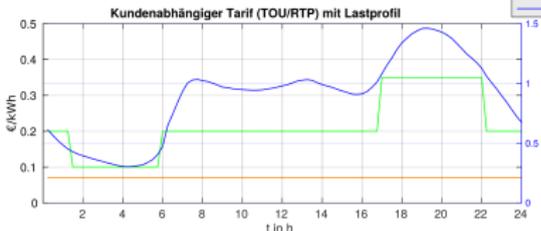
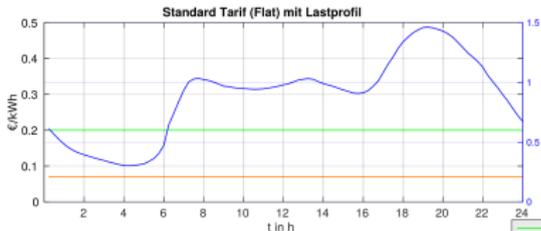
Technisches Modell
Wirtschaftliches Modell

Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

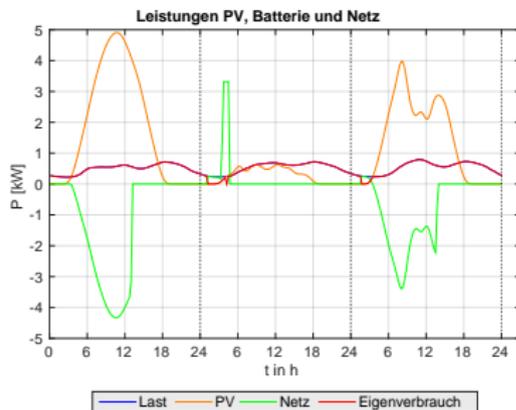
Schlussfolgerungen



Verschiedene gewählte Tarifmodelle für Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Speichernutzung, mit Lastkurve als Gegenüberstellung

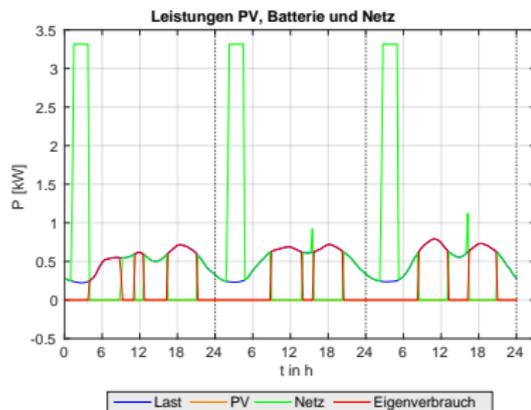
Ergebnisse Leistungen:

Szenario mit PV + Speicher



Leistungen mit PV-Anlage und Speicher, Tage im Sommer

Szenario mit Speicher (ohne PV)



Leistungen ohne PV-Anlage und mit Speicher, Tage im Sommer

Vergleich der Wirtschaftlichkeitsauswertungen

Einleitung

Motivation
Fragestellung

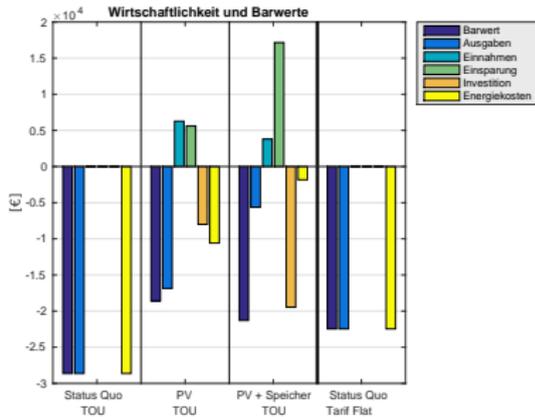
Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches
Modell
Analytischer Ansatz

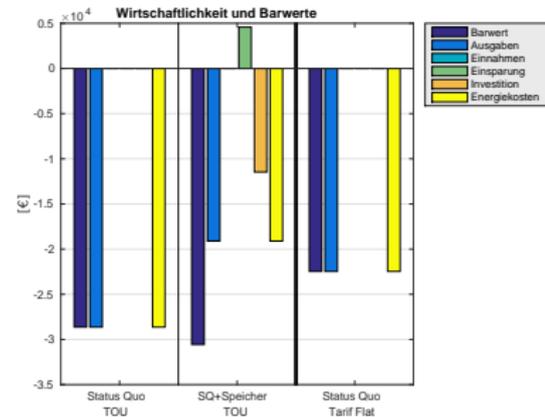
Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche
Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Szenarien mit PV-Anlage, Barwerte
und wirtschaftliche Berechnungen
im Vergleich zu Status-Quo



Szenarien ohne PV-Anlage,
Barwerte und wirtschaftliche
Berechnungen im Vergleich zu
Status-Quo

Vergleich der Wirtschaftlichkeitsauswertungen

Einleitung

Motivation
Fragestellung

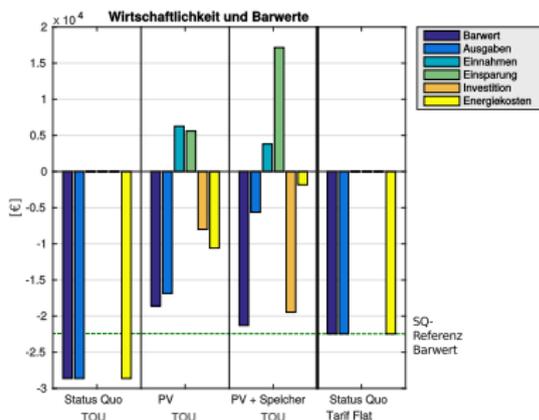
Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches
Modell
Analytischer Ansatz

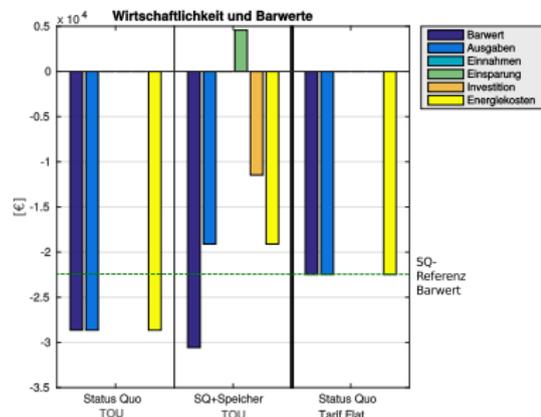
Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche
Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Szenarien mit PV-Anlage, Barwerte
und wirtschaftliche Berechnungen
im Vergleich zu Status-Quo



Szenarien ohne PV-Anlage,
Barwerte und wirtschaftliche
Berechnungen im Vergleich zu
Status-Quo

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation

Fragestellung

Methode

Technisches Modell

Wirtschaftliches Modell

Analytischer Ansatz

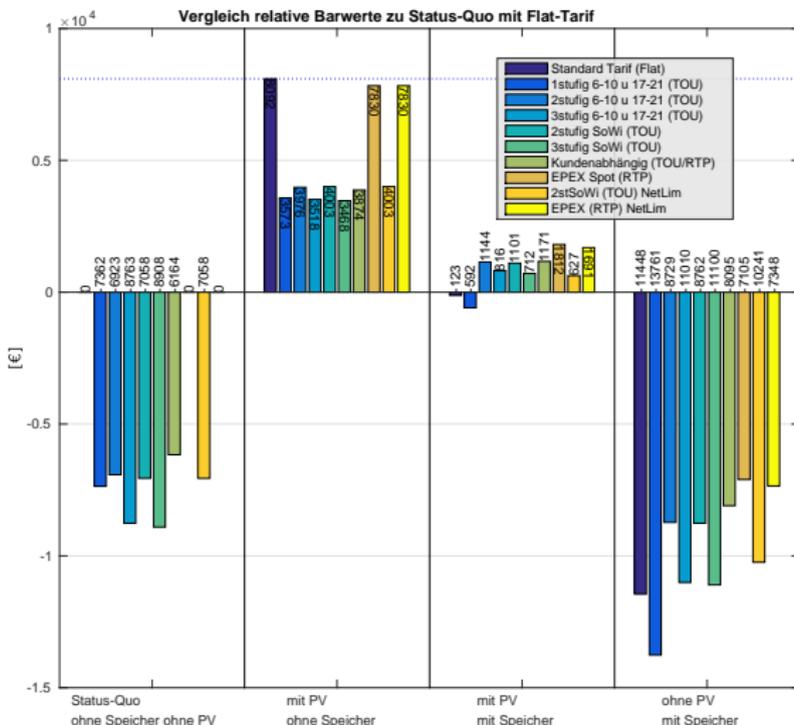
Ergebnisse

Fallstudien

Wirtschaftliche Gegenüberstellung

Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Relative Barwerte der Modellszenarien zu Status-Quo, wirtschaftliches Maximum als Referenzwert (PV, Flat-Tarif)

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation

Fragestellung

Methode

Technisches Modell

Wirtschaftliches Modell

Analytischer Ansatz

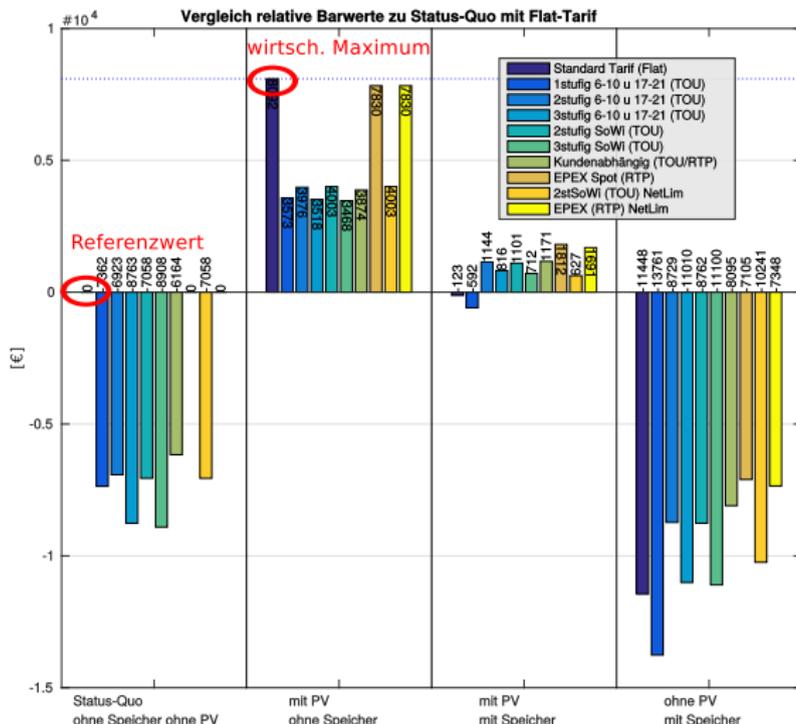
Ergebnisse

Fallstudien

Wirtschaftliche Gegenüberstellung

Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Relative Barwerte der Modellszenarien zu Status-Quo, wirtschaftliches Maximum als Referenzwert (PV, Flat-Tarif)

Tabelle 1: Relative Veränderung der Barwerte gegenüber Standard (Flat)
Tarif Status-Quo, für Konfigurationen mit PV und Speicher

rel. Barwert [€]	Status Quo	SQ + PV	SQ + Speicher	PV + Speicher
Standard	0	8.092	-11.448	-123
1stufig	-7.362	3.573	-13.761	-592
2stufig	-6.923	3.976	-8.729	1.144
3stufig	-8.763	3.518	-11.010	816
2st. SoWi	-7.058	4.003	-8.762	1.101
3st. SoWi	-8.908	3.468	-11.100	712
Kundenabh.	-6.164	3.874	-8.095	1.171
EPEX Spot	0	7.830	-7.105	1.812

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

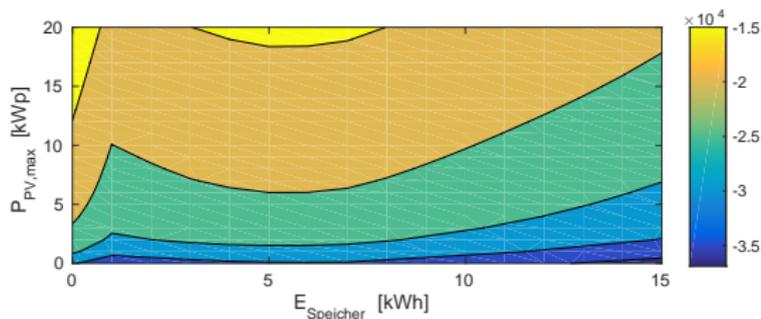
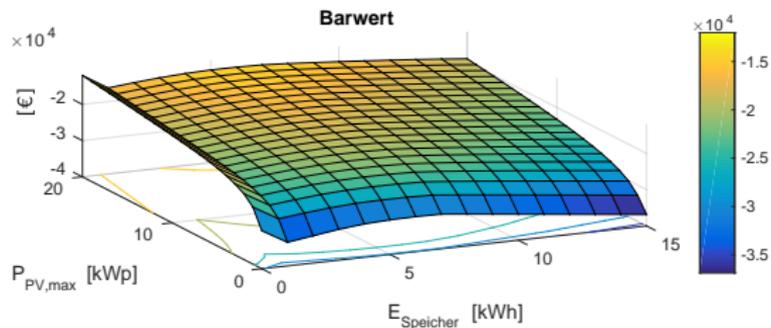
Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches Modell
Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen



Sensitivitätsanalyse bei Variation der Konfigurationen von PV-Leistung und Speichergöße, Barwert für zweistufigen Tarif (TOU), fixierte Werte der Lastkurve

Wirtschaftlichkeit von Tarifen mit PV und dez. Speicher

Einleitung

Motivation
Fragestellung

Methode

Technisches Modell
Wirtschaftliches
Modell
Analytischer Ansatz

Ergebnisse

Fallstudien
Wirtschaftliche
Gegenüberstellung
Sensitivitätsanalyse

Schlussfolgerungen

- PV-Anlagen und Speichersysteme führen zu hohen Eigenverbrauchswerten
- Tarifmodelle mit zeitvariablen Bezugstarif als Anreiz für Speichersysteme
- TOU oder RTP Charakteristik der Tarifmodelle für optimale Speicherausnutzung
- Zeitvariable Tarifmodelle bringen wirtschaftliche Vorteile für Kunden, die Technologiekombinationen PV+Speicher installieren wollen.