



Technische  
Universität  
Braunschweig

**elenia**  
Institut für Hochspannungstechnik  
und Elektrische Energieanlagen



## Entwicklung von Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten für innovative Haushalte mit PV-Speichersystemen unter Berücksichtigung von hochaufgelösten Zeitreihen

Hauke Loges, Graz, 13. Februar 2014

**Hauke Loges, Marcus Bunk, Bernd Engel**

TU Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen - elenia,  
Deutschland, [hauke.loges@tu-braunschweig.de](mailto:hauke.loges@tu-braunschweig.de), +49 531 391 9728

# Gliederung

- Motivation
- Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen
- Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten unter Einbeziehung eines PV-Speichersystems
- Zusammenfassung und Ausblick



# Gliederung

- **Motivation**
- Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen
- Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten unter Einbeziehung eines PV-Speichersystems
- Zusammenfassung und Ausblick



# „Der Weg zur Energie der Zukunft: -sicher, bezahlbar und umweltfreundlich“

Keine Stromerzeugung  
aus Kernkraftwerken  
bis 2022

Steigerung des  
Anteils EE auf 35%  
bis 2020

Reduktion der  
Treibhausgase um  
55% bis 2013

Beibehaltung des  
EEG-Prinzips

Novellierung des  
EnWG

Anwendung des  
NABEG

(Quelle: Eckpunktepapier der Bundesregierung, 2011)



# Warum verwenden wir Lastprofile?

Anwendungsgebiet	Eignung Belastungsannahmen	Eignung Lastprofile
(optimierte) Netzplanung/ Netzauslegung Festlegung von Grenzwerten		 15-Minuten
Stufungsverhalten rONT		 <= 1-Minute
Netzverluste/Energetische Betrachtung		 <=1-Minute
Lastverschiebung/DSM		 <= 1-Minute
Tarifsteuerung		 15-Minuten
Betriebsstrategien elektrischer Speicher		 <= 1-Minute

## Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen:

- Haushaltskunden
- Wärmepumpen
- Photovoltaikanlagen
- E-KFZ

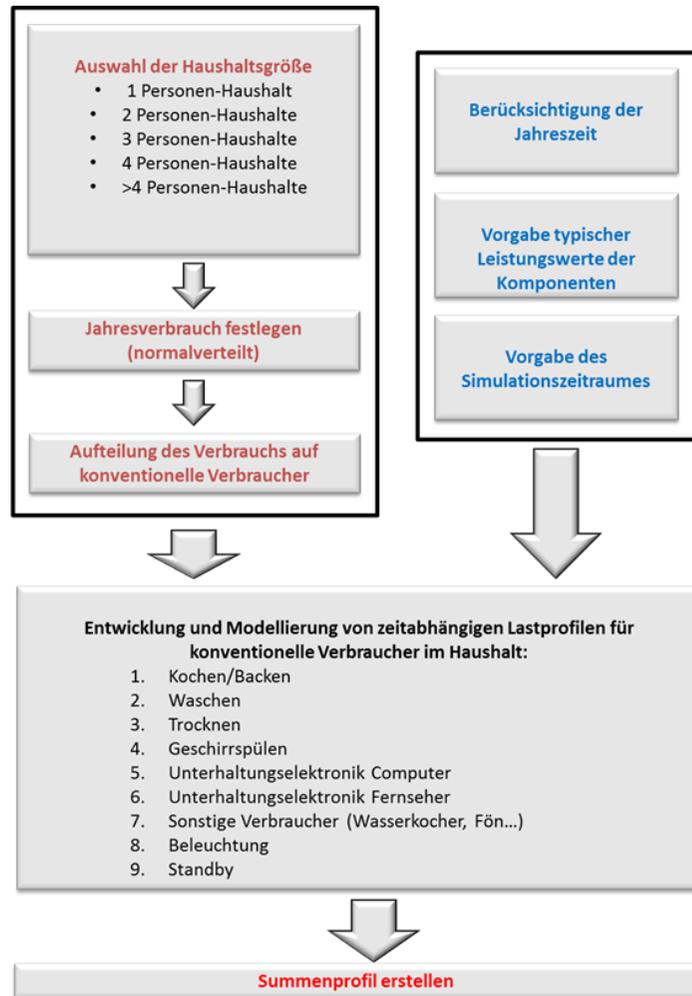


# Gliederung

- Motivation
- **Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen**
- Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten unter Einbeziehung eines PV-Speichersystems
- Zusammenfassung und Ausblick



# Haushaltsprofilgenerator



## Theoretischer Ansatz:

- Unterscheidung von 11 typischen Haushaltsverbrauchern
- Überlagerung zu einem Summenprofil
- Normalverteilte Simulation auf Basis des typischen Stromverbrauchs

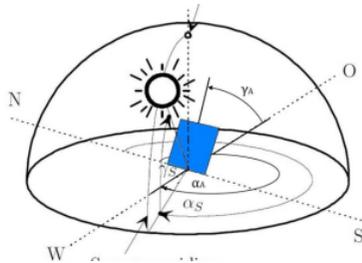
## Berücksichtigte Parameter

- Ausstattungsgrad
- Leistung und Durchschnittsverbrauch
- Einschalthäufigkeiten und Betriebsdauer
- Bewohner

## Validierung:

- Überlagerung einer Vielzahl synthetischer Profile ergibt in Summe das VDEW/BDEW-Standardlastprofil

# Photovoltaik-Generator



## Theoretischer Ansatz:

- Sonnenverlauf und Strahlung auf geneigte Fläche

## Berücksichtigung realer Anlagenspezifikationen

- Berücksichtigung der Leistung
- Berücksichtigung der Ausrichtung und Neigung
- Berücksichtigung des Systemwirkungsgrades

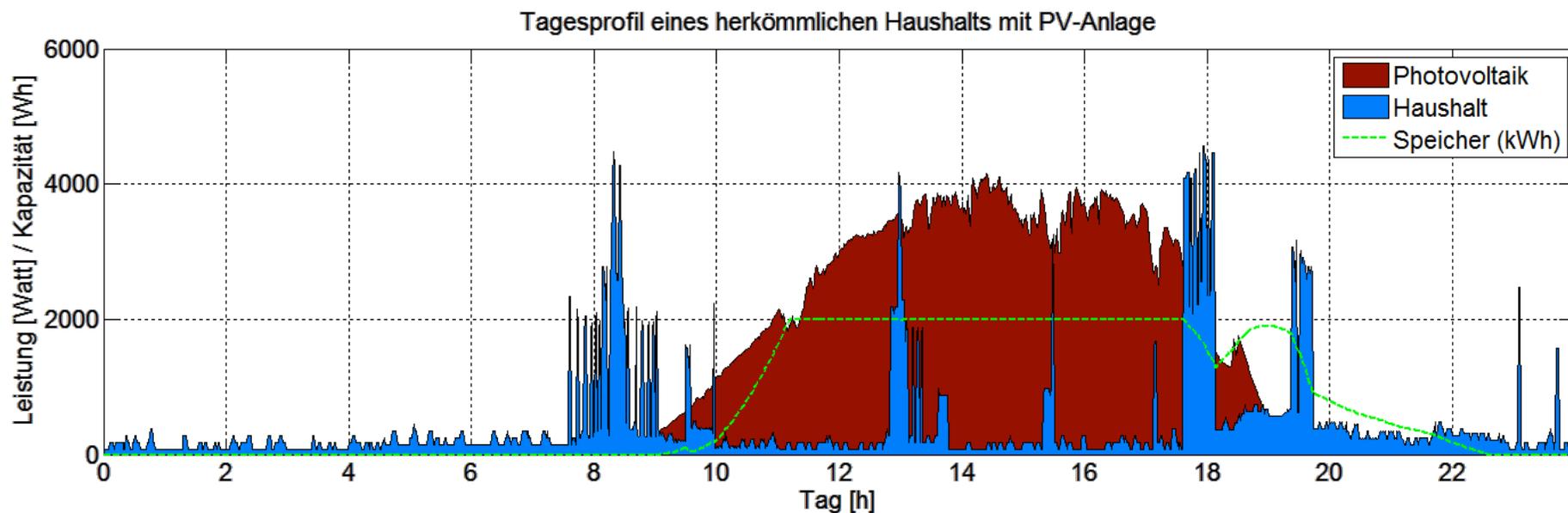
## Berücksichtigung realer Wetterdaten

- Einstrahlung (Auflösung: 1-Minute)
- Temperatur (Auflösung: 1-Minute) → Wirkungsgrad



# Synthetisch erzeugte Profile

Ziel: Erzeugung von Profilen, die von realen Last- und Erzeugungsgängen möglichst nicht zu unterscheiden sind!



# Gliederung

- Motivation
- Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen
- **Anwendung: Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten unter Einbeziehung eines PV-Speichersystems**
- Zusammenfassung und Ausblick



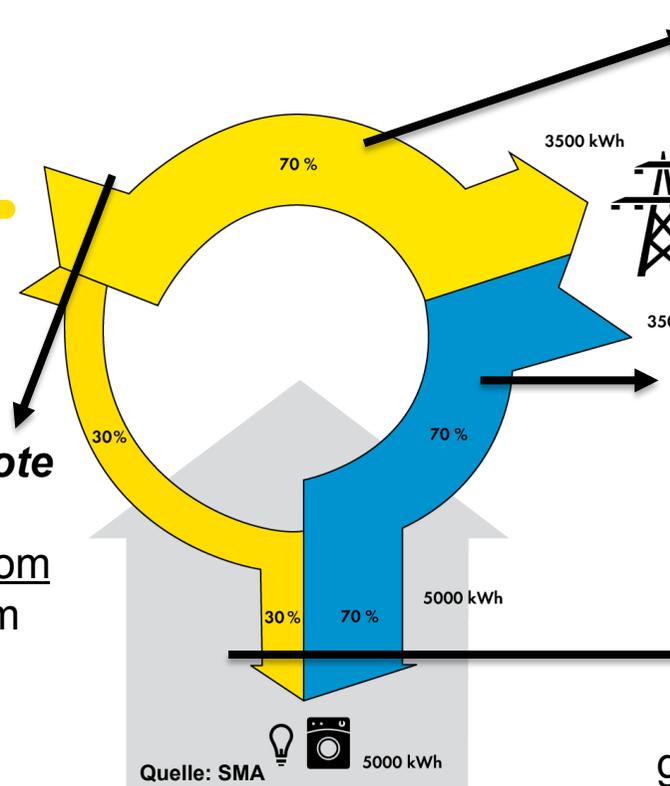
# Eigenverbrauchs- und Autarkiequoten

## Kosten der PV-Erzeugung

- > kleiner 13 ct/kWh
- > Tendenz fallend



$$\text{Eigenverbrauchsquote} = \frac{\text{verbrauchter Solarstrom}}{\text{gesamter Solarstrom}}$$



## Erlös durch Stromeinspeisung

- > abhängig vom Einspeisetarif
- > ca. 13,55 (bis 10 kWp) ct/kWh in Feb 14
- > Tendenz fallend

- ## Kosten durch Strombezug
- > abhängig vom Strombezugstarif
  - > ca. 28 ct/kWh in 01/13\*
  - > Tendenz steigend

$$\text{Autarkiequote} = \frac{\text{verbrauchter Solarstrom}}{\text{gesamter Stromverbrauch}}$$

\*Quelle: BDEW Strompreisanalyse

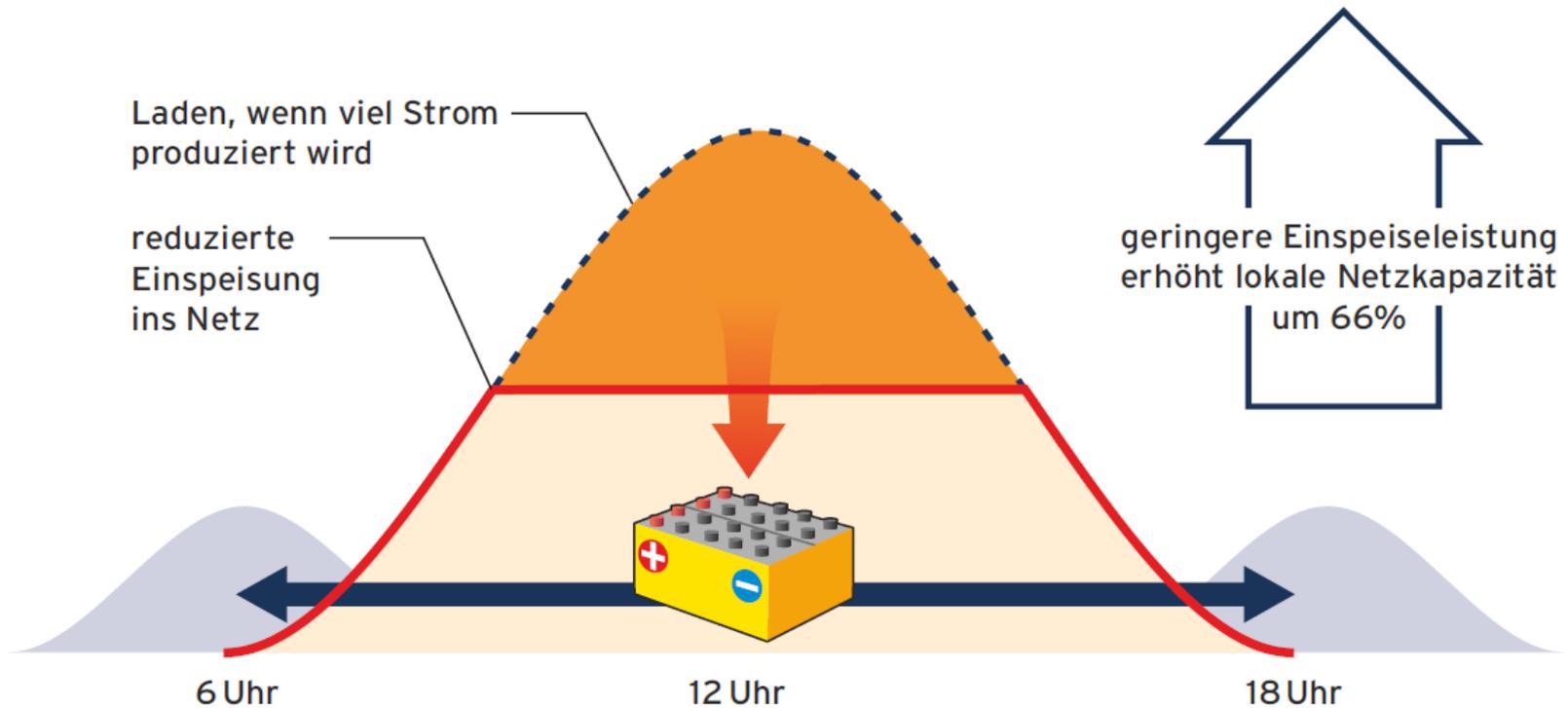
## Freier vs. netzdienlicher Speicherbetrieb

- 2013: ca. 6.500 Haushaltsspeicher installiert, davon ca. 2.650 nach KfW-Anreizprogramm (monatlich 400-500 neue Speicher)
- Netzdienlichkeit im KfW Anreizprogramm festgeschrieben
  - Peakleistung (am Netzanschlusspunkt) wird auf 60 % der Generatorleistung begrenzt
- Seit 1.5.2013 für PV-Anlagen bis 30 kWp (installiert ab 1.1.2013)
- Maximaler Tilgungszuschuss 30% der Investitionskosten für den Speicher (max. 600 €/kWp)



# Freier vs. netzdienlicher Speicherbetrieb

## Netzdienliche Speicherung



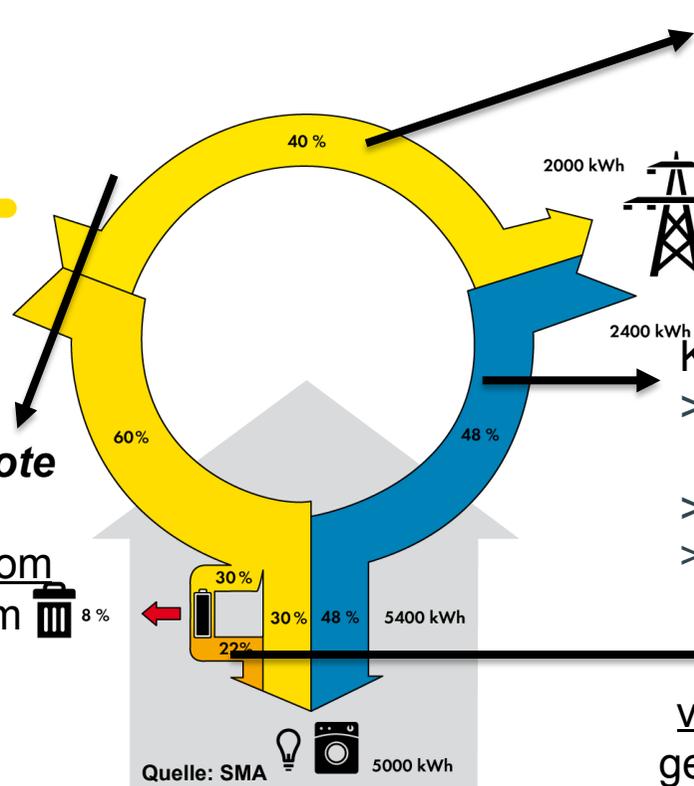
# Eigenverbrauchs- und Autarkiequoten

## Kosten der PV-Erzeugung

- > kleiner 13 ct/kWh
- > Tendenz fallend



$$\text{Eigenverbrauchsquote} = \frac{\text{verbrauchter Solarstrom}}{\text{gesamter Solarstrom}}$$



## Erlös durch Stromeinspeisung

- > abhängig vom Einspeisetarif
- > ca. 13,55 (bis 10 kWp) ct/kWh in Feb 14
- > Tendenz fallend

## Kosten durch Strombezug

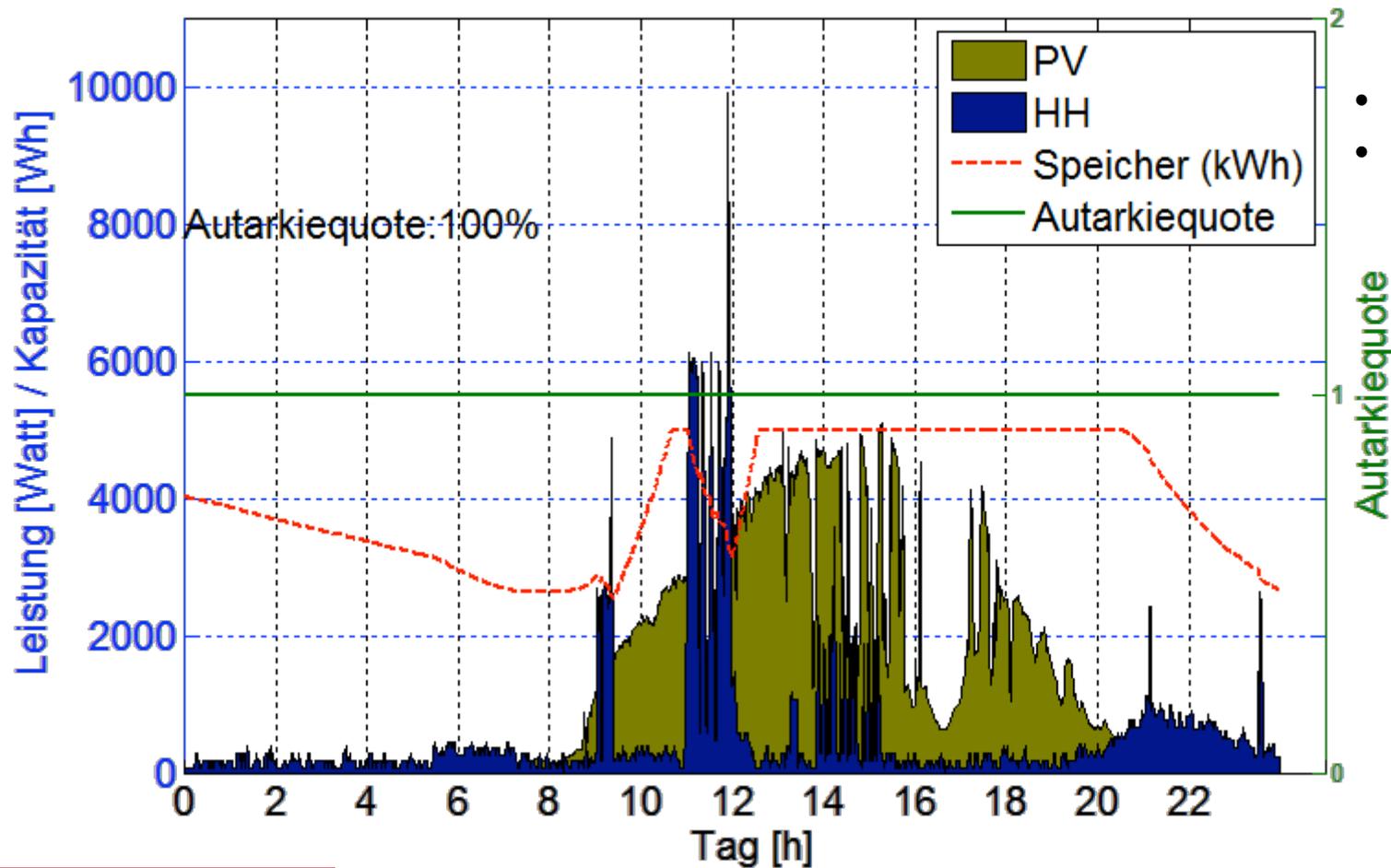
- > abhängig vom Strombezugstarif
- > ca. 28 ct/kWh in 01/13\*
- > Tendenz steigend

$$\text{Autarkiequote} = \frac{\text{verbrauchter Solarstrom}}{\text{gesamter Stromverbrauch}}$$

\*Quelle: BDEW Strompreisanalyse

# Tagesprofil eines herkömmlichen Haushalts

Tagesprofil eines herkömmlichen Haushalts



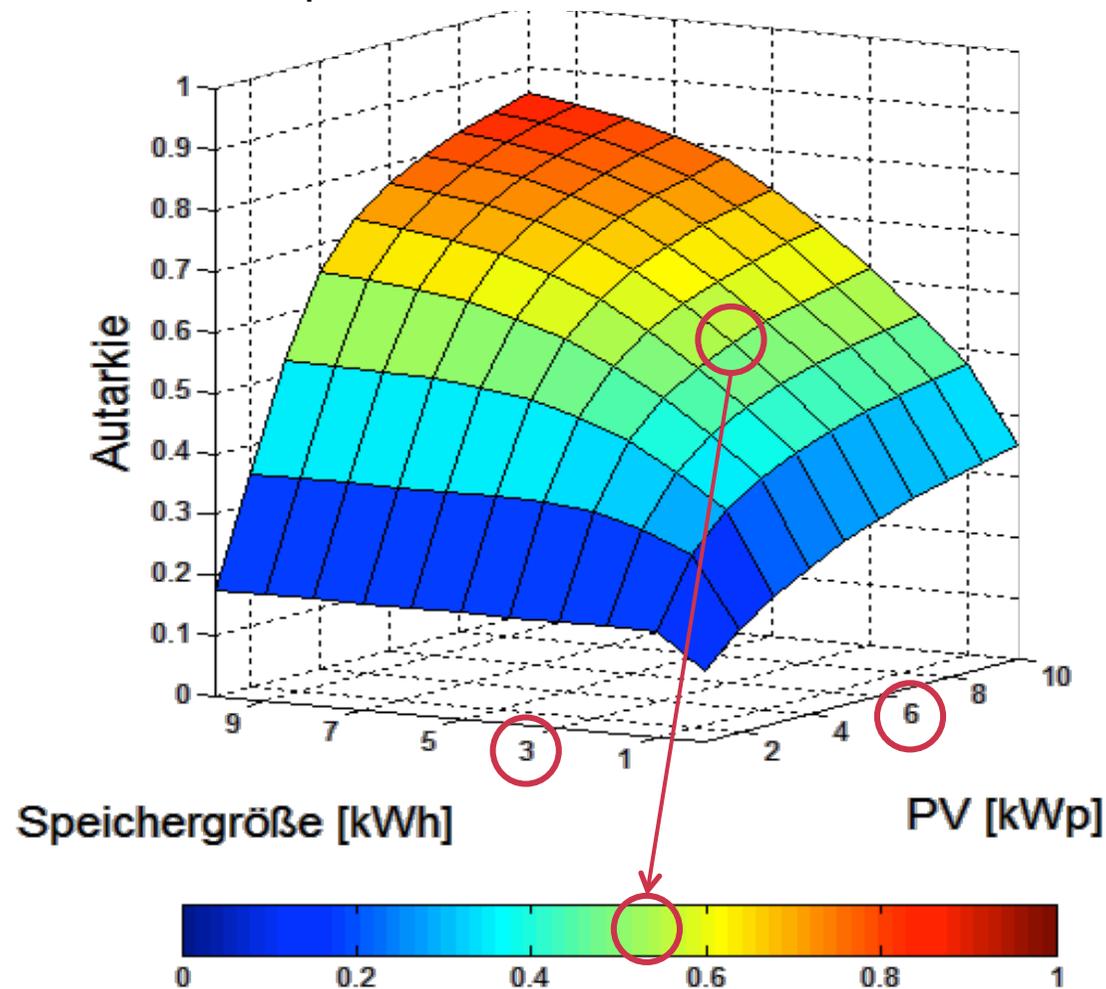
- 8 kWp Anlage
- 5 kWh- Speicher



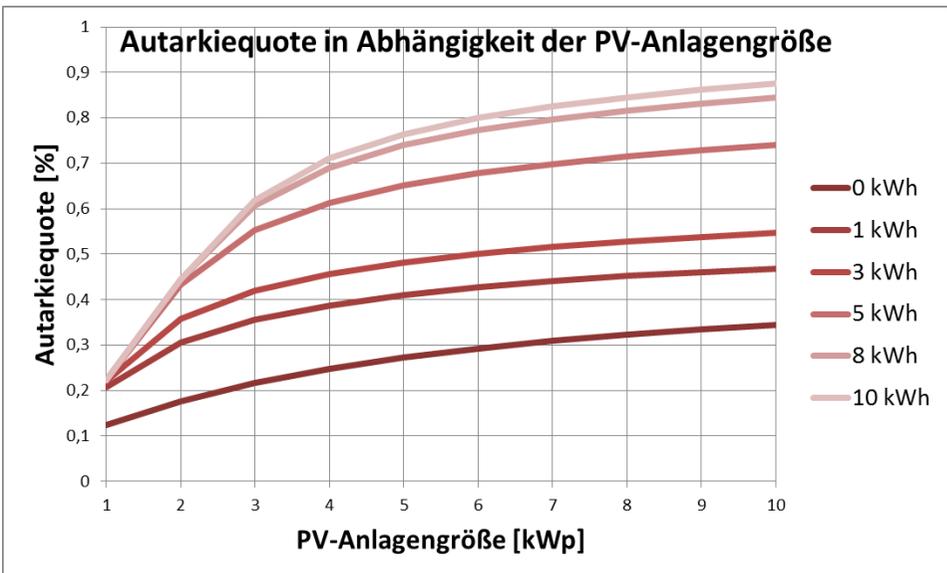
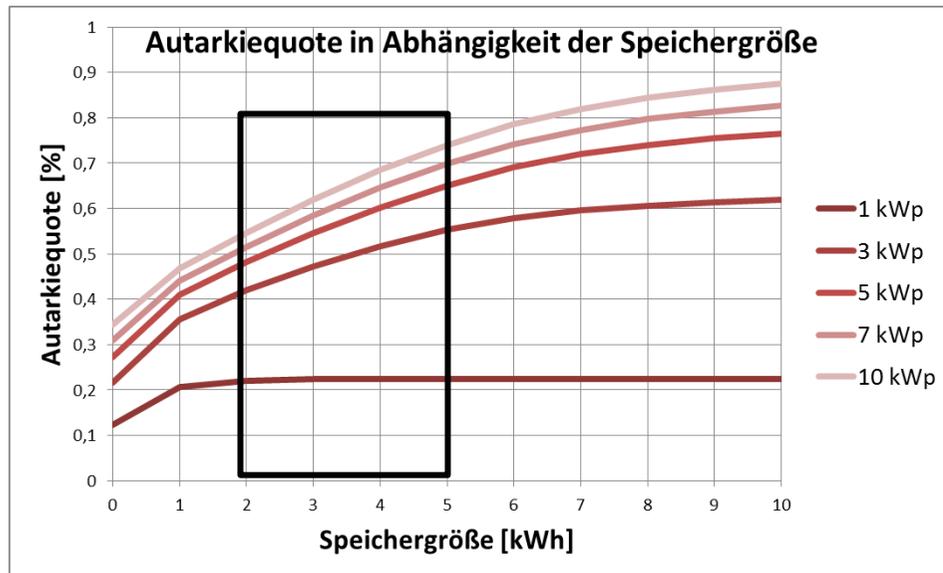
# Autarkiequote für herkömmliche Haushalte

Autarkiequote für herkömmliche Haushalte

Technisches  
Maximum:  
ca. 85 %



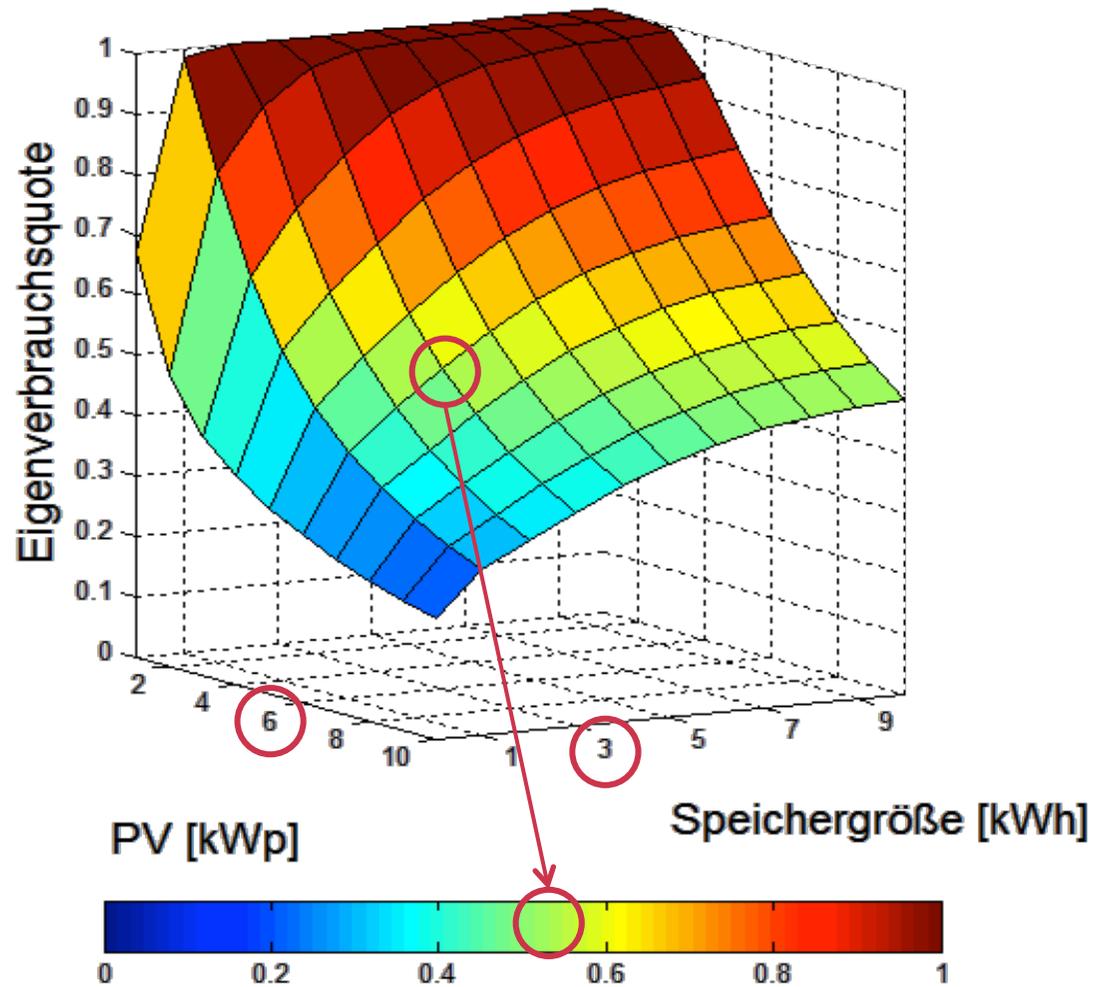
# Autarkiequote für herkömmliche Haushalte



→ In der Praxis eher kleinere Speicher mit Autarkiequoten von ca. 40 – 70 %

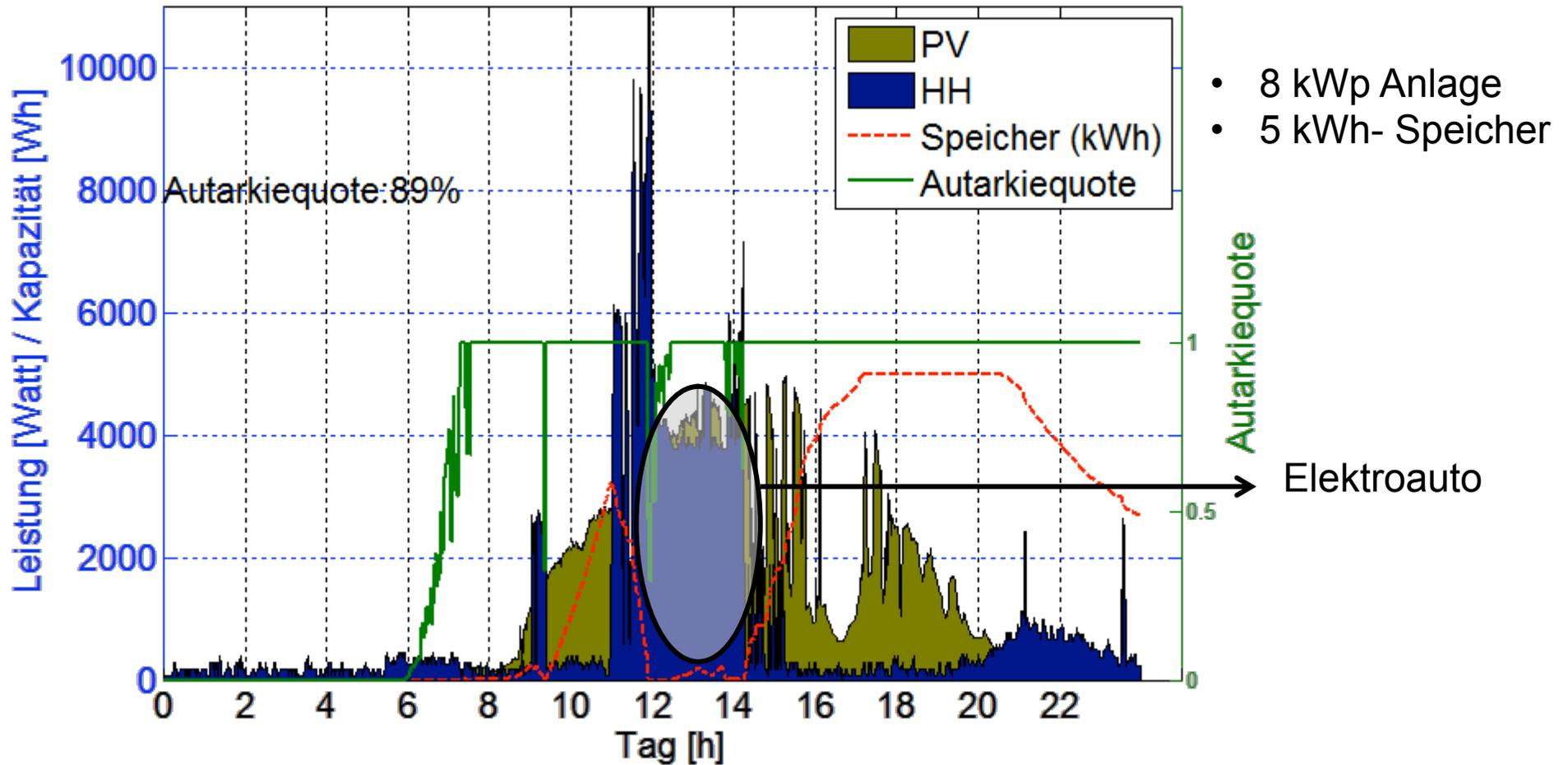
# Eigenverbrauchsquote für herkömmliche Haushalte

Eigenverbrauchsquote für herkömmliche Haushalte



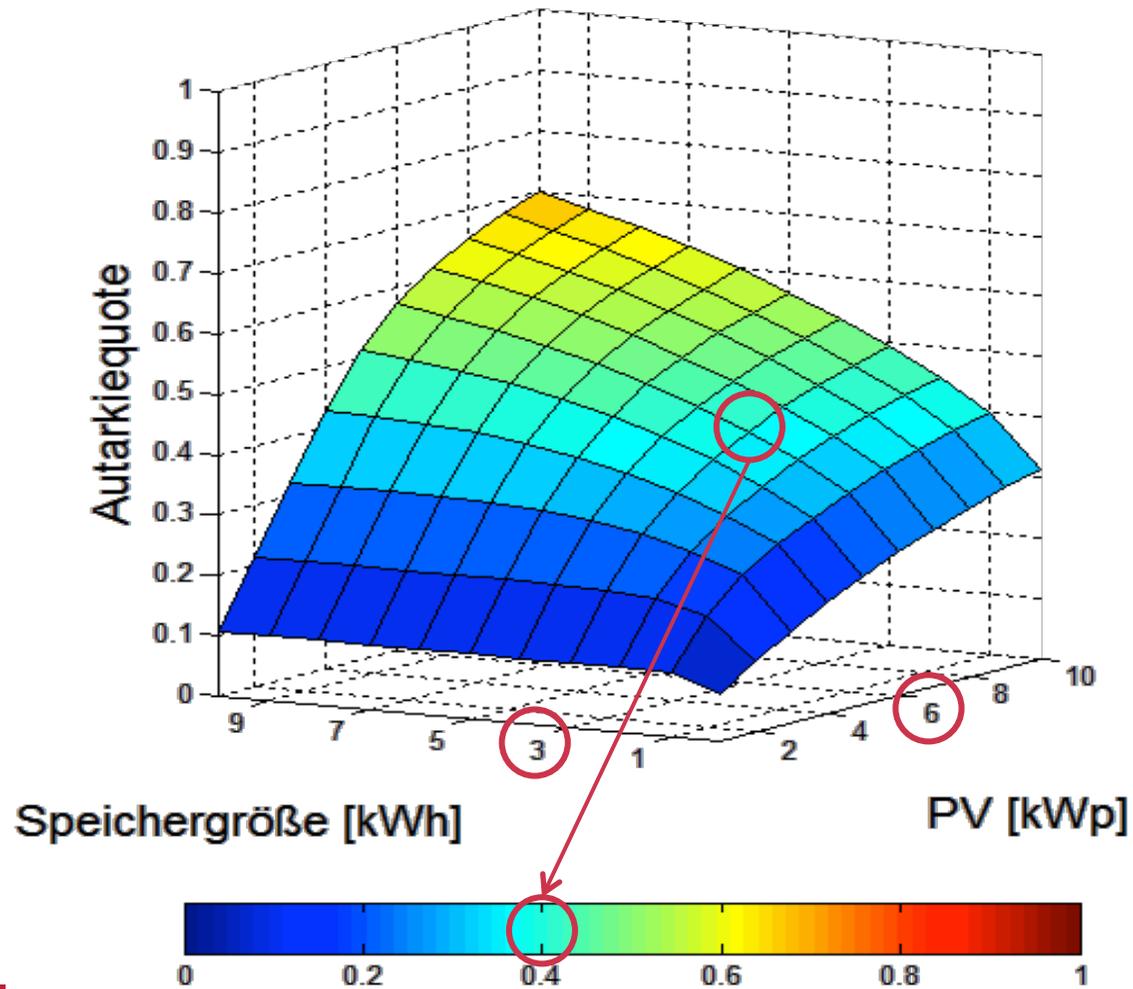
# Tagesprofil mit Elektroauto

Tagesprofil mit Elektroauto

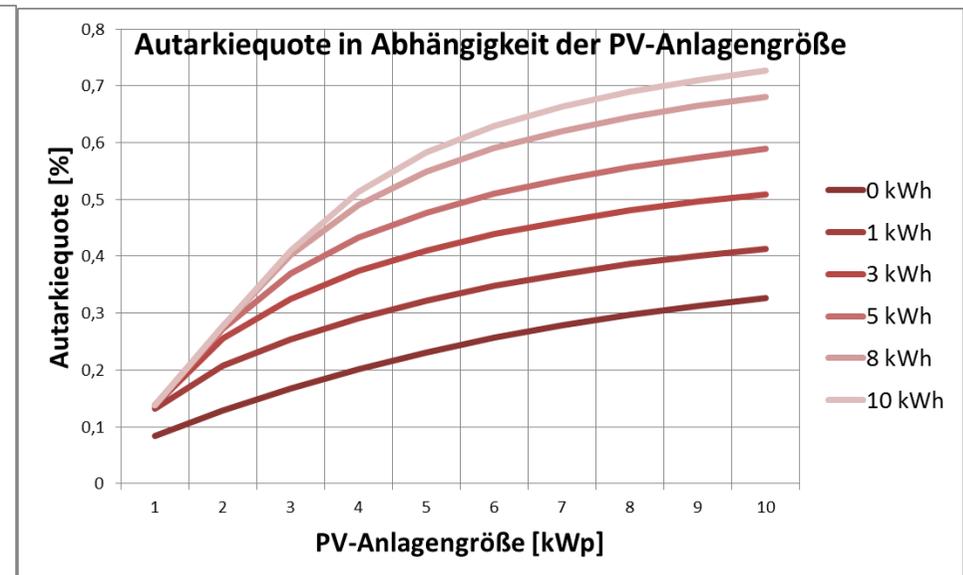
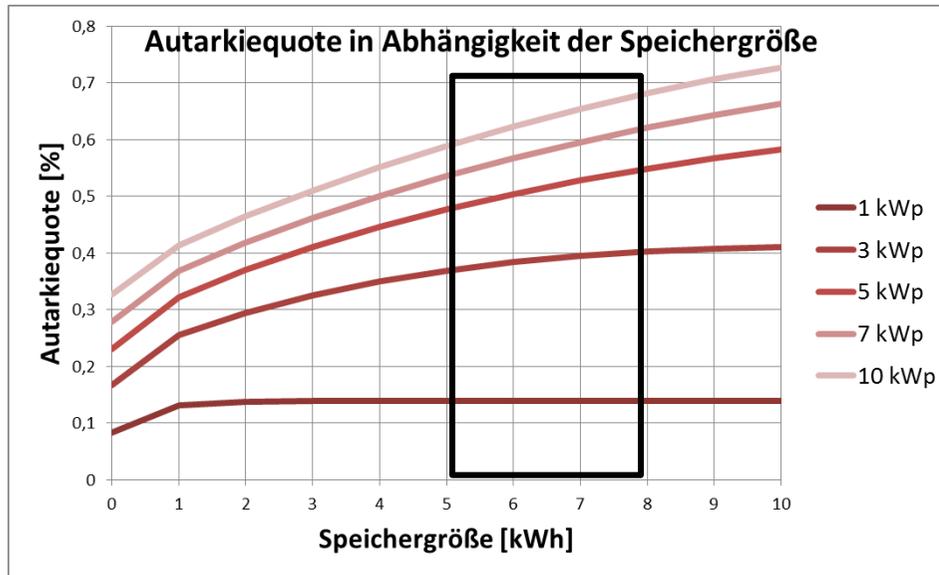


# Autarkiequote mit Elektroauto

Autarkiequote mit Elektroauto

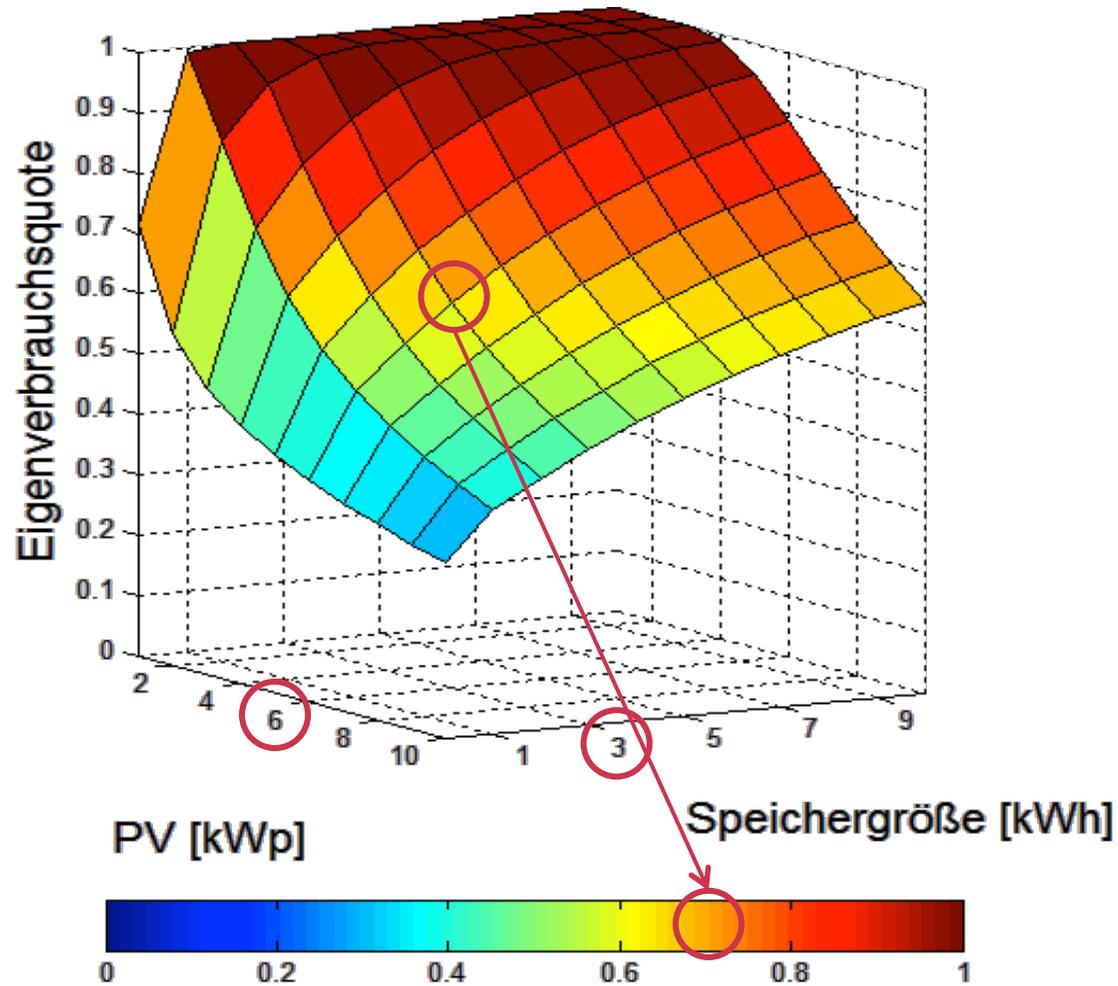


# Autarkiequote mit Elektroauto



# Eigenverbrauchsquote mit Elektroauto

Eigenverbrauchsquote mit Elektroauto



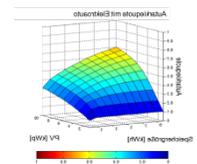
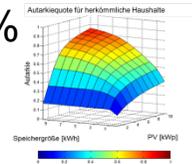
# Gliederung

- Motivation
- Entwicklung und Modellierung von zeitabhängigen Last- und Erzeugungsannahmen
- Anwendung: Autarkie- und Eigenverbrauchsquoten unter Einbeziehung eines PV-Speichersystems
- **Zusammenfassung und Ausblick**



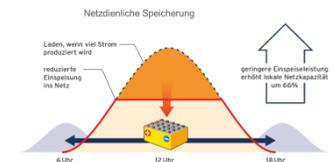
# Zusammenfassung und Ausblick

- Mit einer freien Speicherbetriebsweise lassen sich Autarkiequoten von bis zu 85 % erreichen
- Die Nutzung von Elektrofahrzeugen senkt die Autarkiequote und erhöht die Eigenverbrauchsquote
  - Erhöht die Wirtschaftlichkeit der Anlage
  - Erhöht die Erlöse für den Netzbetreiber durch Netzentgelte



- **Ausblick:**

- Der netzdienliche Speichereinsatz kann das Netz entlasten
- Durch den netzdienlichen Speichereinsatz können Anlagenabregelungen auftreten



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Kontakt:**

Hauke Loges

TU Braunschweig

Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen (elenia)

[hauke.loges@tu-braunschweig.de](mailto:hauke.loges@tu-braunschweig.de)

Tel. 0531 391 9728

# Datenbasis für die Simulation

Datengrundlage:

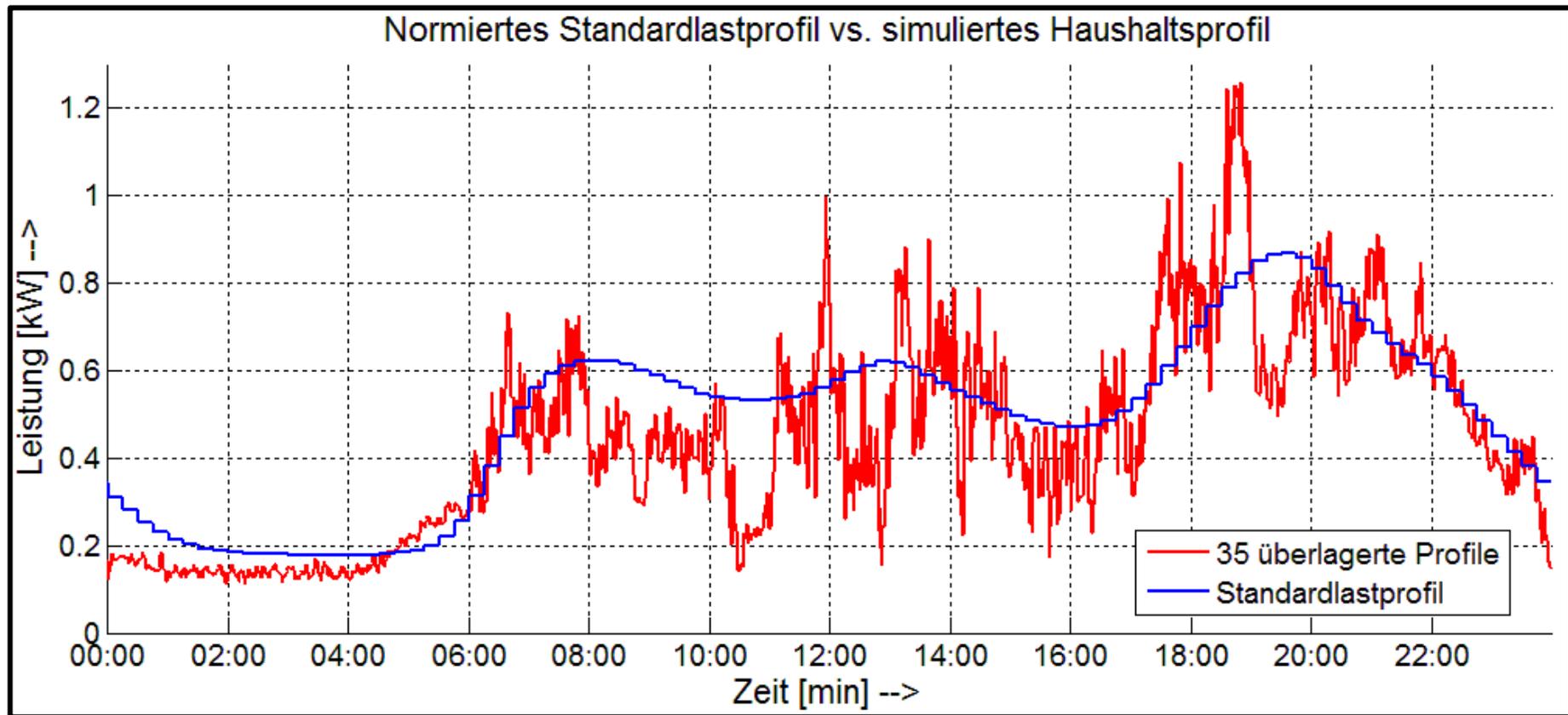
- eKfz - Generator
- PV – Generator (Daten 2011, BS)
- Haushaltsgenerator

MATLAB-Modell kombiniert die Profile miteinander

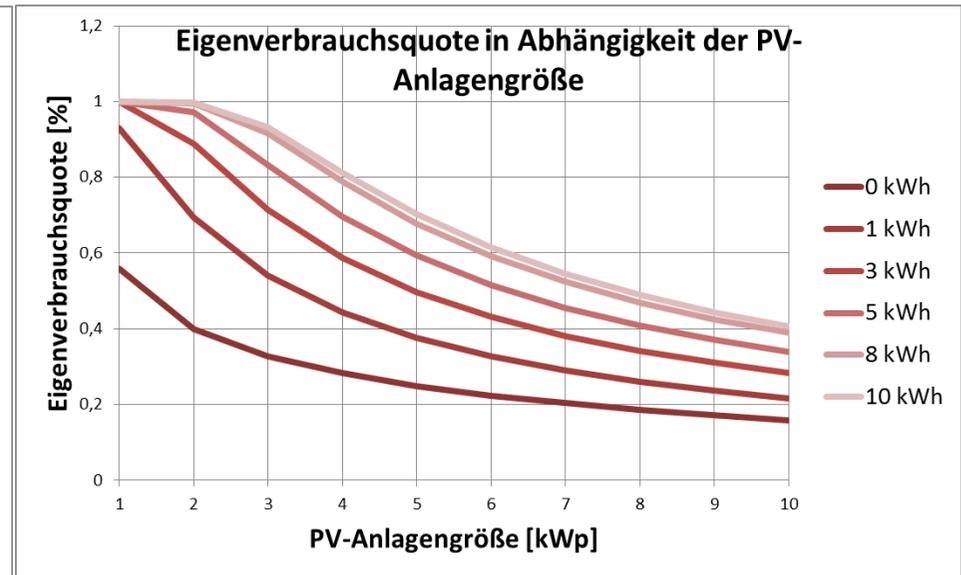
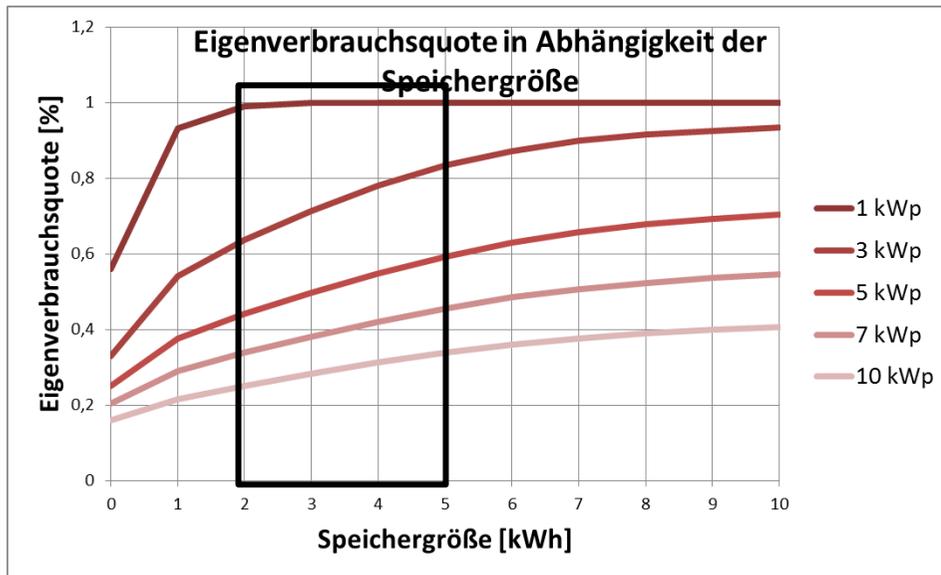
- PV-Anlagen von 1 kWp...10 kWp
- Speicher (freier Betrieb) von 1 kWh...10 kWh

Jahreserzeugung PV-Anlage:	ca. 850 kWh/kWp
Jahreshaushaltsverbrauch:	ca. 4.500 kWh
Jahresfahrzeugverbrauch:	ca. 2.700 kWh ( ≈ 15.000 km Fahrleistung)

# Zeitabhängige Lastannahmen: konventionelle Haushalte



# Eigenverbrauchsquote für herkömmliche Haushalte



# Eigenverbrauchsquote mit Elektroauto

