



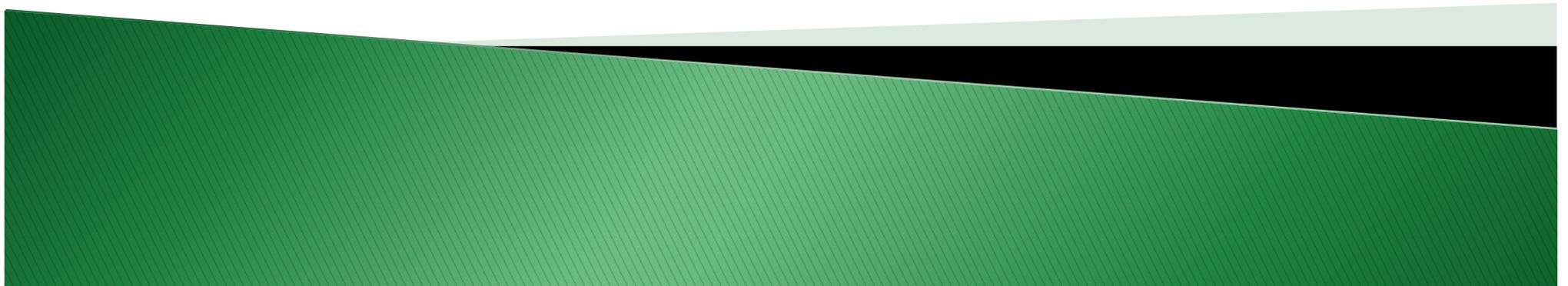
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



Erhöhung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikanlagen durch Elektromobilität – Limits der Unabhängigkeit

Albert Hiesl
Michael Hartner

Symposium Energieinnovation 12.2.2016, Graz



Agenda

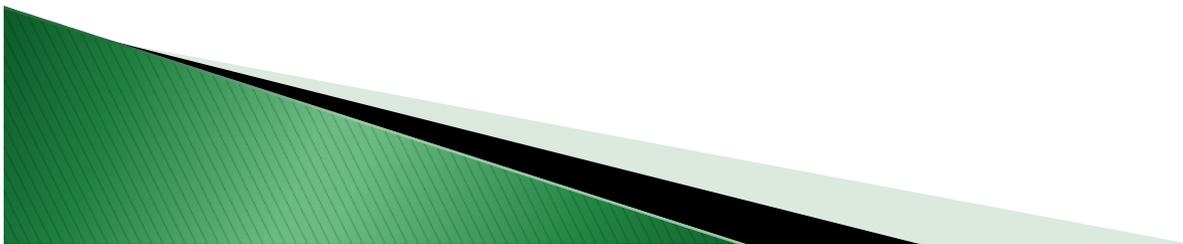


- ▶ Forschungsfrage
 - ▶ Methodik und Annahmen
 - ▶ Ergebnisse
 - ▶ Schlussfolgerungen
- 

Forschungsfrage



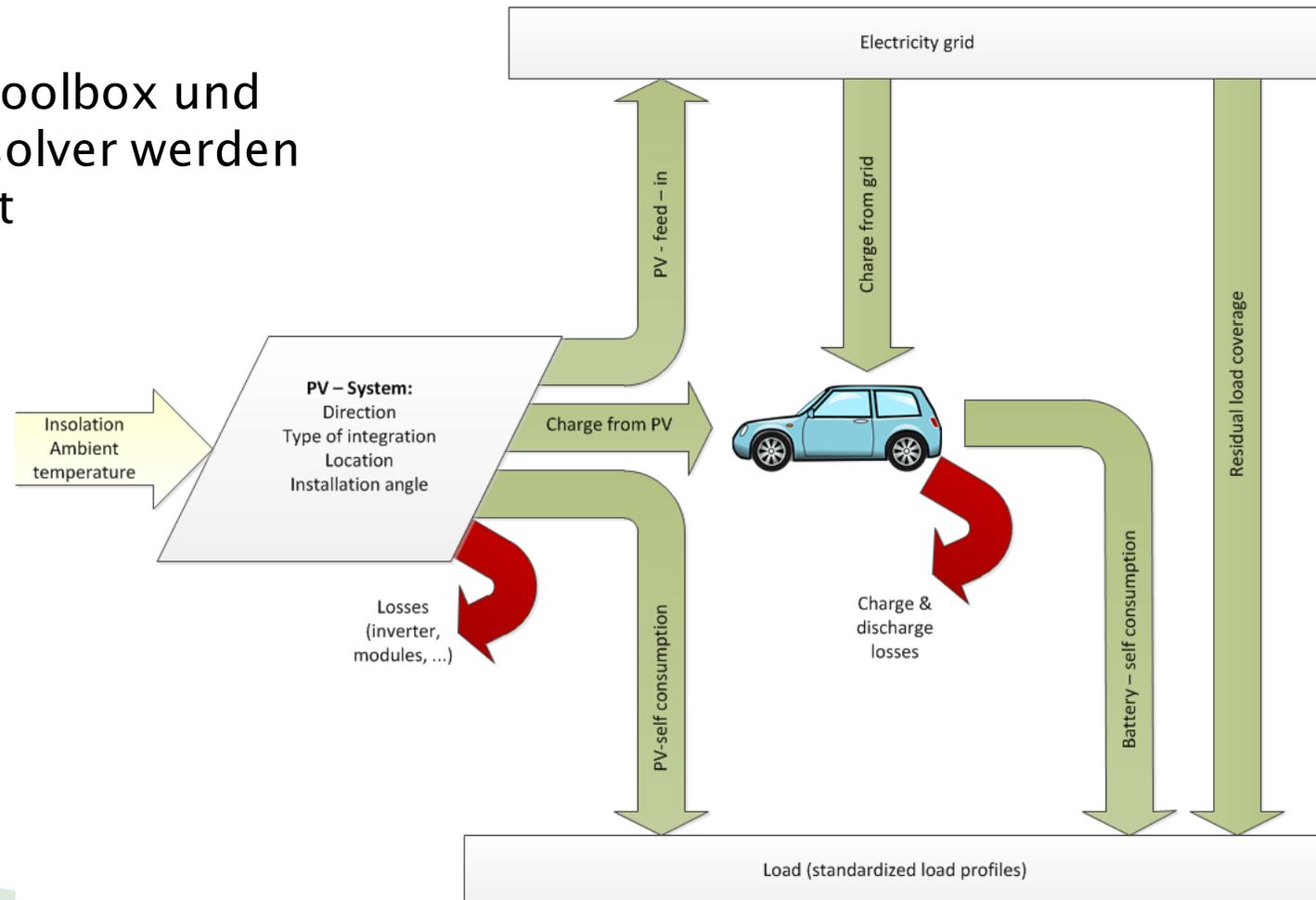
- ▶ Wie weit kann der Eigenverbrauch einer Photovoltaikanlage durch Elektrofahrzeuge erhöht werden und wie hoch ist der maximale Autarkiegrad eines Elektrofahrzeugs
 - Pendlerverkehr
 - Ungesteuertes Laden vs. kostenoptimiertes Laden
 - Bürogebäude vs. Einfamilienhäuser



Methodik und Annahmen

Lineares Optimierungsmodell (MATLAB, zeitliche Auflösung: 1/4h):

- ▶ „Yalmip“ toolbox und „Gurobi“ solver werden verwendet

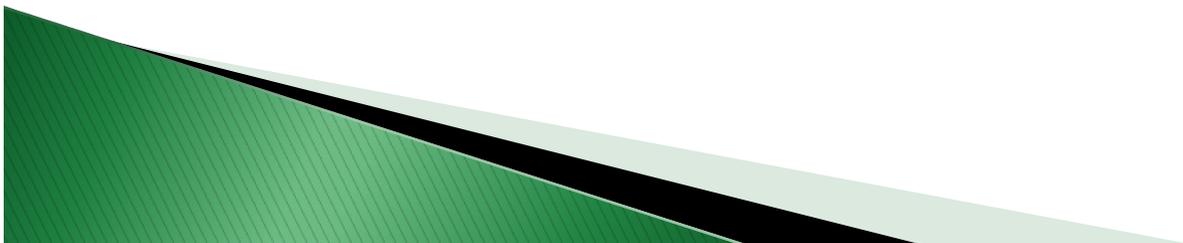


Methodik und Annahmen



▶ Lineares Optimierungsmodell

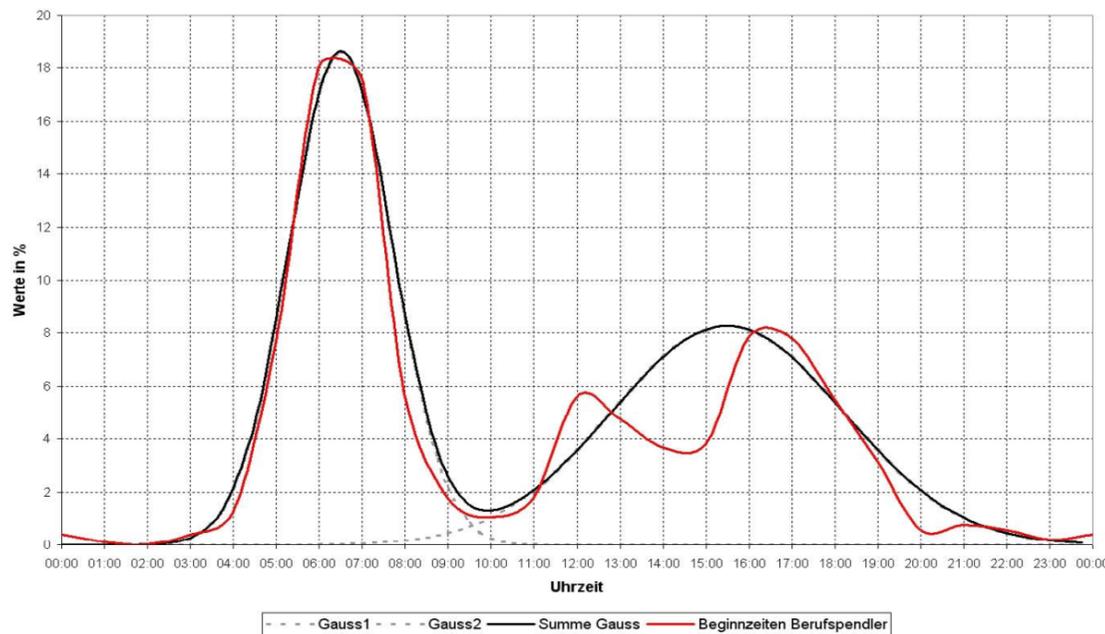
- Zeithorizont: 25 Jahre
- Lastprofile: standardisierte Lastprofile
- Degradation der PV-Anlage: 20% in 20 Jahren
- DoD Lithium Batterie: 80%
- Wirkungsgrad der Batterie: 90%



Methodik und Annahmen

▶ Elektromobilität:

Nachbildung der werktäglichen Startzeiten des Pendlerverkehrs in Österreich



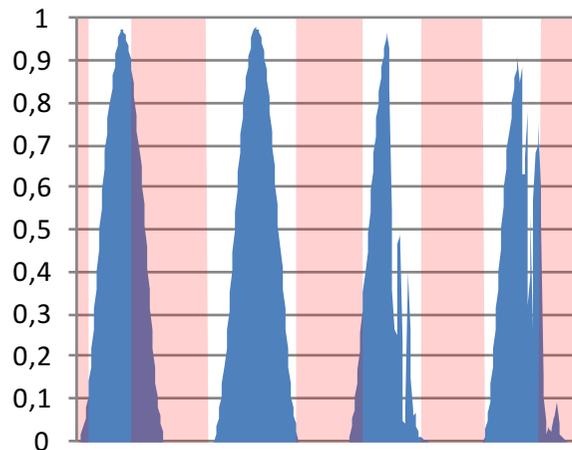
Quelle: (Litzlbauer, 2009)

- ▶ Anzahl Wege pro Tag: 2
- ▶ Distanz: 12,5 km
- ▶ Fahrzeit: 24 min
- ▶ Verbrauch: 0.14 kWh/km
- ▶ Batteriekapazität: 20 kWh

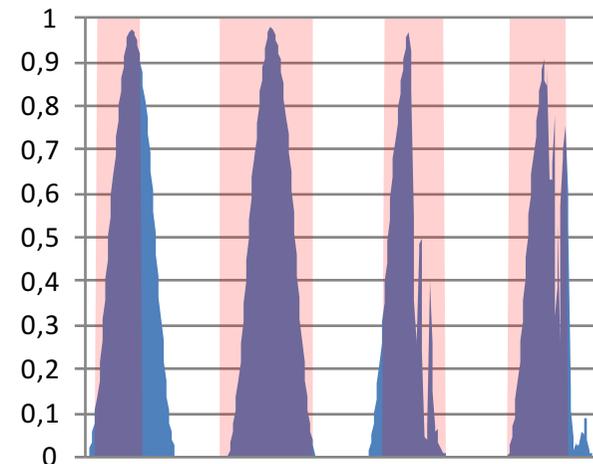
Zwei Szenarien: ungesteuertes laden vs. kostenoptimiertes Laden

Methodik und Annahmen

▶ Elektromobilität



■ normierter
Anlagenertrag
■ Standzeiten Auto
Home



■ normierter
Anlagenertrag
■ Standzeiten Auto Office

- ▶ Deutlich bessere Korrelation zwischen Standzeiten des Fahrzeugs und PV-Erzeugung bei Bürogebäuden oder Park&Ride Anlagen
- ▶ Das Optimierungsmodell entscheidet wann das Elektrofahrzeug geladen wird
 - > zu minimalen Kosten unter bester Ausnutzung der Photovoltaikerzeugung

Methodik und Annahmen



▶ Ökonomische Berechnung

- Internal Rate of Return (IRR):

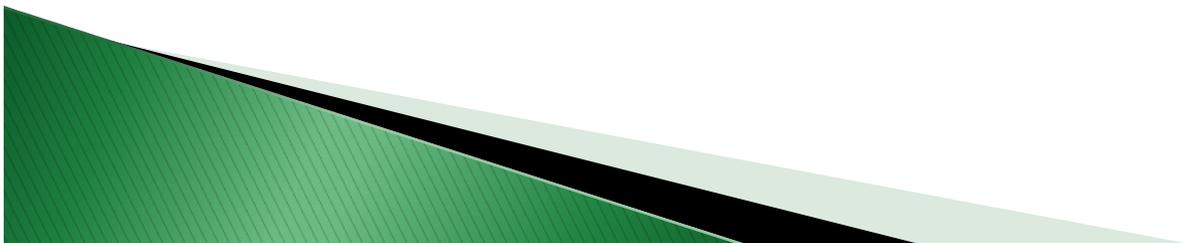
$$NPV = -I + \sum_{t=1}^{25} \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

- Cash Flow:

$$C_t = q_t^{self\ consumption} * c^{electricity\ purchase} + q_t^{feed\ in} * p^{feed\ in} - c_t^{O\&M}$$

Strompreis und Einspeisevergütung:

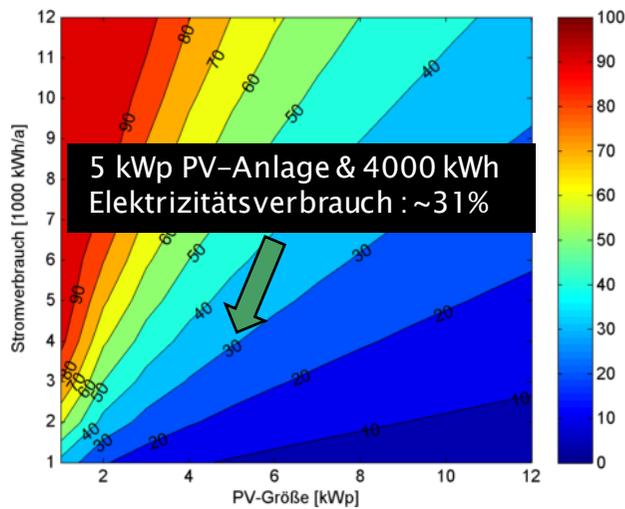
- Strompreis: 16.5 c/kWh
- Einspeisevergütung: 6 c/kWh



Ergebnisse

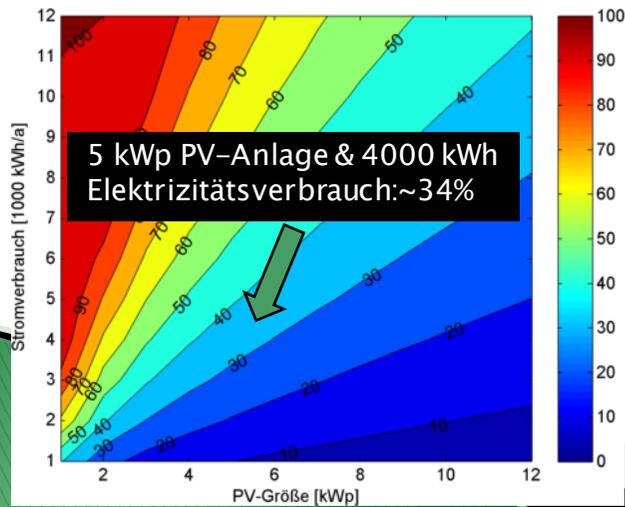
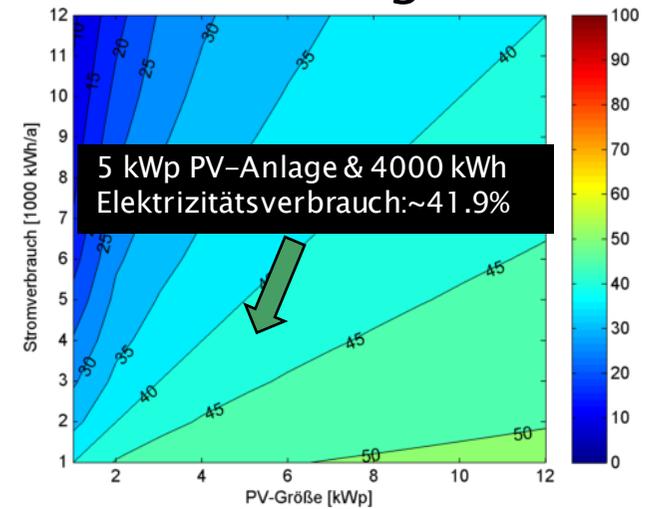
► Einfamilienwohngebäude (Lastprofil H0)

Eigenverbrauchsanteil

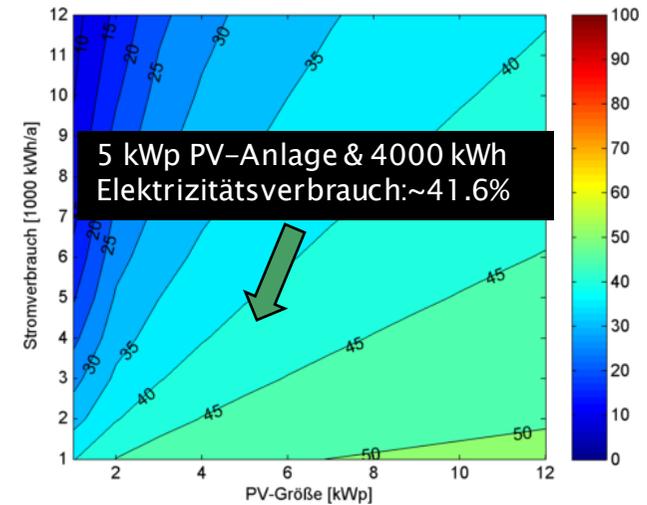


Ausrichtung:
Süd
30°

Autarkiegrad



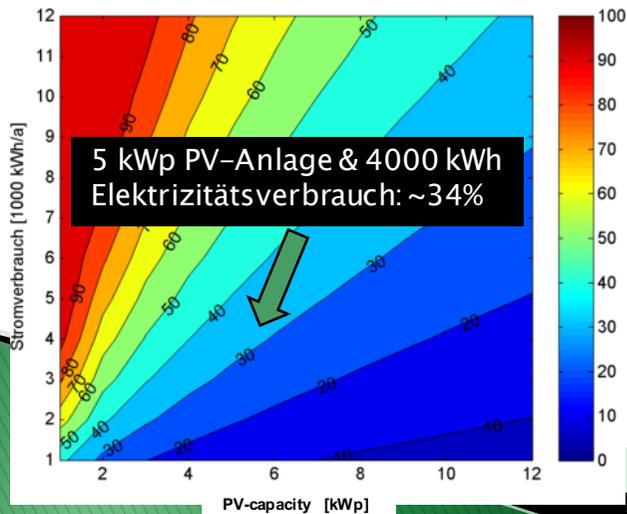
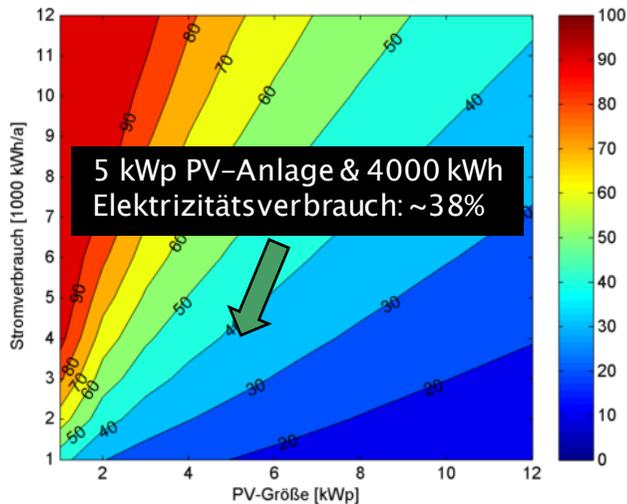
Ausrichtung:
Ost-West
15°



Ergebnisse

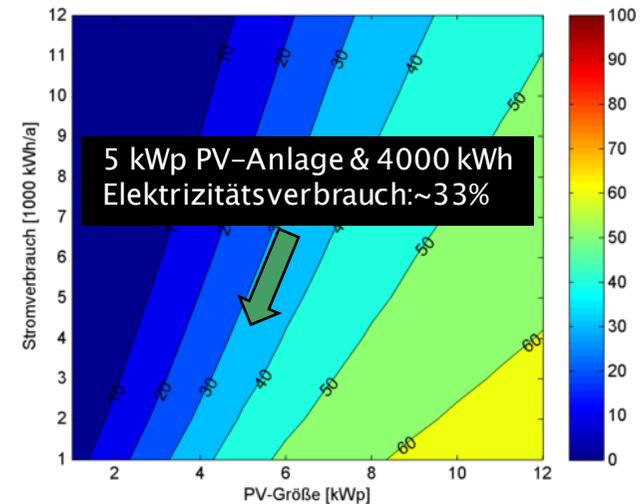
► Einfamilienwohng Gebäude mit Elektrofahrzeug als Speicher

Eigenverbrauchsanteil

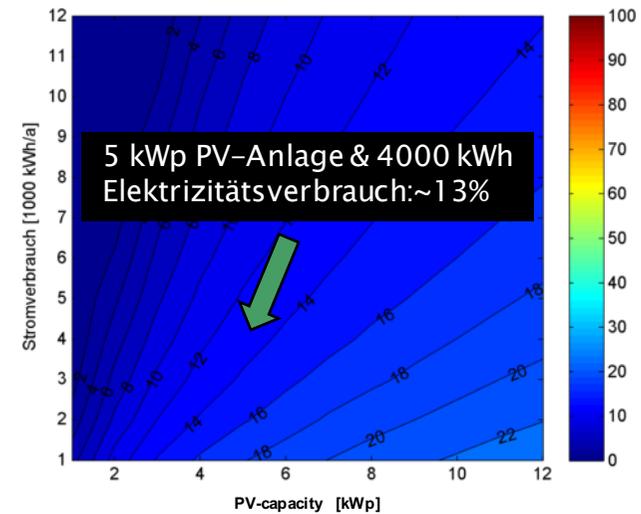


Autarkiegrad des Elektrofahrzeugs

Ausrichtung:
Süd
30°
Optimierte
Ladung



Ausrichtung:
Süd
30°
Ungesteuertes
Laden



Ergebnisse



▶ Einfamilienwohngebäude

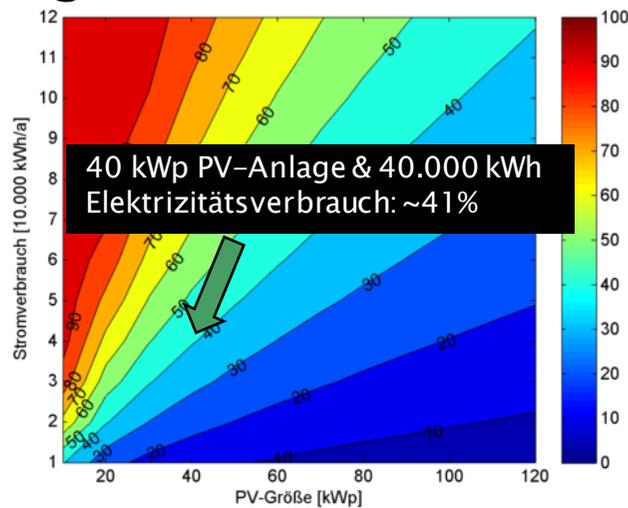
- Der Eigenverbrauchsanteil kann durch ein Elektrofahrzeug nur gering gesteigert werden
- Der Autarkiegrad des Elektrofahrzeuges ist wesentlich höher, wenn optimiertes Laden möglich ist
- Ein Rückspeisen des Elektrofahrzeuges in das Gebäude ist in diesem Szenario nicht sinnvoll, da das Elektrofahrzeug nur in der Früh und am Abend zur Verfügung steht



Ergebnisse

► Bürogebäude (Lastprofil G0)

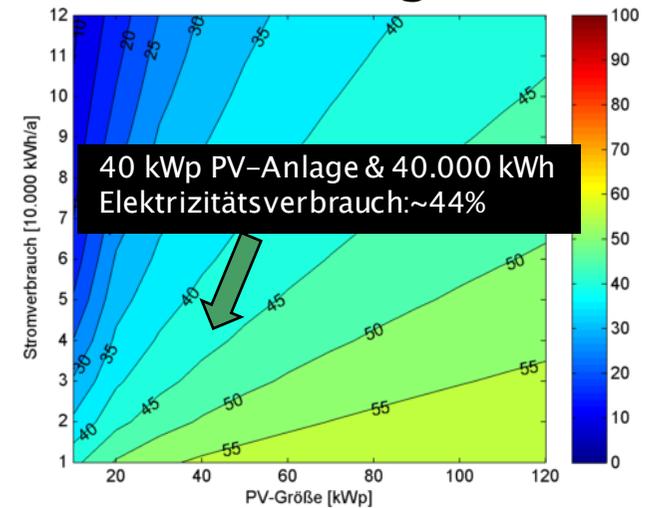
Eigenverbrauchsanteil



Ausrichtung:

Süd
30°

Autarkiegrad

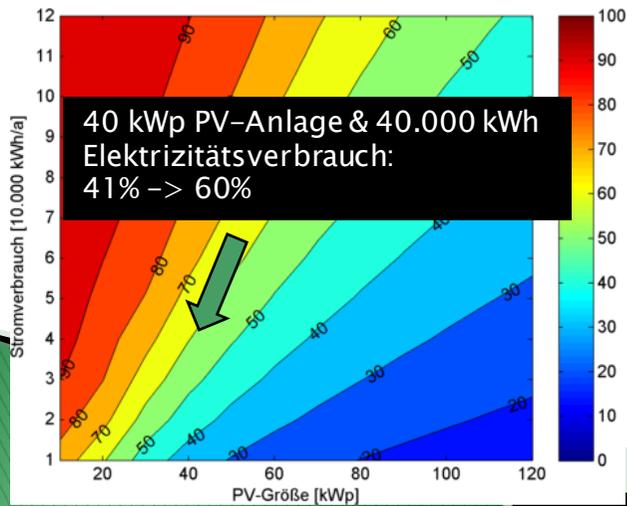
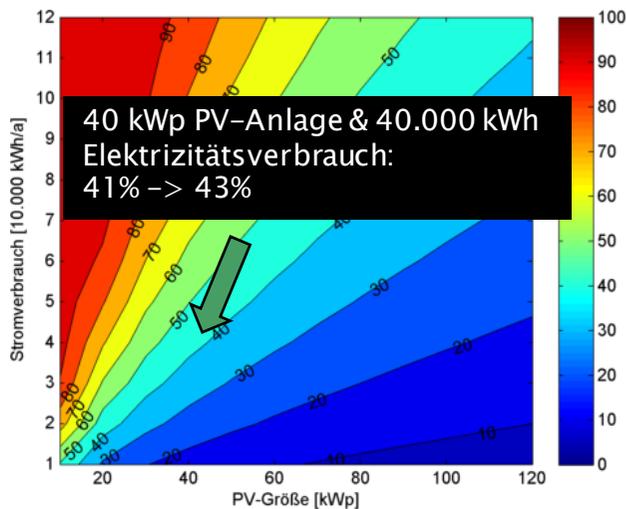


- Großes Flächenpotential für Photovoltaik –> Je mehr Elektrizität produziert wird, desto mehr bleibt für Elektromobilität übrig
- Höherer Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad verglichen mit Einfamilienwohngebäuden vor allem durch Unterschiede im Lastprofil

Ergebnisse

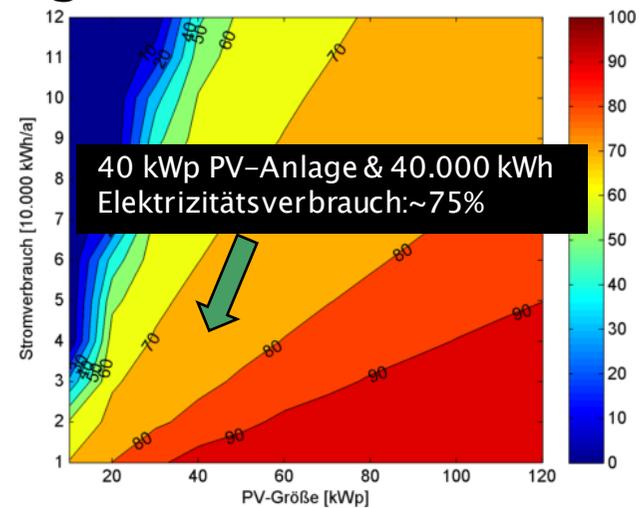
► Bürogebäude mit Elektrofahrzeug als Speicher

Eigenverbrauchsanteil

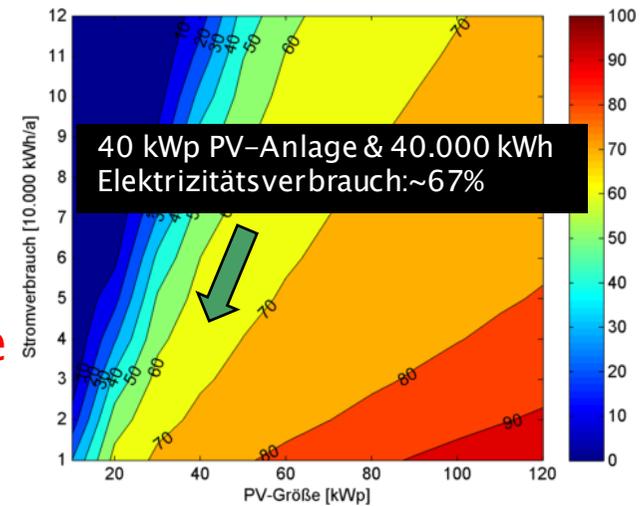


Autarkiegrad des Elektrofahrzeugs

Ausrichtung:
Süd
30°
ein Fahrzeug
optimierte Ladung



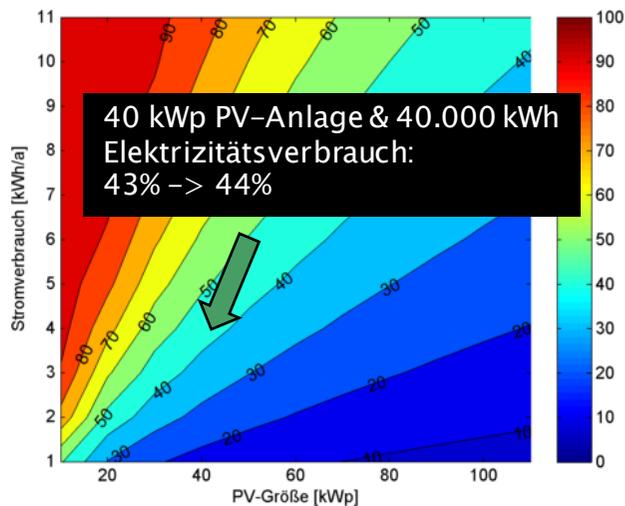
Ausrichtung:
Süd
30°
zehn Fahrzeuge
optimierte Ladung



Ergebnisse

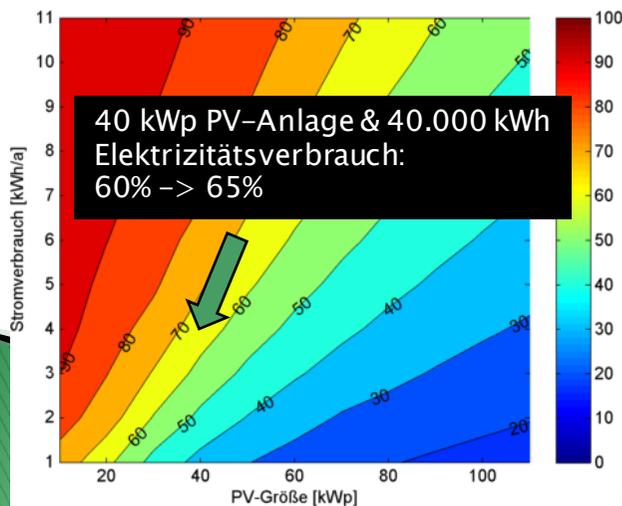
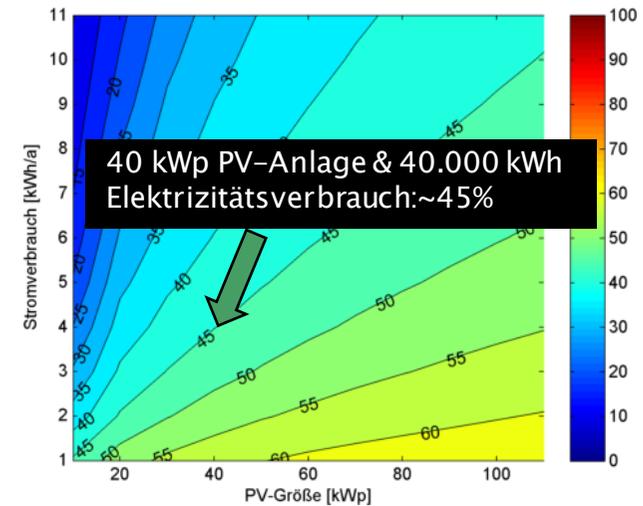
► Bürogebäude mit Elektrofahrzeug als Speicher und Rückspeisung

Eigenverbrauchsanteil

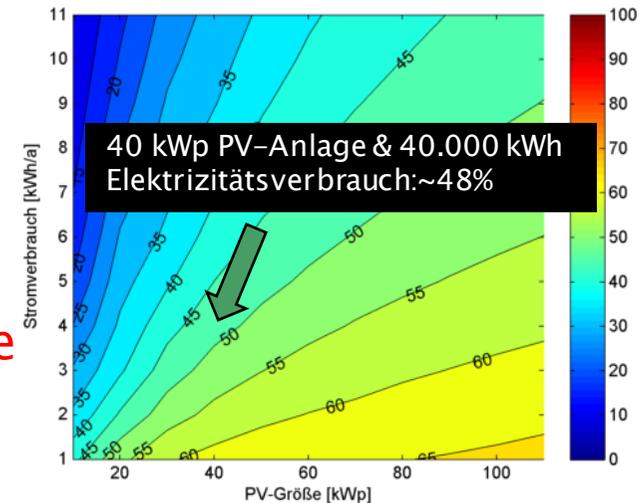


Ausrichtung:
Süd
30°
ein Fahrzeug
optimierte Ladung

Autarkiegrad des Gebäudes

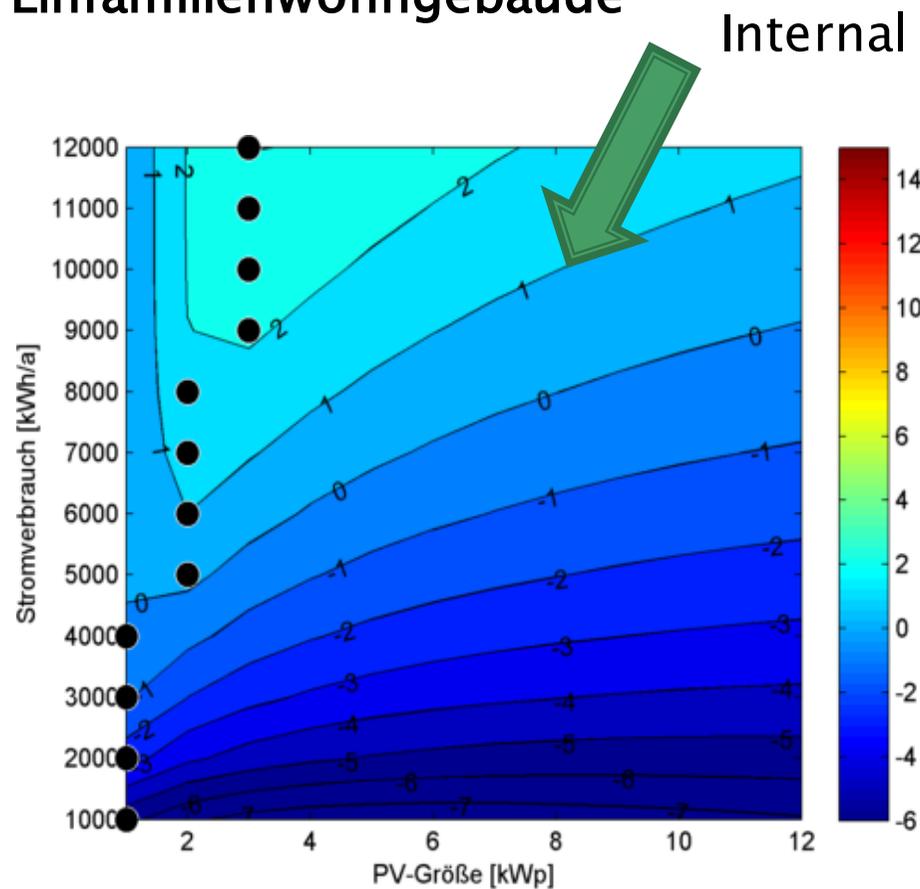


Ausrichtung:
Süd
30°
zehn Fahrzeuge
optimierte Ladung



Ergebnisse

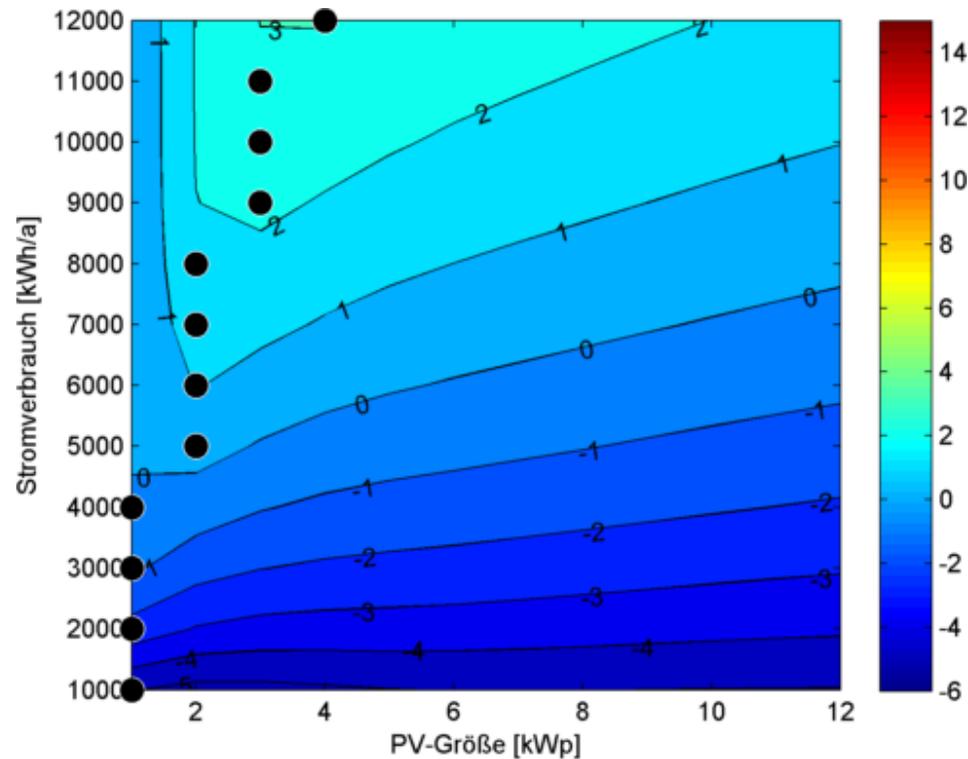
Einfamilienwohngebäude



- ▶ IRR liegt zwischen -6% und ca. 3 %
- ▶ Kleine PV-Anlagen durch höheren Eigenverbrauch ökonomisch sinnvoller
- ▶ Zum Teil noch Förderungen notwendig um ökonomisch eine interessante Lösung darzustellen

Ergebnisse

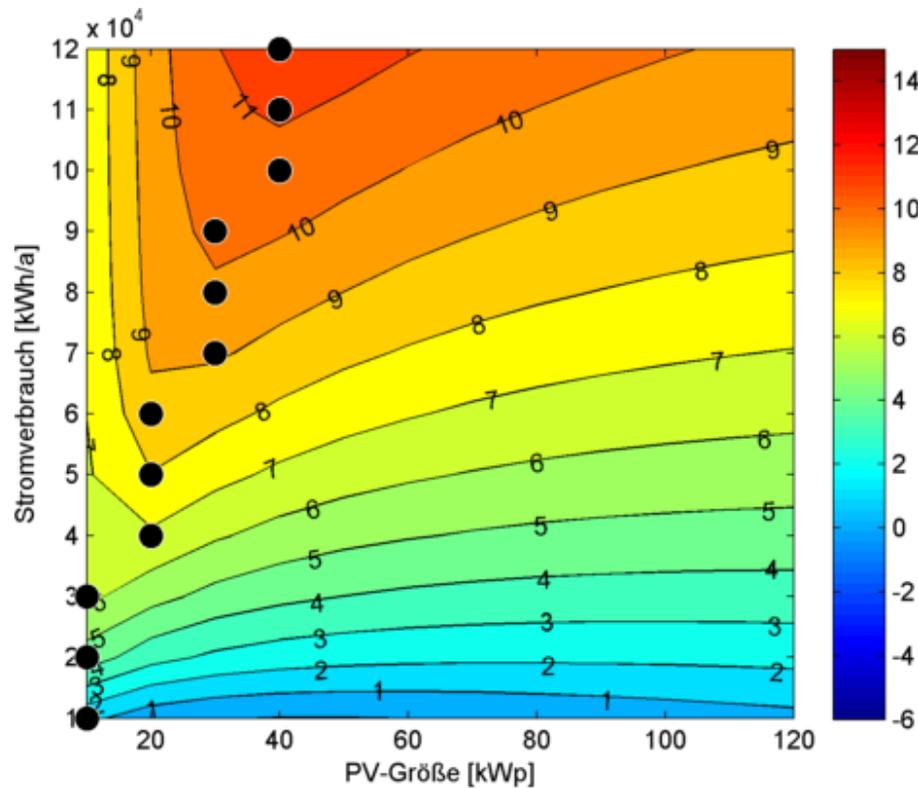
Einfamilienwohngebäude mit Elektrofahrzeug als Speicher



- ▶ IRR erhöht sich leicht -> durch den geringen Anstieg des Eigenverbrauchsanteils
- ▶ Die kostenoptimale PV-Größe verändert sich nur bei hohen Elektrizitätsverbräuchen

Ergebnisse

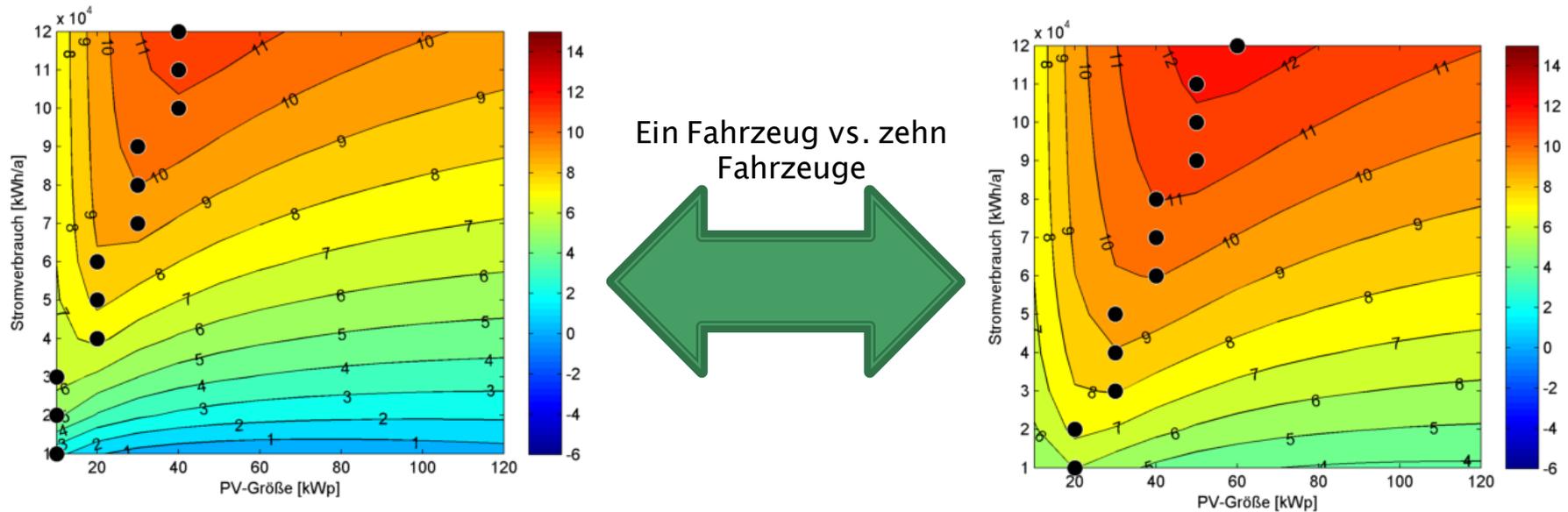
Bürogebäude



- ▶ IRR durch sinkende spezifische PV-Kosten deutlich höher
- ▶ Auch hier: Kleinere Anlagen und höherer Eigenverbrauchsanteil bestimmen die optimale Größe
- ▶ Berücksichtigung von Einspeisetarifen: Optimale Größe entspricht maximal verfügbarer Fläche

Ergebnisse

Bürogebäude mit Elektrofahrzeug als Speicher

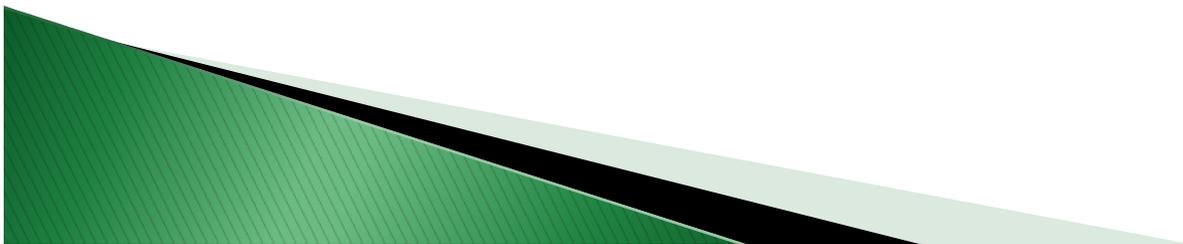


- ▶ Optimale PV-Größe erhöht sich deutlich mit zehn Fahrzeugen als Speicher
- ▶ Der ökonomische Nutzen ist vor allem bei mittleren Stromverbräuchen deutlich höher

Ergebnisse



- ▶ Rückspeisung ins Gebäude: Energetisch eine gute Lösung
- ▶ Aber: Eine kWh gespeicherte Energie ist deutlich teurer als eine kWh bezogen aus dem Elektrizitätsnetz
- ▶ Feed Back Vergütung müsste zudem die Zyklentalterung decken



Zusammenfassung & Schlussfolgerungen



- ▶ Bürogebäude vs. Einfamilienhäuser
 - Deutlich höheres Flächenpotential auf Bürogebäuden
 - Deutlich bessere Korrelation zw. PV-Erzeugung und den Standzeiten der Elektrofahrzeuge bei Bürogebäuden
 - Feed Back nur bei Bürogebäuden möglich

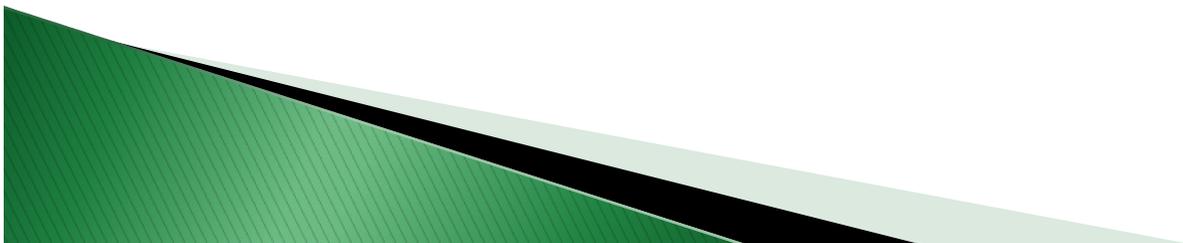
- ▶ Optimierte Ladestrategie ist notwendig um den direkten Nutzen einer PV-Anlage zu erhöhen und das Elektrizitätsnetz zu entlasten



Zusammenfassung & Schlussfolgerungen



- ▶ IRR ist deutlich höher bei Bürogebäuden
- ▶ Kostenoptimale Größe einer PV-Anlage erhöht sich deutlich mit der Anzahl der Elektrofahrzeuge
- ▶ Sinkende Investitionskosten und verlängerte Lebensdauer der Batterie können die Speicherkosten mindern → Feed back kann deshalb auch ökonomisch sinnvoll werden
- ▶ Anreize (z.b. variable Strompreise) bzw. Steuermechanismen werden in Zukunft nötig sein um Elektrofahrzeuge dann zu laden, wenn die gesamte Nachfrage niedrig ist



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Albert Hiesl

Vienna University of Technology
Institute of Energy Systems and Electrical Drives
Energy Economics Group – EEG
Tel: +43(0)–1–58801–370371
Web: <http://eeg.tuwien.ac.at/>
E-Mail: hiesl@eeg.tuwien.ac.at

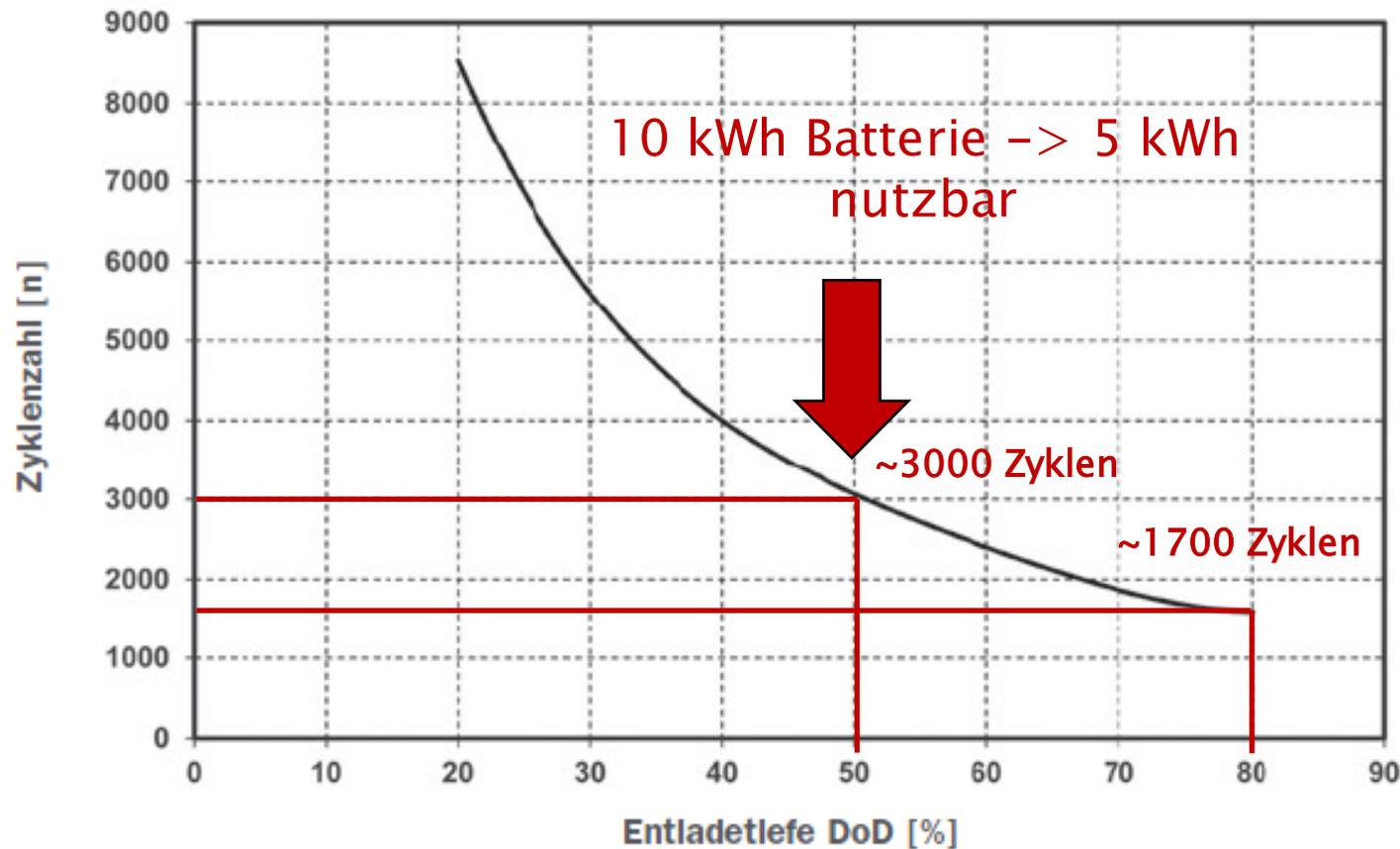


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



Methodik und Annahmen

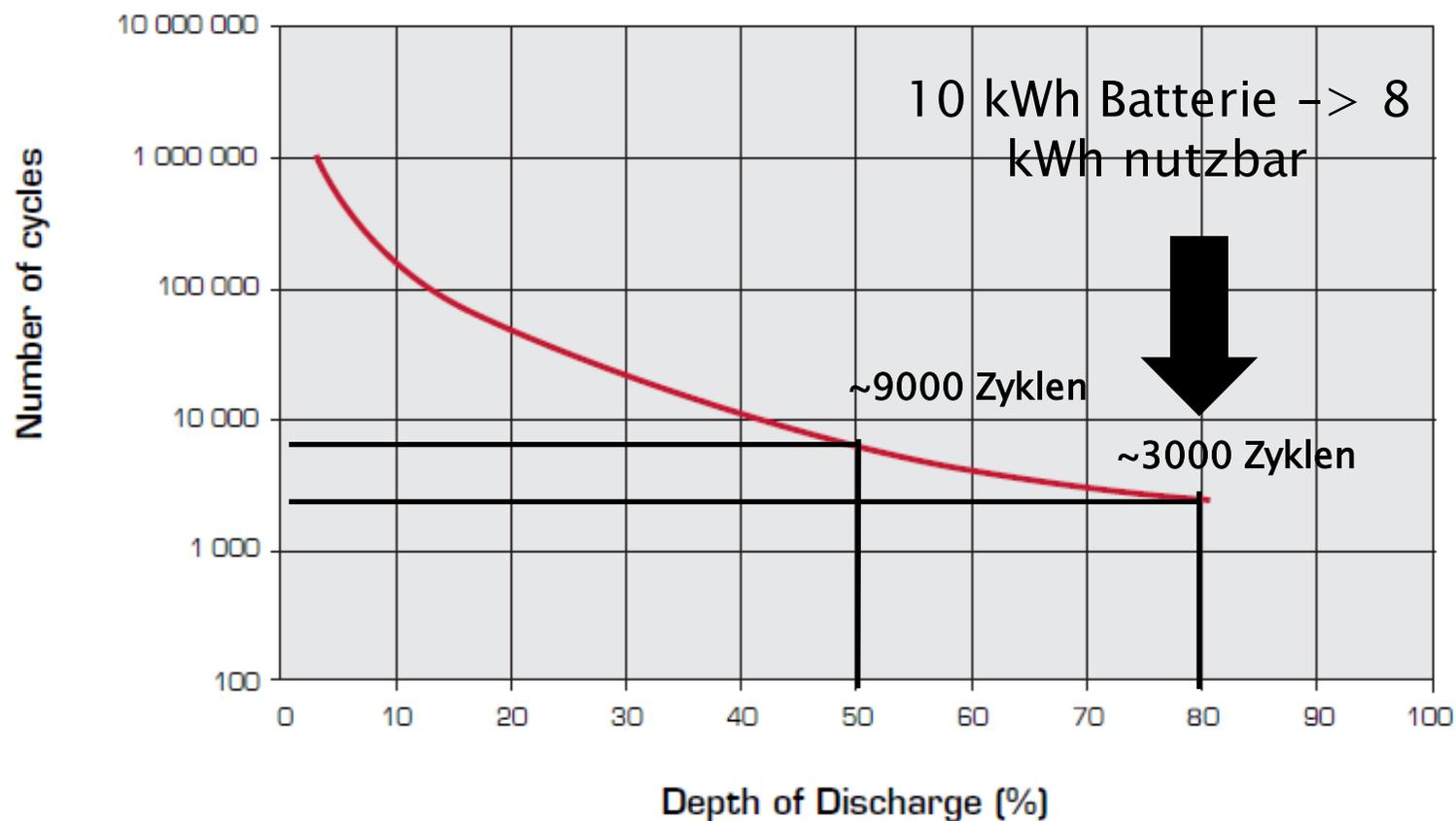
- **Zykluslebensdauer: Blei Batterie**



Quelle: Datenblatt Hoppecke OPzV solar.power
www.hoppecke.de

Methodik und Annahmen

- **Zyklenlebensdauer: Lithium Batterie**



Quelle: Datenblatt Saft Intensium Flex
www.saftbatteries.com