
Technische Voraussetzungen einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch

Kathrin Büdenbender

Prof. Dr. Ing. Martin Braun, Dr. Ing. Philipp Strauß



Fraunhofer

IWES

Bereich: Anlagentechnik und Netzintegration

Kontakt: Kathrin Büdenbender

Fraunhofer IWES, Königstor 59, 34119 Kassel

kathrin.buedenbender@iwes.fraunhofer.de, 0561-7294-276

Kathrin Büdenbender

Technische Voraussetzungen einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch

7. Fachgespräch der Clearingstelle EEG „Eigenverbrauch von Solarstrom“

Berlin, 15. Oktober 2010



© Fraunhofer IWES

Leitfragen

- Wie belastet Energieeinspeisung aus Photovoltaik die Netze?
- Welche Situationen sind besonders kritisch?
- Wie kann durch Eigenverbrauch eine Entschärfung stattfinden?

Belastung der Netze durch Einspeisung von Energie aus Photovoltaik (I)

Die Schwierigkeiten bei der Integration von PV-Anlagen in das elektrische Netz unterscheiden sich grundsätzlich von den Schwierigkeiten bei der Integration von Windenergie in das elektrische Netz

	Wind 	Photovoltaik 
Spannungsebene	Mittelspannung (42% d. inst. Leistung, 2009) Hochspannung (48% d. inst. Leistung, 2009)	Niederspannung (79% d. inst. Leistung, 2009) Mittelspannung (20% d. inst. Leistung, 2009)
vorwiegende Anlagenstandorte (geografisch)	Norden	Süden
vorwiegender Produktionszeitraum	Herbst bis Frühjahr ganztags	Frühjahr bis Herbst tagsüber
Netzanschluss	separat	Hausanschluss (häufig)
Engpass	Übertragungskapazität	Spannungsabweichungen beim Verbraucher

Belastung der Netze durch Einspeisung von Energie aus Photovoltaik (III)

■ Veränderung der Belastung von Leitungen und Betriebsmitteln durch veränderten Leistungsfluss

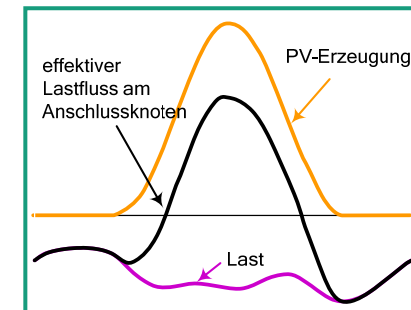
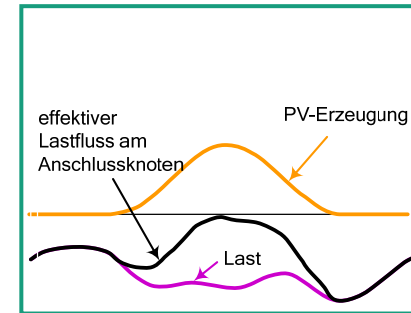
■ im Verteilnetz

■ Erzeugungsleistung < Lastbedarf

- erzeugte Energie wird selbst verbraucht, Abendspitze bleibt
- kein Einfluss

■ Erzeugungsleistung > Lastbedarf

- hohe Einspeiseleistung bei guter Einstrahlung
- Erhöhung der Belastung

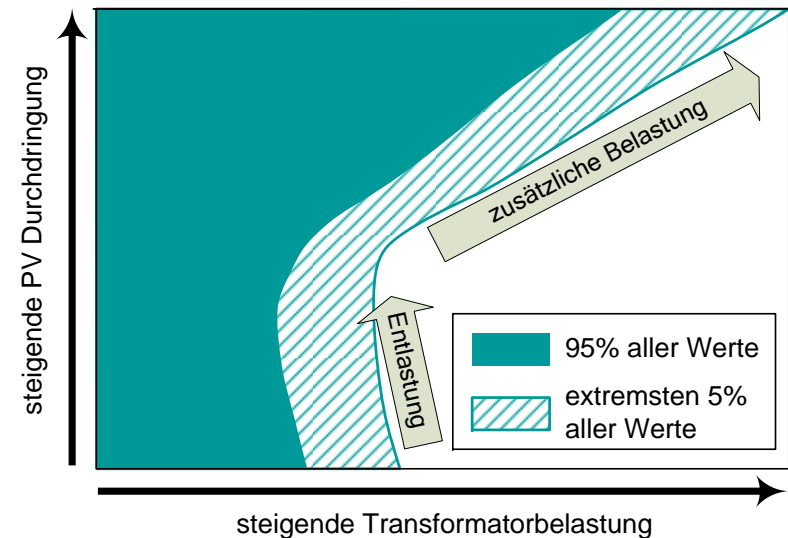


Belastung der Netze durch Einspeisung von Energie aus Photovoltaik (IV)

■ Veränderung der Belastung von Leitungen und Betriebsmitteln durch veränderten Leistungsfluss

- an der Ortsnetzstation und in den übergeordneten Netzebenen
 - bei geringer Durchdringung des Netzes mit PV-Anlagen:
Ausgleich der Leistung im Netz
→ Entlastung
 - bei hoher Durchdringung des Netzes mit PV-Anlagen:
Ausgleich nicht mehr möglich, Lieferung an übergeordnete Netzebene
→ zusätzliche Belastung

schematische Darstellung der Transformatorbelastung an einem Beispielnetz

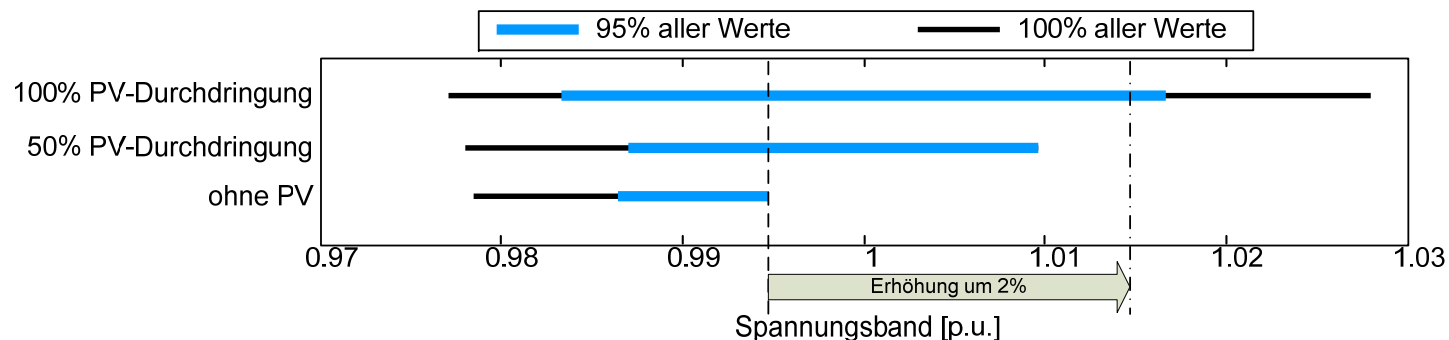


Belastung der Netze durch Einspeisung von Energie aus Photovoltaik (V)

■ Aufweitung des Spannungsbandes

- Technische Richtlinie: „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“:
„... darf die Spannungsanhebung am ungünstigsten Verknüpfungspunkt im Niederspannungsnetz einen Wert von 2% gegenüber der Spannung ohne Einspeisung grundsätzlich nicht überschreiten.“

Spannungsband an einem Beispielnetz:



Annahmen:

Anlagengröße 5 kWp, homogene Durchdringung, Beispielnetz mit 100 Anschlüssen 400 kVA Transformator

Welche Situationen sind für die Integration von PV-Anlagen entscheidend?

Kriterium	Bedeutung
Veränderung der Leitungsbelastung im Verteilnetz	geringe Bedeutung <ul style="list-style-type: none">■ Übertragungskapazität im Verteilnetz i.d.R. ausreichend groß dimensioniert
Veränderung der Belastung an der Ortsnetzstation und in den übergeordneten Netzebenen	vorwiegend geringe Bedeutung <ul style="list-style-type: none">■ Belastung wird durch regionalen Ausgleich zunächst reduziert■ zeitweise Überlastungen können zugelassen werden
Aufweitung des Spannungsbandes Auftreten insbesondere bei hohen und gleichzeitig auftretenden Leistungsflüssen!	hohe Bedeutung <ul style="list-style-type: none">■ Überschreiten ist grundsätzlich nicht erlaubt■ Überschreiten ist schon bei geringer Durchdringung mit PV möglich■ besonders ausgeprägt, wenn große Anlagen am Siedlungsrand einspeisen

Voraussetzung einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch

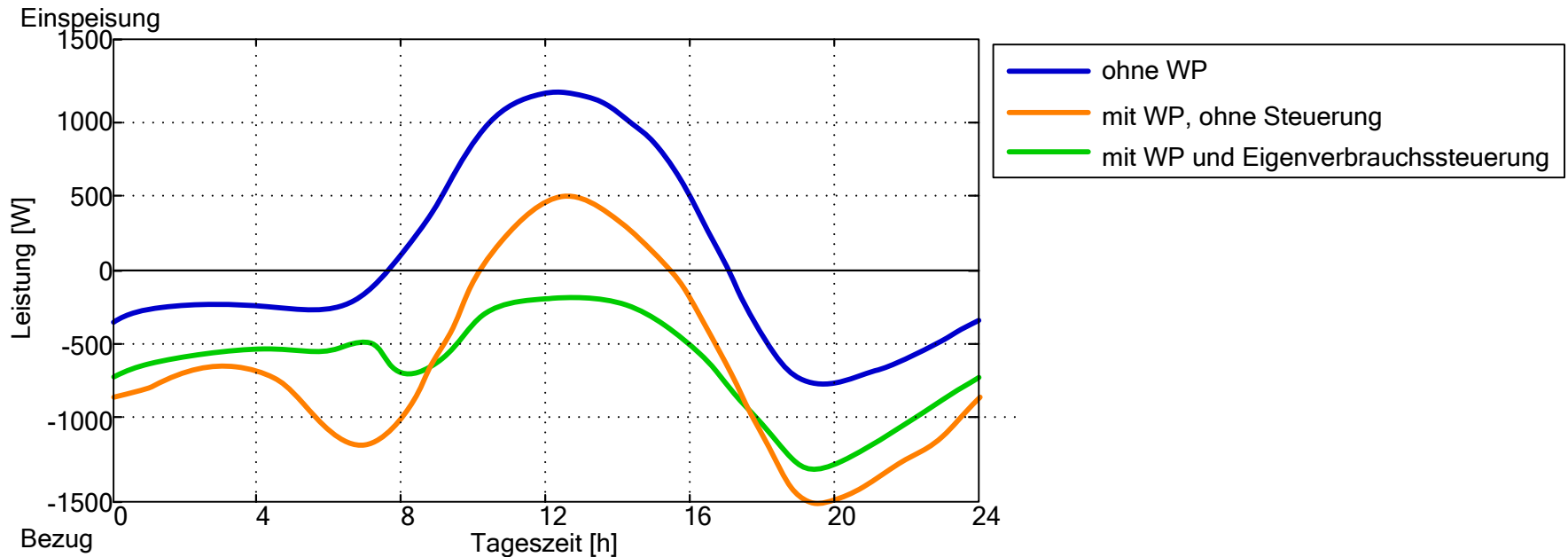
Verhinderung von

- hohen Leistungsflüssen an den Netzanschlussknoten bei
- hoher Gleichzeitigkeit

Kann das die heutige Regelung zum Eigenverbrauch leisten?

Einfluss der Erhöhung des Eigenverbrauchs auf den Verbraucherlastgang Wärmepumpe

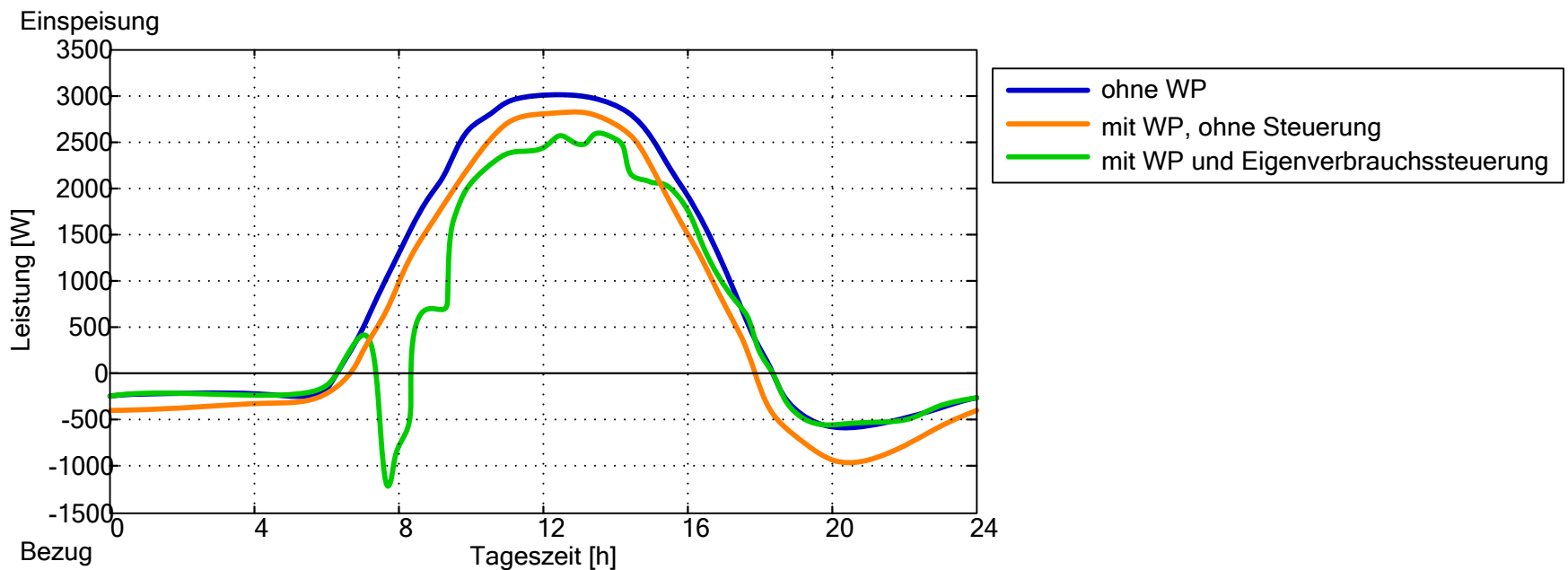
Tageslastprofil im Jahresmittel:



→ zusätzliche Last kann bei entsprechender Steuerung zu großen Teilen aus PV-Energie gedeckt werden

Einfluss der Erhöhung des Eigenverbrauchs auf den Verbraucherlastgang Wärmepumpe

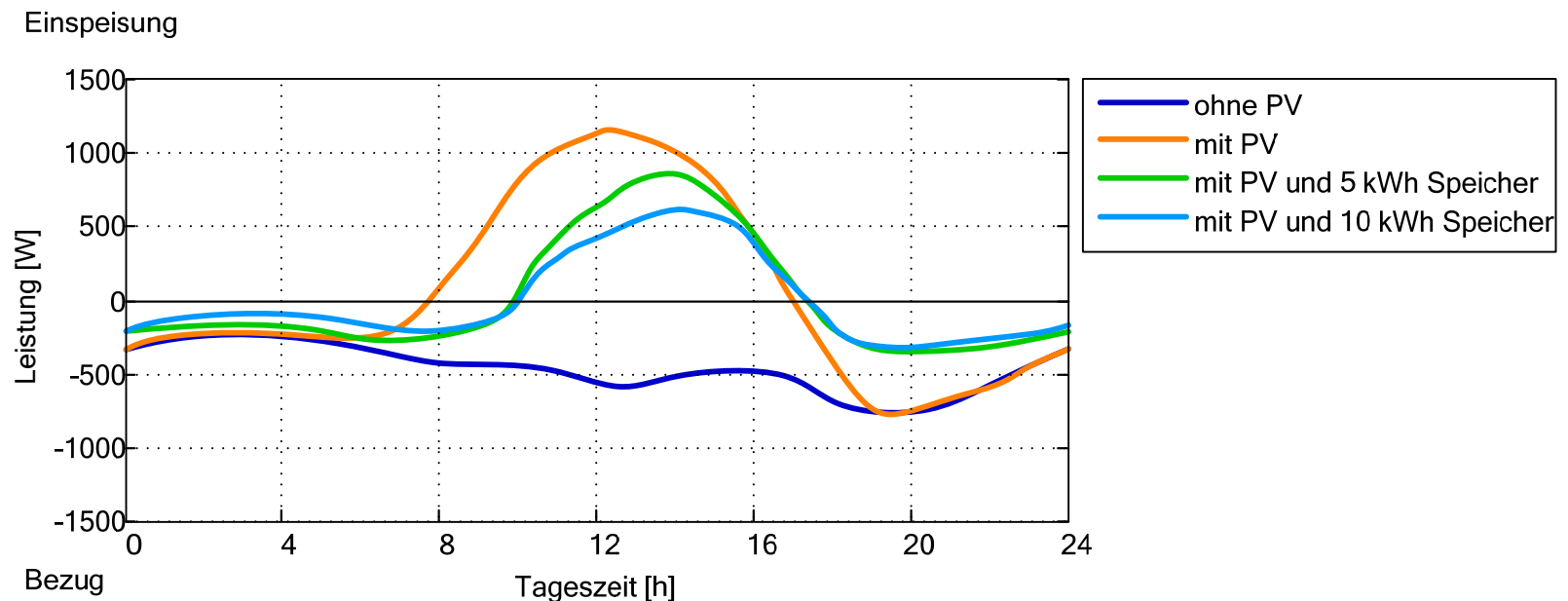
Tageslastprofil im Mittel der 10% der Tage mit dem höchsten Solarertrag:



→ die hohe gleichzeitige Leistung bei Einspeisung wird geringfügig reduziert

Einfluss der Erhöhung des Eigenverbrauchs auf den Verbraucherlastgang elektrische Speicher

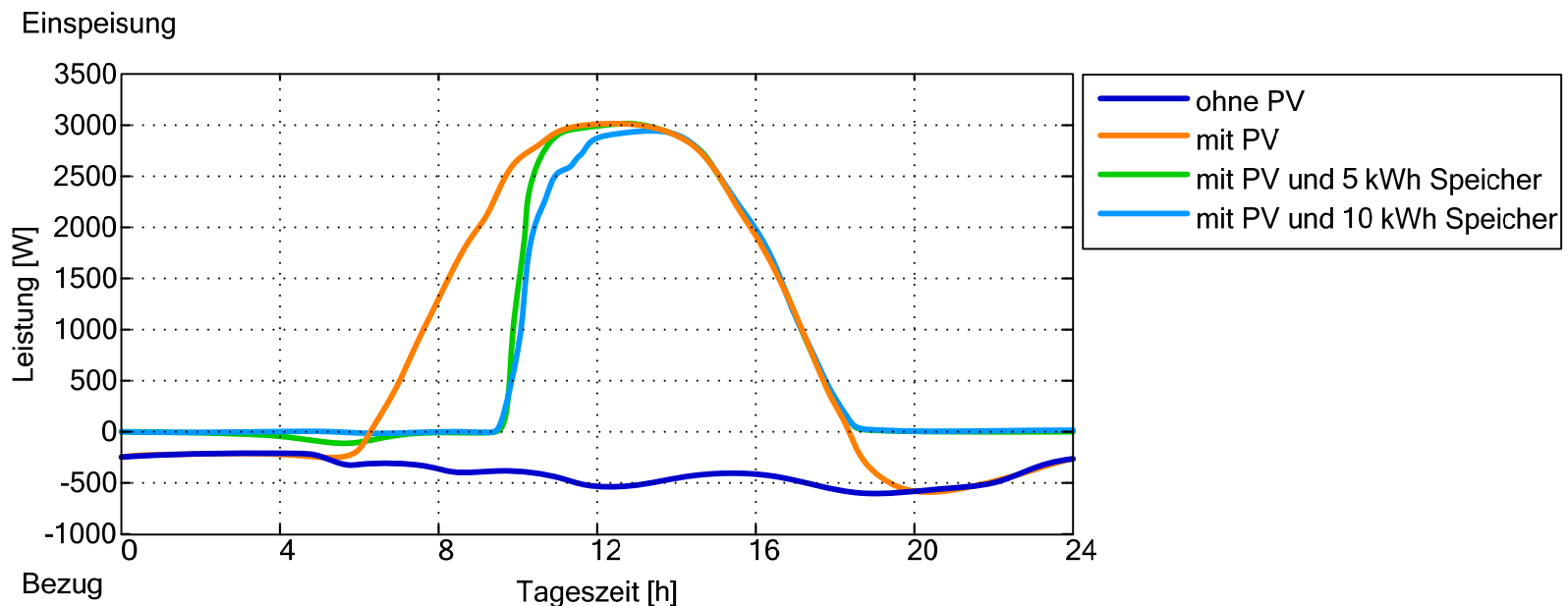
Tageslastprofil im Jahresmittel:



→ Speicher reduziert im Jahresmittel die maximale Einspeisung

Einfluss der Erhöhung des Eigenverbrauchs auf den Verbraucherlastgang elektrische Speicher

Tageslastprofil im Mittel der 10% der Tage mit dem höchsten Solarertrag:



- Speicher ist voll bevor die maximale Einspeisung auftritt
- hohe gleichzeitige Leistung bei Einspeisung wird nicht verhindert

Fazit: Einflussnahme des Eigenverbrauchs

- Einspeisung von Energie aus Photovoltaik-Anlagen im Niederspannungsnetz erfordert insbesondere auf Grund der hohen Gleichzeitigkeit der Einspeisung bei hoher Leistung in einer wachsenden Anzahl von Netzen einen Netzausbau

- Durch die Eigenverbrauchsregelung können
 - die Gleichzeitigkeit der Einspeisung und
 - die Höhe der maximalen Leistung bei Einspeisungnoch nicht signifikant verringert werden.

- Netzentlastung durch derzeitige Regelung zum Eigenverbrauch ist noch nicht in einem Maße gegeben, das Netzausbau, -planung und -betriebsführung signifikant positiv beeinflusst

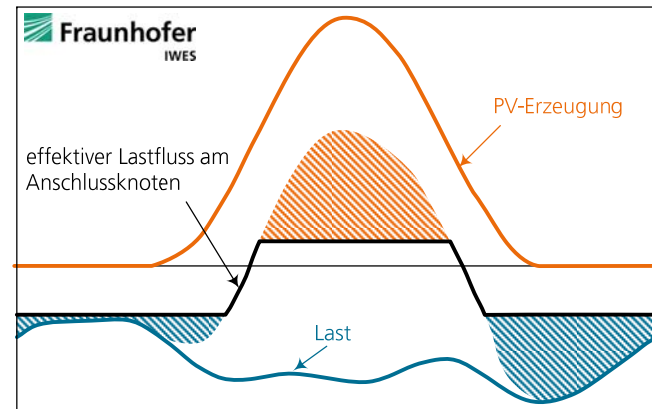
Szenarien für eine Verringerung der Netzbelastung (I)

Einführung einer Leistungsabhängigkeit in der Tarifgestaltung

■ kapazitätsabhängige Grundtarife

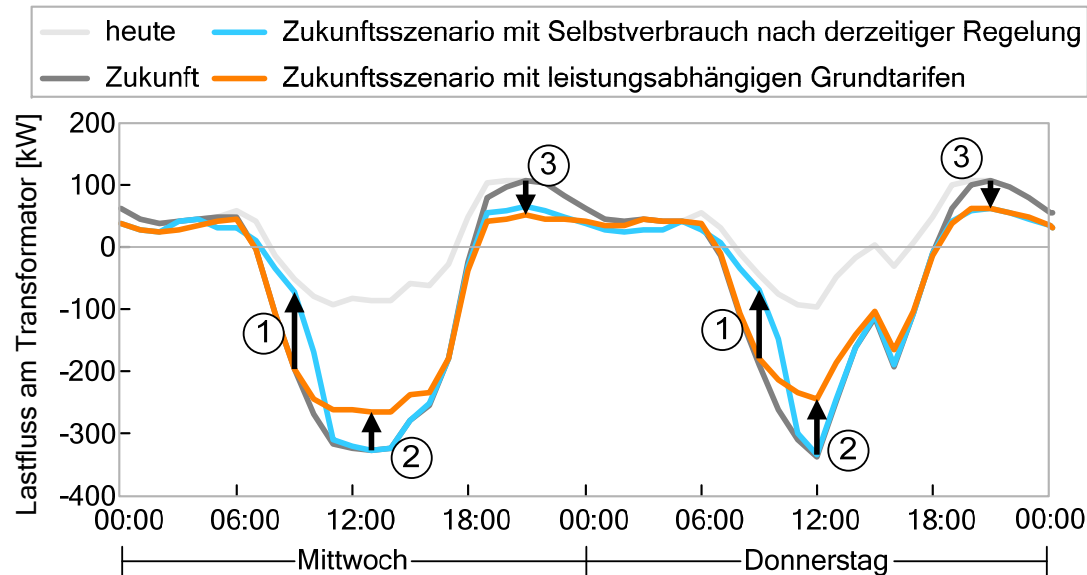
$$\text{Grundtarif}_{\text{Jahr}} = \sum_{d=1}^{365} \text{Grundtarif}_{\text{Tag}}(d) = \sum_{d=1}^{365} k \cdot P_{\text{max}}(d)$$

Quelle: Braun, Büdenbender, Schmiegel, Magnor, Marcel
"Improving PV-Integration into the Distribution Grid"
25th EU PVSEC, Valencia, September 2010



Szenarien für eine Verringerung der Netzbelastung (II)

Einflussnahme leistungsabhängiger Grundtarife auf den Lastfluss am Transformator bei Verwendung von Speichern:



Quelle: Braun, Büdenbender, Schmiegel, Magnor, Marcel "Improving PV-Integration into the Distribution Grid" 25th EU PVSEC, Valencia, September 2010

Annahmen:

dörfliche Siedlungsstruktur, 151 angeschlossene Haushalte, 630 kVA Transformator

Szenario "heute": 234 kWp PV installiert, Szenario "Zukunft": 564 kWp PV installiert, zusätzliche Anlagen mit 5kWh Speicher

Kathrin Büdenbender

Technische Voraussetzungen einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch

7. Fachgespräch der Clearingstelle EEG „Eigenverbrauch von Solarstrom“

Berlin, 15. Oktober 2010

© Fraunhofer IWES

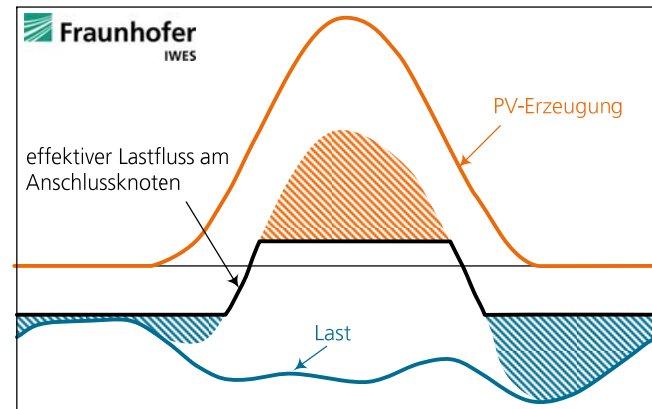
Szenarien für eine Verringerung der Netzbelastung (III)

Einführung einer Leistungsabhängigkeit in der Tarifgestaltung

■ kapazitätsabhängige Grundtarife

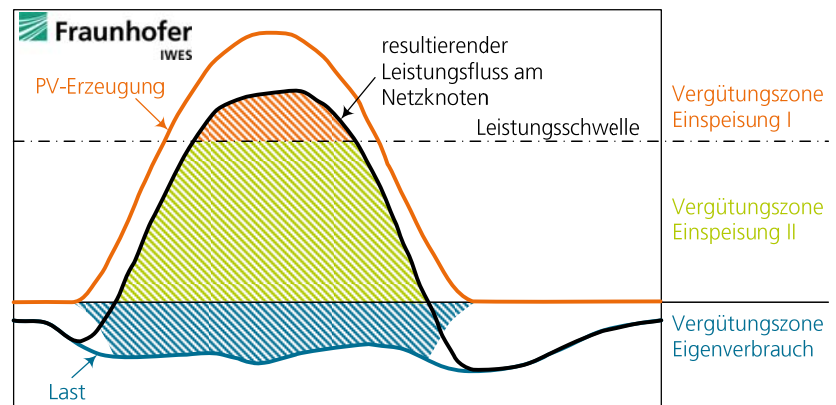
$$\text{Grundtarif}_{\text{Jahr}} = \sum_{d=1}^{365} \text{Grundtarif}_{\text{Tag}}(d) = \sum_{d=1}^{365} k \cdot P_{\text{max}}(d)$$

Quelle: Braun, Büdenbender, Schmiegel, Magnor, Marcel
 "Improving PV-Integration into the Distribution Grid"
 25th EU PVSEC, Valencia, September 2010



■ leistungsabhängige Einspeisevergütungen

Quelle: Braun "Support of Power Systems Operation by PV Plants"
 Photon's 4th Solar Electric Utility Conference, Stuttgart, April 2010



Kathrin Büdenbender

Technische Voraussetzungen einer Netzentlastung durch Eigenverbrauch

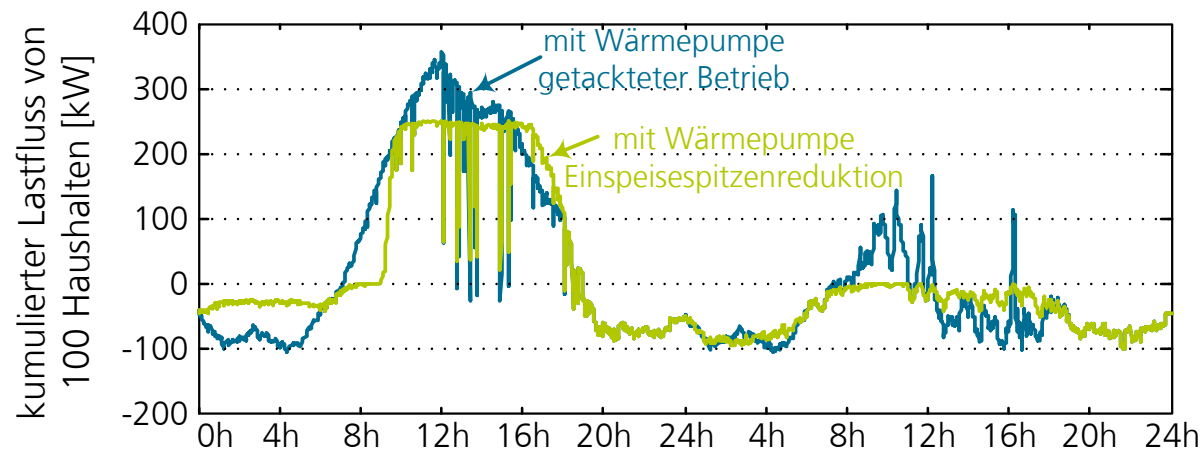
7. Fachgespräch der Clearingstelle EEG „Eigenverbrauch von Solarstrom“

Berlin, 15. Oktober 2010

© Fraunhofer IWES

Szenarien für eine Verringerung der Netzbelastung (IV)

Einflussnahme leistungsvariabler Einspeisevergütungen auf die Lastflüsse im Netz bei Verwendung intelligent gesteuerter Wärmepumpen



Quelle: Braun "Support of Power Systems Operation by PV Plants"
Photon's 4th Solar Electric Utility Conference, Stuttgart, April 2010

Annahmen:

100 Einfamilienhaushalte, Jahreslastbedarf jeweils 5500 kWh für Haushalt + 3750 kWh für Wärmepumpe, maximale elektrische Leistung der Wärmepumpe: 2,5 kW, Warmwasserspeicher mit 1 m³ Volumen

Szenarien für eine Verringerung der Netzbelastung

Einführung einer Leistungsabhängigkeit in der Tarifgestaltung

■ kapazitätsabhängige Grundtarife

$$\text{Grundtarif}_{\text{Jahr}} = \sum_{d=1}^{365} \text{Grundtarif}_{\text{Tag}}(d) = \sum_{d=1}^{365} k \cdot P_{\text{max}}(d)$$

Quelle: Braun, Büdenbender, Schmiegel, Magnor, Marcel
"Improving PV-Integration into the Distribution Grid"
25th EU PVSEC, Valencia, September 2010

■ leistungsabhängige Einspeisevergütungen

Quelle: Braun
"Support of Power Systems Operation by PV Plants"
Photon's 4th Solar Electric Utility Conference
Stuttgart, April 2010

■ Wirksamkeit der Szenarien erfordert

- weitere Technologieentwicklung
- größere Verbreitung lastgangregistrierender Messeinrichtungen

