

Photovoltaik-Anlage auf der
Berufsschule Lenzburg

PV-Netzintegration

Einspeiselimittierung und garantierte Flexibilität

Solar-Updates 2025

St. Gallen, 17. November 2025 / Luzern, 2. Dezember 2025

Lars Huber, SWL Energie AG, Leiter Systemtechnik

Inhalt

- Einleitung Netzintegration
- Einspeiselimittierung...warum?
- Grundlagen Photovoltaik-Produktion (*Selbststudium*)
- Einspeiselimittierung in der Praxis

Lars Huber

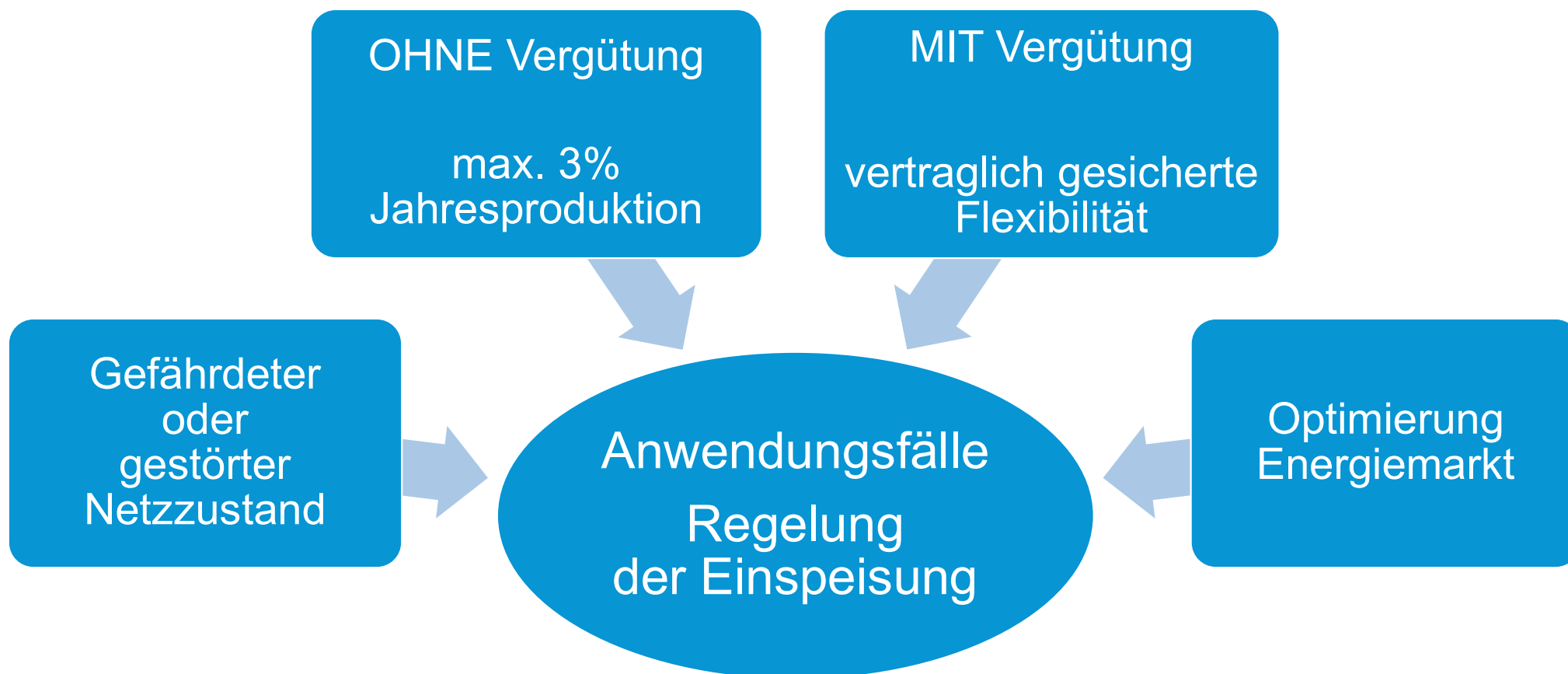


Bis 2011	Elektroniker / Software Entwicklung
2011-2013	PV-Planung
2013-2021	Stromzähler-Lieferant für Netzbetreiber
2021-2023	Fachspezialist PV Mitglied Swissolar Fachkommission: PV-Technik
Ab 2024	Systemtechnik bei SWL Energie AG (Stadtwerk Lenzburg) Mitglied Swissolar Programmgruppe (VNB-Vertreter): Solar-Update
«Hobby» ab 2013	PV-Produktionsverhalten und -Netzintegration vorantreiben

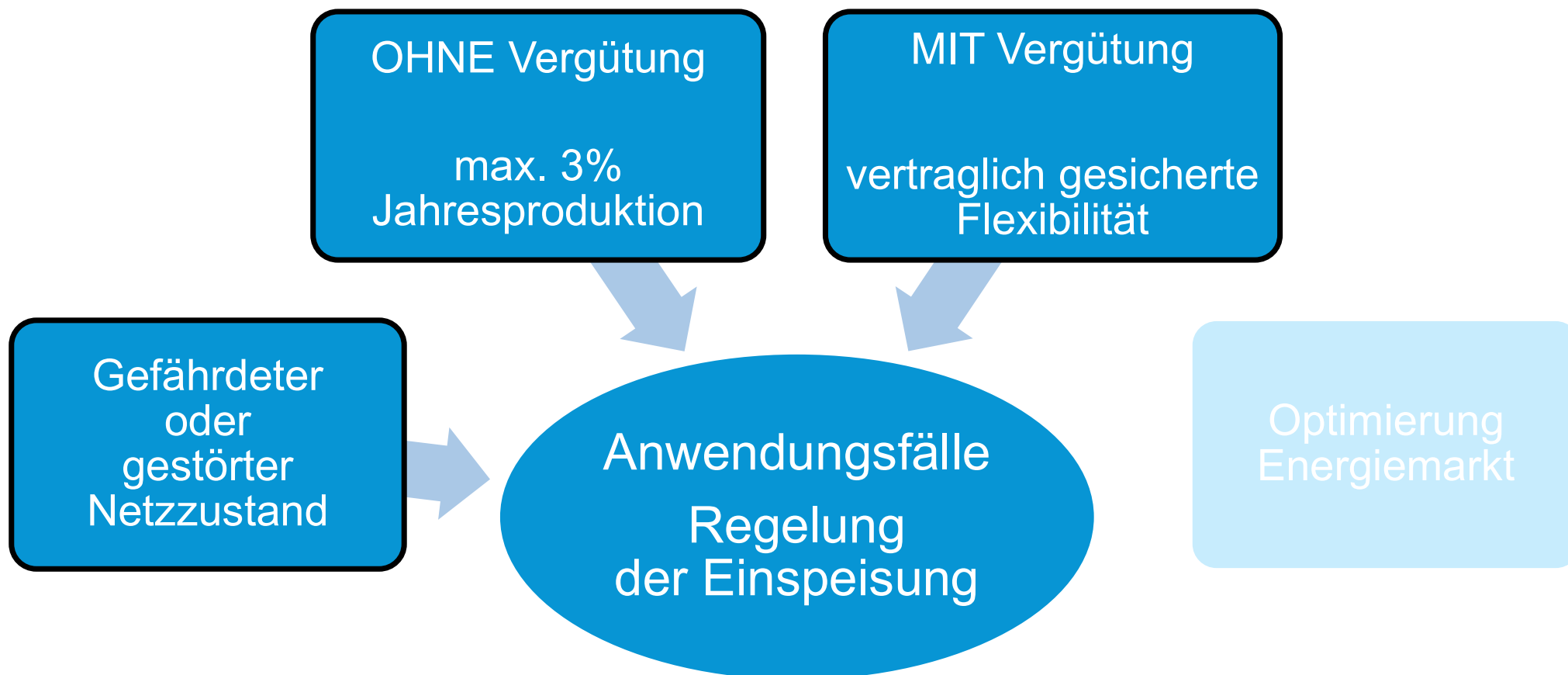
Einleitung Netzintegration

Keine Angst vor PV-Netzintegration mit Einspeiselimittierungen

→ Persönliche Meinung: PRO überwiegt CONTRA bei Weitem

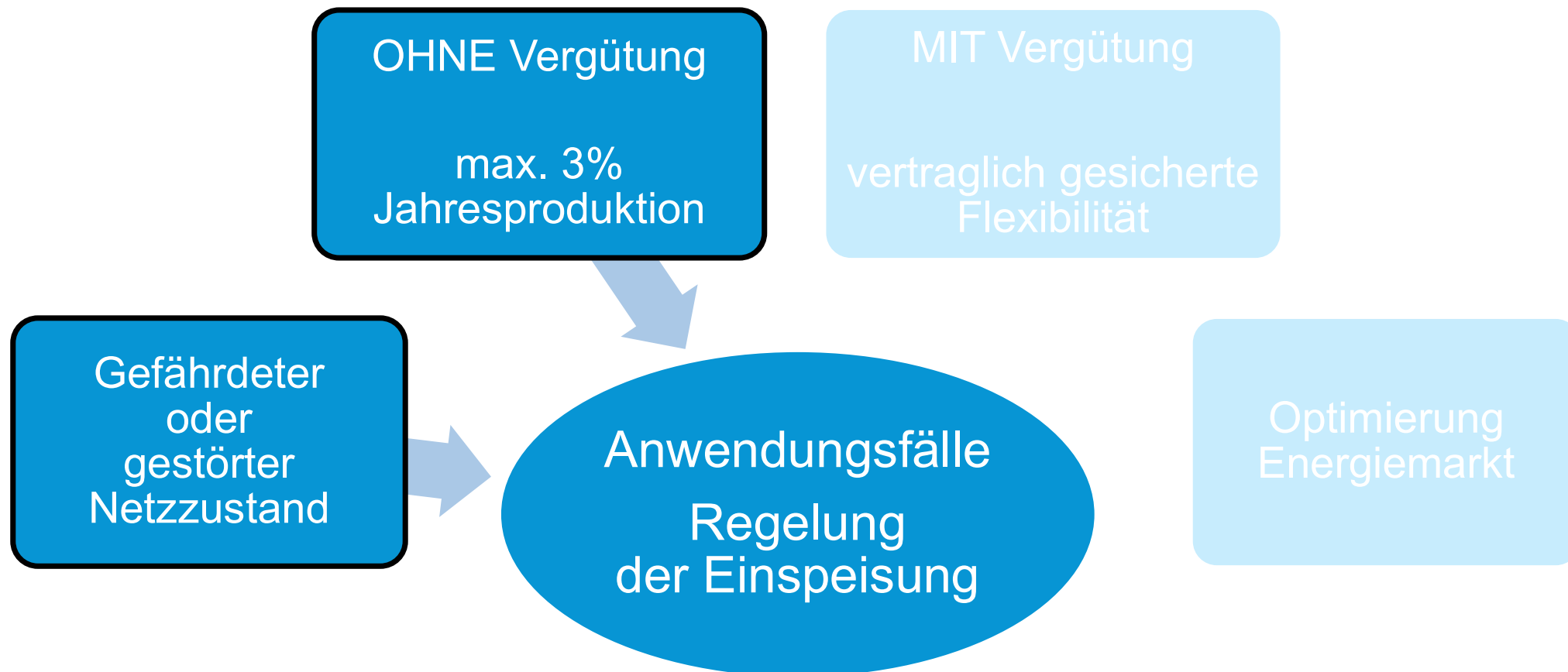


Netzdienliche Flexibilität

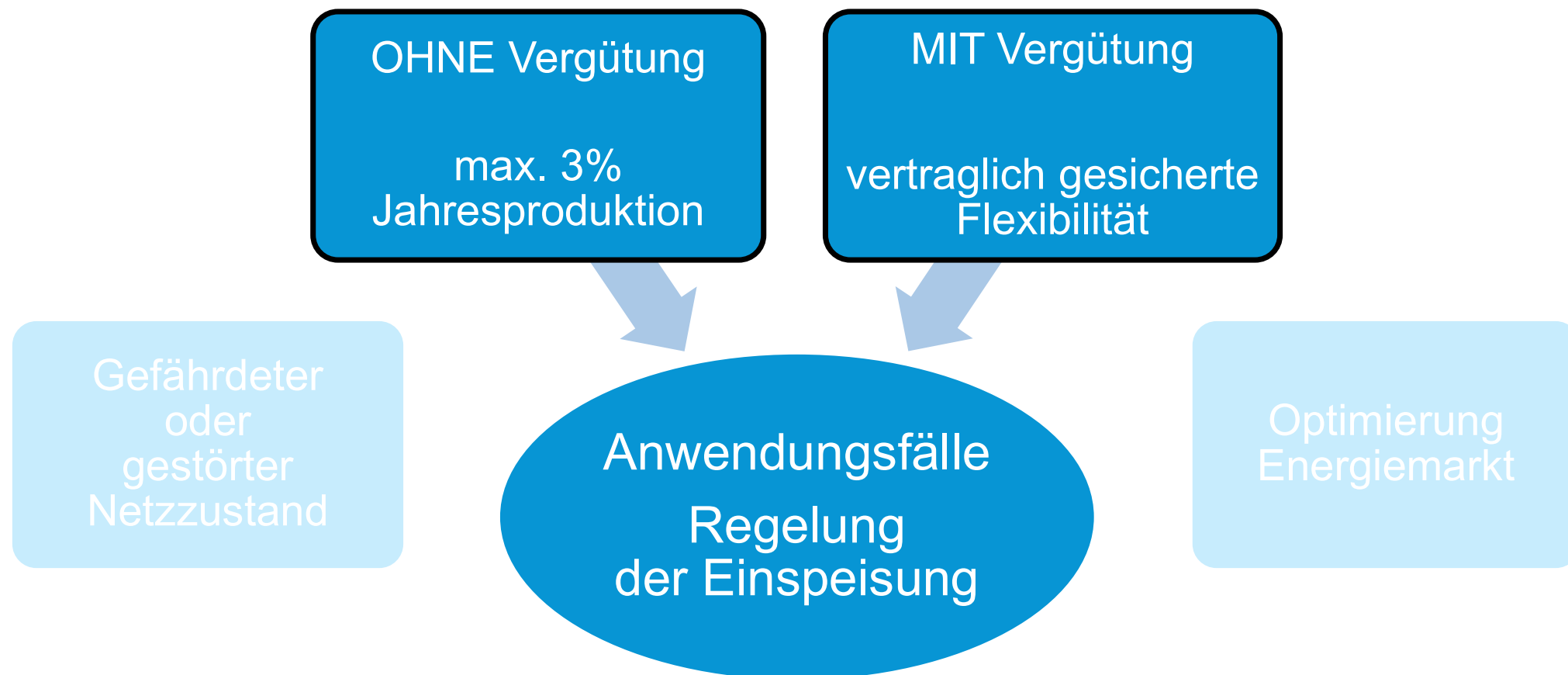


Garantierte Nutzung von Flexibilität durch VNB

Vorrang Nutzungsrechte Dritter oder gegen Willen Flexibilitätseinhaber



Fokus Referat: fixe Einspeiselimittierung



Regulator: «Garantierte Flexibilität» ab 1.1.2026

Definition «netzdienliche Flexibilität»

- Art. 19a StromVV

Nutzung «garantierte Flexibilität»

- Art. 17c Abs. 4 Bst. a StromVG

- Art. 19c Abs. 4 StromVV

- Art. 19a Netzdienliche Flexibilität

Als netzdienlich gilt die Nutzung der Flexibilität, mit der ein Verteilnetzbetreiber:

- eine angespannte lokale Netzsituationen entlasten kann;
- einen Netzausbau vermeiden kann;
- Netzmassnahmen aufschieben kann; oder
- die Netzkosten im eigenen Netzgebiet verringern kann.

⁴ Den Verteilnetzbetreibern stehen in ihrem Netzgebiet die folgenden garantierten Nutzungen netzdienlicher Flexibilität zu:

- Abregelung eines bestimmten Anteils der Einspeisung am Anschlusspunkt;
- Nutzung bei einer unmittelbaren erheblichen Gefährdung des sicheren Netzbetriebs.

⁵ Die garantierten Nutzungen stehen ihnen auch bei entgegenstehenden Nutzungsrechten Dritter zu sowie gegen den Willen des Flexibilitätsinhabers. Die Verteilnetzbetreiber informieren die ElCom jährlich über die getätigten Nutzungen nach Absatz 4 Buchstabe b.

- Art. 19c Garantierte Nutzungen der Flexibilität

¹ Die garantierte Nutzung von Flexibilität wird nicht vergütet.

² Der Verteilnetzbetreiber muss den betroffenen Flexibilitätsinhabern auf Anfrage oder mindestens jährlich über die Gründe und den Umfang dieser Nutzungen informieren.

³ Er darf für die garantierten Nutzungen der Flexibilität ein intelligentes Steuer- und Regelsystem ohne die Zustimmung des betroffenen Flexibilitätsinhabers einsetzen.

⁴ Er darf höchstens 3 Prozent der jährlich erzeugten Energie am Anschlusspunkt abregeln.

⁵ Die Netzbetreiber legen unter Mitwirkung der betroffenen Akteure in transparenten und diskriminierungsfreien Richtlinien Regeln für die technische Umsetzung des Einspeisemanagements und die Informationsprozesse fest.

 **Kein Bestandesschutz!**

VSE-Branchenempfehlung «NRE – CH 2025»

Regelung der Einspeisung von Photovoltaikanlagen

Inhalt

- Gesetzesgrundlage
- Anwendungsfälle der Einspeiseregulierung
- Technische Umsetzungsmöglichkeiten der Einspeiseregulierung
- Prozesse
 - Koordination zwischen VNB und Dritten
 - Berechnung abgeregelte Einspeisung am Hausanschlusspunkt und Produktionsverluste



Technische Umsetzungsmöglichkeiten

Massnahmen im Sinne des NOVA-Prinzips

- Fixe Einspeiselimittierung
 - *mit dynamischer Leistungsregelung am Wechselrichter möglich (für Eigenverbrauch)*
- Spannungsabhängige Einspeiselimittierung
- Fernsteuerung der Erzeugungsanlage über lokale Schnittstelle
- Protokoll-Steuerung
- Schaltkontakt-Steuerung
- Weitere Möglichkeiten
 - Fernsteuerung über Internetverbindung des Erzeugers und IT-Plattformen von Dritten
 - Dynamische Flexibilitätsvergütung für die Einspeisung
 - Abwurf der PV-Anlage über Frequenzerhöhung im Inselbetrieb

Persönliche Meinung zu «garantierter Flexibilität»

- Absolut zwingend!
- Nur Korrektur der bisherigen Falschanwendung bei PV-Produktion, Netzanschluss und Einspeisung
- Diese Regel hätte 2012 schon eingeführt werden sollen

**Einspeiselimitierung
...warum?**

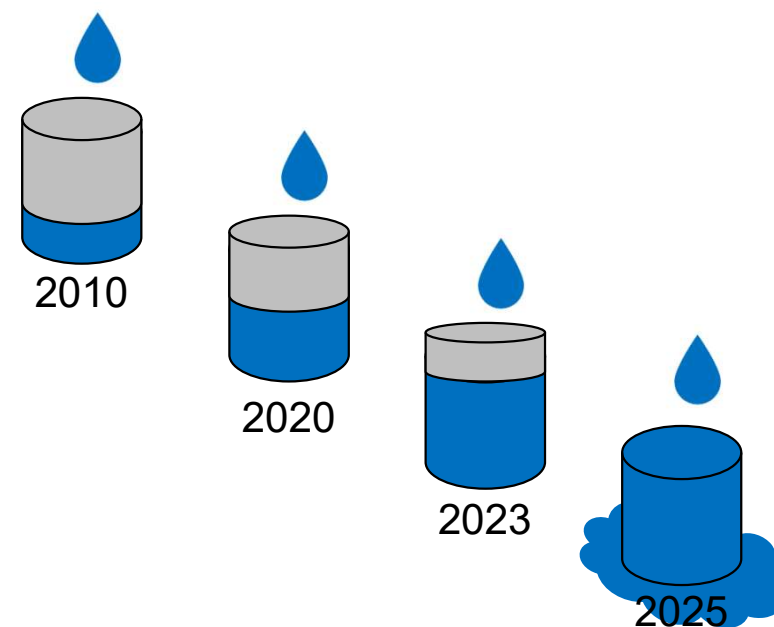
Rückspeisekapazität in den Quartieren

Problem

- Spannungsüberhöhungen in den Quartieren (heutiger Alltag)






Analogie

- Bisher: Jahrelang wurden die Fässer gefüllt → ohne Konsequenzen
- Heute: wenige Tropfen bringen das Fass zum Überlaufen



Ziele von Netzintegration aus Sicht VNB

...und sollte auch im Sinne der Solarbranche sein

VERSORGUNG 	INFRASTRUKTUR 
<p> maximale PV-Produktion</p> <p>mit</p> <p> minimalem Stromnetzbedarf</p>	<p> kein Netzausbau</p> <p>ausserhalb</p> <p>des normalen Erneuerungszyklus oder Strassensanierung</p>

Leistung vs. Energie

Grosse Entkoppelung von Leistung und Energie bei Technologie Photovoltaik

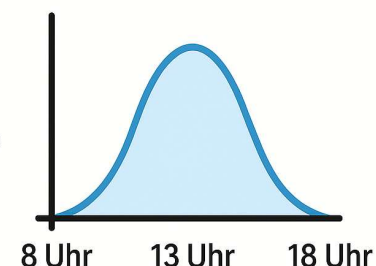
- **Leistung** ist eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt X
- **Energie** ist die geleistete Arbeit über eine Zeitspanne.
- **Vergütung** → die eingespeiste Energie in Kilowattstunden wird ausbezahlt

LEISTUNG
(kW)



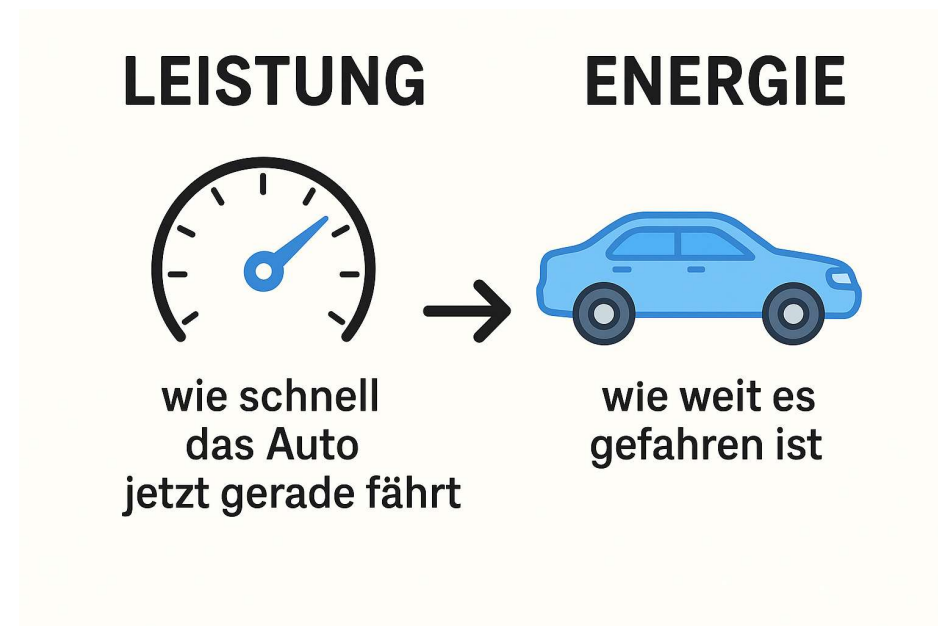
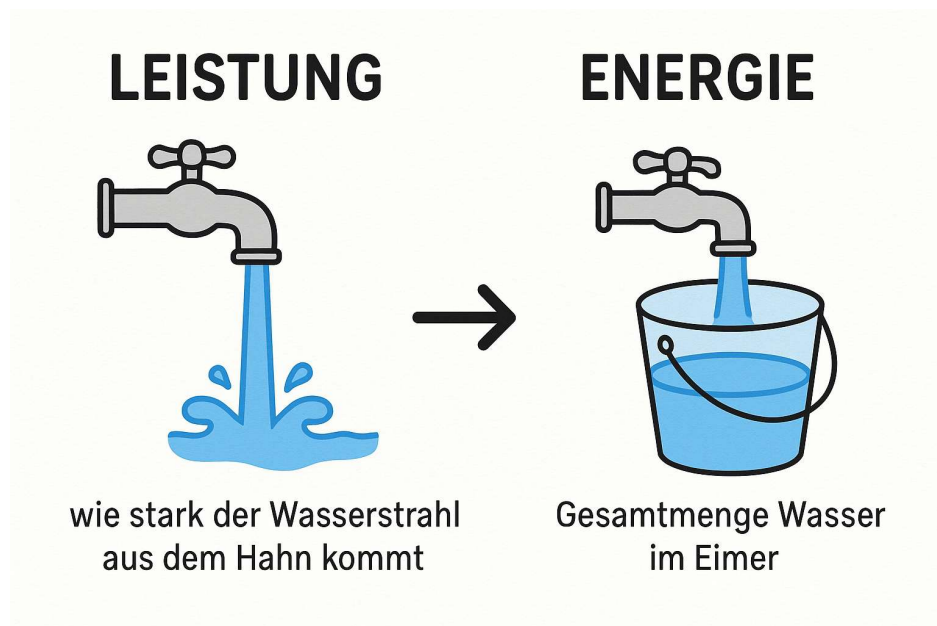
wie stark die
Anlage jetzt
gerade ist

ENERGIE
(kWh)



was sie über den Tag
erzeugt hat

Tipp: Analogien für Kundenberatung



Ausspeiseleistung NICHT gleich Einspeiseleistung

40A-Anschluss ermöglicht 40A Bezug, aber nicht unbedingt 40A Einspeisung

→ ev. maximal 18A Einspeisung möglich??? 🤔

Spannungshaltung

- Wie das Wasser fließt der Strom von der höheren Spannung zur tieferen Spannung.
- Wenn die PVA einspeisen will, muss sie die Spannung am Netzanschluss erhöhen.

Gleichzeitigkeitsfaktor

- Im Verbrauch wird oft mit einer Gleichzeitigkeit von 0.2 bis 0.7 gerechnet, da sich die Verbraucher im zeitlichen Betrieb versetzen lassen.
- Die Wetterbedingungen im Quartier sind jedoch immer gleich.
→ Gleichzeitigkeitsfaktor 1.0 bei Einspeisung (100% der PVA haben das gleiche Wetter)

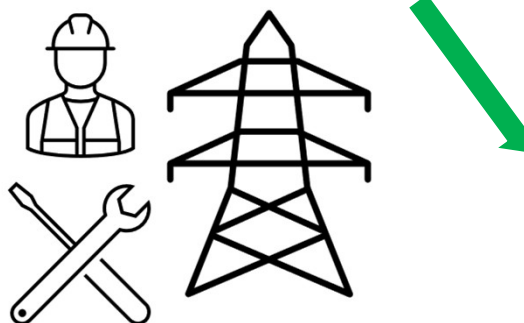
Was bedeutet Einspeiselimitierung wirtschaftlich?

PV-Betreiber



Zusatzprodukt: mehr CASH!
Garantierte Flex: nicht spürbar

Stromnetz



Weniger Netzausbau
erzwingen

Verbraucher



Netznutzungsentgelt tief
halten durch weniger Ausbau

FlexPV50-Erfolgsstory 1 (Lenzburg)

2 Neuanmeldungen à 20 kWp hätten zu Überspannungen geführt (grösser 253 V)

- Bisher mit Netzausbau: 120'000.- für Kupfer + Bauarbeiten
→ einmalig ca. 250'000.- (Lösung nur als Momentaufnahme)
- NEU mit fixer Einspeiselimittierung (FlexPV50):
→ jährlich 700.-
→ PV-Betreiber verdienen mehr Cash!

Netzausbau kommt später mit Strassensanierung

FlexPV50-Erfolgsstory 2 (Sins)

PV-Neuanmeldungen auf EFHs hätten zu Überspannungen geführt!

- Bisher mit Netzausbau: Elektra X hat Kredit beantragt an GV 2024
→ Kredit für einmalig 345'000.- (Lösung nur als Momentaufnahme)
- NEU mit fixer Einspeiselimiteierung (FlexPV50):
→ jährlich 1600.- und Kredit vorerst auf Eis gelegt
→ PV-Betreiber verdienen mehr Cash!

Strassensanierung kommt irgendwann... → Synergien

Grundlagen Photovoltaik-Produktion

→ *Selbststudium* 🧐

Auswirkungen der Produktionsbegrenzung in der Realität

PV-Anlage

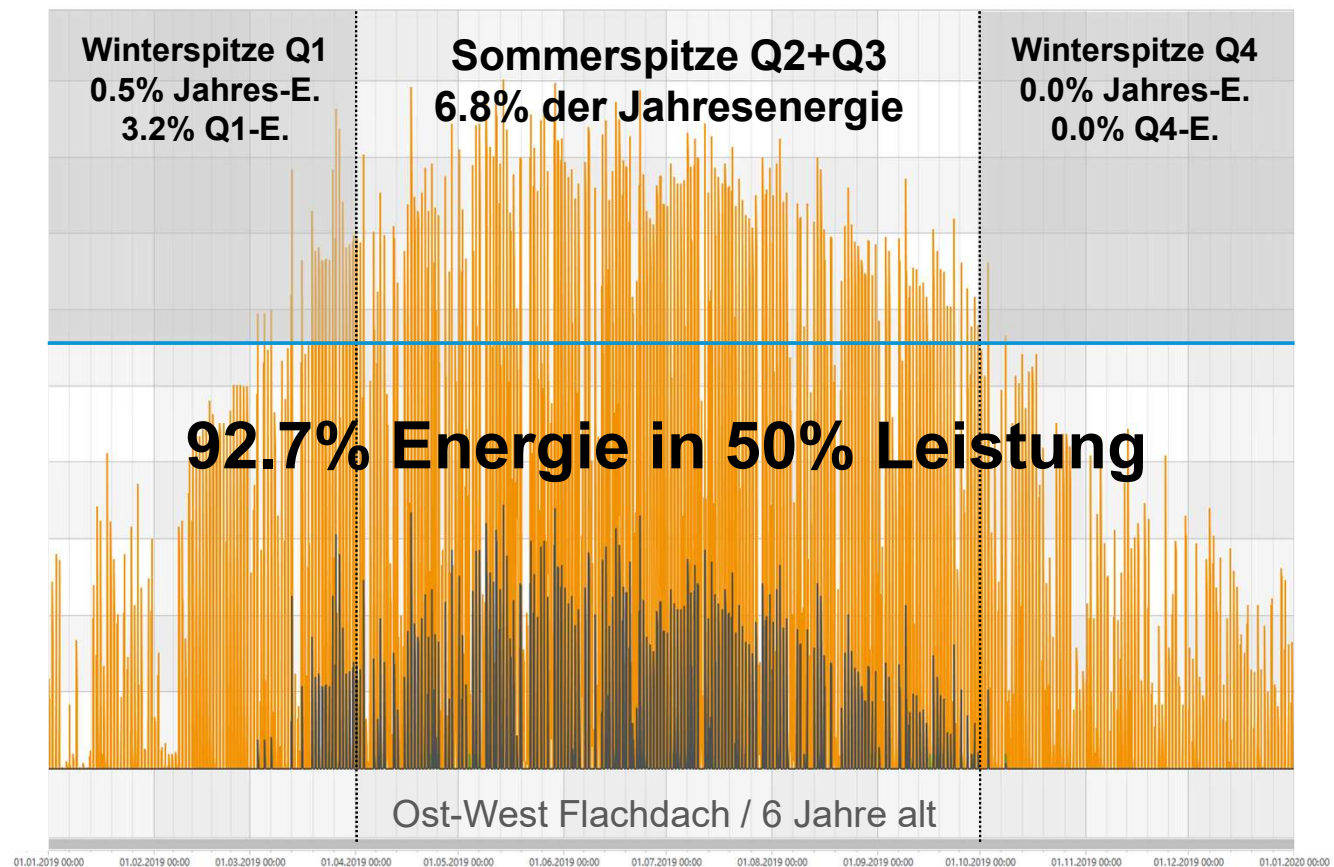
- Baujahr 2013
- Ost-West Flachdach
- PV: 223.2 kWp
- WR: 186 kW (83.3%)
- Direkteinspeisung → kein Eigenverbrauch
- 50%-Limite: 111.6 kW

Produktionsjahr 2019

- 1010 kWh/kWp
- Peak AC 180.4 kW (80.8%)
- WR-Begrenzung 50%: -73.3 kWh/kWp → **-7.3%**

Details

- Produktion: 225412 kWh
 - Q1-Q4: 33827 / 86139 / 84819 / 20626
- WR-Begrenzung 50%: -16370 kWh
 - Q1-Q4: -1087 / -8570 / -6698 / -14
 - Sommerhalbjahr: -15269 kWh
 - Winterhalbjahr: -1101 kWh



Definition: Dimensionierung

Verhältnis zwischen Wechselrichter- und installierter PV-Modulleistung

$$\frac{\text{Leistung Wechselrichter}}{\text{Leistung installierte PV}}$$

Beispiel:

- 100 kWp PV-Modulleistung auf Dach
- 60 kW Wechselrichter
- ergibt 60% Dimensionierung

WICHTIG: Leistung Wechselrichter kann auch Leistung am Hausanschluss sein

Wichtige Leistungsgrössen (Prozentangaben)

100%

- installierte PV-Modulnennleistung (nach STC) in kWp
- zentrale Grösse beglaubigt für Fördersystem (Einmalvergütung)

70%

- in Bezug auf installierte PV-Modulnennleistung in kW
- relevant für «garantierte Flexibilität»

50%

- in Bezug auf installierte PV-Modulnennleistung in kW
- relevant für Einspeiseregelungs-Zusatzprodukt wie z.B. «FlexPV50»

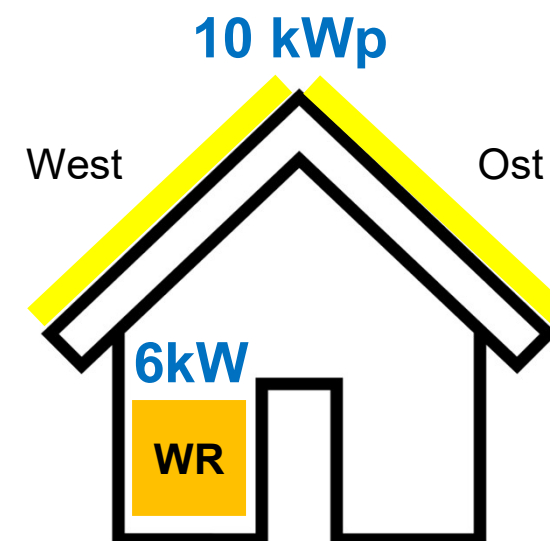
Umfrage

Mit welchem jährlichen Minderertrag der PV-Produktion muss gerechnet werden, wenn die Wechselrichter auf 60% der installierten Modulleistung limitiert werden?

PV-Anlage:

- Ost-West Dach im Mittelland
- 10 kWp PV
- 6 kW Wechselrichter (60%)

1. unter 3%
2. ca. 5%
3. ca. 10%



Umfrage

Mit welchem jährlichen Minderertrag der PV-Produktion muss gerechnet werden, wenn die Wechselrichter auf 60% der installierten Modulleistung limitiert werden?

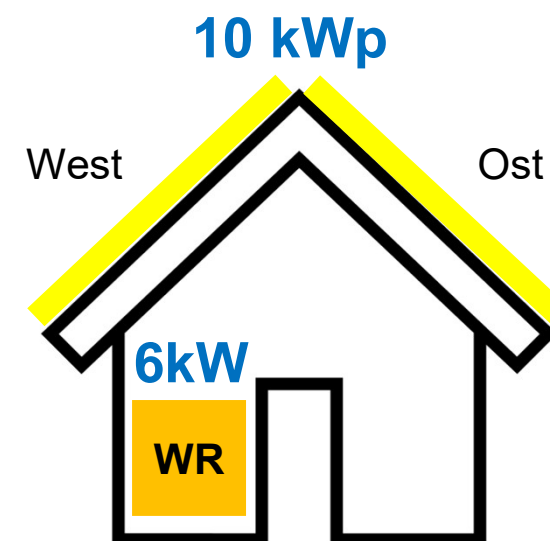
PV-Anlage:

- Ost-West Dach im Mittelland
- 10 kWp PV
- 6 kW Wechselrichter (60%)

 unter 3%

~~2. ca. 5%~~

~~3. ca. 10%~~

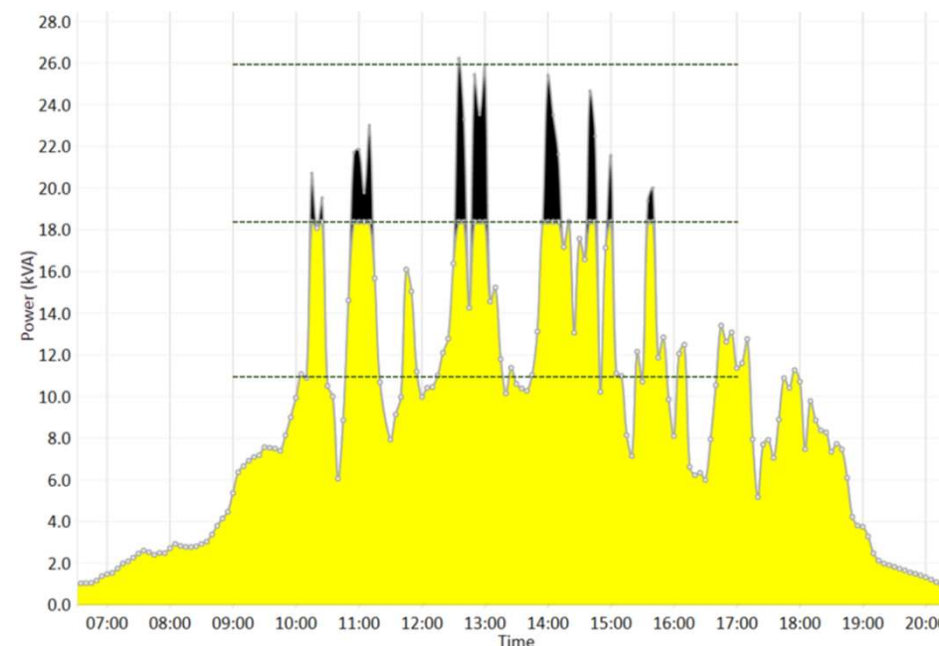


Peak Shaving – Datenbasis für Analysen

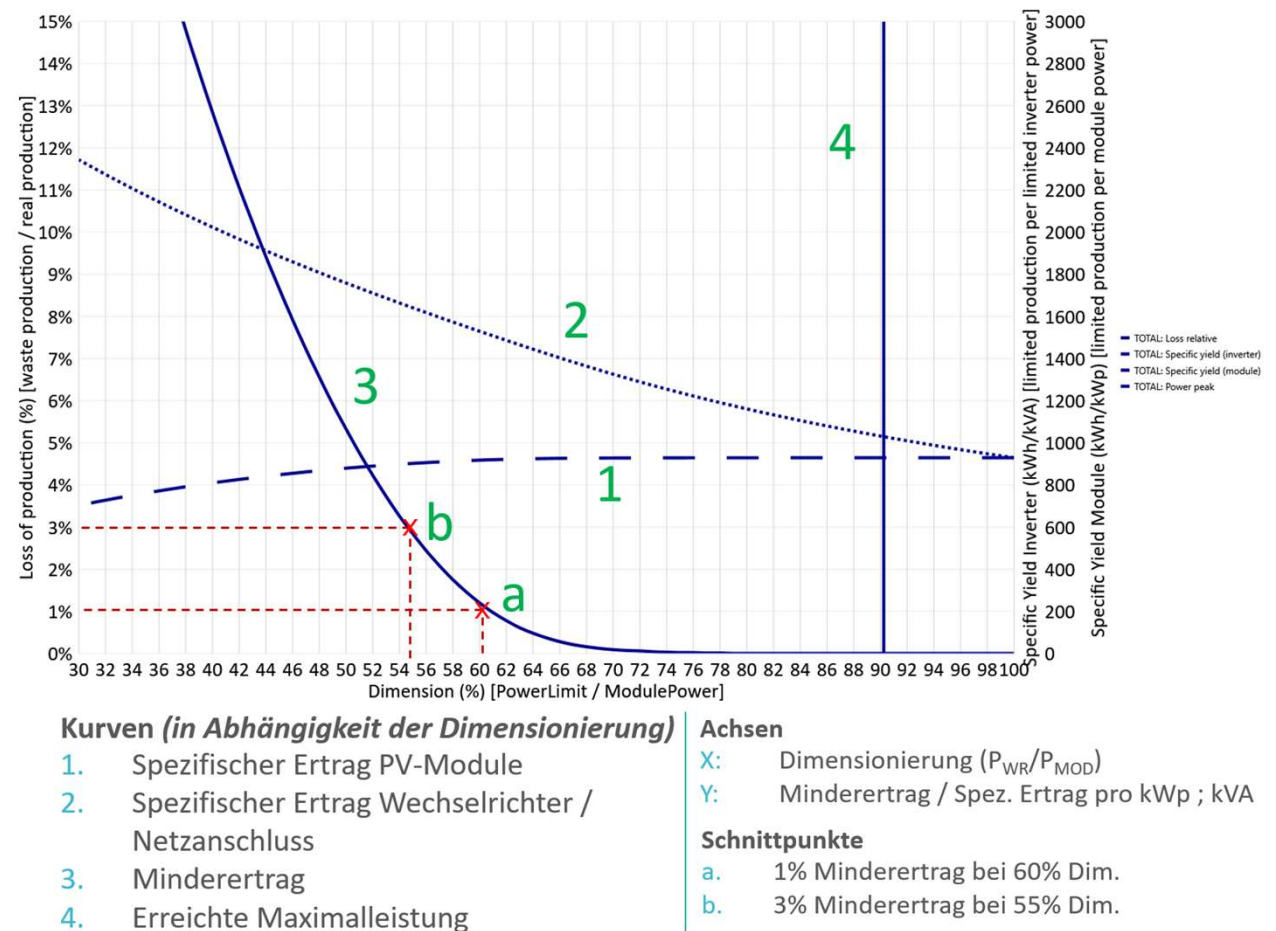
- Analysen beruhen auf realen Produktionsdaten
- 300-400 PV-Anlagen
- Ca. 1500 Produktionsjahre
- 5-Minuten-Auflösung
 - Vergleich Lastgang VNB: 15 Minuten
- Analysen ohne Beachtung von Eigenverbrauch (Worst Case)
→ mit Eigenverbrauch weniger Minderertrag durch Peak Shaving

Peak Shaving – Funktionsweise

- Ausmass richtet sich nach maximal erlaubter Einspeiseleistung
- Dezentral durch PV-Anlage und/oder Energiemanagementsystem selbst gesteuert
- Grundsätzlich kein aktives Eingreifen der Verteilnetzbetreiber notwendig
- Nebeneffekt: kleinere Leistungssprünge bedeuten kleinere Spannungsschwankungen

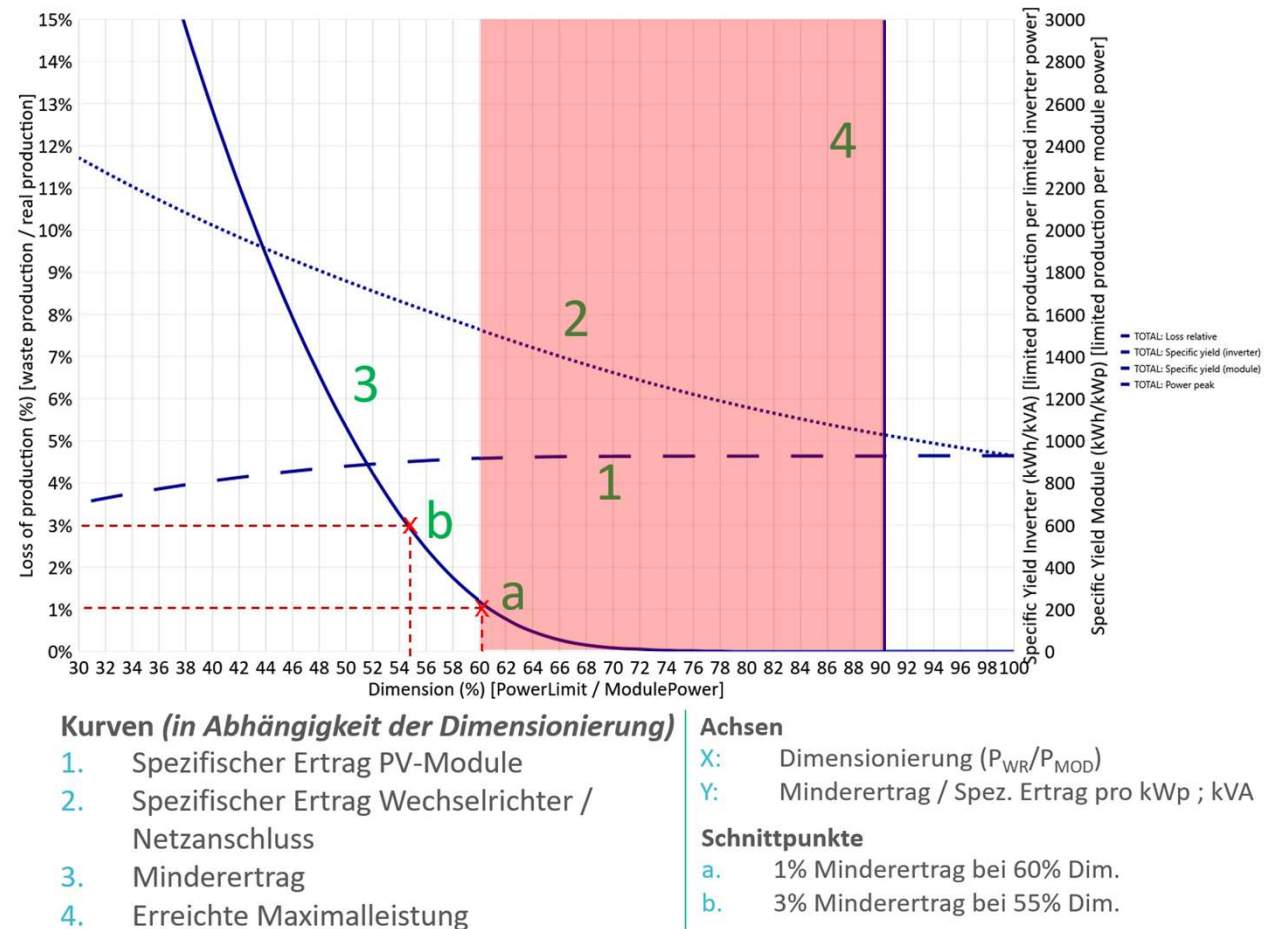


Charakteristik Leistungsbegrenzung bei konkreter PV-Anlage



Charakteristik Leistungsbegrenzung bei konkreter PV-Anlage

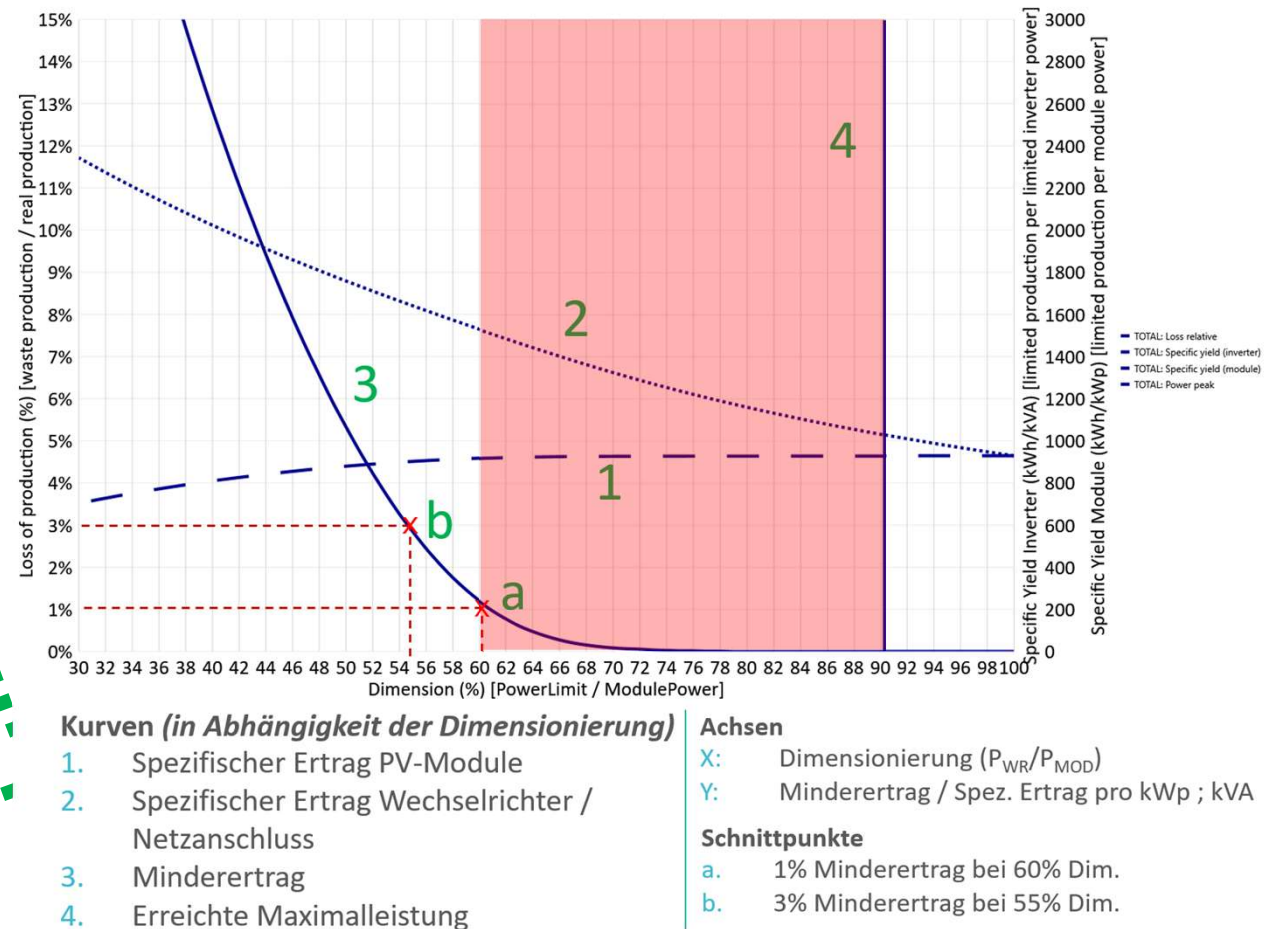

**37% der reservierten
Netzkapazität für 1% der
Produktion**



Charakteristik Leistungsbegrenzung bei konkreter PV-Anlage

 **37% der reservierten
Netzkapazität für 1% der
Produktion**

FUN FACT:
Werksgebäude von
Netzbetreiber 😊



Peak Shaving – Energie und Leistung

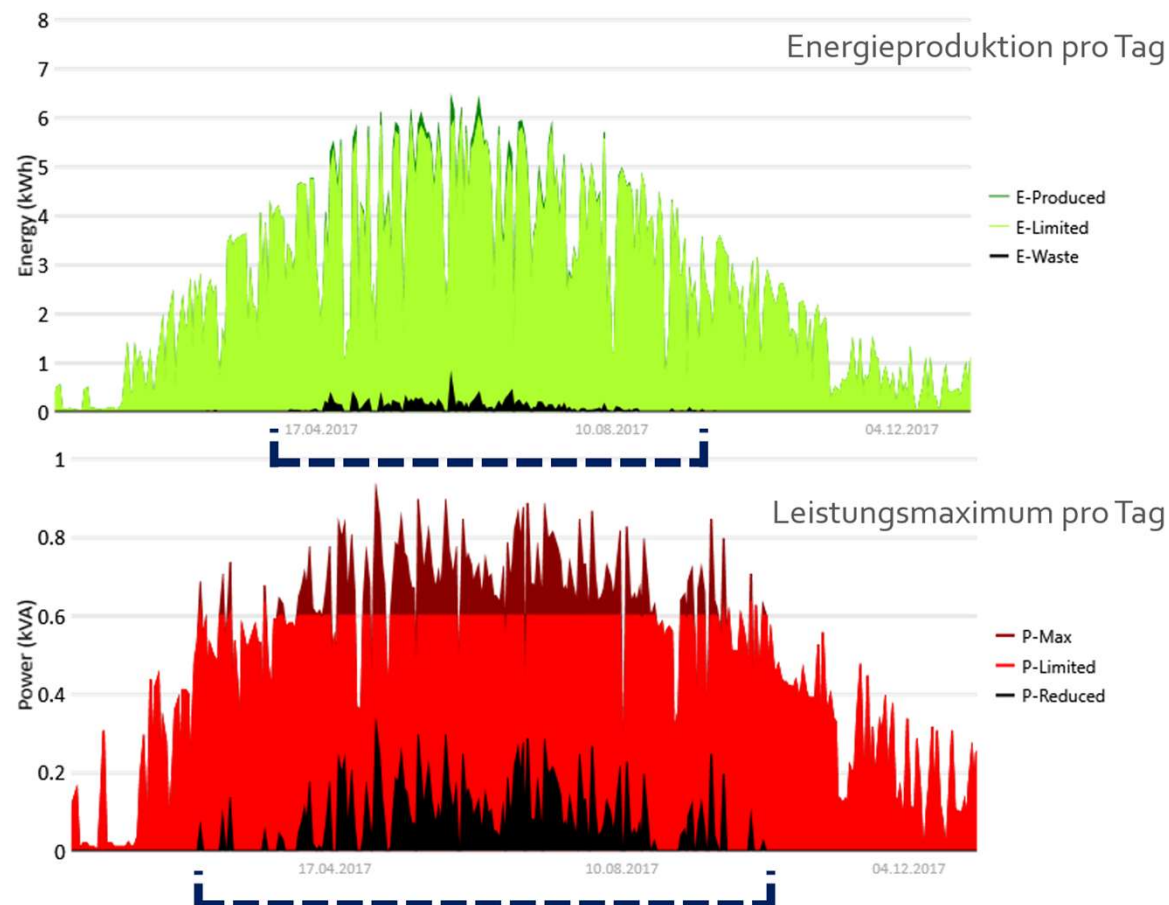
- Leistungsbegrenzung findet hauptsächlich im Sommerhalbjahr statt (schwarze Flächen)
- Heute: Stromüberfluss im Sommerhalbjahr

Erklärung Grafik:

grün: Energie pro Tag

rot: Leistungsmaximum pro Tag

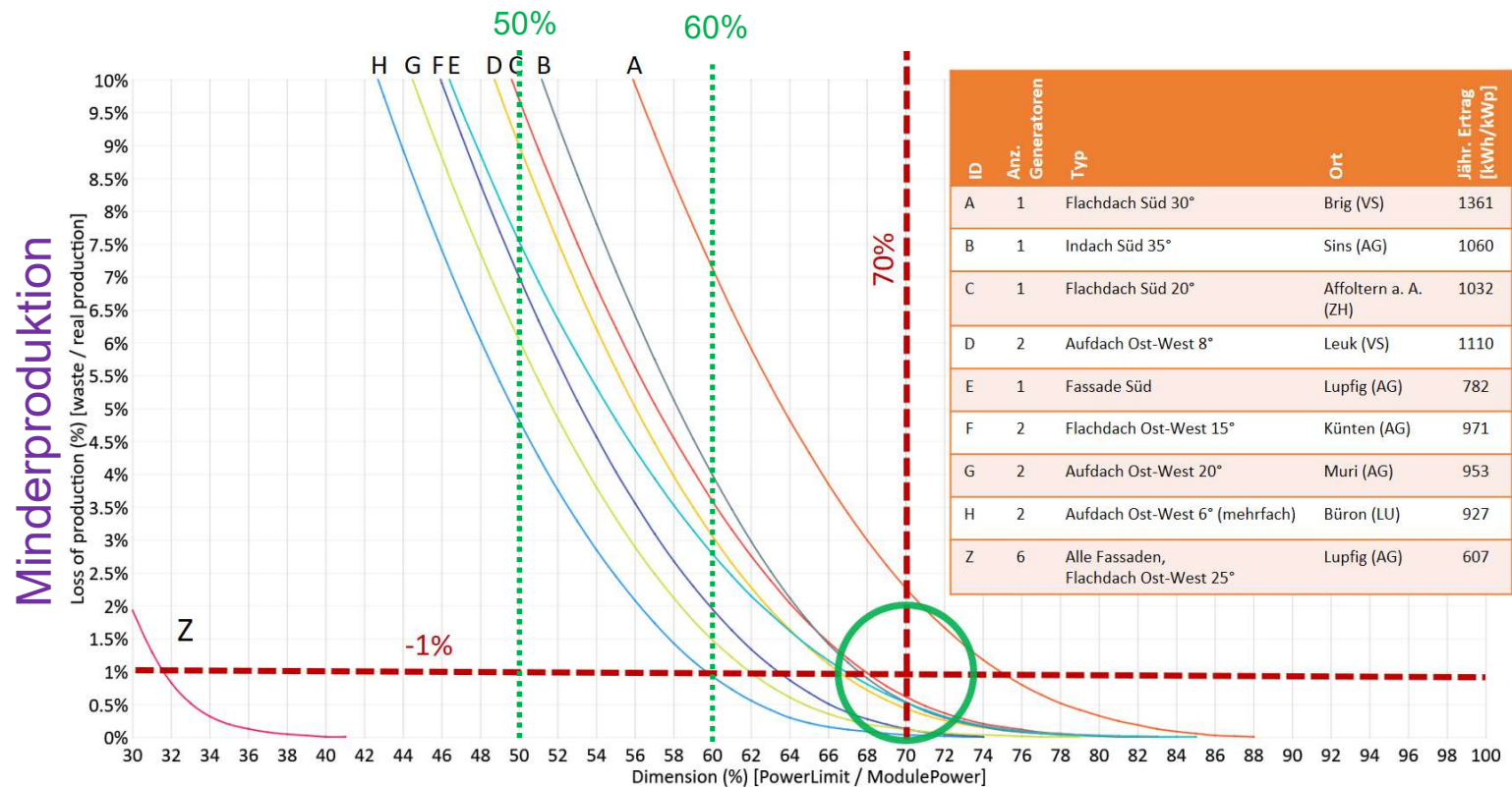
schwarz: Minderertrag/Leistungseinsparung



Peak Shaving – Anlagenvergleich (1)

Analysen OHNE Einbezug von Eigenverbrauch oder Speicher!

50% Produktionsbegrenzung: typischerweise 7-15% Minderertrag bei Neuanlagen



Peak Shaving – Anlagenvergleich (2)

- Pro Anlage auf 1% Minderertrag analysiert
 - Analyse OHNE Einbezug von Eigenverbrauch oder Speicher!
- Sehr unterschiedliches Produktions- und Leistungsbegrenzungs-Verhalten
- Vertikale Anlagen haben Produktionsverluste im Winter
- Je mehr unterschiedliche Generatoren, desto konstanter und flacher die Produktion

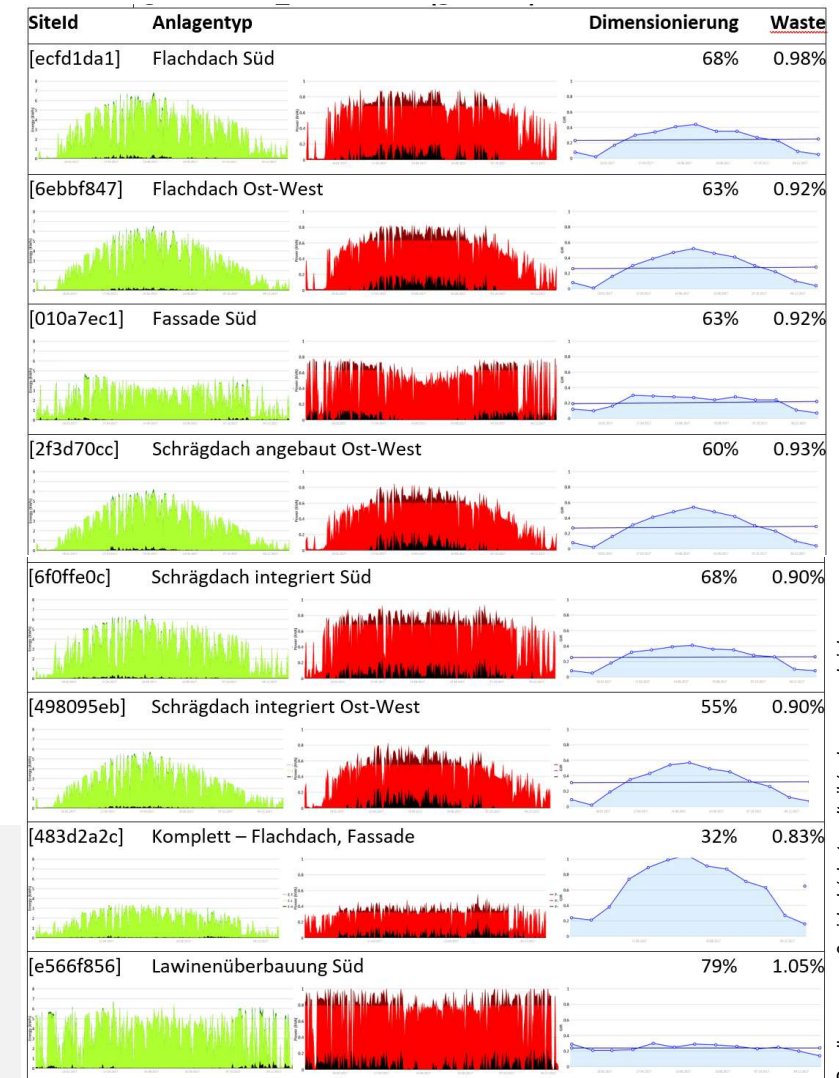
Erklärung Grafik:

grün: Energie pro Tag

rot: Leistungmaximum pro Tag

schwarz: Minderertrag/Leistungseinsparung

blau: GIR (www.pv2grid.ch/netzintegration/bewertungskennzahlen)



Quelle: www.pv2grid.ch/photovoltaik/anlagenvergleich

Einspeiselimitierung in der Praxis

Heutige Produkte

TOP-40 (seit 2024): Ursprung Elektra Jegenstorf

- 60% fixe Einspeiselimittierung

FlexPV50 (seit 2025): Ursprung SWL Energie AG (Lenzburg)

- 50% fixe Einspeiselimittierung

«garantierte Flexibilität» (ab 2026): StromVG/StromVV

- -3% von Jahresproduktion
- → vereinfachte Branchenempfehlung: 70% fixe Einspeiselimittierung

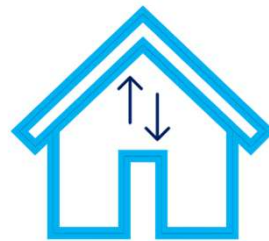
Strategie SWL



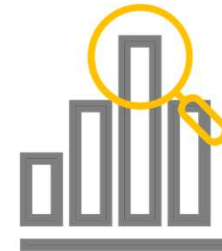
Anreize
schaffen



Leitplanken
setzen



Steuerung
überlassen



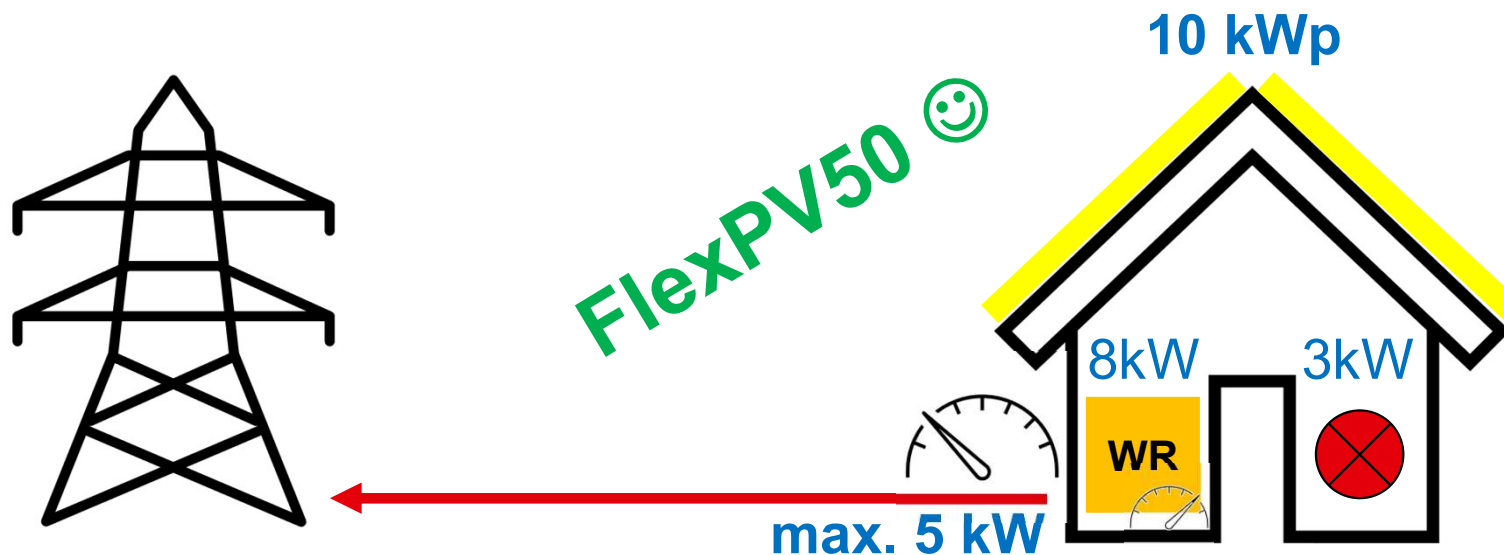
Einspeisung
kontrollieren



Belohnung
auszahlen

Was ist fixe Einspeiselimittierung (hier FlexPV) technisch?

- **Maximale Einspeiseleistung** am Hausanschluss in Bezug auf installierte PV-Leistung
- Leistung am Wechselrichter darf grösser sein → gleichzeitiger Eigenverbrauch erlaubt und erwünscht!



70%

6693.59	6.29	-0.75	840.54
695.08			-0.1%
-0.09%	0.09%		CHF -0.75

50%

6329.27	370.62	-52.13	923.16
657.24			+9.7%
-5.53%	5.53%		CHF +81.87

Berechnung FlexPV mit realem Lastgang 2024 mit Preisen 2025 🖱️ und 2026 🖱️

70%

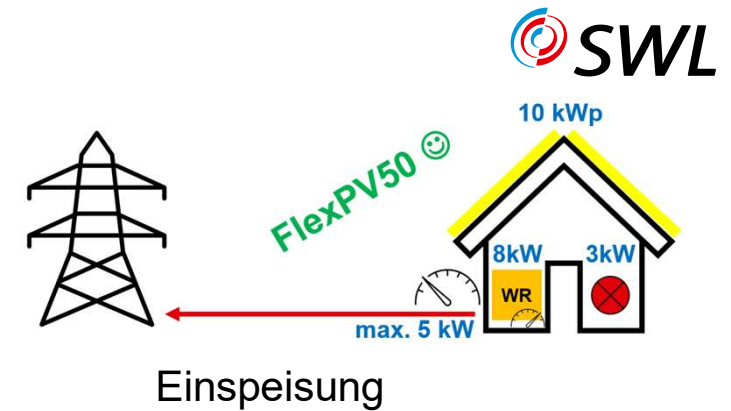
6693.59	6.29	-0.63	706.67
695.08			-0.1%
-0.09%	0.09%		CHF -0.63

50%

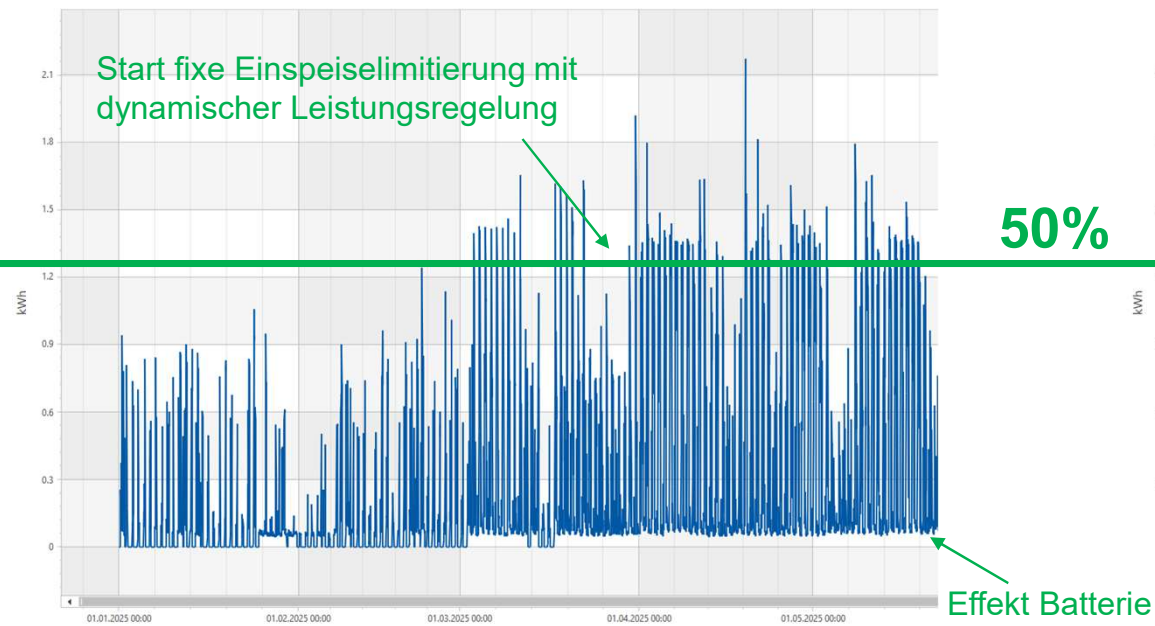
6329.27	370.62	-44.72	796.57
657.24			+12.6%
-5.53%	5.53%		CHF +89.28

Keine Steuerung durch VNB

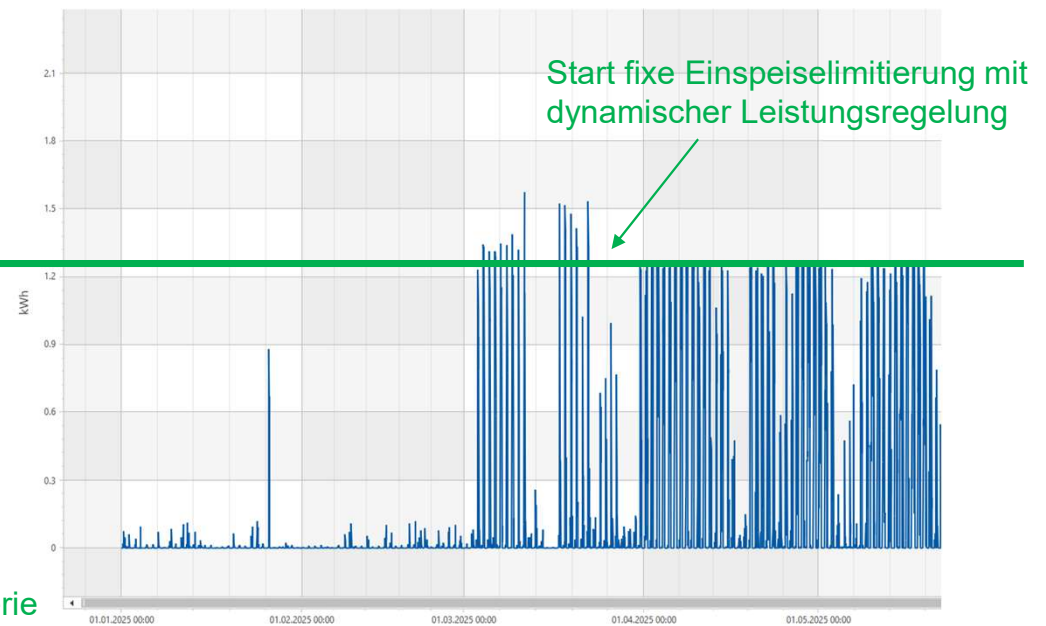
Steuerungsautonomie beim Anschlussnehmer



Produktion



Einspeisung



SWL Erfahrungsbericht 1 (Produkt FlexPV50)

Vergleich 2024 zu 2025 (1. Jan – 15. Nov): 20.16 kWp → 50% fixe Einspeiselimitierung



2024

Energieeinspeisung

10'068 kWh

Leistungsspitze

17.05 kW

(reserviert 19.80 kVA)

2025

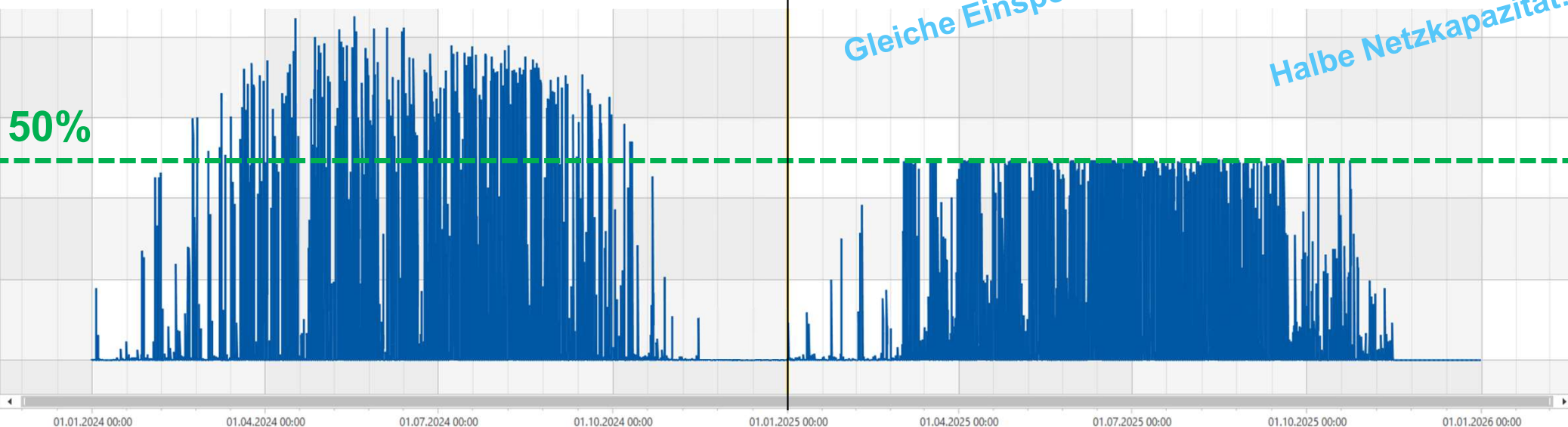
Energieeinspeisung

10'465 kWh

Leistungsspitze

9.97 kW

(erlaubt 10.08 kW)



SWL Erfahrungsbericht 2 (Produkt FlexPV50)

Vergleich 2024 zu 2025 (1. Jan – 15. Nov): 17.64 kWp → 50% fixe Einspeiselimitierung



2024

Energieeinspeisung

7'252 kWh

Leistungsspitze

11.98 kW

(reserviert 15 kVA)

2025

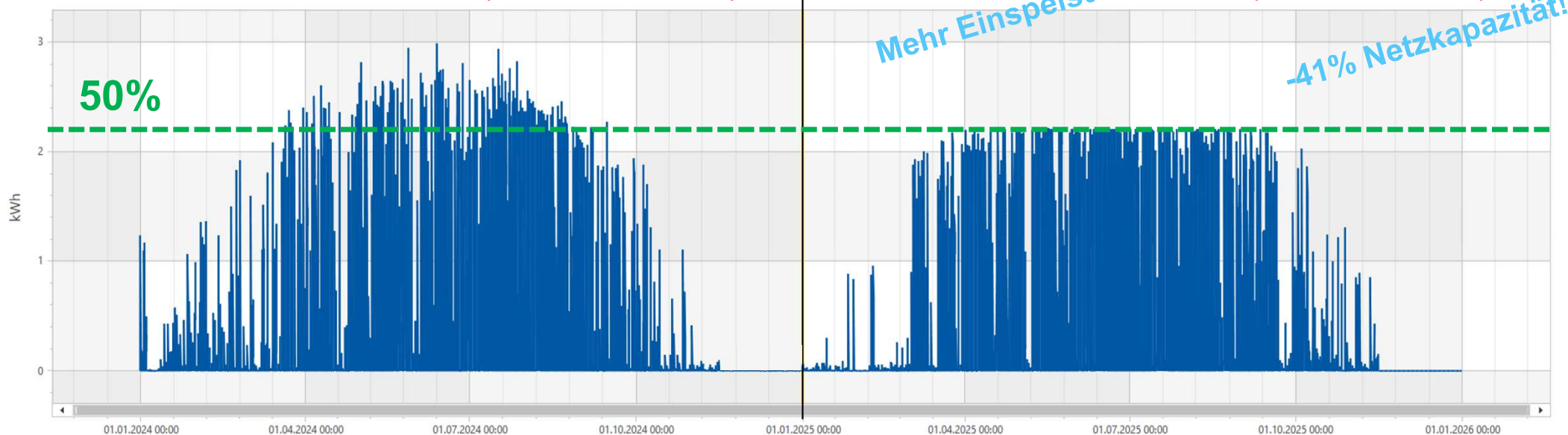
Energieeinspeisung

7'907 kWh

Leistungsspitze

8.87 kW

(erlaubt 8.82 kW)



Fazit SWL-Erfahrungen 2025

FlexPV: 50% fixe Einspeiselimitierung

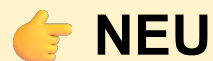
- Vergleich 2024/2025 (ohne/mit FlexPV50)
 - Bei allen bisher betrachteten Anlagen:
 - Trotz sichtbarer Einspeisebegrenzung → mehr Einspeisung 2025 als 2024
 - «Jahreswetter» wirkt stärker als fixe Einspeiselimitierung mit Eigenverbrauch
- Zu Beginn hoher Erklärungs- und Aufklärungsbedarf
- Schneller Lerneffekt und Adaption bei den Installateuren sichtbar
- Einfache Umsetzung

Fixe Einspeiselimittierung in Energiegemeinschaften

Modell	FlexPV möglich?	Erklärung
ZEV	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Eigenverbrauchsmessung bei Gebäudeanschluss einfach realisierbar. Gemessene Einspeisung kann direkt in EMS oder Wechselrichter verwendet werden.
vZEV	Ja, aber...	<ul style="list-style-type: none"> VNB abhängig: Fixe Einspeiselimittierung kann auf das gesamte vZEV ausgeweitet werden, sofern der PV-Betreiber in Echtzeit die Stromverbräuche aller Gebäude einzeln erfassen kann. Dies ist notwendig für die Leistungssteuerung der Wechselrichter. Fixe Einspeiselimittierung pro produzierendes Gebäude ist immer möglich.
LEG	Nein, aber...	<ul style="list-style-type: none"> Fixe Einspeiselimittierung über gesamtes LEG ist nicht anwendbar, weil unkontrollierte Stromflüsse über die öffentlichen Stromleitungen und dadurch Spannungsabfälle/-anhebungen existieren. Diese sind nicht voraussehbar und deshalb nicht brauchbar für Zielnetzplanung. Fixe Einspeiselimittierung pro teilnehmendes Gebäude (mit Produktion) ist immer möglich.

Hinweise / Empfehlungen

- Ganze Dachflächen mit PV ausstatten: Elektrifizierung, Gestehungskosten
- Wechselrichter auf 80% dimensionieren
 - Für Eigenverbrauch produzieren
 - $Q(U)$ könnte 10% der Wirkleistung reduzieren
- WICHTIG: Einspeiselimittierung nur für **Wirkleistung** definieren
 - Scheinleistung **darf/soll** in den meisten Fällen höher sein



P(U) und Q(U) in Ländereinstellungen 2025 (NA/EEA-NE7 – CH 2025) **per Default aktiviert!**

Achtung: P(U) mit 110%-112% ist keine Flexibilität,
sondern Echtzeitschutz für Spannungshaltung und elektrische Geräte.



**Danke für die
Aufmerksamkeit**