Montag, 30. Oktober 2023

Elektra-Installateuren-Tagung

Programm

- **Kurzreferate Elektra zu folgenden Themen:**
    - Allgemeine Informationen und Tarifgestaltung 2024
      Jan Giger, Leiter Netze
    - Neues aus dem Anschlussservice
      Konrad Suter, Leiter Netzservice
- **Netzdienlichkeit von Photovoltaikanlagen**
    - Leistungsregelung und Spannungshaltung mit PV-Wechselrichtern
      David Joss, Wissenschaftlicher Mitarbeiter PV-Labor, BFH Burgdorf
- **Fragerunde, Schlusswort und anschliessend Imbiss**

elektra

Strom ist unsere Stärke

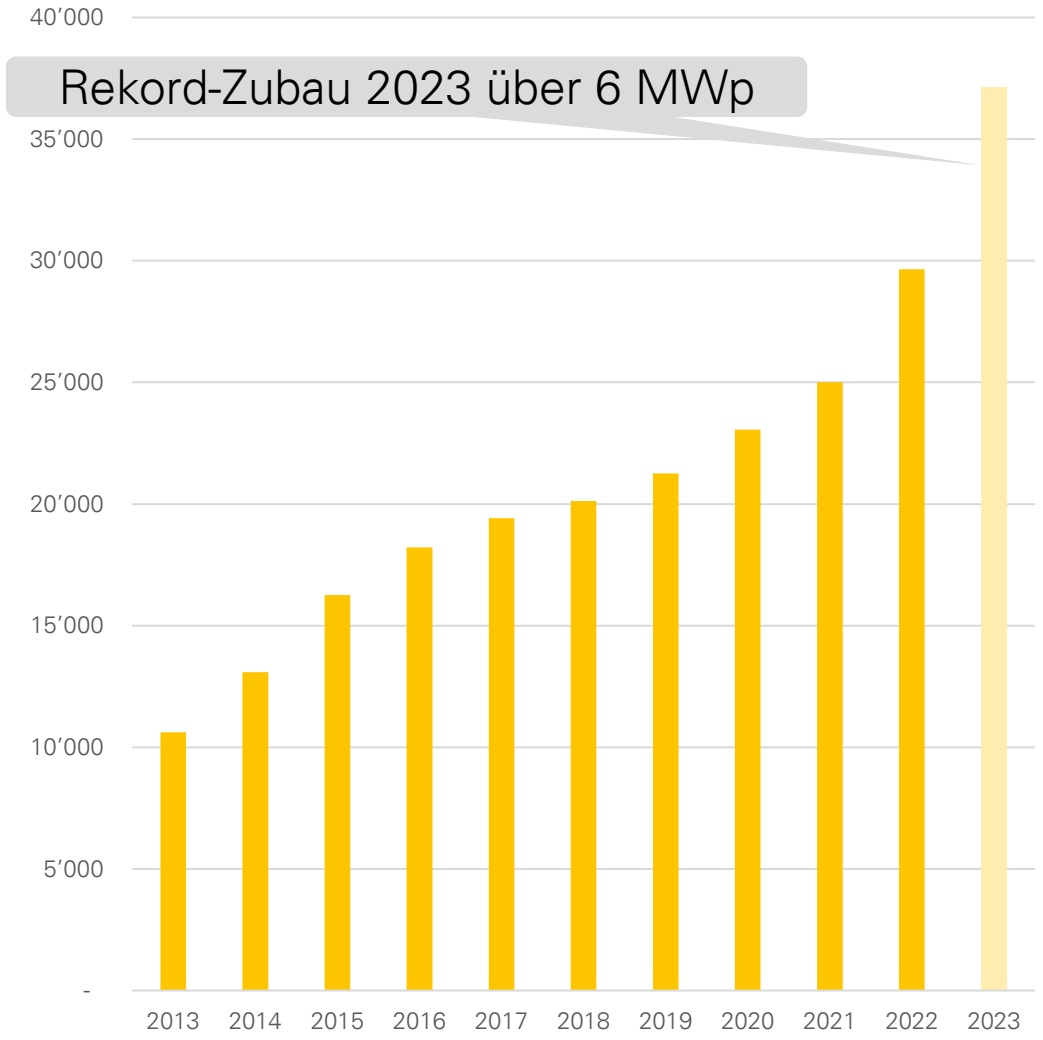
Allgemeine Informationen und Tarifgestaltung 2023

Elektra-Installateuren-Tagung

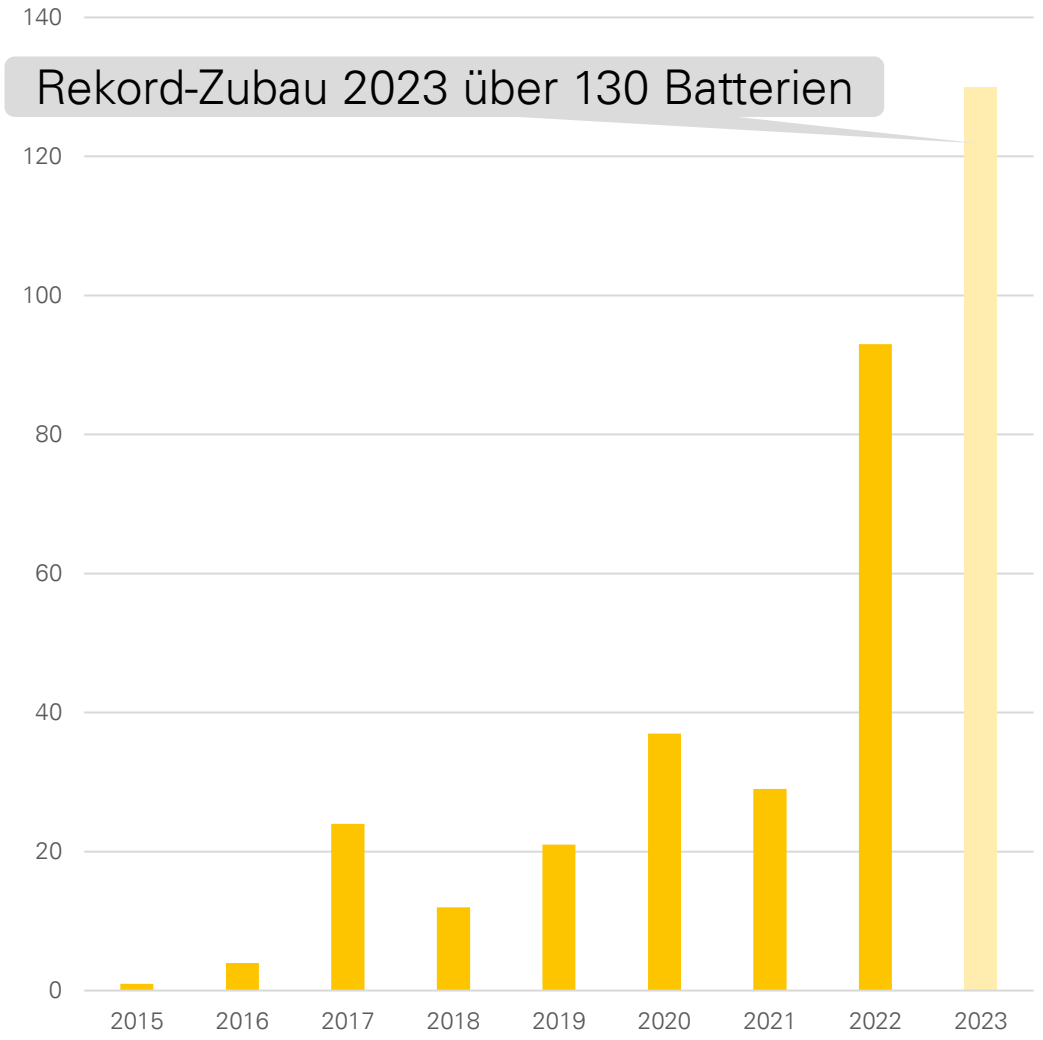
Organisation Bereich Netze

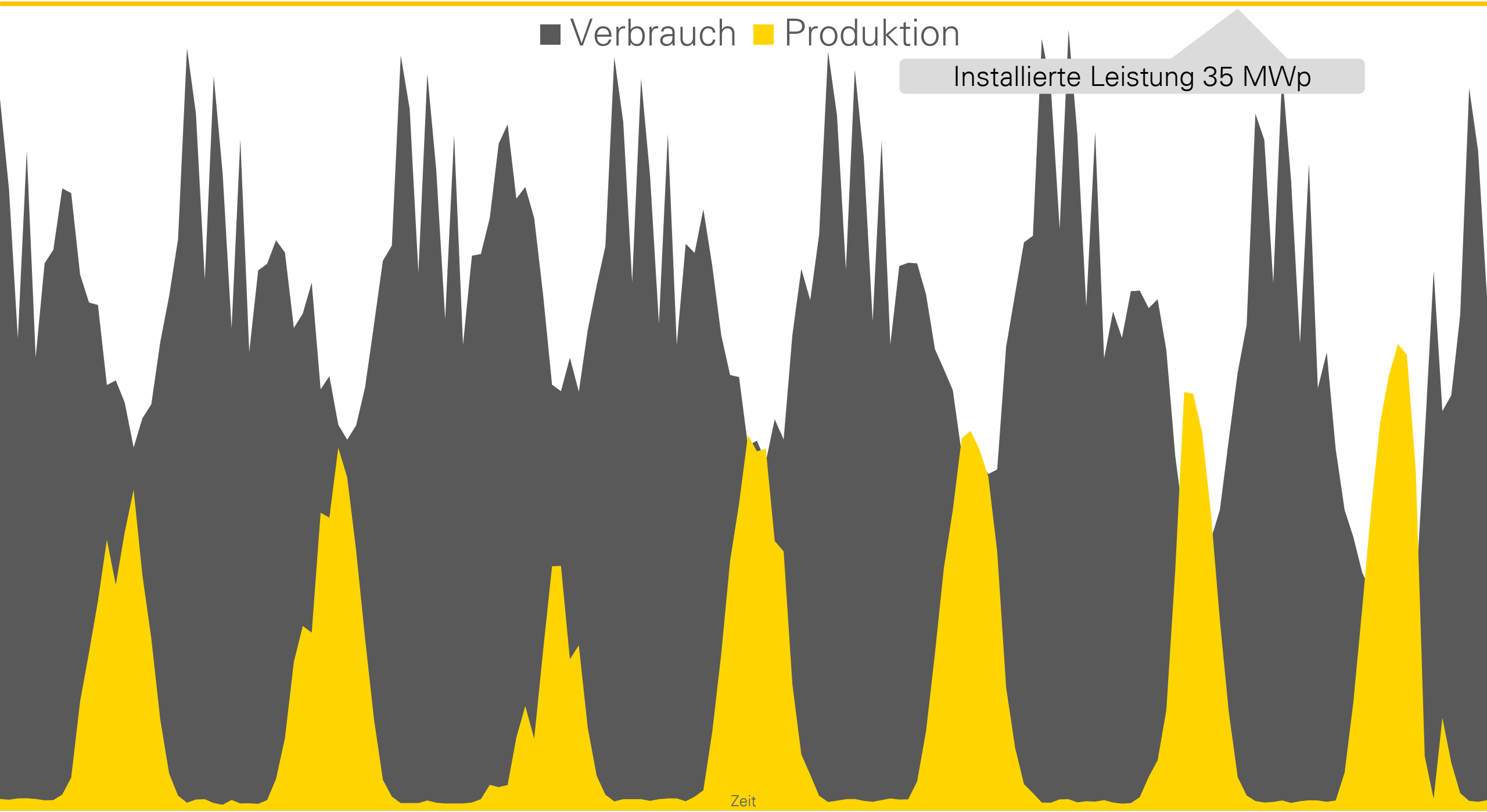
Übersicht

PV-Anlagen (kumuliert)



Anzahl Batteriespeicher pro Jahr




Verbrauch
Produktion
Installierte Leistung 35 MWp
Zeit

Netzebene 1
Übertragungsnetz
380/220 kV

Netzebene 2
(Unterwerk)
Transformator

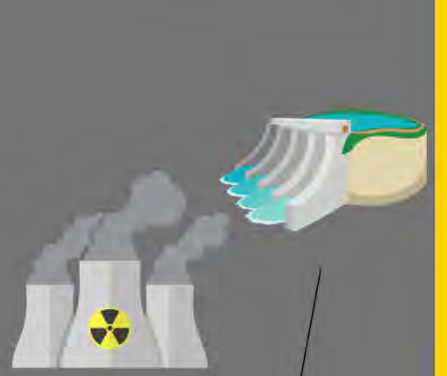
Netzebene 3
Überregionales Verteilnetz
< 36 bis 220 kV

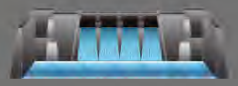
Netzebene 4
(Unterwerk)
Transformator

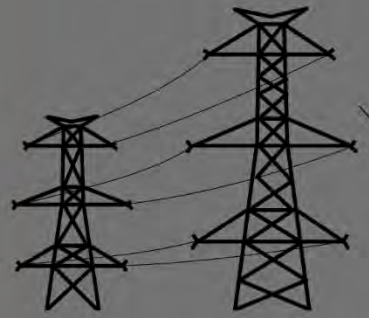
Netzebene 5
Regionales Verteilnetz
1 bis 36 kV

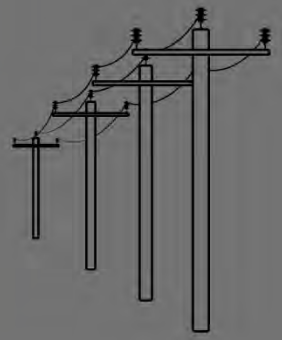
Netzebene 6
(Trafostation)
Transformator

Netzebene 7
Lokales Verteilnetz
bis 1 kV









Höchstspannung

Hochspannung

Mittelspannung

Niederspannung

Netzebene 1
Übertragungsnetz
380/220 kV

Netzebene 2
(Unterwerk)
Transformator

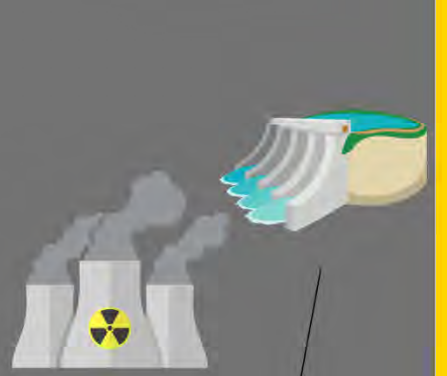
Netzebene 3
Überregionales Verteilnetz
< 36 bis 220 kV

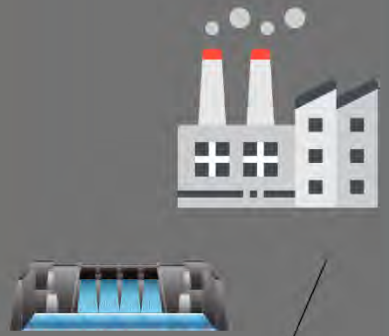
Netzebene 4
(Unterwerk)
Transformator

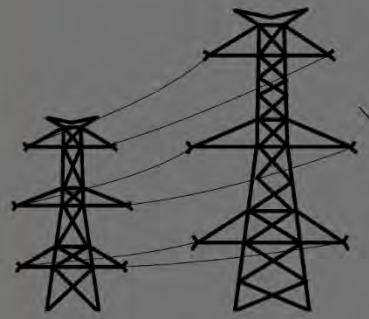
Netzebene 5
Regionales Verteilnetz
1 bis 36 kV

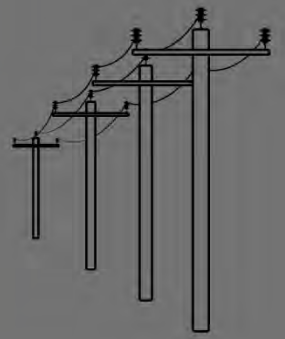
Netzebene 6
(Trafostation)
Transformator

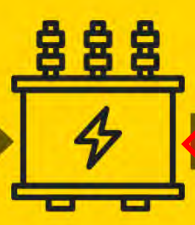
Netzebene 7
Lokales Verteilnetz
bis 1 kV











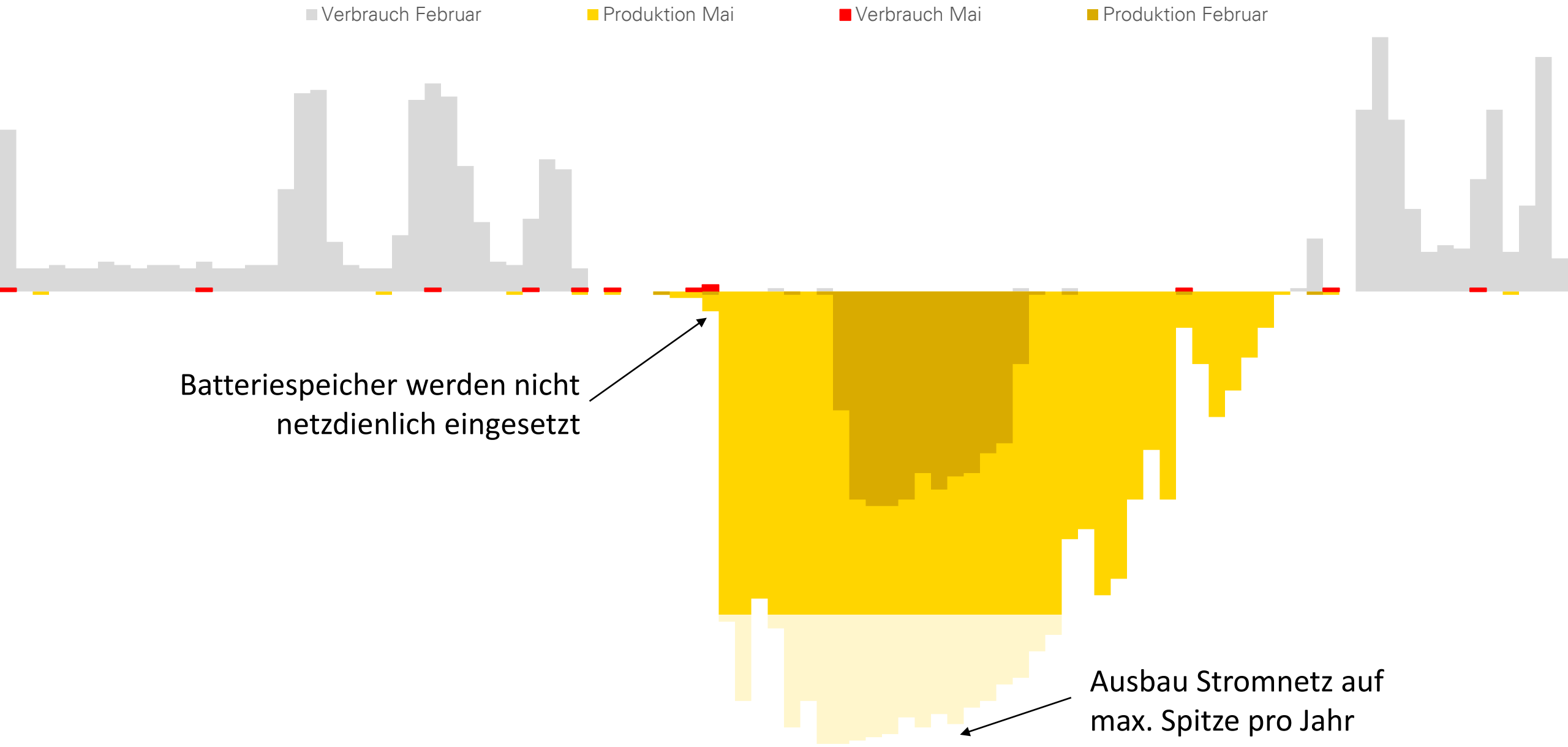
Höchstspannung

Hochspannung

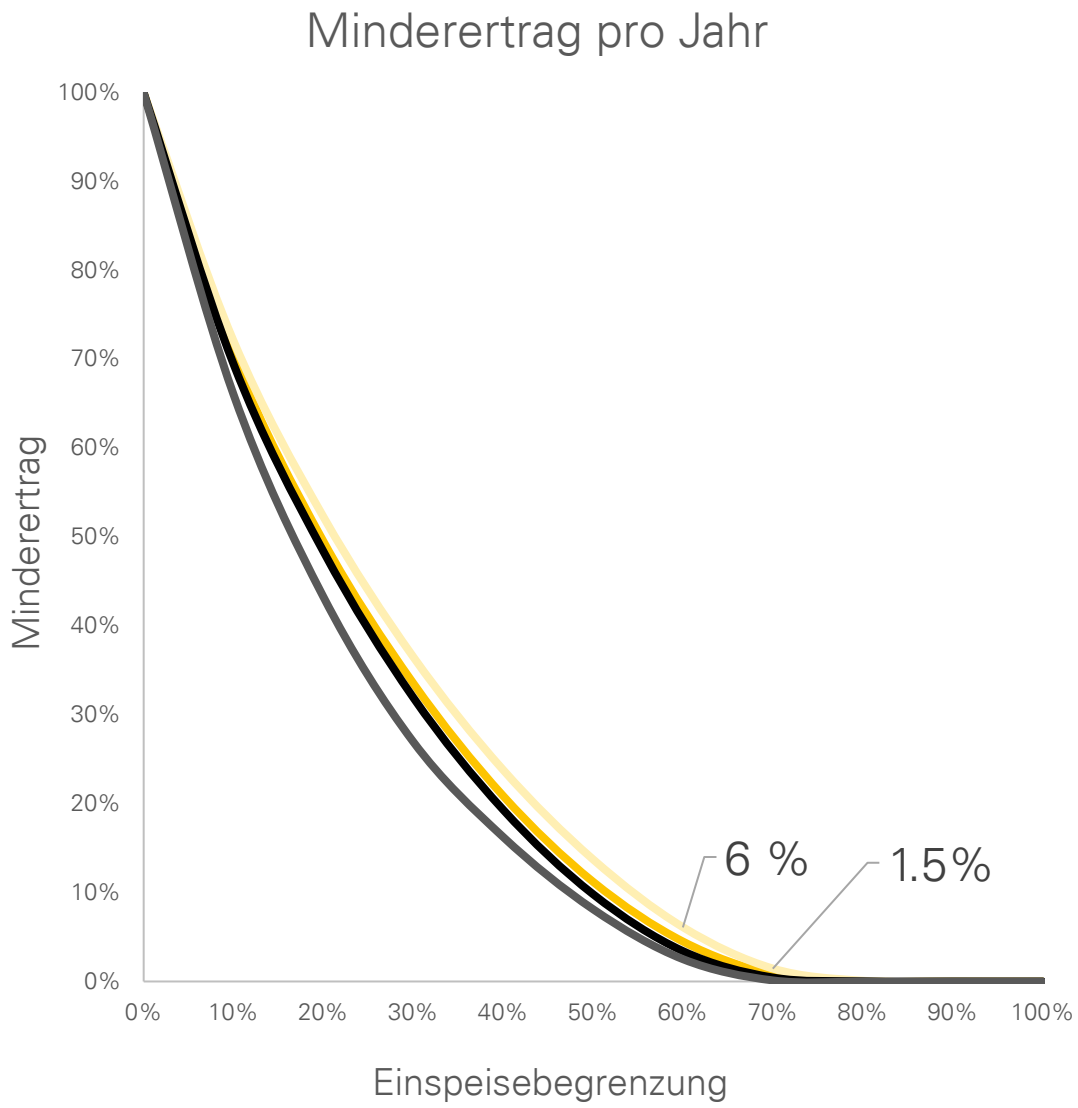
Mittelspannung

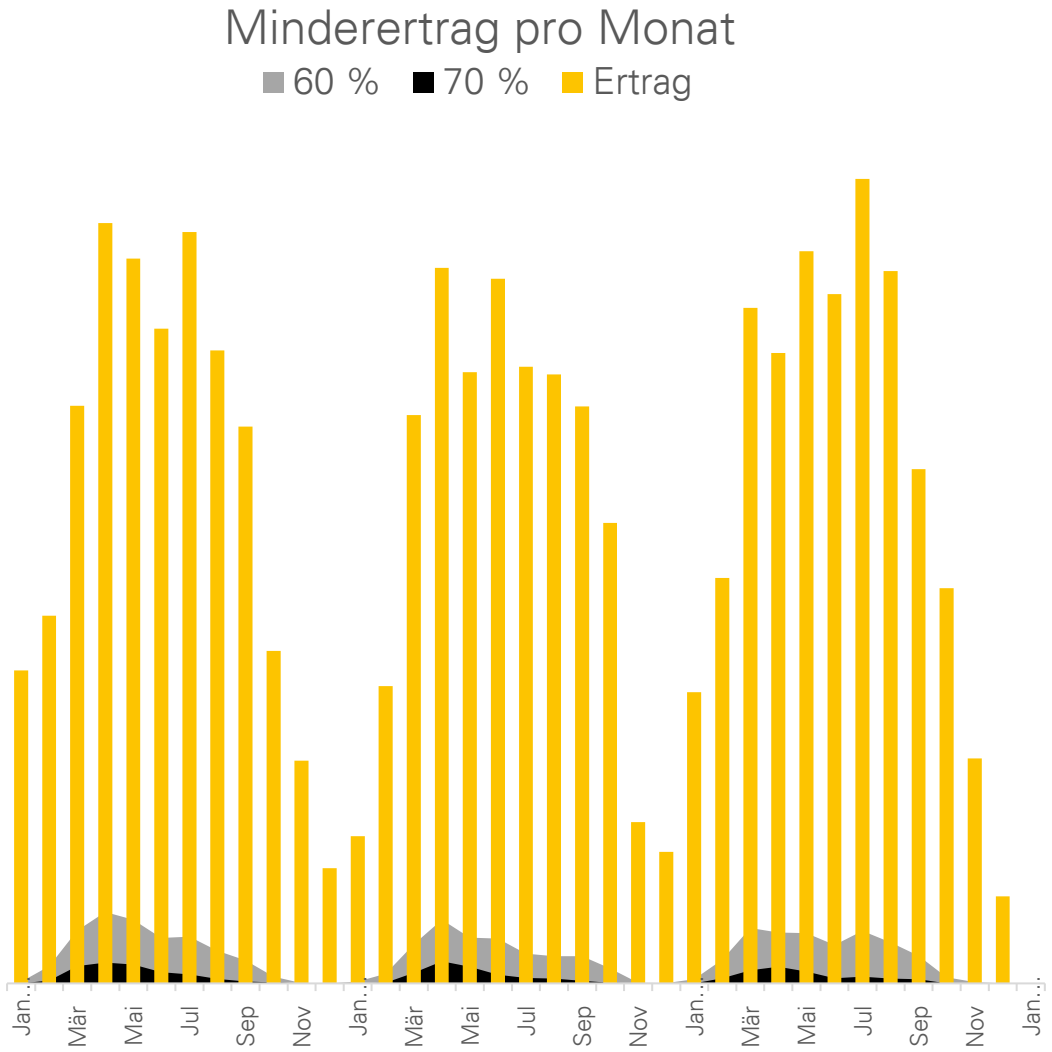
Niederspannung

Verbrauch / Produktion «**netzdienlich**» betreiben



Einspeisebegrenzung der installierten Leistung



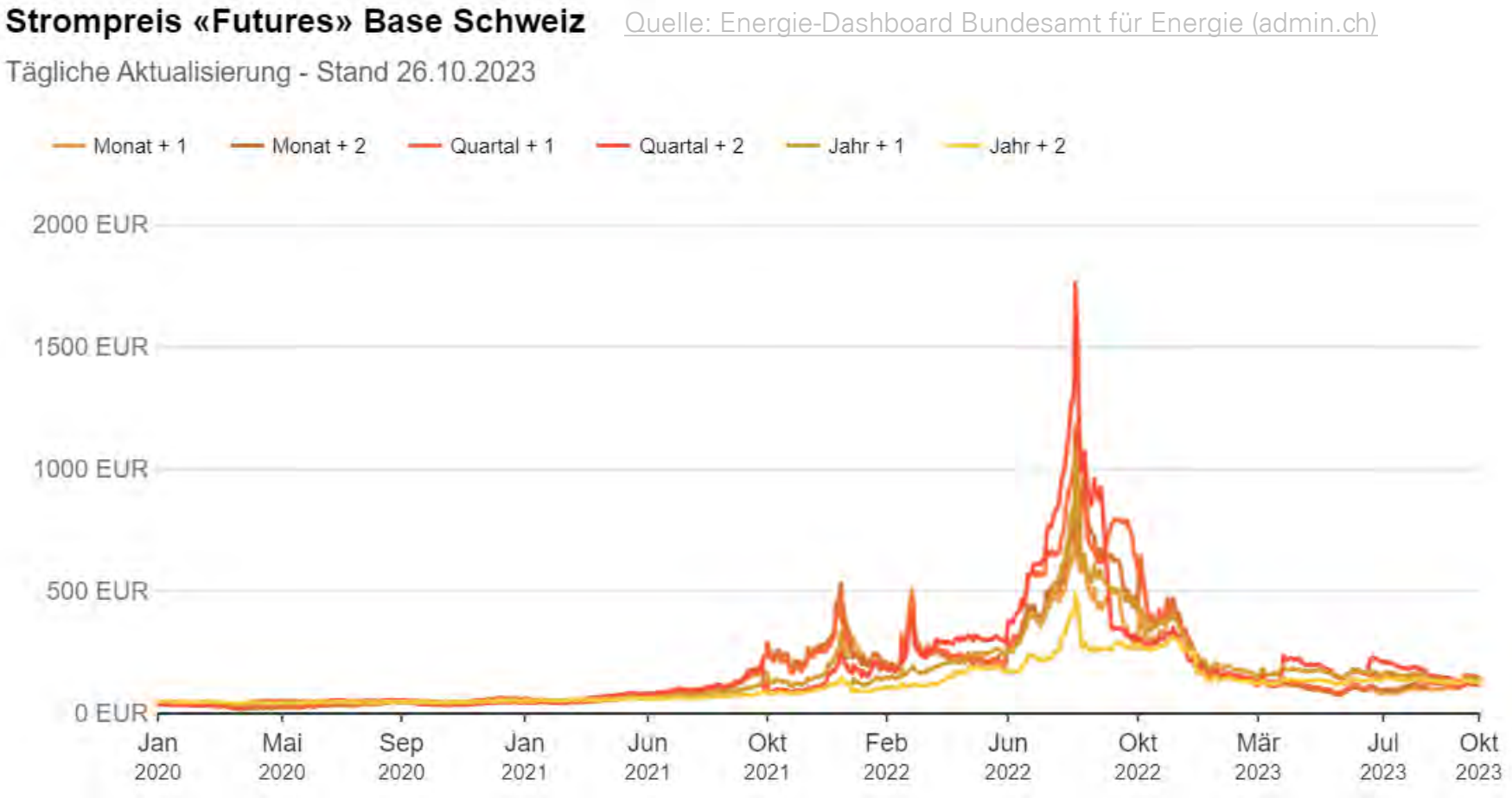


Vergütung TOP-40

- Für bestehende und neue Anlagen
- Für alle PV-Anlagen, unabhängig davon, wem der PV-Strom verkauft wird
- Einspeisebegrenzung fix auf 60 % der installierten Leistung
- Technische Massnahmen für Begrenzung ist Sache des Kunden
- Der Zugschlag deckt den Verlust (ca. 6 %) der Einspeisebegrenzung. Beim Rückliefertarif 2024 von 16 Rp./kWh entspricht dies einem Zuschlag von 1.28 Rp./kWh
- Produkt verfügbar ab 1.1.2024
- Anmeldung ab Dezember 2023 über www.elektra.ch/top-40 möglich

Aktuelle Schweizer Strompreise «Baseload»

- Nach Extremwerten im Sommer/Herbst 2022 haben sich Marktpreise beruhigt und stabilisiert
- Bleiben weiterhin auf erhöhtem Niveau
- Preisentwicklung aufgrund politischer Lage, Konflikten und Rohstoffpreisen unsicher



Netz- und Energiepreise 2024

- Die Energiepreise am Markt haben sich gegenüber 2022 entspannt.
- Höhere Kosten der Netznutzung von Swissgrid und BKW sowie zusätzliche Abgabe
- Einspeisevergütung sinkt leicht auf 16 Rp/kWh. HKN bleibt gleich bei 2 Rp./kWh.

	elektrasolar+		elektraaqua+		elektrabasic	
	2023	**2024**	2023	**2024**	2023	**2024**
Netz elektra b	7.70	**9.60**	7.70	**9.60**	7.70	**9.60**
Energie	19.50	**18.20**	19.00	**17.70**	18.80	**17.50**
Abgabe Bund	2.30	**2.30**	2.30	**2.30**	2.30	**2.30**
Stromreserve	-	**1.20**	-	**1.20**	-	**1.20**
Total	29.50	**31.30**	29.00	**30.80**	28.80	**30.60**

Mantelerlass – Gut zu Wissen

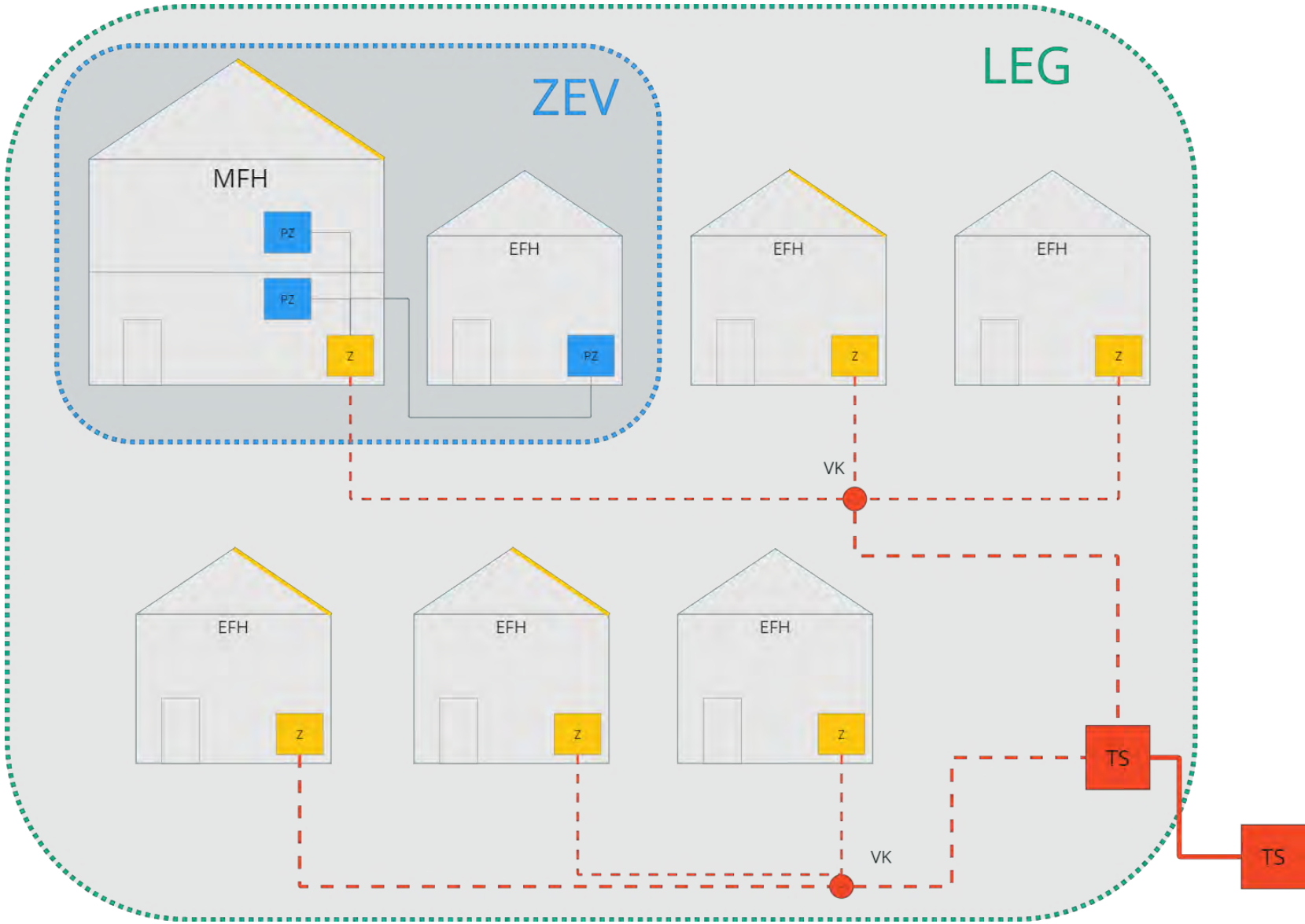
- Für Anlagen <150 kW legt der Bundesrat eine Minimalvergütung fest
- Gleitende Marktprämie alternativ zum Investitionsbeitrag für PV-Anlagen ab 150 kW ohne Eigenverbrauch
- Bei Anlagen aus erneuerbaren Energien grösser 50 kW sind Kosten für Verstärkungen von Netzanschlüssen von der Parzellengrenze bis zum Netzanschlusspunkt anrechenbare Kosten des Übertragungsnetzes
- Verpflichtung der Elektrizitätslieferanten zu Effizienzmassnahmen
- Keine Liberalisierung des Messwesens
- Einführung lokaler Elektrizitätsgemeinschaften (LEG)
- Auf Verlangen: Ausstattung von ZEV- und LEG-Teilnehmern sowie Speicher-betreibern mit einem Smart Meter
- Netzentgeltbefreiung Speicheranlagen

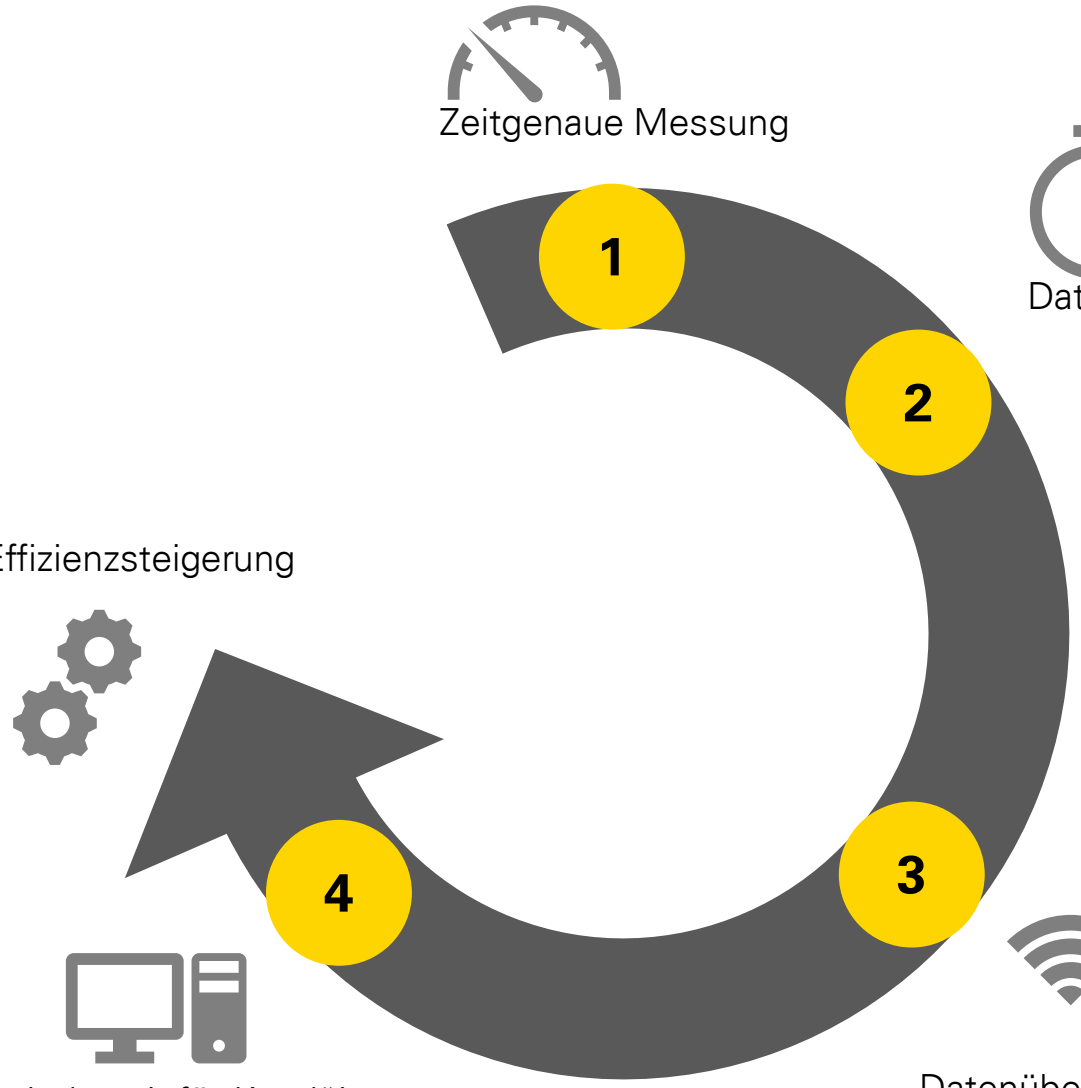
Roadmap

- Entwurf StromVV wird im Q1/2024 erwartet
- Umsetzung ab 2025+

LEG

- Im gleichen Netzgebiet, auf der gleichen Netzebene.
- Ausdehnung maximal auf das Gebiet einer Gemeinde beschränkt.
- Die selbst erzeugte Energie kann innerhalb der LEG frei abgesetzt werde. Dazu darf das Verteilnetz genutzt werden.
- Reduzierter Netznutzungstarif mit einem Abschlag von maximal 60%.
- Details zur Umsetzung folgen in der Stromversorgungs-verordnung.

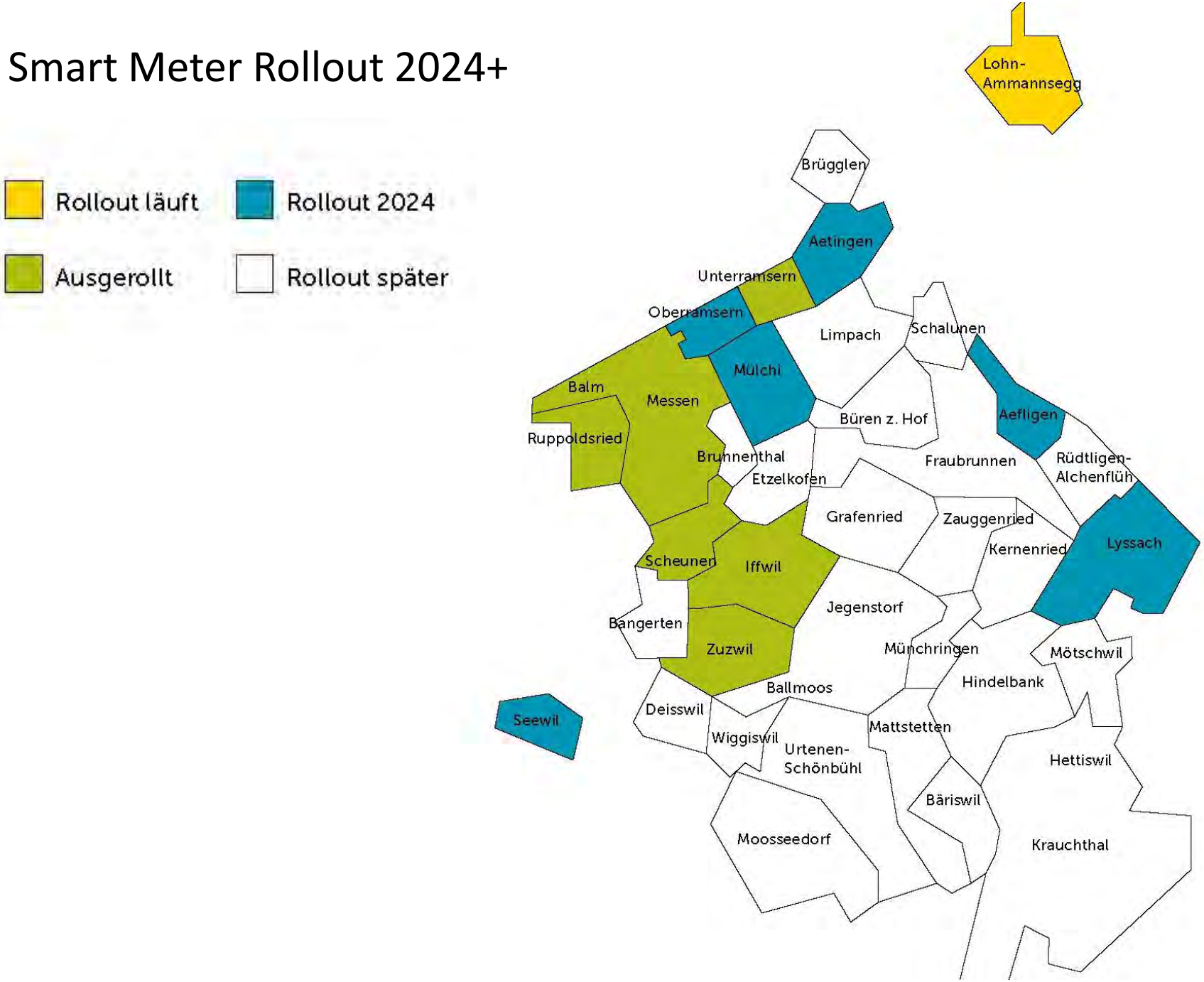




Smart Metering

- Rollout bis Ende 2027 -> 80 %
- Rollout bis Ende 2029 -> 99 %
- Jährlich ca. 4000 Zähler auswechseln
- Beschaffung über Partnerschaft mit e-sy
- PLC und Mobilfunk

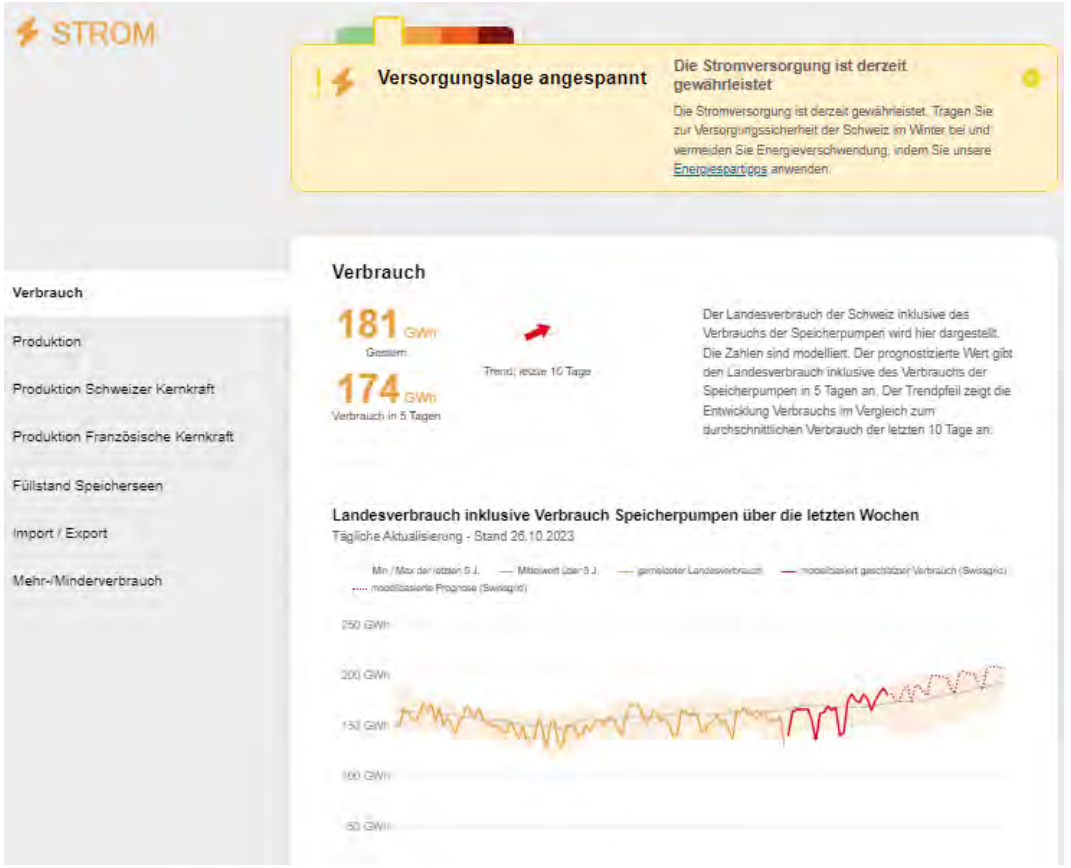
Smart Meter Rollout 2024+



Strommangellage

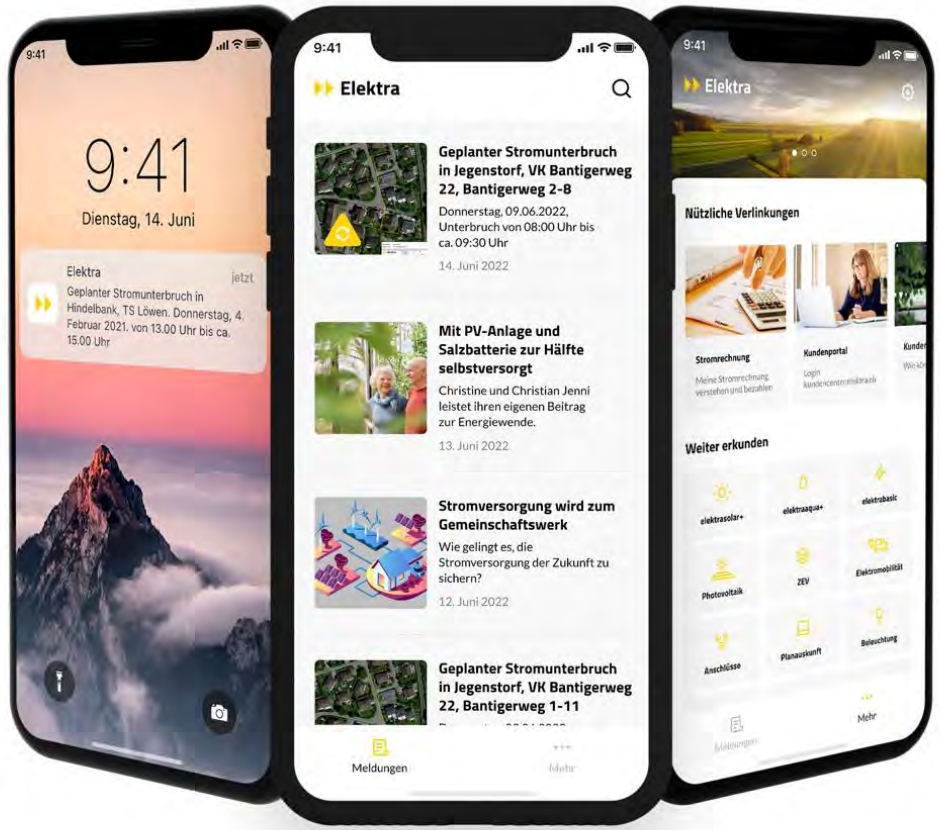
Aktueller Lagebericht

- Die Energieversorgung der Schweiz ist derzeit sichergestellt.
- Der Füllgrad der Speicherseen befindet sich im langjährigen Mittel.
- Der Bund hat für den Winter 2023/24 eine Wasserkraftreserve im Umfang von 400 GWh beschafft. Weitere Kapazität soll hinzukommen.
- Änderungen betreffend Kontingentierung für Grossverbraucher und Netzabschaltungen in Arbeit.



Quelle: Energiedashboard Schweiz

Genossenschaft Elektra - App



elektra

Strom ist unsere Stärke

Neues aus dem Anschlussservice

Elektra-Installateuren-Tagung

Neues aus dem Anschlussservice

Themen

- Technisches Anschlussgesuch: Korrektes Ausfüllen; Notwendigkeit; Gültigkeitsdauer
- PRONOVO Beglaubigungen
- ZEV: Messungen mit Privatzählern
- Zählersteckklemmen: Umstellung auf eweco Produkt
- Zählerwechsel bei Asbestverdacht
- Bearbeitungszeit von Meldungen
- Einführung neue Meldeformulare

Technisches Anschlussgesuch: Korrektes Ausfüllen

Um unnötigen Aufwand zu reduzieren, müssen wir unvollständig ausgefüllte Technische Anschlussgesuche (TAG) zurückweisen.
Das Projekt kommt damit zum Stillstand, da die Installationsanzeige und das Schema auch nicht bearbeitet werden können und somit ebenfalls von uns retourniert werden.
Dies verzögert die Ausführung, da erst wieder alle Formulare überarbeitet und neu eingereicht werden müssen.

Die Anmeldung und die Ausführung müssen übereinstimmen. Bei Änderungen muss ein neues TAG eingereicht werden.

Technische Anschlussgesuche müssen im ElektroForm ausgefüllt und eingereicht werden.
Das gilt ebenfalls für Heizungsfirmen oder Liftbauer, diese können über ElektroForm-Online die TAG ausfüllen.
PDF per Mail oder im ElektroForm werden als TAG nicht mehr akzeptiert.

Was muss aufs TAG:

- Ort der Installation -> komplette Adresse der Liegenschaft
- Adressen / Geschäftspartner -> vollständige Kundenadresse
- Geräte -> Angaben sofern zutreffend
  - Hersteller
  - Typ
  - Anzahl Geräte -> z.B. Ladestationen; Wechselrichter
  - Nennleistung total -> inklusive Zusatzgeräte
  - Max. Leistungsabgabe ans Netz -> bei PVA Erweiterungen die Leistungsabgabe inklusive der bereits vorhandenen Leistung
  - Anlaufart -> z.B. bei Wärmepumpen; Motoren
- Bemerkungen des einreichenden Unternehmens -> Ergänzungen über unterschiedliche Wechselrichtertypen; Angaben zum Lademanagementsystem

Energieerzeugungsanlagen (EEA) Ja

☐ Neuanlage ☑ Änderung/Erweiterung

Art des Gerätes/Anlage: Photovoltaikanlage

Art des Betriebs: ☑ Netzverbund ☐ Inselbetrieb ☐ Notstromanlage

Eigenverbrauch: ☐ Nein ☑ Ja

Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV): ☑ Nein ☐ Ja

Notstromanlage zeitweise mit Netz verbunden: ☑ Nein ☐ Ja

Umschaltung Netzverbund/Notstrom und umgekehrt mit Netzunterbruch: ☑ Nein ☐ Ja

Teilnahme an der Systemdienstleistung: ☑ Nein ☐ Ja

Gerätehersteller: SolarEdge

Gerätetyp: SE10k-EUR N4

Wenn Ja: ☑ einzel ☐ mehrere

Wenn Ja, Vorsicherung des VNB ZEV-Zählers: A

Anbieter:

Gerätedaten Seite AC

Anschluss: ☑ 3x400V ☐ 1x230V ☐ Andere

Anzahl Geräte: 2 Stk

Nennleistung Gerät: 10 kVA

Nennleistung Total: 20 kVA

*Max. Leistungsabgabe ans Netz: 60 kVA

(*Gesamtsystem inkl. bereits installierter Leistung und allfällig installiertem Energiespeicher mit Rückspeisung in das Verteilnetz)

Einspeisebegrenzung: ☐ Nein ☑ Ja

cos Φ im Betrieb: 1

Photovoltaik: Leistung DC (bei einem Zubau die Angaben der Erw.) / Datenblätter (WR und Module) müssen nicht eingereicht werden.

Leistung Total: 22 kWp

Energieträger

☑ Sonne (PV) ☐ Wasser ☐ Wind ☐ WKK Anlage / BHKW ☐ Biogas ☐ Andere:

Anlagen mit Netzrückwirkungen Nein

Energiespeicher Nein

Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge Nein

Weitere allgemeine Angaben

Bemerkungen des einreichenden Unternehmens:

Bestehende Anlage:
1x SE17k 17 kVA
1x SE30k 30 kVA
Total 47 kVA

Technisches Anschlussgesuch: Notwendigkeit

Wie melde ich Ladeinfrastrukturen in Auto-Einstellhallen?

Für die Installation der Ladeinfrastruktur ohne oder mit teilweiser Installation der einzelnen Ladestationen benötigen wir:
Technisches Anschlussgesuch (TAG) mit folgenden zusätzlichen Angaben:

- Maximale Leistung der Ladeinfrastruktur bei Vollausbau
- Maximale Anzahl angeschlossener Ladestationen bei Vollausbau

Dazu Installationsanzeige und Schema, sowie nach Abschluss der Installationen den Sicherheitsnachweis mit Mess- und Prüfprotokoll über die komplette Ladeinfrastruktur.

Steckbare Ladestationen müssen mit einem TAG angemeldet werden.

Wurde die Ladeinfrastruktur gemäss unserer Anweisung angemeldet vereinfacht sich das Meldewesen bei der Installation der einzelnen Ladestationen.

Es erübrigen sich weitere TAG bei der Ausrüstung einer weiteren Ladestation an der bestehenden Ladeinfrastruktur.

Eine weitere Ladestation an einer bestehenden Ladeinfrastruktur muss nur angemeldet werden, wenn nicht bereits eine Grundplatte vorhanden ist. In diesem Fall kann aber die Installationsanzeige und der Sicherheitsnachweis zusammen eingereicht werden.

Technisches Anschlussgesuch: Gültigkeitsdauer

Aufgrund der bewilligten Technischen Anschlussgesuche für PV-Anlagen wird Leistung reserviert.
Wird die Anlage nicht gebaut, ist die Leistung für 1 Jahr blockiert.

Um die reservierte Leistung zu reduzieren und damit mehr Kapazität für weitere Anlagen zu ermöglichen, haben wir die Gültigkeitsdauer der Technischen Anschlussgesuche für PV-Anlagen angepasst.

Bewilligte Technische Anschlussgesuche für PV-Anlagen sind ab Bewilligungsdatum für 3 Monate gültig.

Wird die Anlage nicht in diesem Zeitraum realisiert muss ein neues TAG eingereicht werden.

PRONOVO Beglaubigungen

Gründe für Verzögerungen der Beglaubigungen im PRONOVO Portal

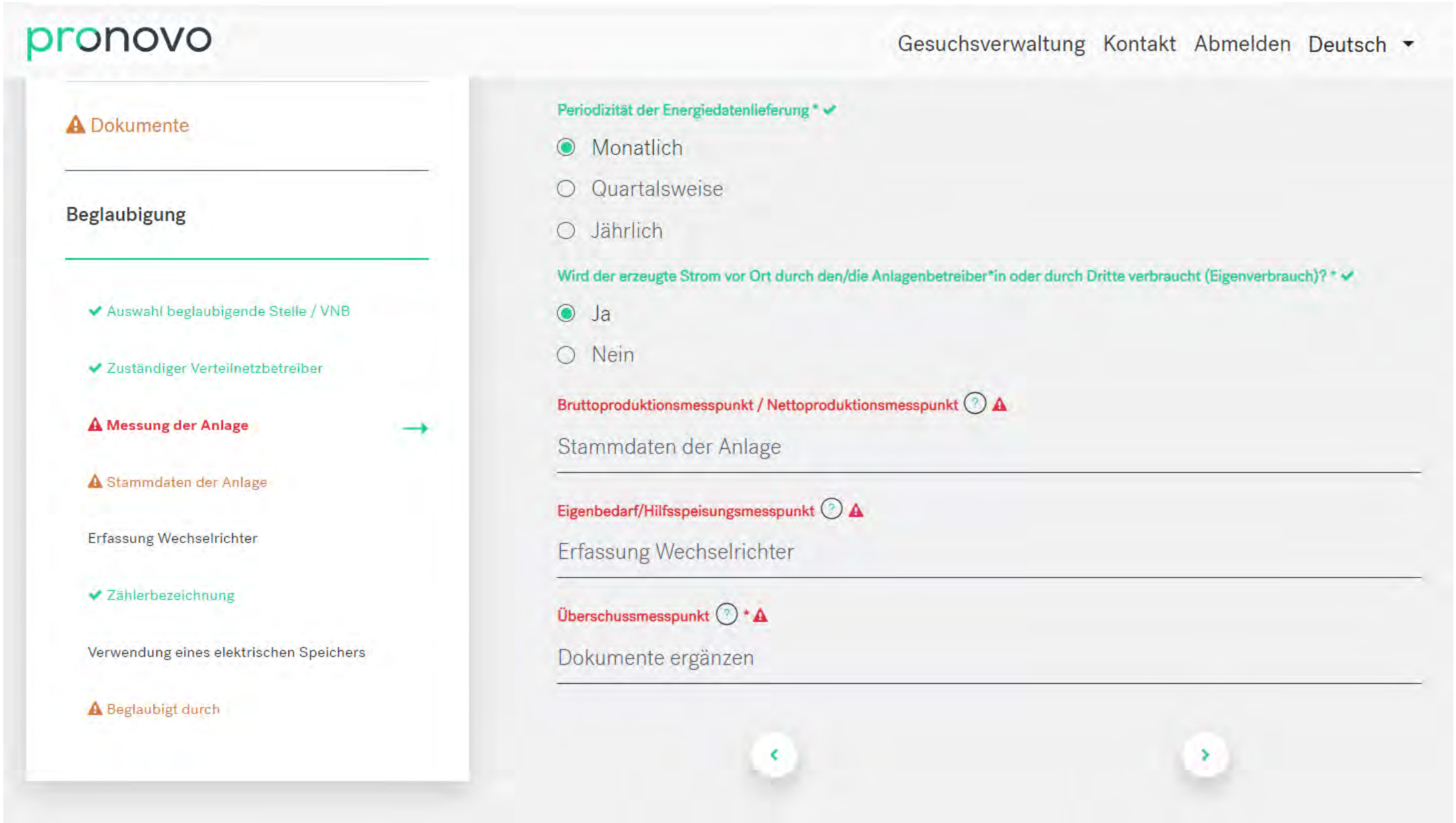
- Angaben nicht korrekt
- Angaben unvollständig
- Dokumente fehlen

Leistung falsch erfasst: Gleiche Leistung eintragen wie auf TAG bei Max. Leistungsabgabe ans Netz

Von uns wird bei der Messpunktnummer eingetragen, was noch fehlt oder korrigiert werden muss.

Wenn eine Anlage noch nicht beglaubigt ist, verzögert das die Auszahlung der Vergütung.

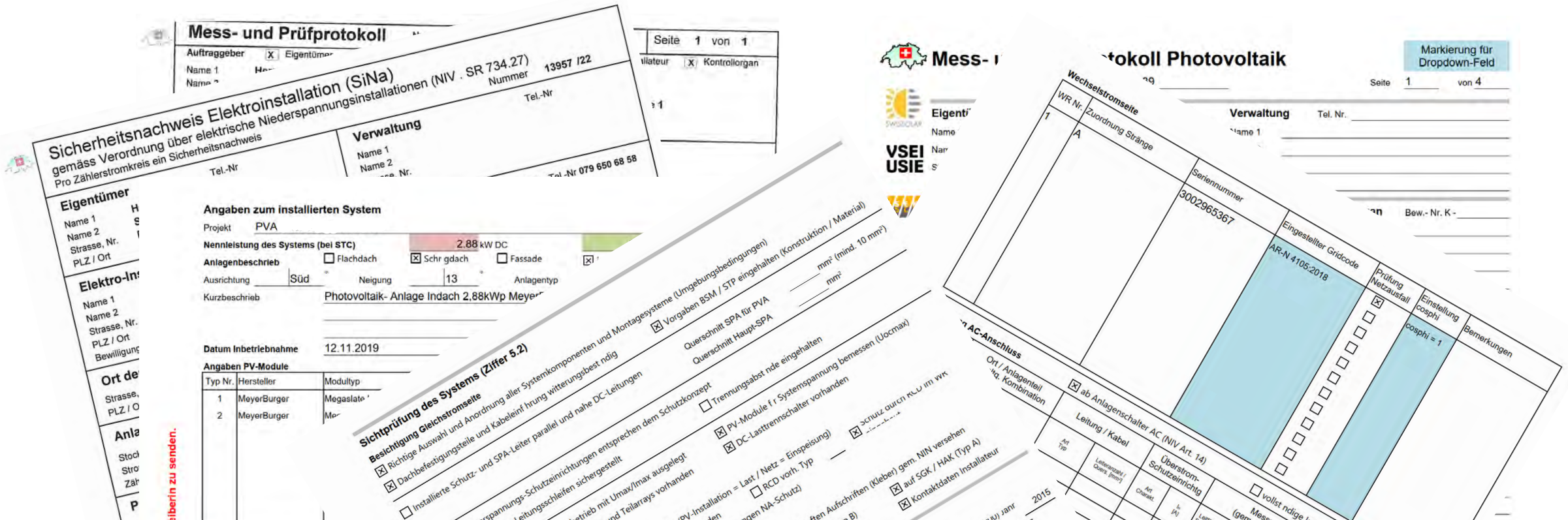
PRONOVO Beglaubigungen



PRONOVO Beglaubigungen

Wenn der Sicherheitsnachweis und die Mess- und Prüfprotokolle bei PRONOVO eingereicht wurden, dann ist das nur für PRONOVO.

Der Sicherheitsnachweis und die Mess- und Prüfprotokolle müssen in jedem Fall auch bei der Elektra eingereicht werden. Wir können die Formulare im PRONOVO-Portal nicht sehen und herunterladen.

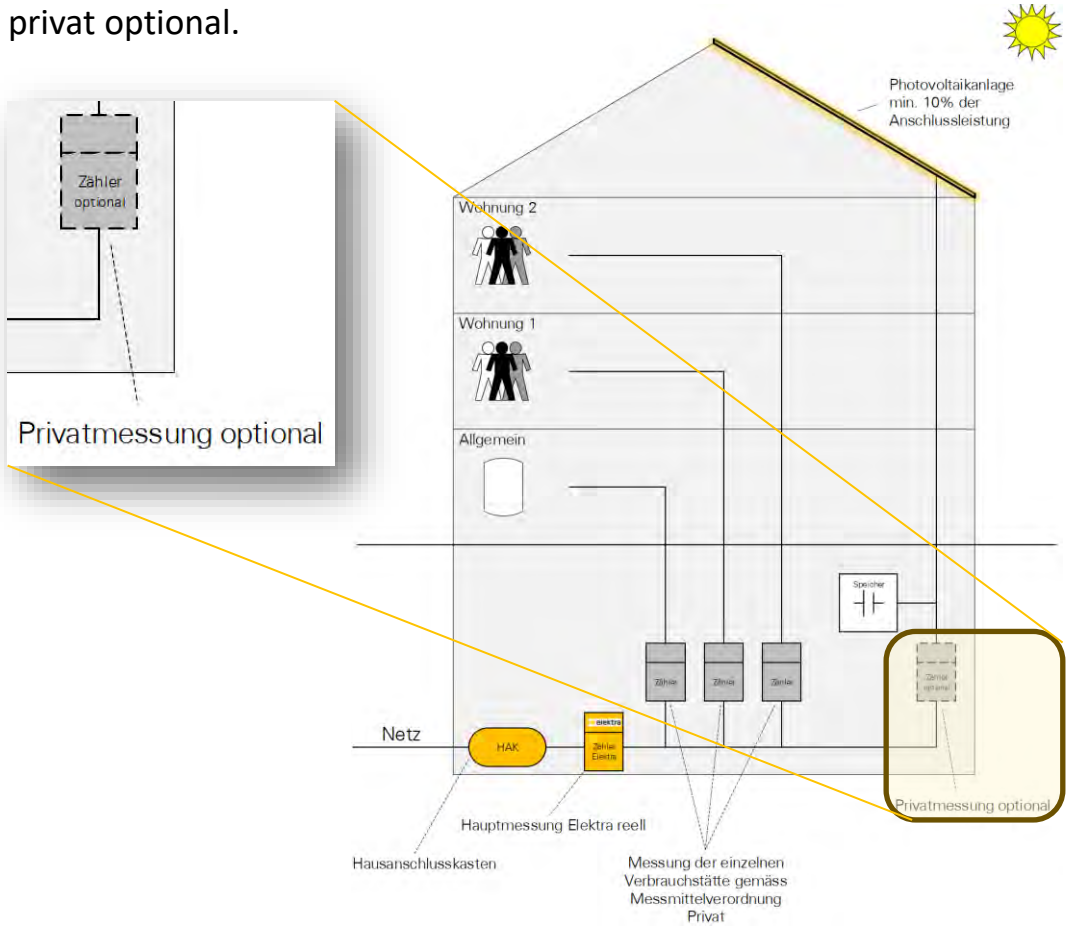


ZEV: Messungen mit Privatzählern

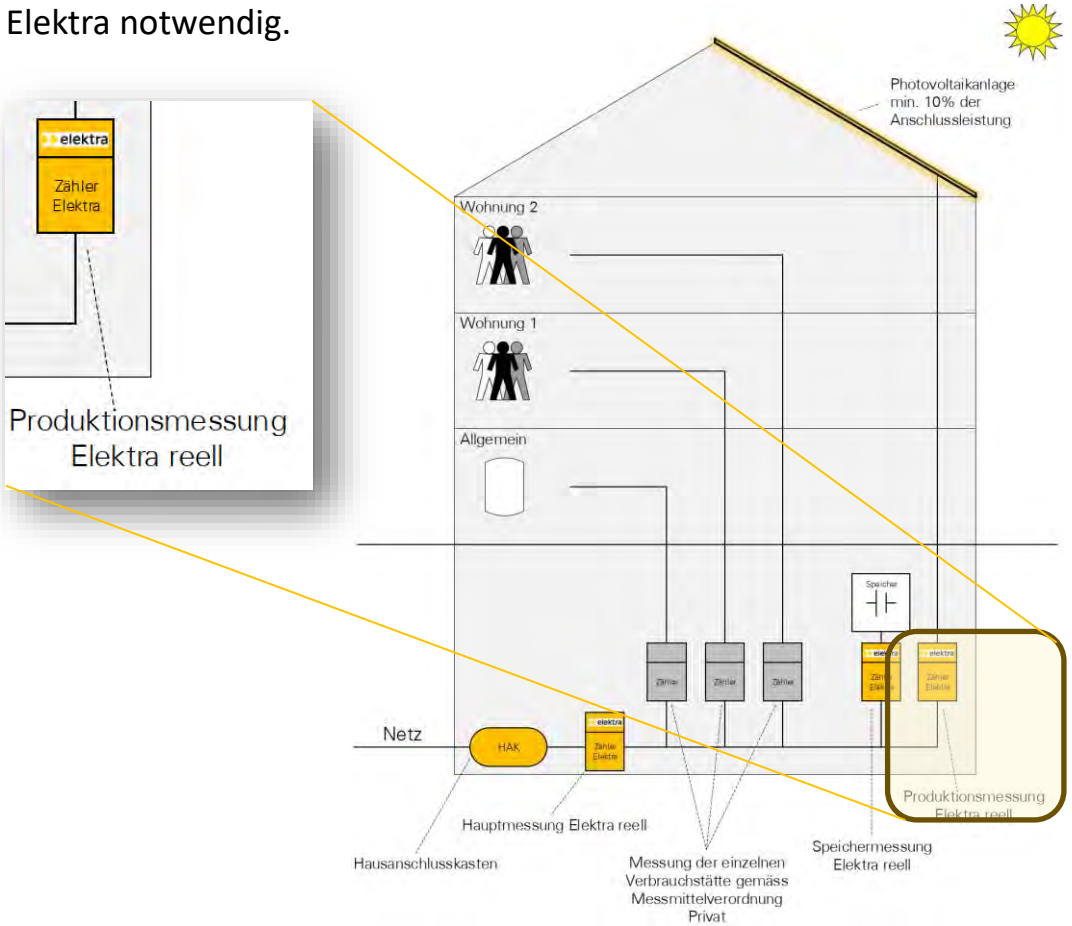
Erst wenn wir den ZEV-Vertrag erhalten haben können wir Zähler montieren.

Es muss für jede Anlage eine private Messung vorgesehen werden.

Bei ZEV <30kVA mit Privatzähler: Privatmessung der einzelnen Verbrauchstätte gemäss Messmittelverordnung. Produktionsmessung privat optional.



Bei ZEV ≥30kVA mit Privatzähler: Privatmessung der einzelnen Verbrauchstätte gemäss Messmittelverordnung. Produktionsmessung Elektra notwendig.



Zählersteckklemmen: Umstellung auf eweco Produkt

- Zähler gesteckt für noch effizienteres und sichereres Arbeiten
- Zählerwechsel in wenigen Sekunden
- optimierter Berührungsschutz
- 80 Ampère
- Netzanschlüsse 2.5 – 35mm2
- netzseitig Torx-Schrauben
- Schweizer S+ Zulassung (Nr. 22.0792)

Umstellung auf eweco Zählersteckklemmen (wie vor einem Jahr angekündigt)

Ab dem 1. Januar 2024 dürfen im Netzgebiet der Elektra nur noch die **eweco Zählersteckklemmen EWC961-80-1N** eingesetzt werden.

Bestellinformationen:

Artikel	Typenbez.	Art. Nr.	E-Nummer (ELDAS)	EAN
Zählersteckklemme	EWC961-80-1N	A00-600	169000039	7640343358500
Abdeckhaube		A00-907	169900029	7640343358210

Werden von uns Zähler im Zuge des Rollouts oder aus weiteren Gründen ersetzt, dann montieren wir die eweco-Zählersteckklemme.

Zählerwechsel bei Asbestverdacht

Vorgehen bei asbesthaltigen Apparatetafeln

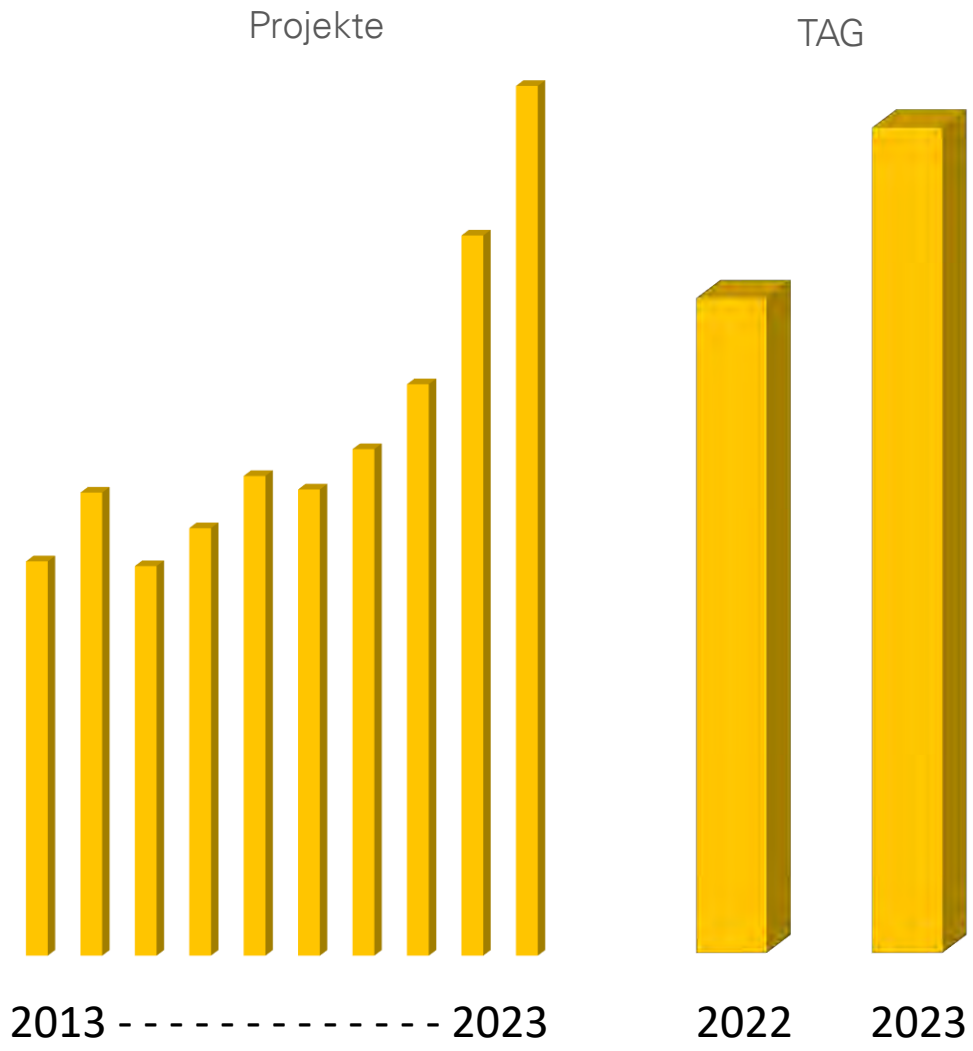
Direkt auf asbesthaltigen Apparatetafeln wird kein Zählerwechsel vorgenommen (Ausnahme: wenn es aus technischen Gründen notwendig ist und dann mit Schutzanzug, Maske und Asbeststaubsauger).

Auf Zählertafeln mit Zählerkreuz oder mit Schiebemuttern, die nicht verschoben werden müssen, kann ein Zähler montiert werden, sofern es ohne Demontage der Apparatetafel machbar ist.

Es wird keine Zählersteckklemme montiert und keine Arbeiten ausgeführt.

Die Verteilung wird vor Ort mit einem Aufkleber «Verdacht auf Asbest» gekennzeichnet. Nach Abschluss des Rollouts werden diese Zähler mit speziellen Vorkehrungen ersetzt.

Bearbeitungszeit von Meldungen



Die Energiewende fordert uns alle:

- Wir erleben wir einen massiven Anstieg der eingehenden Meldeformulare und gleichzeitig zunehmende Komplexität der Projekte.
- Wir haben eine zwischen 25% - 35% höhere Anzahl der technischen Anschlussgesuche (TAG) und Installationsanzeigen (IA) als in den Vorjahren. Diese Menge führt zu Verzögerungen gegenüber der gewohnten Bearbeitungszeit.
- Wir arbeiten daran, unsere Prozesse weiter zu beschleunigen und uns auf diese Entwicklung auszurichten, um wieder die vorherige Bearbeitungszeit zu erreichen.

Einführung neue Meldeformulare

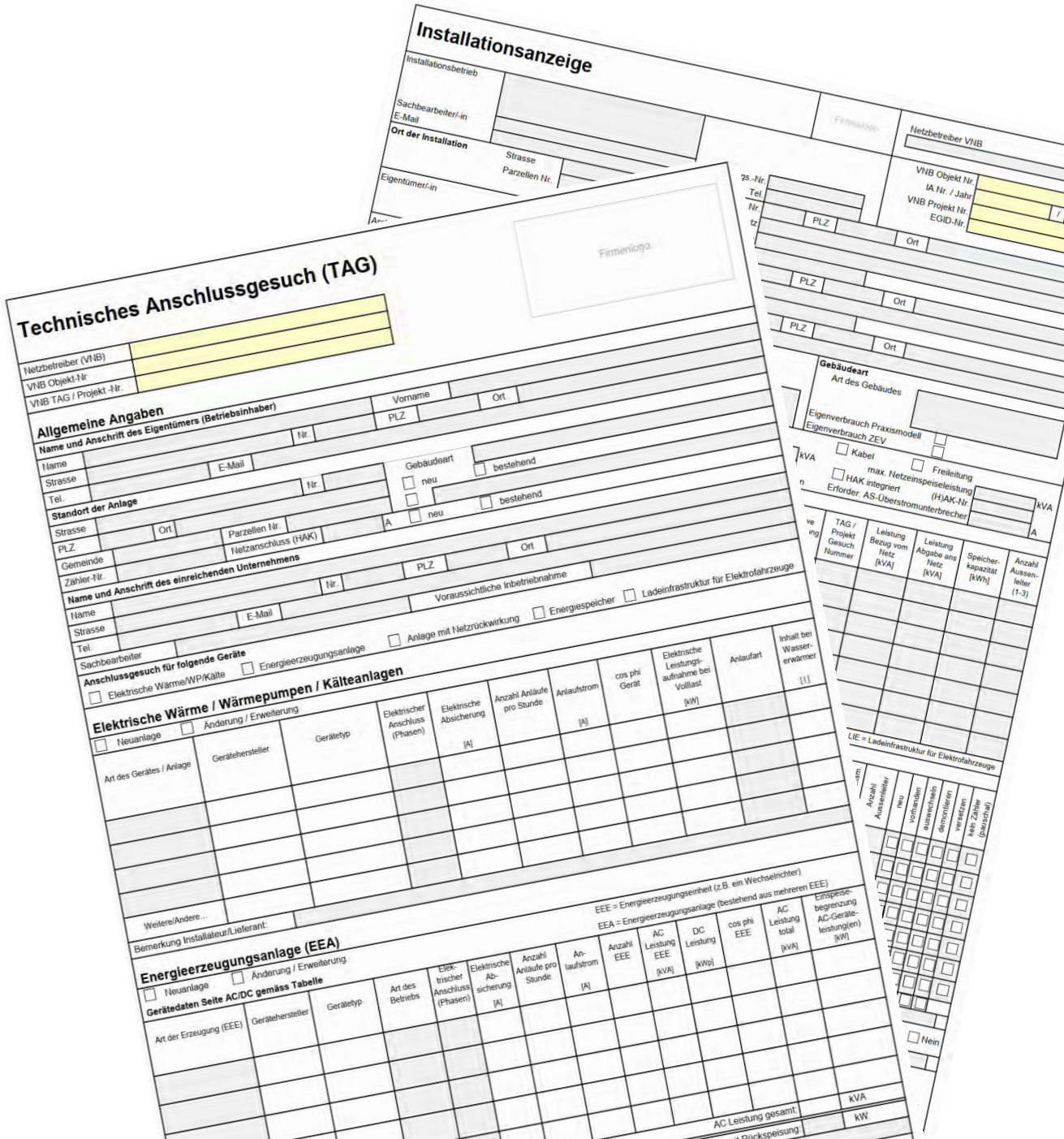
Die Meldeformulare

- Technisches Anschlussgesuch
- Installationsanzeige
- Apparatebestellung

wurden überarbeitet und weiter für die ganze Schweiz vereinheitlicht.

Die Formulare werden auch ins ElektroForm integriert.

Die neuen Formulare treten voraussichtlich Anfang 2024 in Kraft und werden dann auch publiziert und per Update ins ElektroForm importiert.



elektra

Strom ist unsere Stärke

elektra
Strom ist unsere Stärke

Montag, 30. Oktober 2023

Netzdienlichkeit von Photovoltaikanlagen

Elektra-Installateuren-Tagung

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Leistungsregelung und Spannungshaltung mit PV-Wechselrichtern

▸ Berner Fachhochschule, PV-Labor | Elektra-Installateuren-Tagung | 30.10.2023 | David Joss

Referent heute

David Joss

Leiter Forschungsgruppe PV-Wechselrichter

Labor für Photovoltaiksysteme BFH-TI, Burgdorf

- Elektro-Installateur
- Eingeschr. Inst. Bewilligung Art. 14
- El. Ing. MSc in Engineering
- Mitglied CES TK 82
- Swissolar Solarprofi-Prüfexperte

Kontakt
+41 31 848 54 52 / +41 78 722 46 03
david.joss@bfh.ch
www.bfh.ch/de/david-joss
www.bfh.ch/pvlab

Agenda

- Vorstellung, Umfrage, Einführung in die Thematik
- Übersicht: Netzdienliche Funktionen in PV-Wechselrichtern

- WR-Funktionen gegen Netzüberlastung mit Beispielen
- WR-Funktionen gegen Spannungsbandverletzung mit Beispielen

- Ausblick: Wie unterstützen Wechselrichter in Zukunft das Netz?
- Aktivitäten im PV-Labor zum Thema

- Fragen/Diskussion

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Umfrage

Umfrage 1

Wie oft installieren Sie bei PV-Anlagenbetreibenden eine Eigenverbrauchslösung?
Multiple Choice Poll
98 votes
98 participants
Wenn immer möglich - 71 votes
72%
Nur auf Anfrage der Kunden - 10 votes
10%
Nur, wenn es sich für die Kunden lohnt - 8 votes
8%
Nur sehr selten - 6 votes
6%
Nie - 3 votes
3%
slido

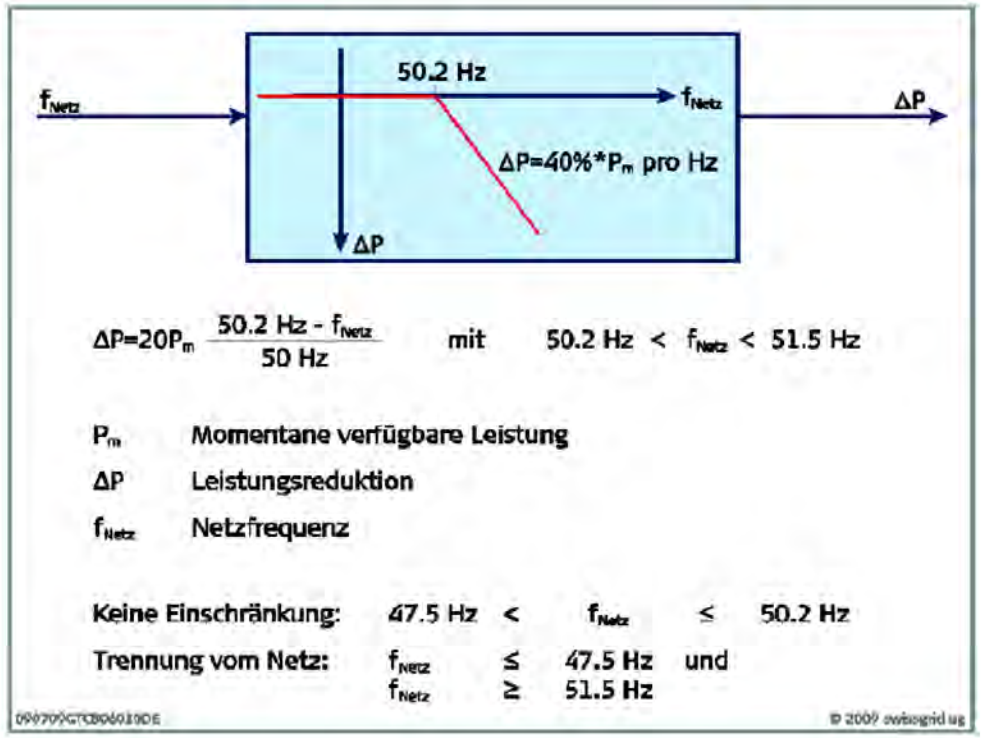
Umfrage 2

Wissen Sie, dass PV-Anlagen netzdienlich eingesetzt werden können?
Multiple Choice Poll
101 votes
101 participants
Ja, ich nutze die netzdienlichen Funktionen regelmässig - 32 votes
32%
Ja, ich habe auch schon davon gehört - nutze die Funktionen jedoch nicht - 33 votes
33%
Nein, das weiss ich nicht - 36 votes
36%
slido

Umfrage 3

Welche netzdienlichen Funktionen von Wechselrichtern kennen Sie?
Wordcloud Poll
53 responses
49 participants
Fronius Gen 24
Frequenzsteuerung
Leistungsbegrenzug
Kapatitiv u induktiv
Leistungsbegrenzung
Q/u regelung
Solarlog
Q(U)Regelung
cos phi
QU Regelung
Daye
P/Q Kurve
Q(U)
solarmanager
Elektra
Solarmaneger
QU Kennlinie
Q/U
Smartfox
Sofar
O/U
Sofae
Smartmeter
Mööö
Leistungsbegrenzung, sauberes netz
Cosphi
Blindleistung
Integrierter NA Schutz
slido

Die wohl bekannteste netzdienliche Funktion P(f)



Quelle: EKZ, TAB

Frequenzabhängige Wirkleistungsregelung

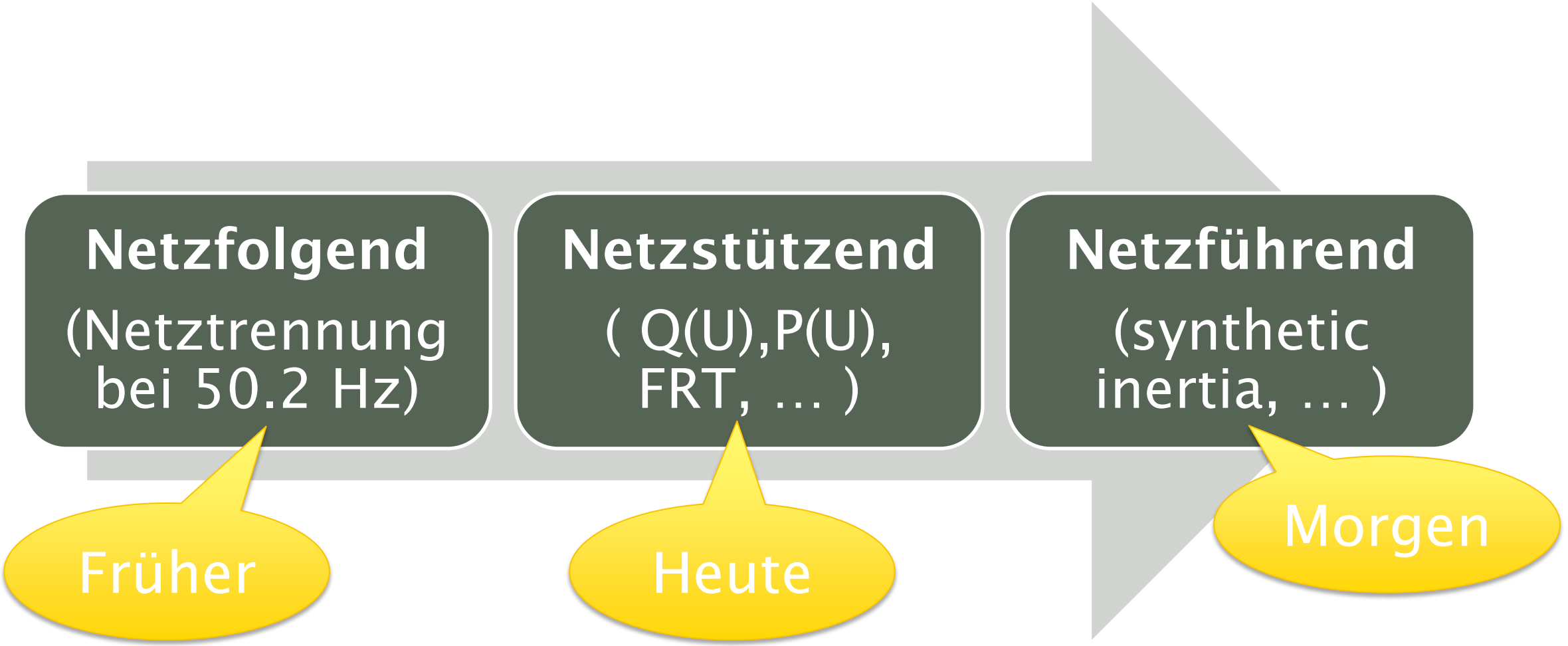
ElCom-Retrofit Kampagnen

- 1. Retrofit 2018
  - PV-Anlagen von 100 kVA oder grösser
- 2. Retrofit 2020
  - PV-Anlagen über 30 kVA

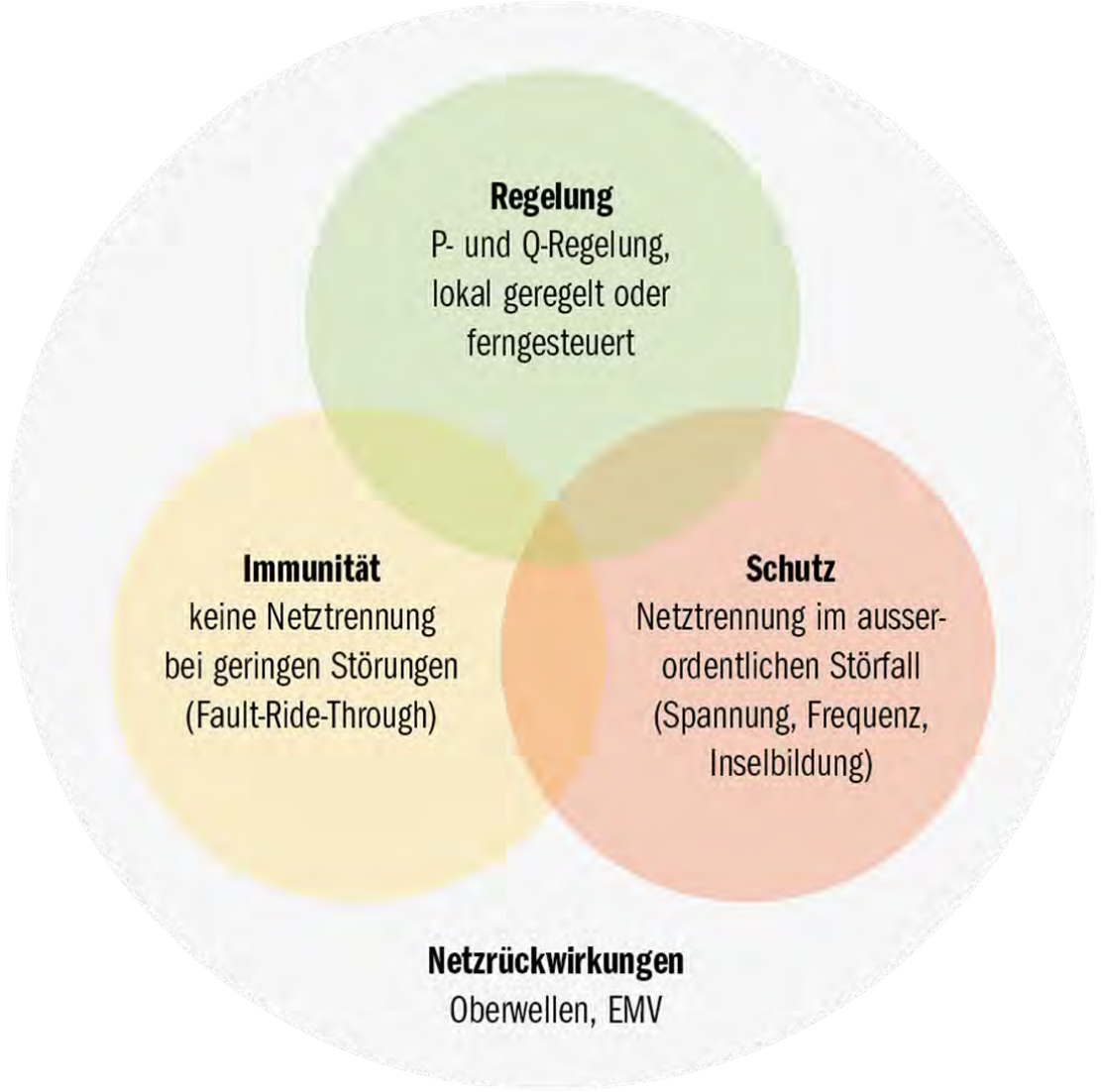
Hinweis:

Frequenzabweichungen von 0.2 Hz sind im europäischen Verbundnetz bereits ein erheblicher Störfall. Diese Regelung greift erst dann.

Anforderung an den Wechselrichter im Lauf der Zeit



3+1 relevante Funktionsbereiche für Wechselrichter am Netz

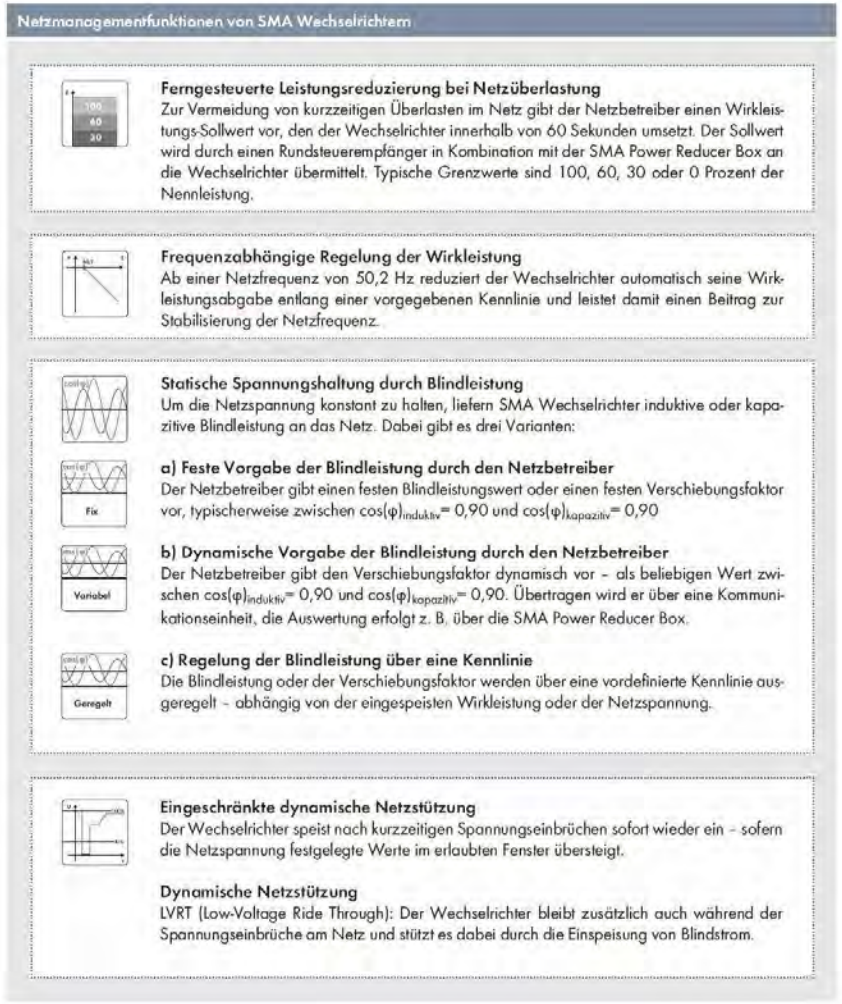


1. **Regelung**: Anlagen müssen auf Veränderungen im Netz oder auf Steuersignale reagieren.
2. **Immunität vor Störungen**: Anlagen dürfen sich bei gewissen Ereignissen nicht vom Netz trennen.
3. **Schutz**: Anlagen müssen sich bei gewissen Ereignissen vom Netz trennen.
4. Netzrückwirkungen: Anlagen dürfen das Netz nicht negativ beeinflussen

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Netzdienliche Funktionen in PV-Wechselrichtern

Netzstützung durch den Wechselrichter seit 10 Jahren +



Netzmanagementfunktionen von SMA Wechselrichtern

Ferngesteuerte Leistungsreduzierung bei Netzüberlastung
Zur Vermeidung von kurzzeitigen Überlasten im Netz gibt der Netzbetreiber einen Wirkleistungs-Sollwert vor, den der Wechselrichter innerhalb von 60 Sekunden umsetzt. Der Sollwert wird durch einen Rundsteuerempfänger in Kombination mit der SMA Power Reducer Box an die Wechselrichter übermittelt. Typische Grenzwerte sind 100, 60, 30 oder 0 Prozent der Nennleistung.

Frequenzabhängige Regelung der Wirkleistung
Ab einer Netzfrequenz von 50,2 Hz reduziert der Wechselrichter automatisch seine Wirkleistungsabgabe entlang einer vorgegebenen Kennlinie und leistet damit einen Beitrag zur Stabilisierung der Netzfrequenz.

Statische Spannungshaltung durch Blindleistung
Um die Netzspannung konstant zu halten, liefern SMA Wechselrichter induktive oder kapazitive Blindleistung an das Netz. Dabei gibt es drei Varianten:

a) Feste Vorgabe der Blindleistung durch den Netzbetreiber
Der Netzbetreiber gibt einen festen Blindleistungswert oder einen festen Verschiebungsfaktor vor, typischerweise zwischen $\cos(\varphi)_{induktiv}$ = 0,90 und $\cos(\varphi)_{kapazitiv}$ = 0,90

b) Dynamische Vorgabe der Blindleistung durch den Netzbetreiber
Der Netzbetreiber gibt den Verschiebungsfaktor dynamisch vor – als beliebigen Wert zwischen $\cos(\varphi)_{induktiv}$ = 0,90 und $\cos(\varphi)_{kapazitiv}$ = 0,90. Übertragen wird er über eine Kommunikationseinheit, die Auswertung erfolgt z. B. über die SMA Power Reducer Box.

c) Regelung der Blindleistung über eine Kennlinie
Die Blindleistung oder der Verschiebungsfaktor werden über eine vordefinierte Kennlinie ausgeregelt – abhängig von der eingespeisten Wirkleistung oder der Netzspannung.

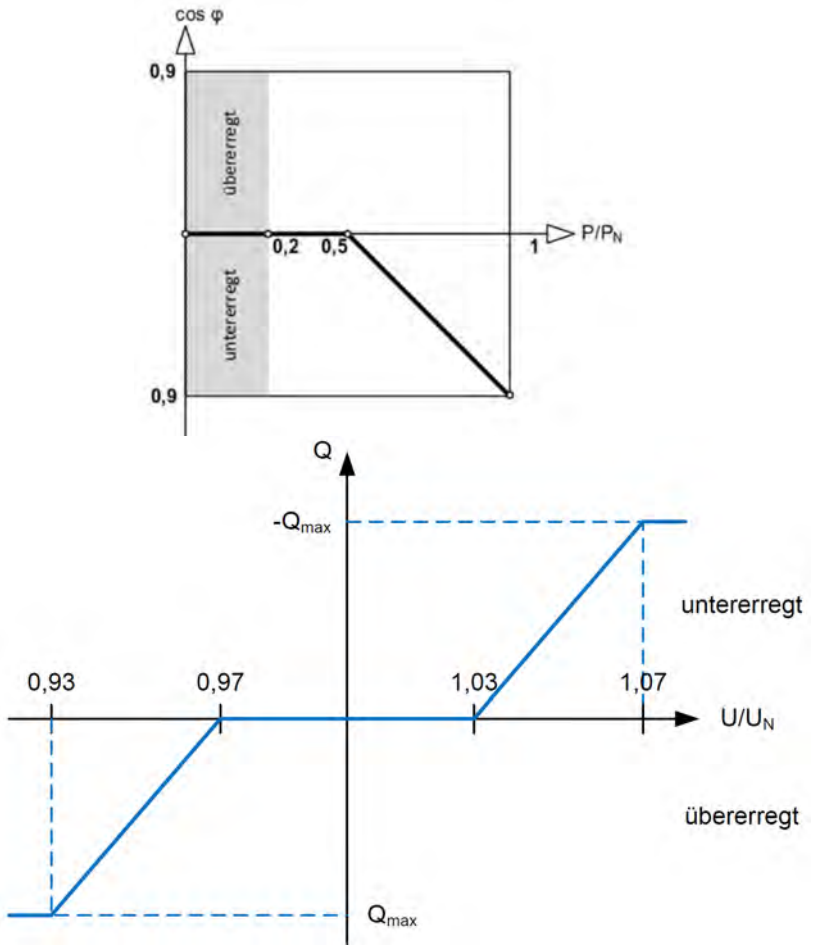
Eingeschränkte dynamische Netzstützung
Der Wechselrichter speist nach kurzzeitigen Spannungseinbrüchen sofort wieder ein – sofern die Netzspannung festgelegte Werte im erlaubten Fenster übersteigt.

Dynamische Netzstützung
LVRT (Low-Voltage Ride Through): Der Wechselrichter bleibt zusätzlich auch während der Spannungseinbrüche am Netz und stützt es dabei durch die Einspeisung von Blindstrom.

Quelle: Die Netzmanagement-Funktionen der SMA … im Überblick | SMA Solar

- Netzstützende Funktionen sind bei einigen Herstellern seit über 10 Jahren bekannt und in den WR vorhanden
- Vorerst bei grossen PV-Anlagen genutzt, nun klar auch Thema bis zur Privatkundenanlage

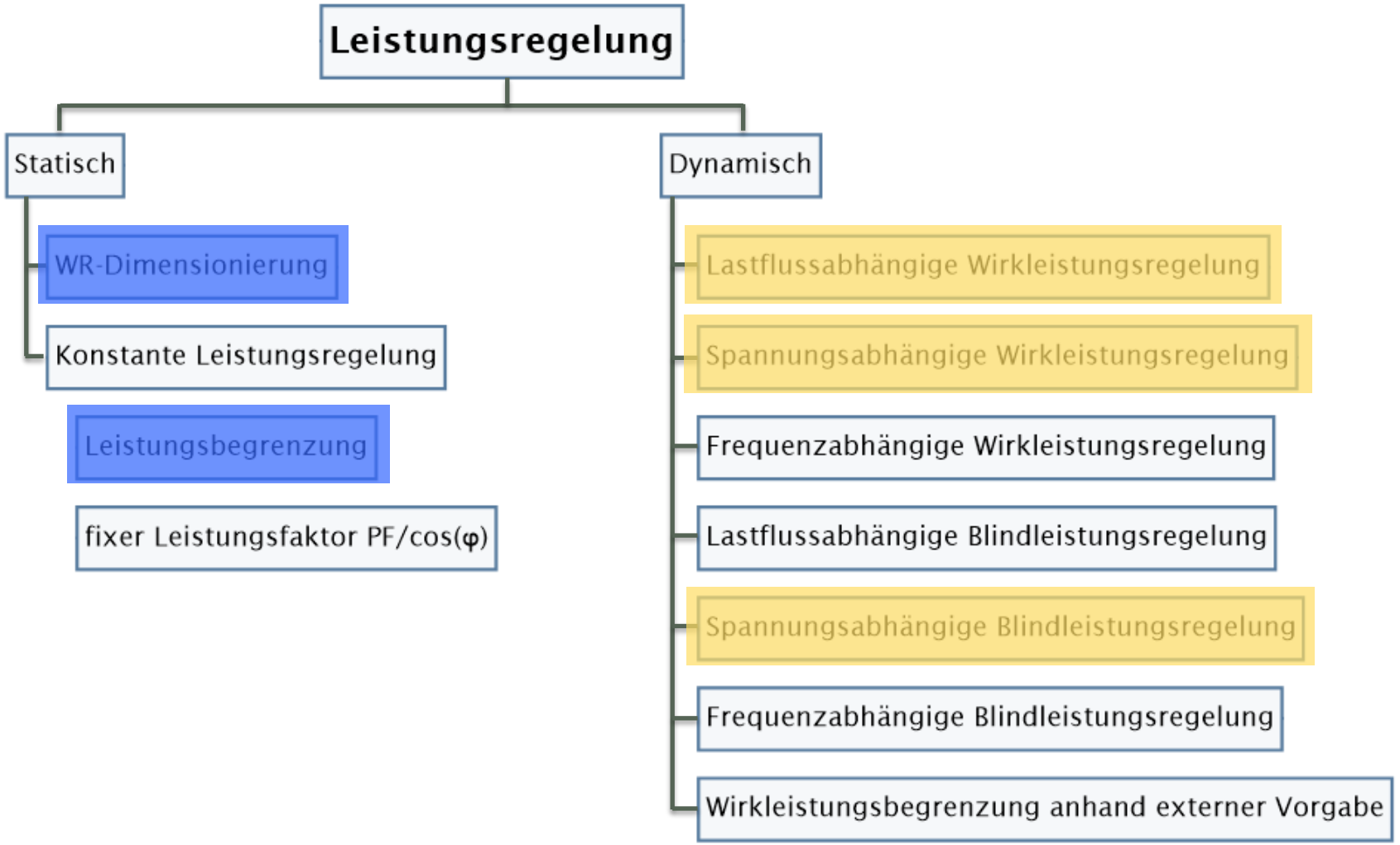
Netzdienliche Funktionen in Wechselrichtern



- Netzdienliche Funktionen, die ein Wechselrichter heute oft beherrscht :
  - Wirkleistungsregelung: P(U), P(f), P(P), …
  - Blindleistungsregelung: Q(U), Q(P), cos(phi) fix, cos(phi)(P), Q@night, …
- Immunität gegen Netzstörungen: UVRT, OVRT, FRT
- Schutzfunktionen: NA-Schutz

VSE, NA/EEA-CH2020

«Smarte» Funktionen zur Leistungsregelung in PV-WR



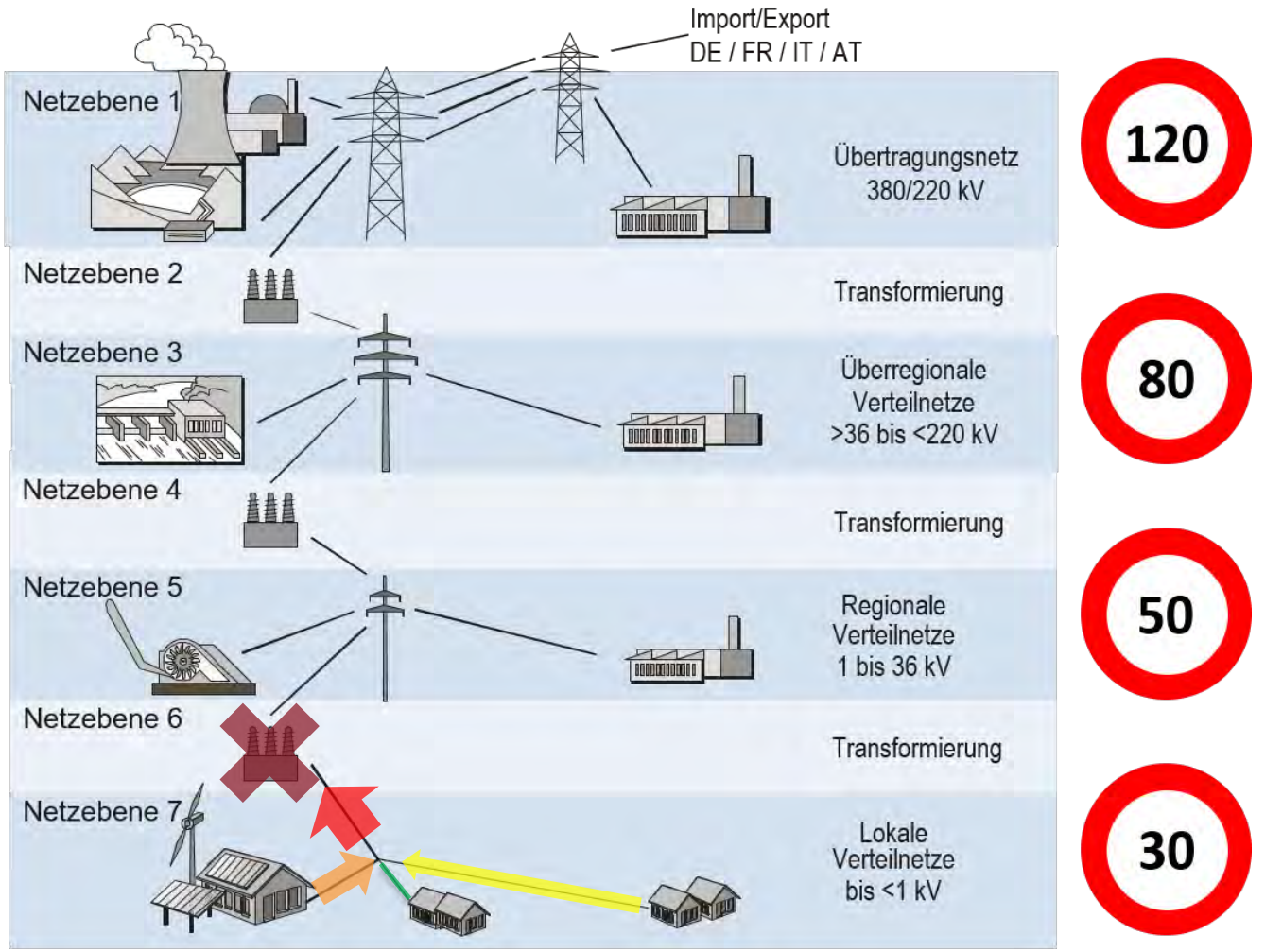
Liste nicht vollständig – kontextdienlicher Auszug dargestellt

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Herausforderungen dezentraler Produktion im Verteilnetz

Dezentrale Einspeisung - Paradigmenwechsel

	Anzahl MA	Anzahl Netz-betreiber	km Kabel	km Frei-leitung[*2]
Übertragungs-netz	389	1	8	6700
Verteilnetz	11'274	23[*1]	1980	6918
		369[*1]	32'174	11'570
		667[*1]	73'382	10'835



Quelle: Swissgrid

Die Herausforderungen mit PV-Anlagen im Netz

Quelle: Watt d'Or

Netzüberlastung

Vereinfacht gesagt: Rückspeiseleistung zu hoch für Leitungen und/oder Transformator

Quelle: Watt d'Or

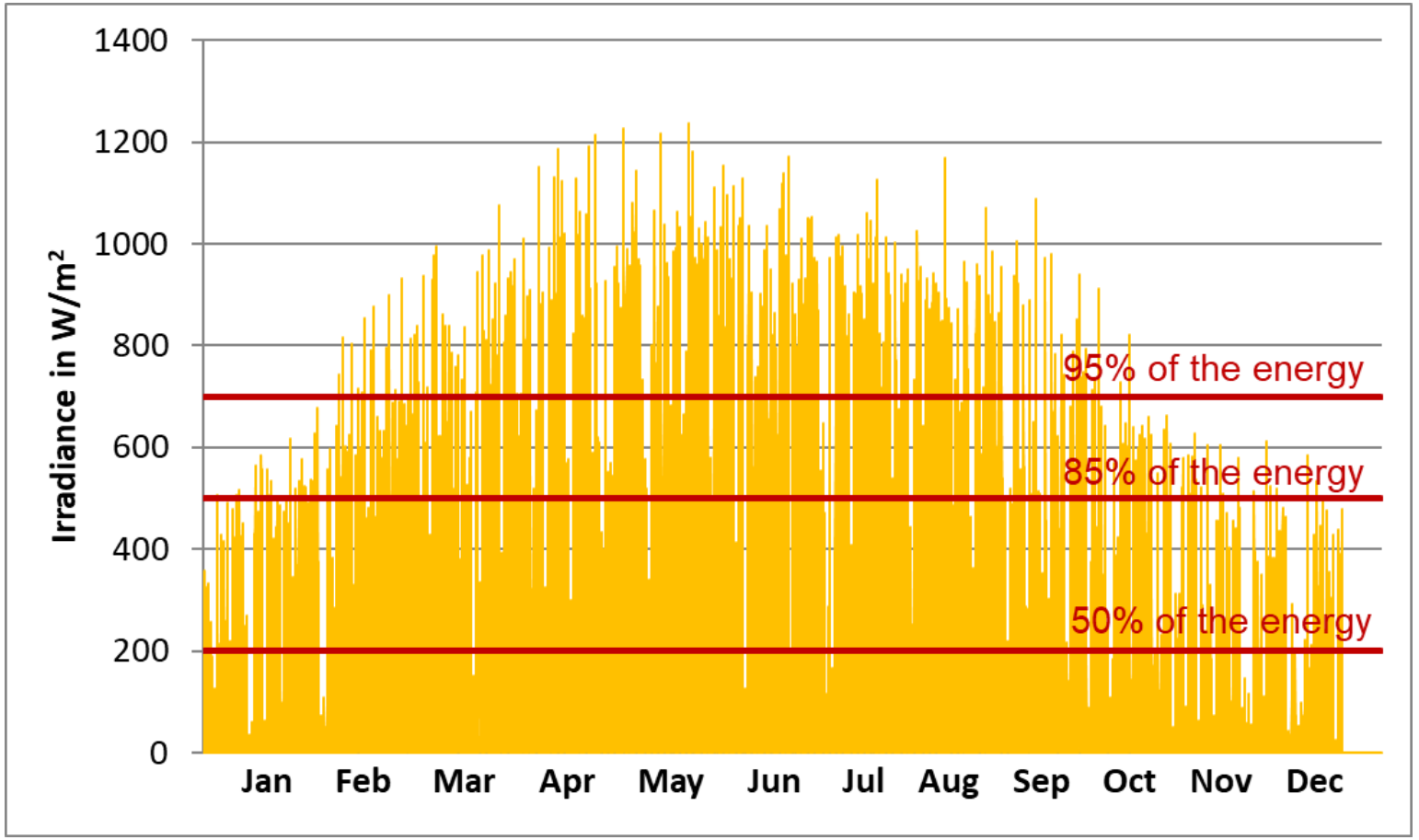
Spannungsqualitätsverletzung

Kurz: Spannung am Anschlusspunkt zu hoch

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Leistungsregelung mit PV-Wechselrichtern

Dezentrale Einspeisung – Nur sehr selten Maximalleistung



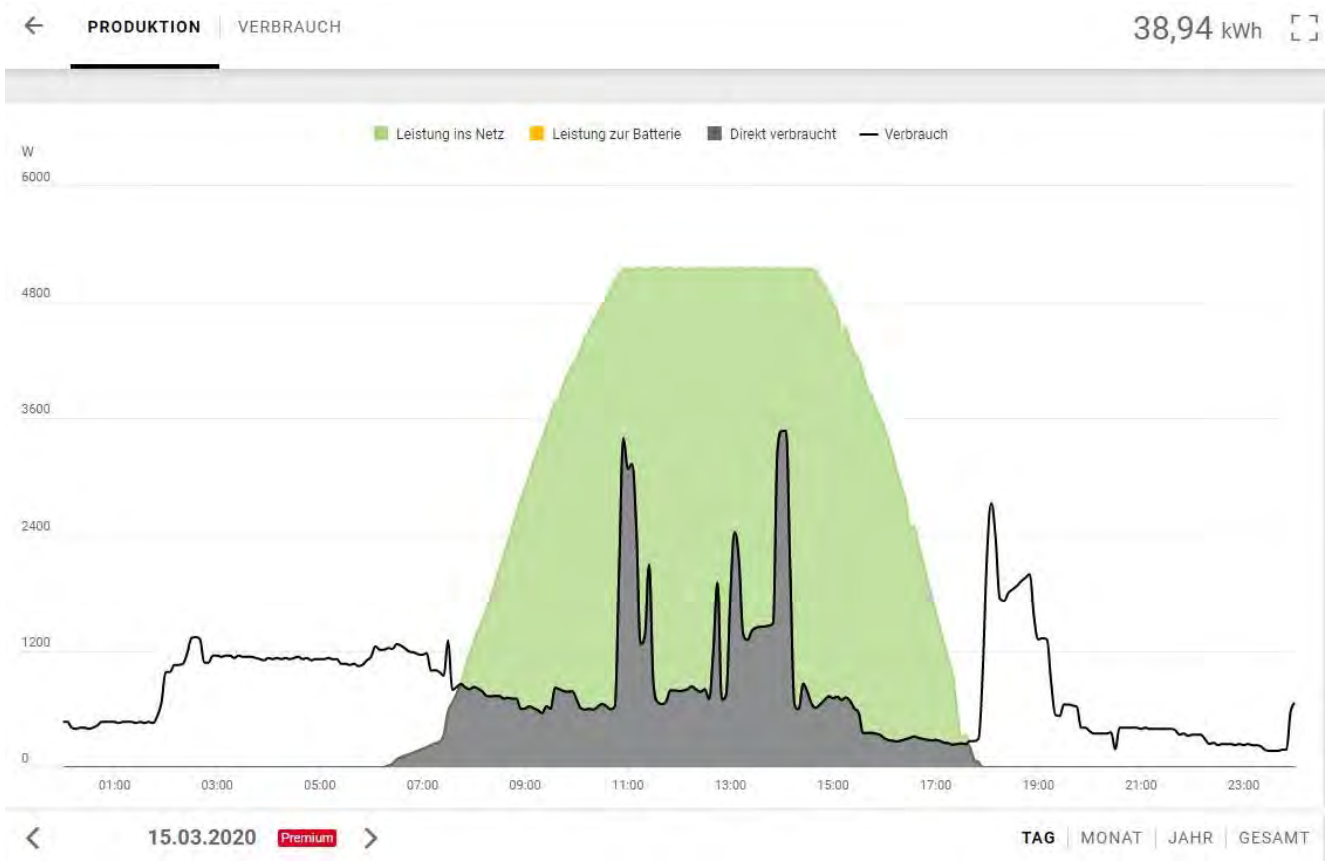
- Nur ~5% der Produktion stammen von einer Leistung ab ~70% $P_{DC, STC}$
- Das Netz wird jedoch auf Maximalleistung ausgelegt
- Nur sehr selten Netzüberlastungen
- Abhilfe: Leistungsbegrenzung in diesen seltenen Fällen

Netzüberlastung

- Problematik
  - Komponenten im Verteilnetz kommen an ihre Leistungsgrenzen
    - Leitungen: Thermische Belastbarkeit
    - Schutzelemente: Bemessungswerte erreicht
    - Transformatoren: Bemessungsleistung erreicht

- Massnahmen (auf Anlagenebene)
  - **Einspeisewirkleistung P auf konstanten Wert drosseln**
  - **Einspeisewirkleistung P dynamisch regeln**
  - Regelungsmassnahmen mit Kombination von Wirk- und Blindleistung
  - Dezentrales dynamisches Produktions- und Verbrauchsmanagement
  - …

Einspeisewirkleistung P auf konstanten Wert drosseln

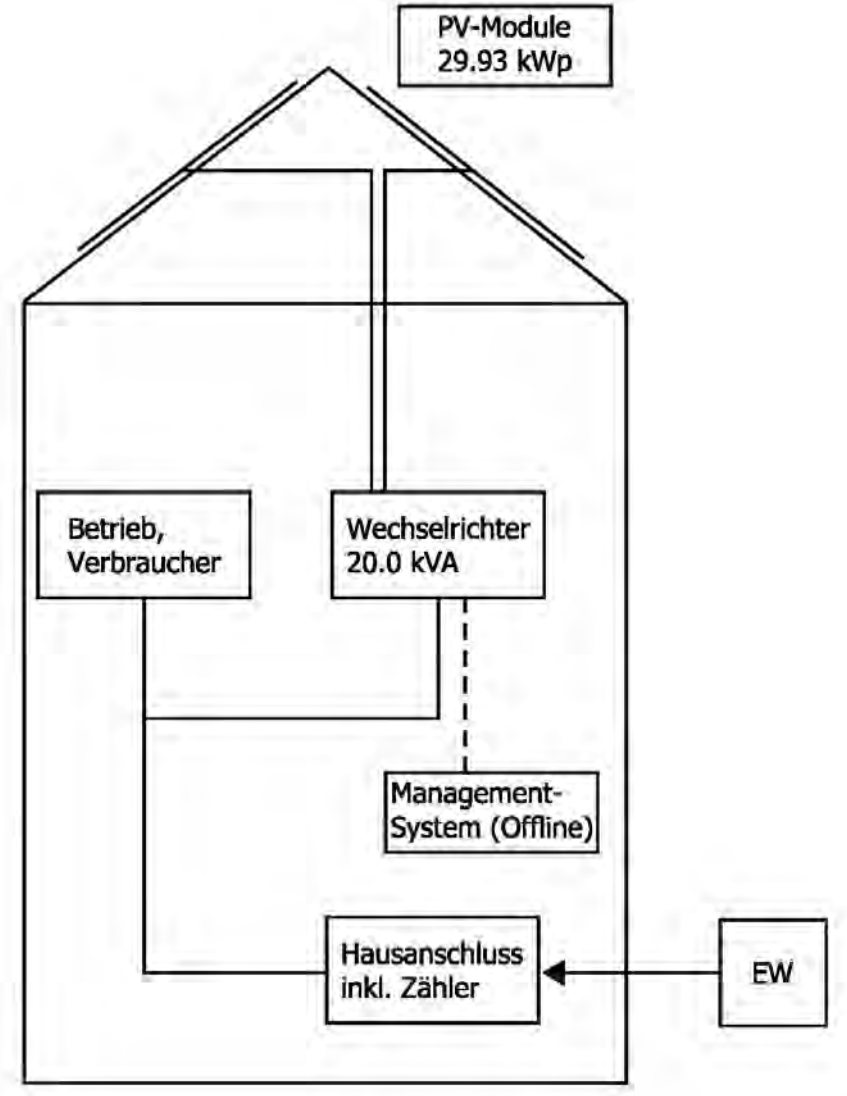


Quelle: Wechselrichter zu klein geplant? | PV-Forum auf energiesparhaus.at

Drosselung kann erreicht werden mit:

- WR-Unterdimensionierung
  - AC-Leistung des WR liegt signifikant unter der DC-STC-Leistung der PV-Module
- Statische Wirkleistungsbegrenzung am Wechselrichter
  - In den WR-Einstellungen wird die maximale Produktionsleistung auf einen fixen Wert begrenzt

Lösungsmöglichkeit Unterdimensionierung



Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

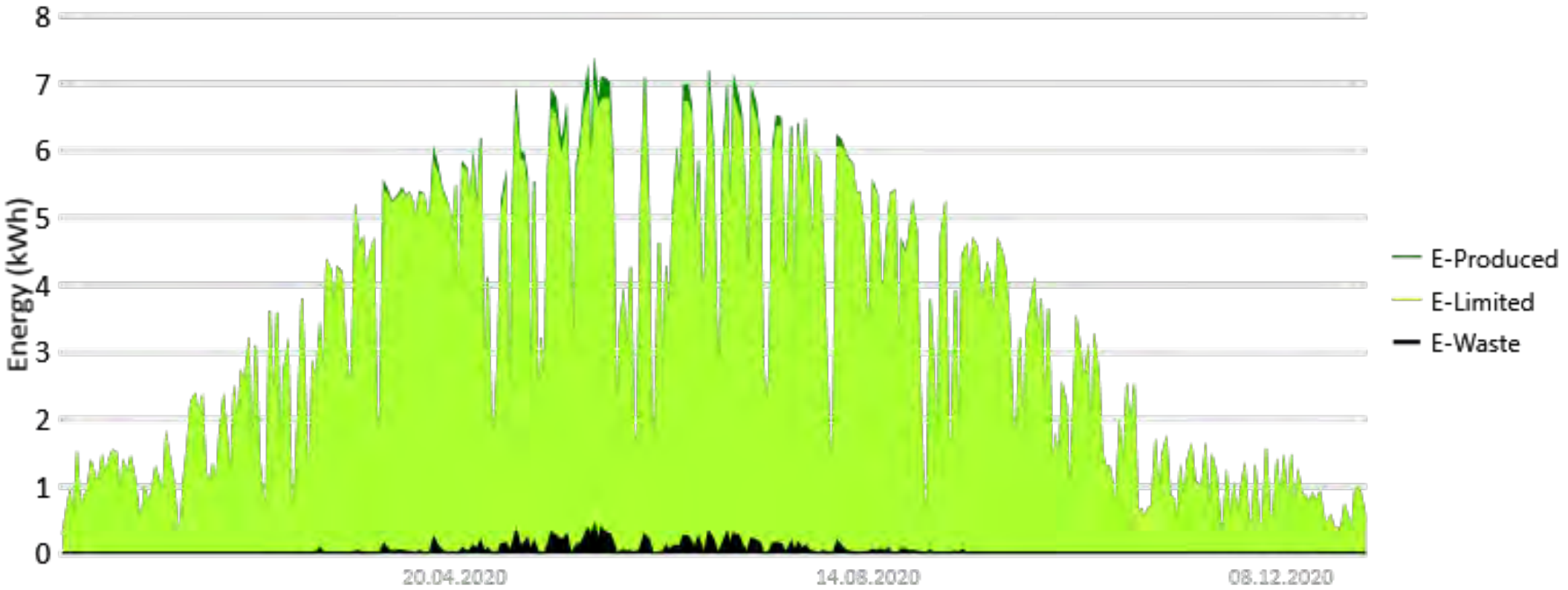
- DC-Generator: 29.93 kWp
- kWp = STC nach Datenblatt
- Keine Leistungsbegrenzung

- WR-Leistung: 20.0 kVA

- Dimensionierungsverhältnis
- SR: P_{AC}/P_{DC} = 29.93 kWp / 20 kVA
  = ~ 67%

- Unterdimensionierung: ~ 33%

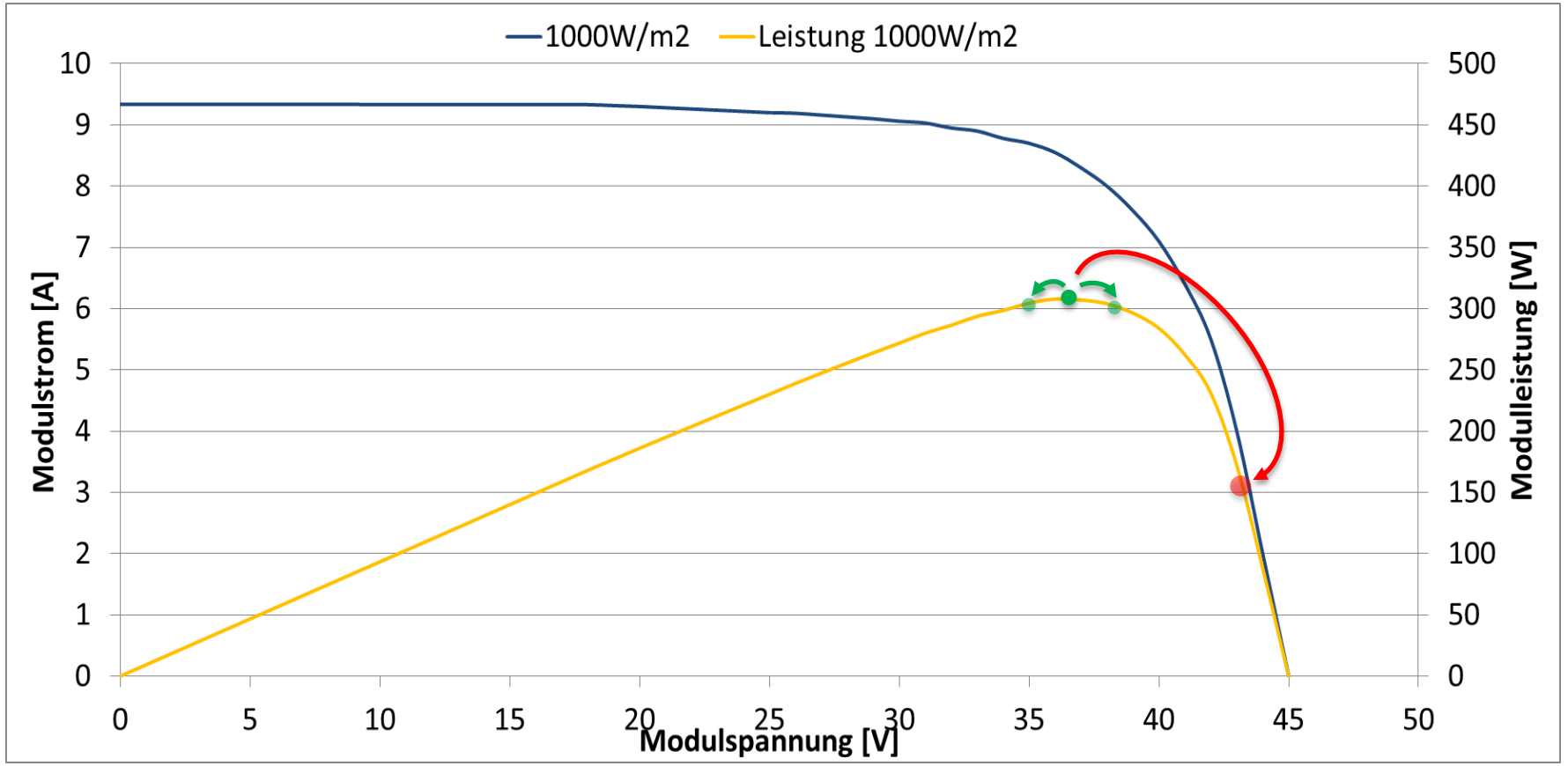
Lösungsmöglichkeit Unterdimensionierung



Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

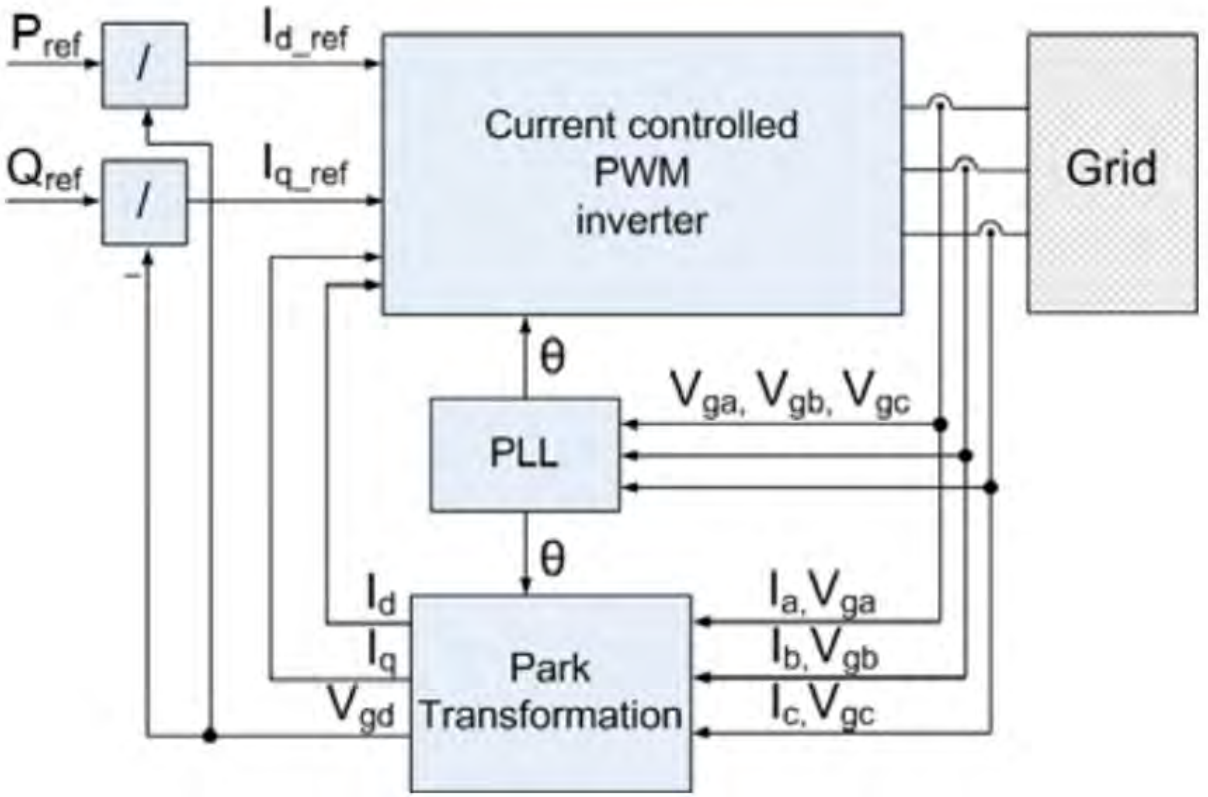
- Ertragsverlust (schwarze Fläche) (Simulationsresultat Beispiel)
  - 1.36 % der Jahresenergie

Was passiert im PV-System bei Abregelung?



- Der Wechselrichter verschiebt seinen Arbeitspunkt auf der PV-Kennlinie vom MPP weg.
- Bewegung Arbeitspunkt meist hin zum Leerlauf.

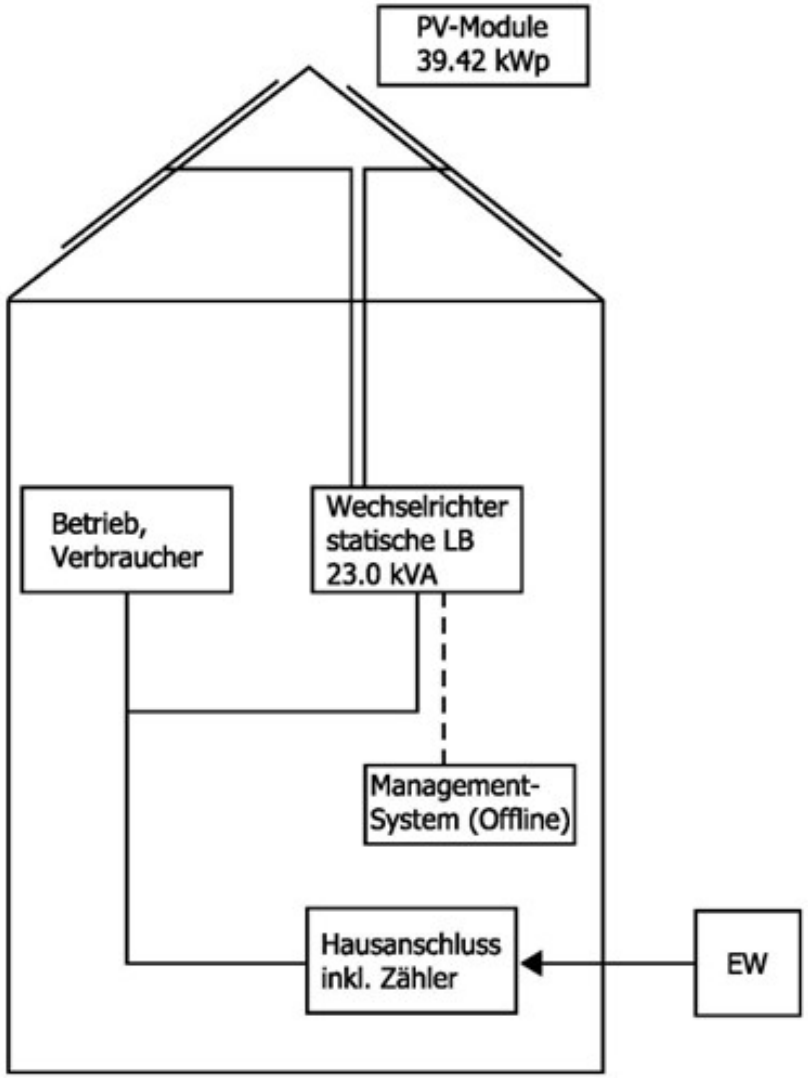
Regelungsmechanismus hin zum Verteilnetz



Quelle: (PDF) Voltage Control in Distribution Systems with high level PV-Penetration (researchgate.net)

- Wirkleistungsbegrenzung
  - Strom ins Netz wird reduziert
  - Phasenlage bleibt unverändert

Lösungsmöglichkeit statische Wirkleistungsbegrenzung



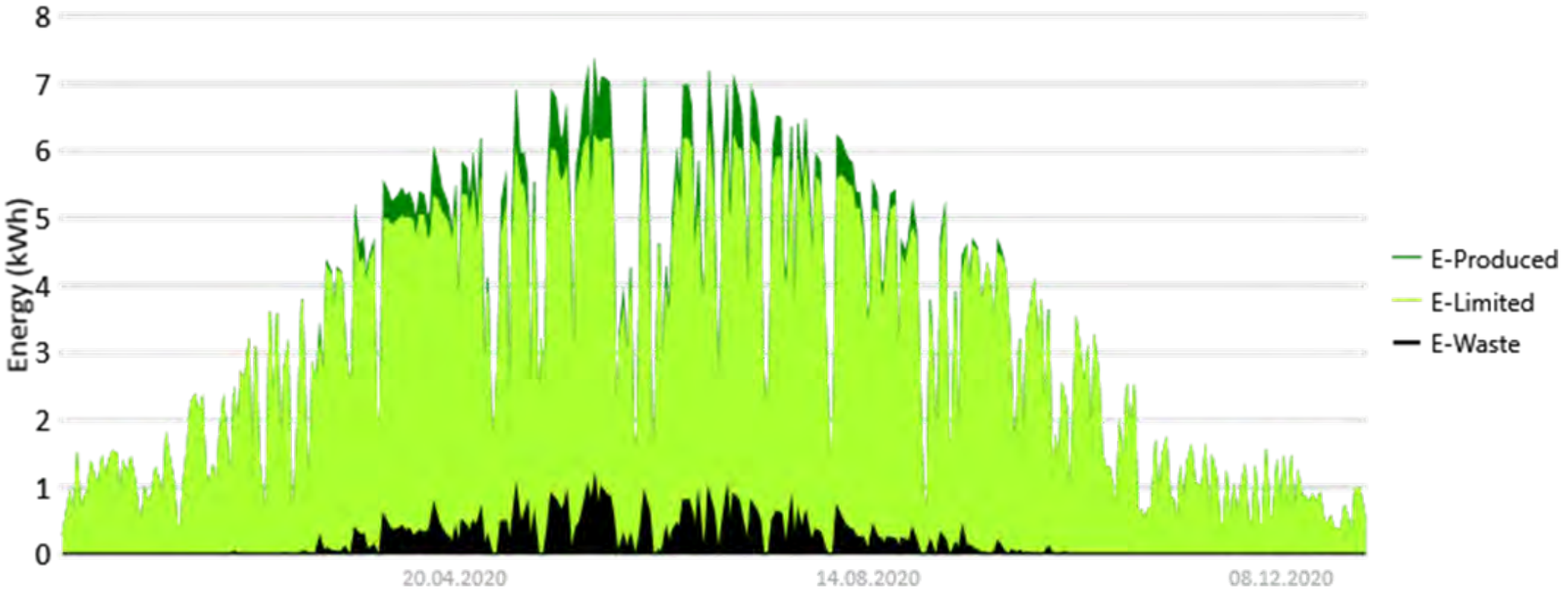
Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

- DC-Generator: 39.42 kWp
- kWp = STC nach Datenblatt
- Statische Leistungsbegrenzung

- WR-Leistung: 30.0 kVA

- Max. Einspeiseleistung am WR-Ausgang: **23 kVA**
  (SR parametriert: 58%)

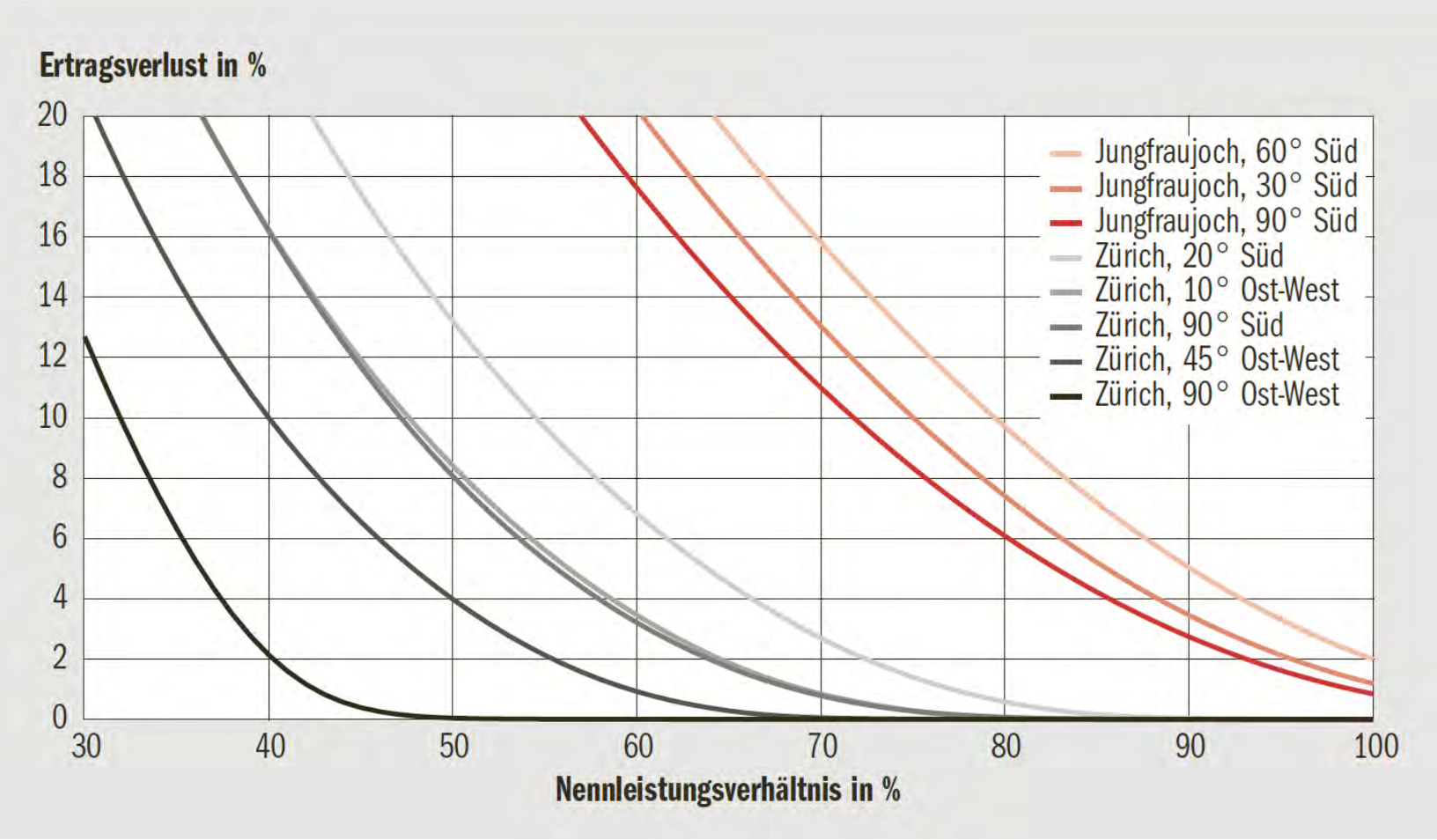
Lösungsmöglichkeit statische Wirkleistungsbegrenzung



Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

- Ertragsverlust (schwarze Fläche) (Simulationsresultat Beispiel)
  - 5.04 % der Jahresenergie

Verlust durch Wirkleistungsbegrenzung oder -regelung I



- Abhängigkeit
  - Standort
  - Ausrichtung
  - Neigung
- Faustformel
  - ~3 % Ertragsverlust bei einer Begrenzung auf einen SR von 70%

$SR = P_{WR,nom} / P_{DC,STC}$

Verlust durch Wirkleistungsbegrenzung oder -regelung II

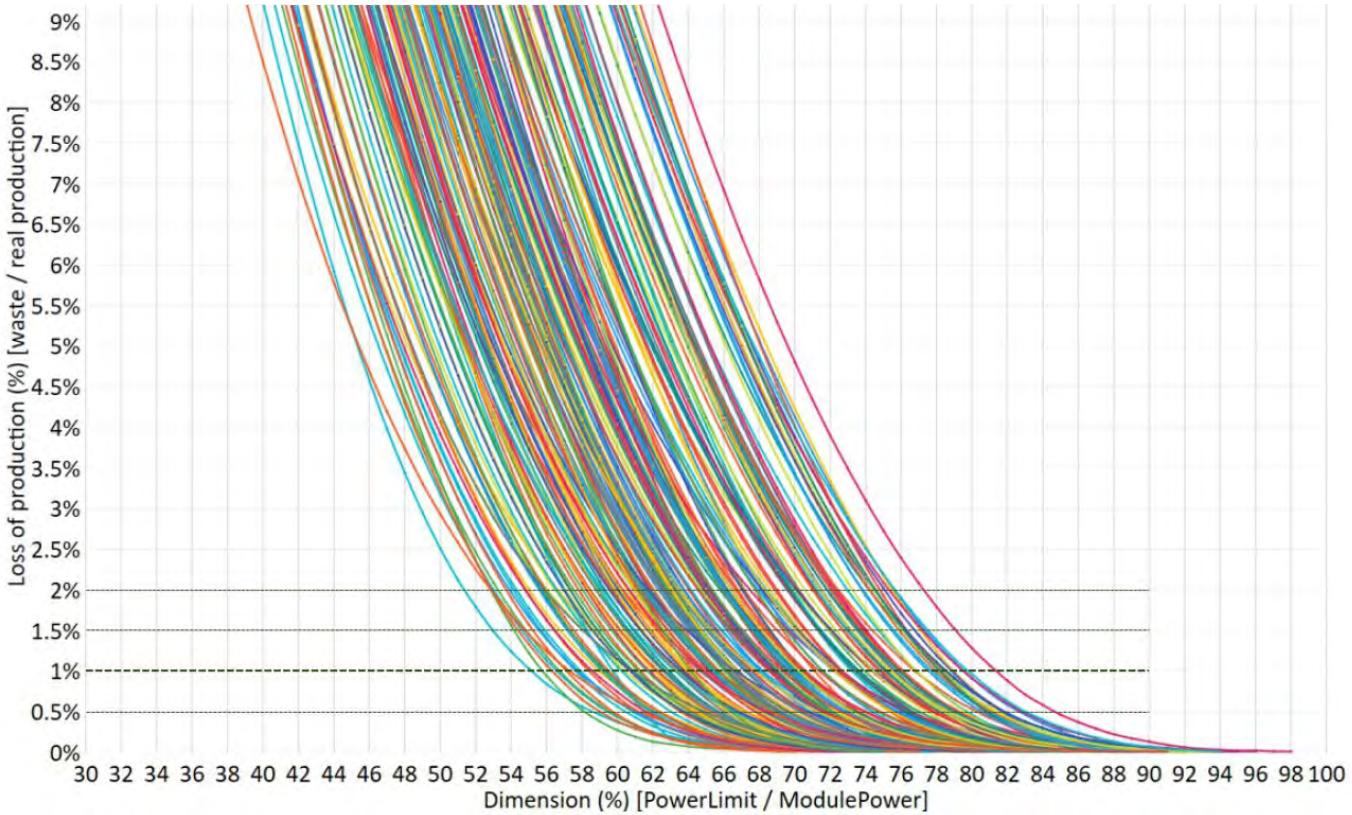


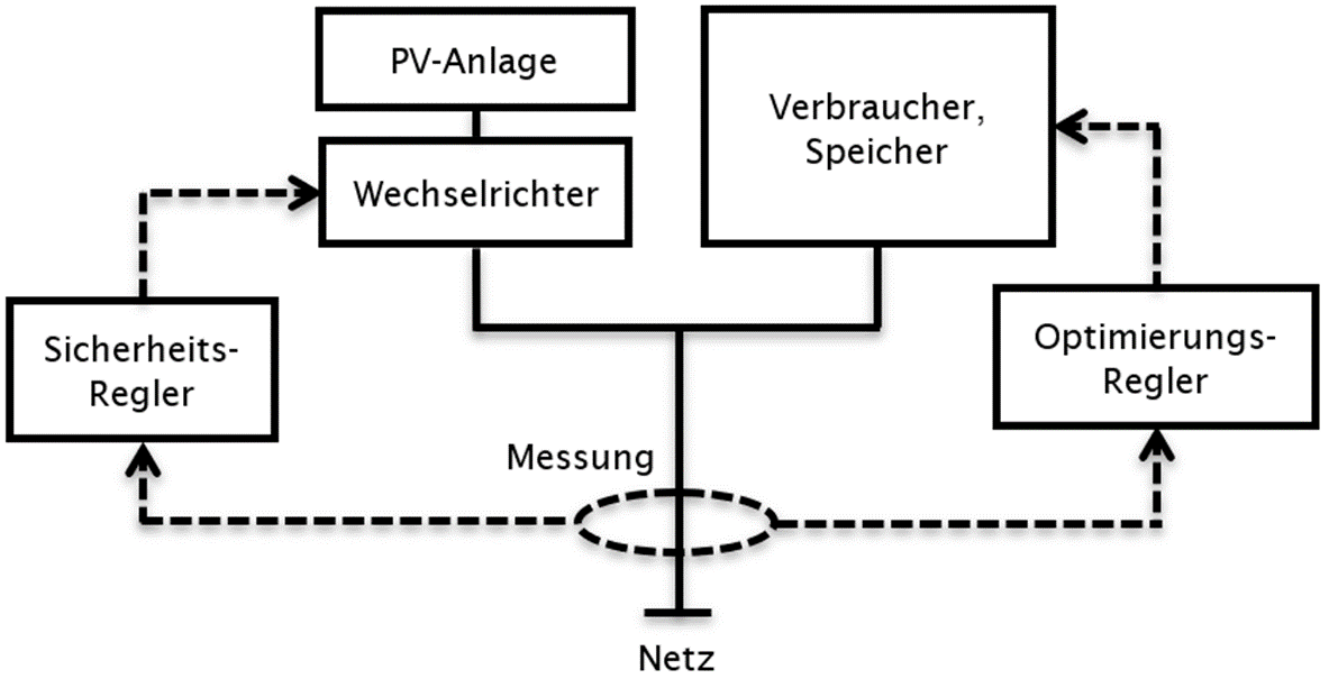
Abb. 4: Leistungsbegrenzungs-Charakteristiken von 185 Photovoltaikanlagen über alle verfügbaren Jahre.

Quelle: Lars Huber

- Vergleich reeller PV-Anlagen
- 185 Anlagen im Mittelland
- Ansatz: Statische Leistungsbegrenzung
- Graphik
  - 185 Einzelkurven
  - Steile Südanlagen eher rechts
  - Ost-West-Anlagen eher links
- Quelle: Diplomarbeit Lars Huber

- Fazit: Mit dynamischer Wirkleistungsregelung wird's nur noch besser

Einspeisewirkleistung P dynamisch regeln



Quelle: BFH PV-Lab

Wirkleistung am Anschlusspunkt mit «Home Manager» oder «Plant Controller» regeln

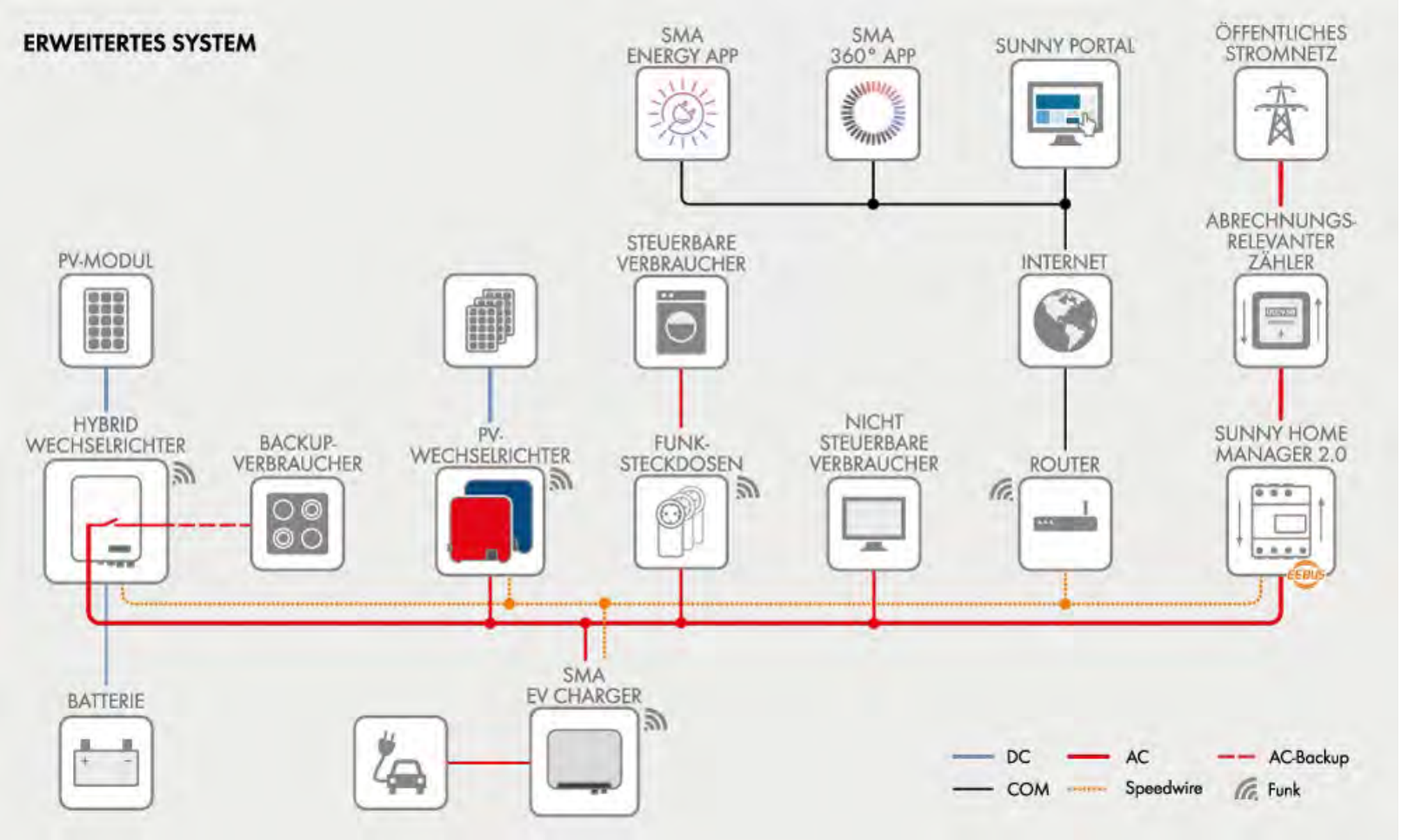
- Lastflussabhängig
- Eigenverbrauchsabhängig

Notwendigkeit: Energiezähler

- Kenntnis über den Leistungsaustausch mit den Netz

- Herausforderung
  - Ausfall der Steuerung (Fallback)

Einspeisewirkleistung P dynamisch regeln



Home Manager

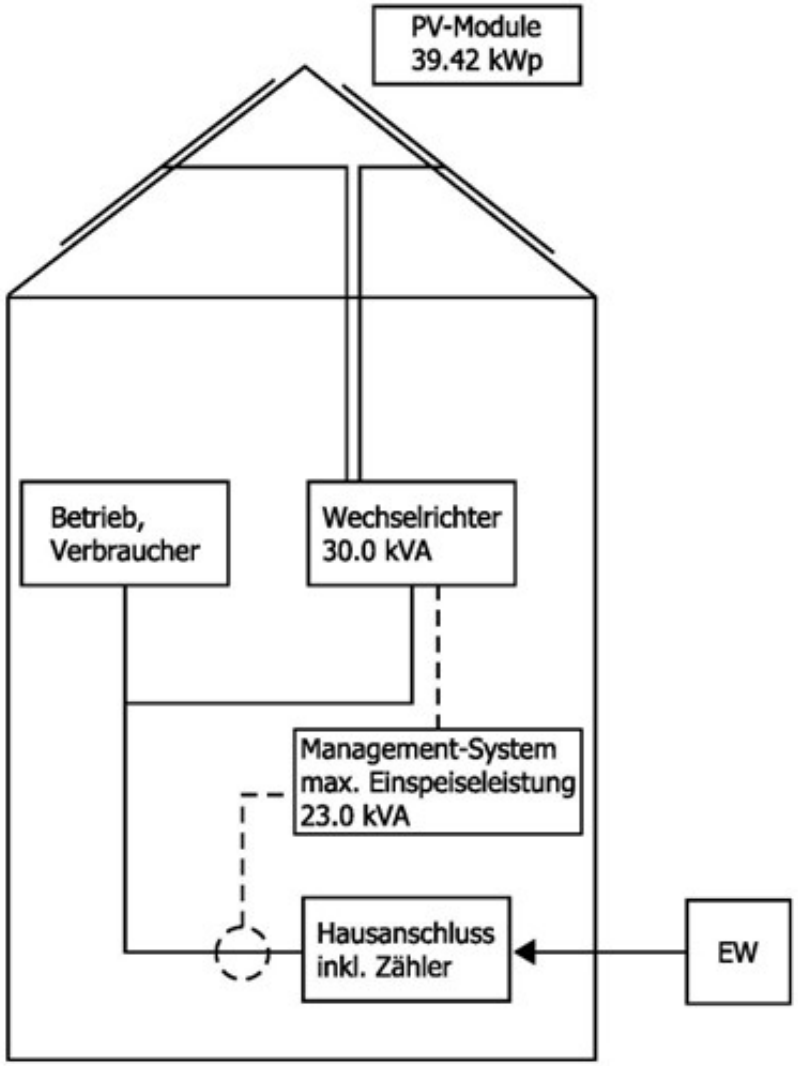
=

Eigenverbrauchs-optimierungslösung

inkl.
Fehlerfallparametrierung

Quelle: SMA

Lösungsmöglichkeit dynamische Wirkleistungsregelung

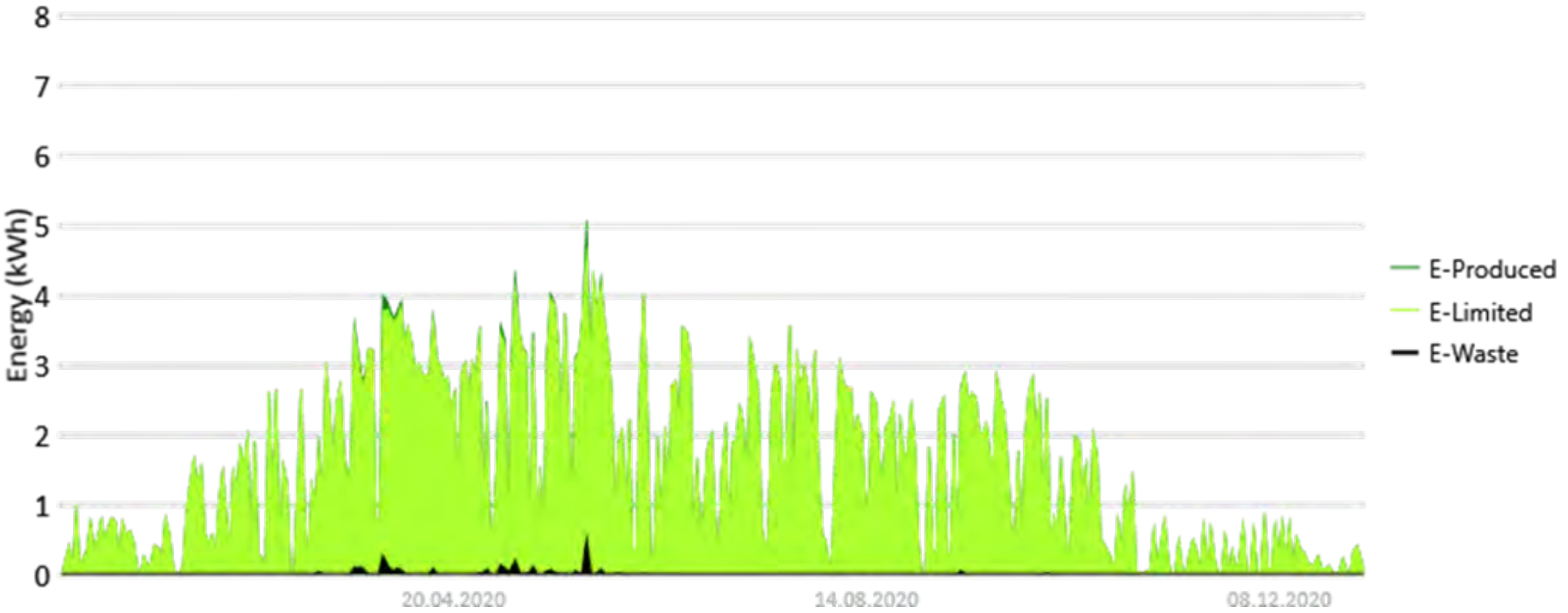


Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

- DC-Generator: 39.42 kWp
- kWp = STC nach Datenblatt
- Dynamische Leistungsbegrenzung

- WR-Leistung: 30.0 kVA
- Max. Einspeiseleistung am Anschlusspunkt: **23 kVA**
  (SR parametriert: 58%)

Lösungsmöglichkeit dynamische Wirkleistungsregelung



Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

- Ertragsverlust (schwarze Fläche) (Simulationsresultat Beispiel)
  - <1 % der Jahresenergie

- Praxisbeispiel dynamische Wirkleistungsregelung

Praxisbeispiel dynamische Wirkleistungsregelung

Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

Herausforderung

- Bereits viel PV im selben Trafokreis
- Lange Zuleitung
- Teurer Netzausbau wäre notwendig gewesen für Voll-Einspeisung

Komponente	Technische Details
Wechselrichter-Nennleistung	2 * 15.0 kVA = 30.0 kVA
Modul-Peak-Leistung	108 Module * 365 Wp = 39.42 kWp
Ausrichtung der Dachflächen	Süd-Ost und Nord-West
Modulneigung	15°
Dynmaische LB	Installiert, anhand vom Fronius-System
Maximale Einspeiseleistung ins CKW-Netz	23.0 kVA
Standort	Landwirtschafts-Betrieb
Jahresbedarf an elektrischer Energie	74'000 kWh/a

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Kenndaten Praxisbeispiel

- Dimensionierungsverhältnis (Sizing Ratio)

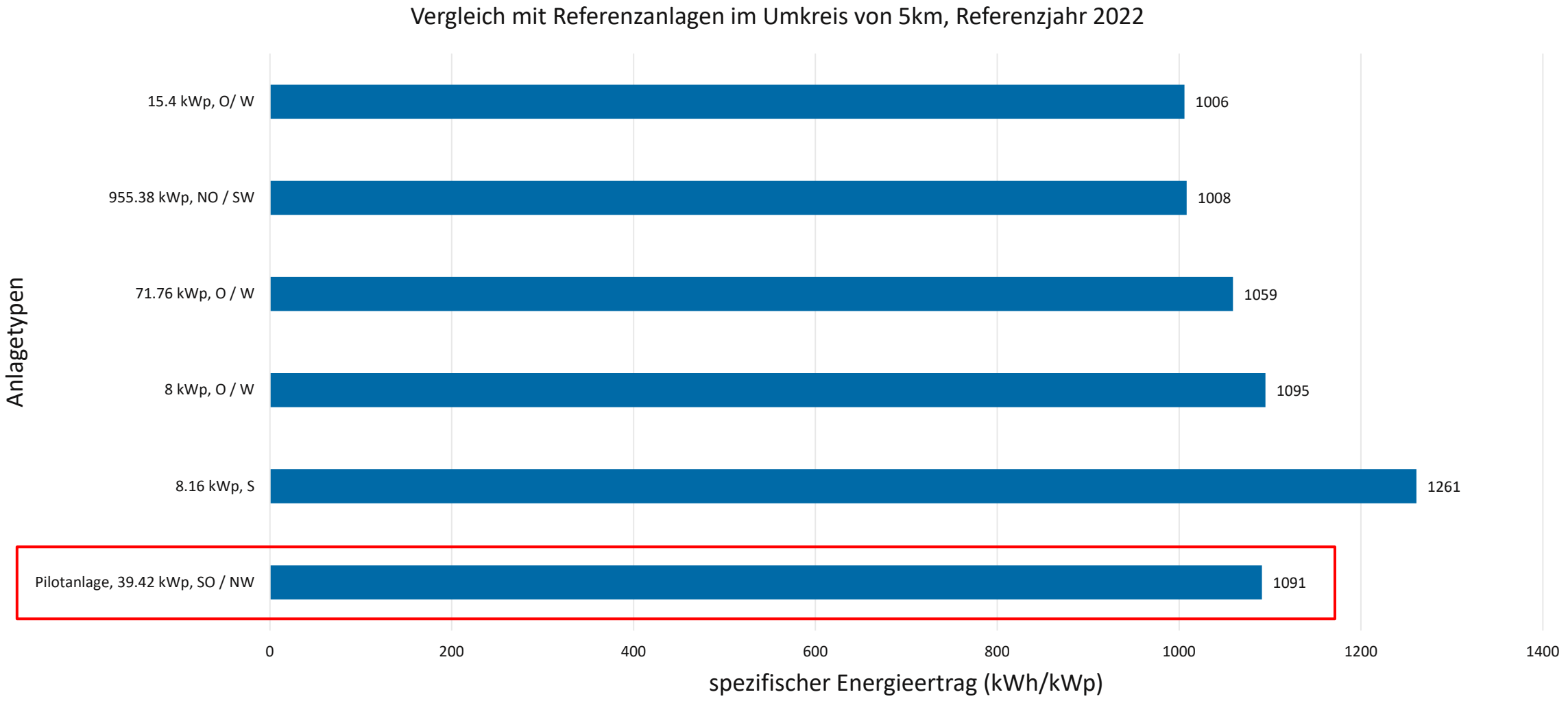
$$SR = \frac{P_{AC,N}}{P_{DC,STC}}$$

- PV-Generator **39.42 kWp**
- Wechselrichter-Leistung entspricht **30 kVA** (SR: 75%)
- Maximal erlaubte Einspeiseleistung bei **23 kVA**
  - Parametriert in Wechselrichter **22.5 kVA** (SR parametriert: 57%)

- Geschätzter Ertragsverlust: 0.16% der Jahresenergie (Sollproduktion simuliert)

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Praxisbeispiel im Performance-Vergleich

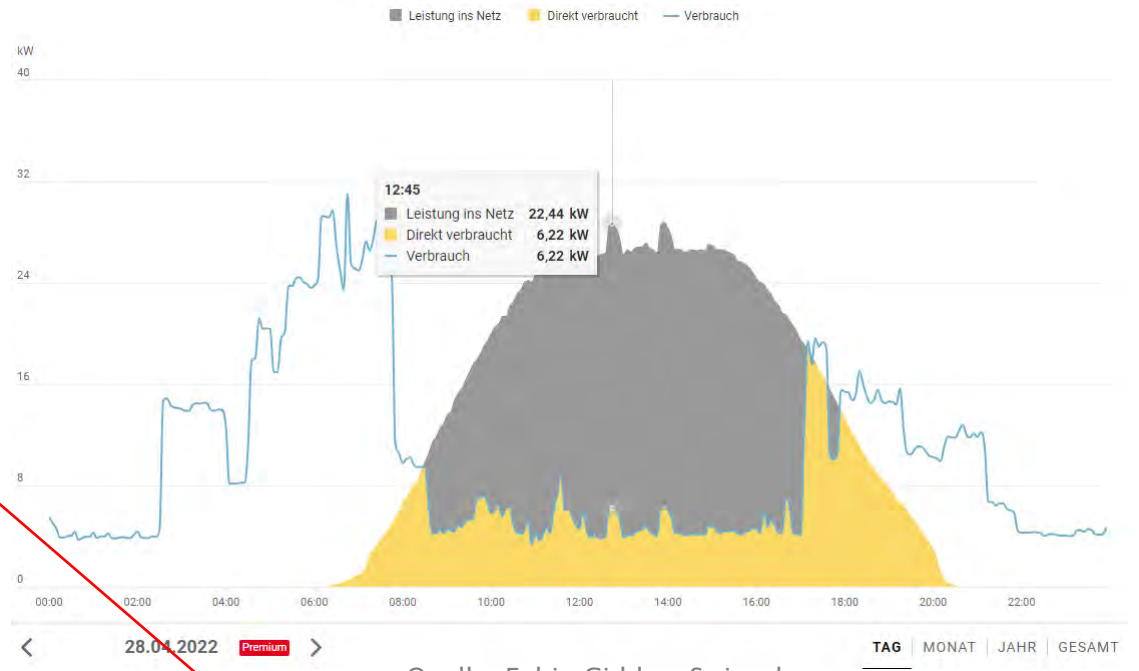


Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Funktionsplausibilisierung mit Smart Meter

- Kontrolle mit SmartMeter Daten (15min-Werte)

Datum	Zeit	Energie (kWh)	Leistung (kW)
28.04.2022	12:00:00	5.60	22.41
28.04.2022	12:15:00	5.73	22.90
28.04.2022	12:30:00	5.62	22.49
28.04.2022	12:45:00	5.63	**22.54**
28.04.2022	13:00:00	5.65	22.62
28.04.2022	13:15:00	5.66	22.64
28.04.2022	13:30:00	5.66	22.65



Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

- Maximal erlaubte Einspeiseleistung bei **23 kVA** (57%)
  - Parametriert in Wechselrichter **22.5 kVA** (56%)

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Fallback bei Kommunikationsunterbruch

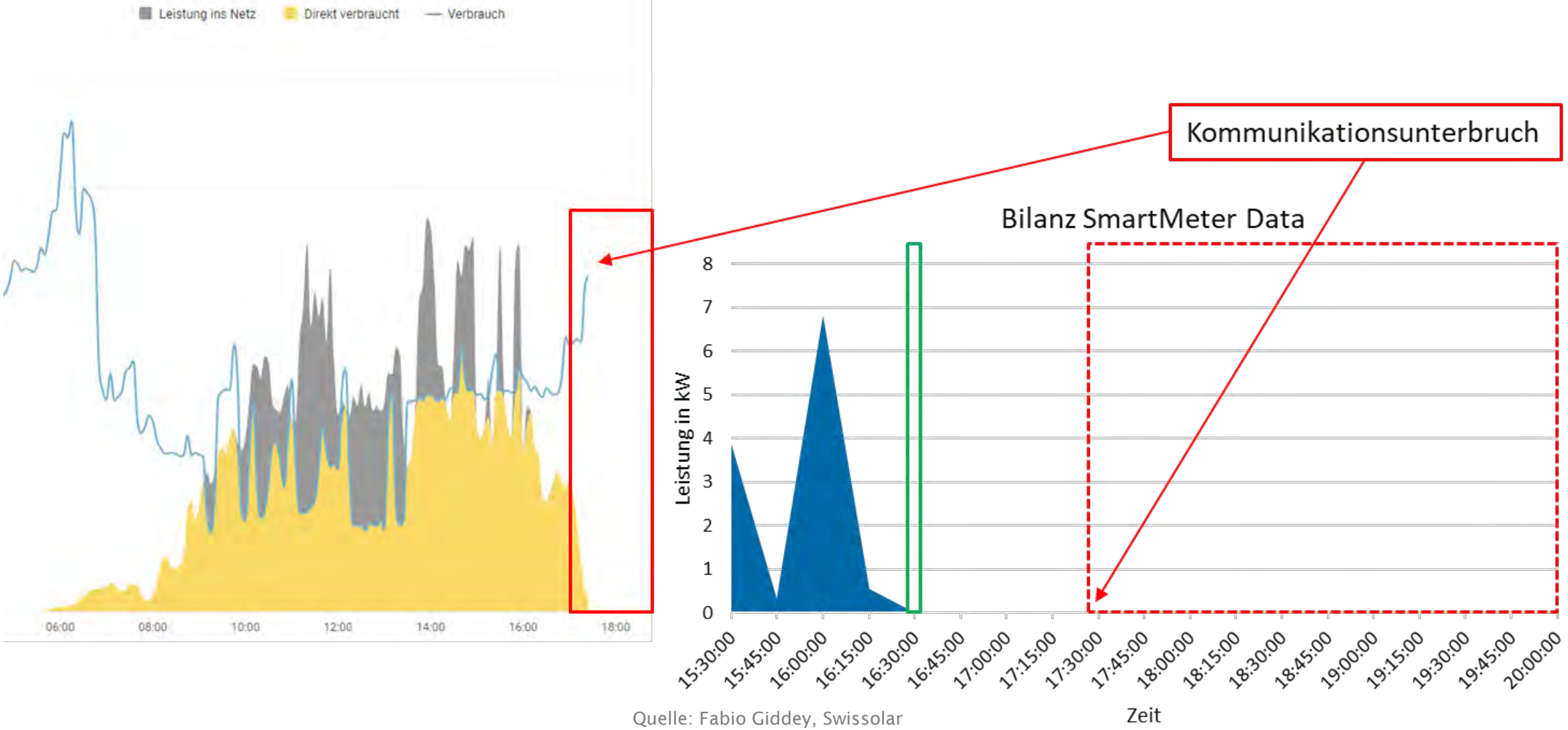
- Was passiert wenn die Kommunikation unterbrochen wird?
  - Tritt in der Praxis selten auf
  - Muss in jedem Fall beachtet werden

  - **Variante 1: Null-Produktion**
    - 0 kVA Wechselrichter-Leistung (Fall Praxisbeispiel)

  - **Variante 2: Fallback-Leistung**
    - Parametrierung von einer fixen Wechselrichter-Leistung

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

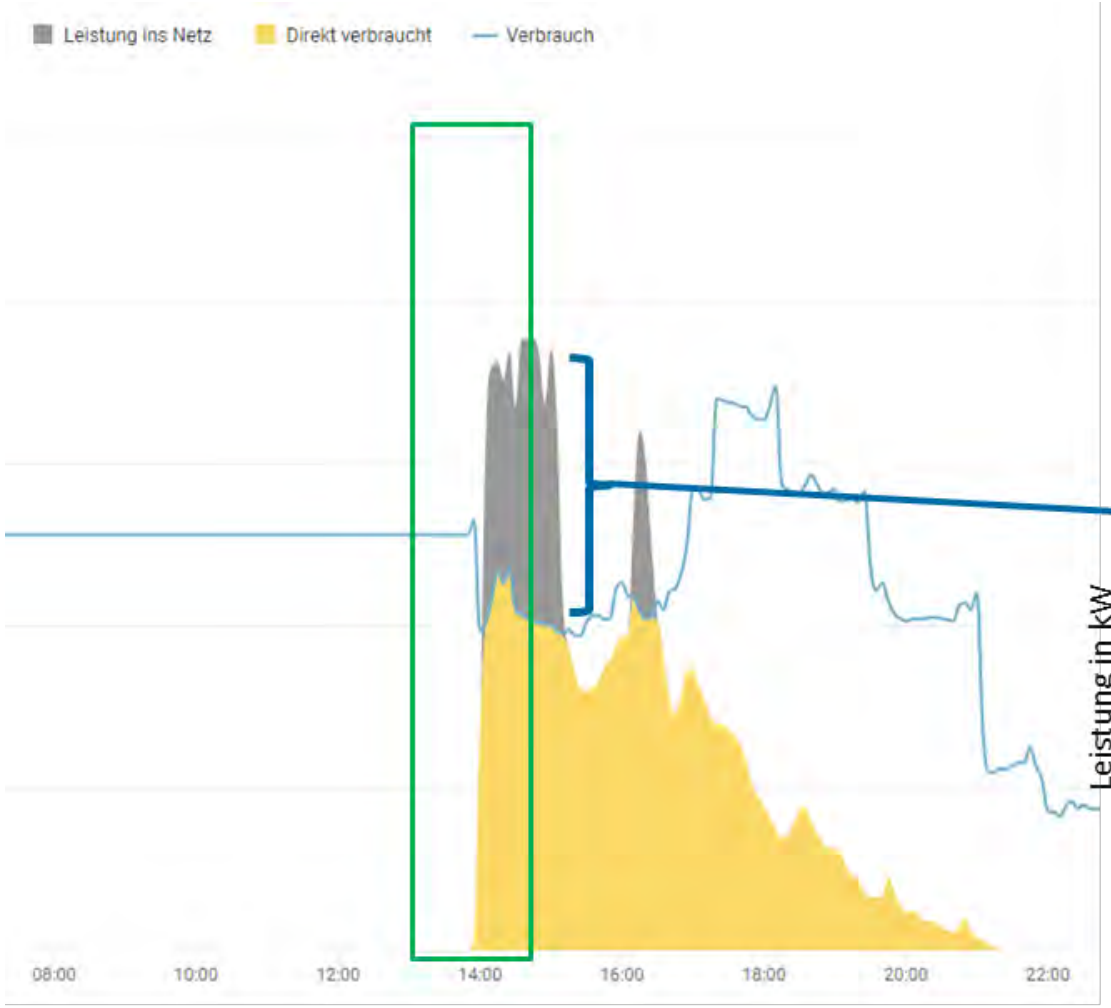
Null-Produktion bei Kommunikationsunterbruch (Tag 1)

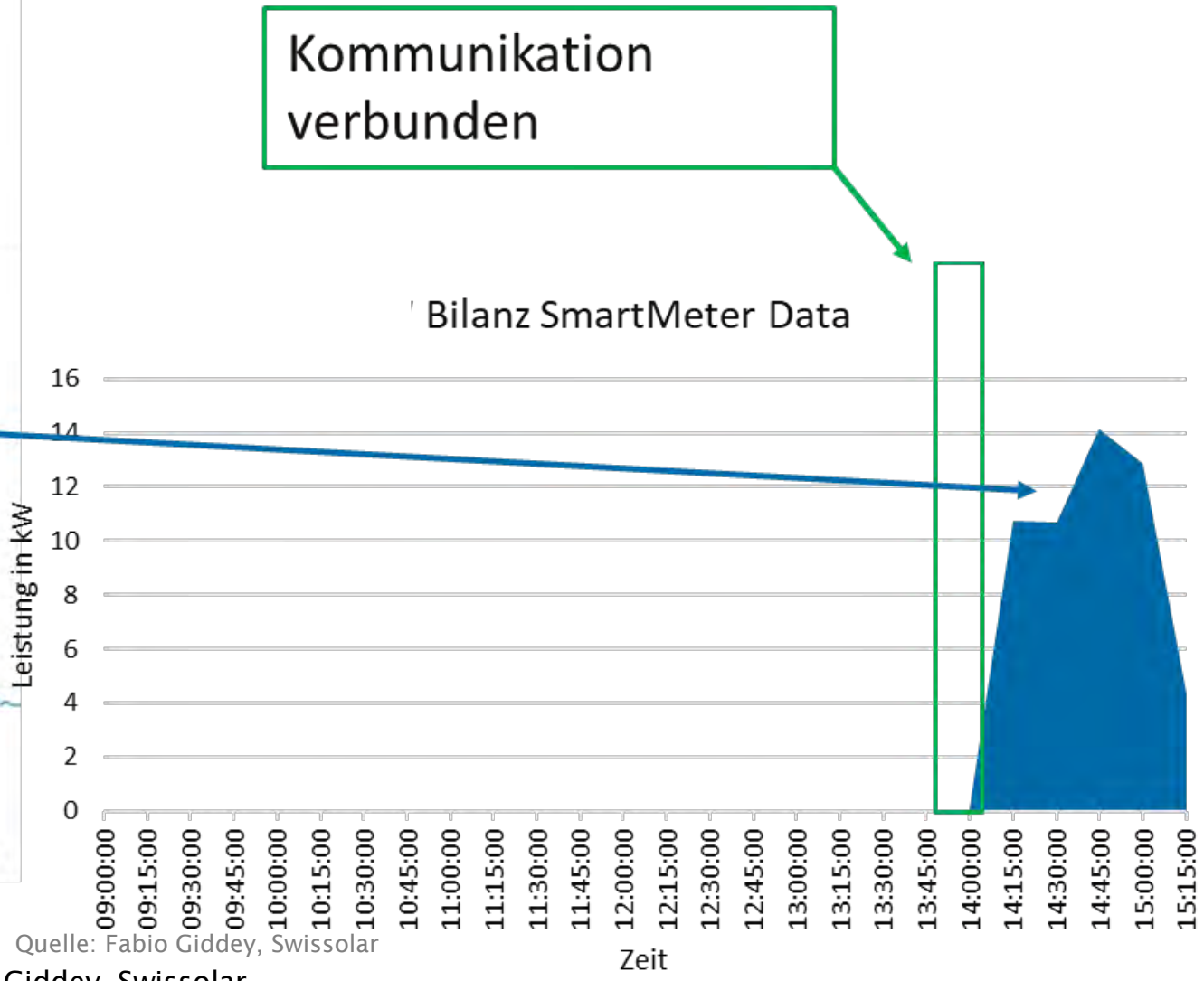


Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Null-Produktion bei Kommunikationsunterbruch (Tag 2)





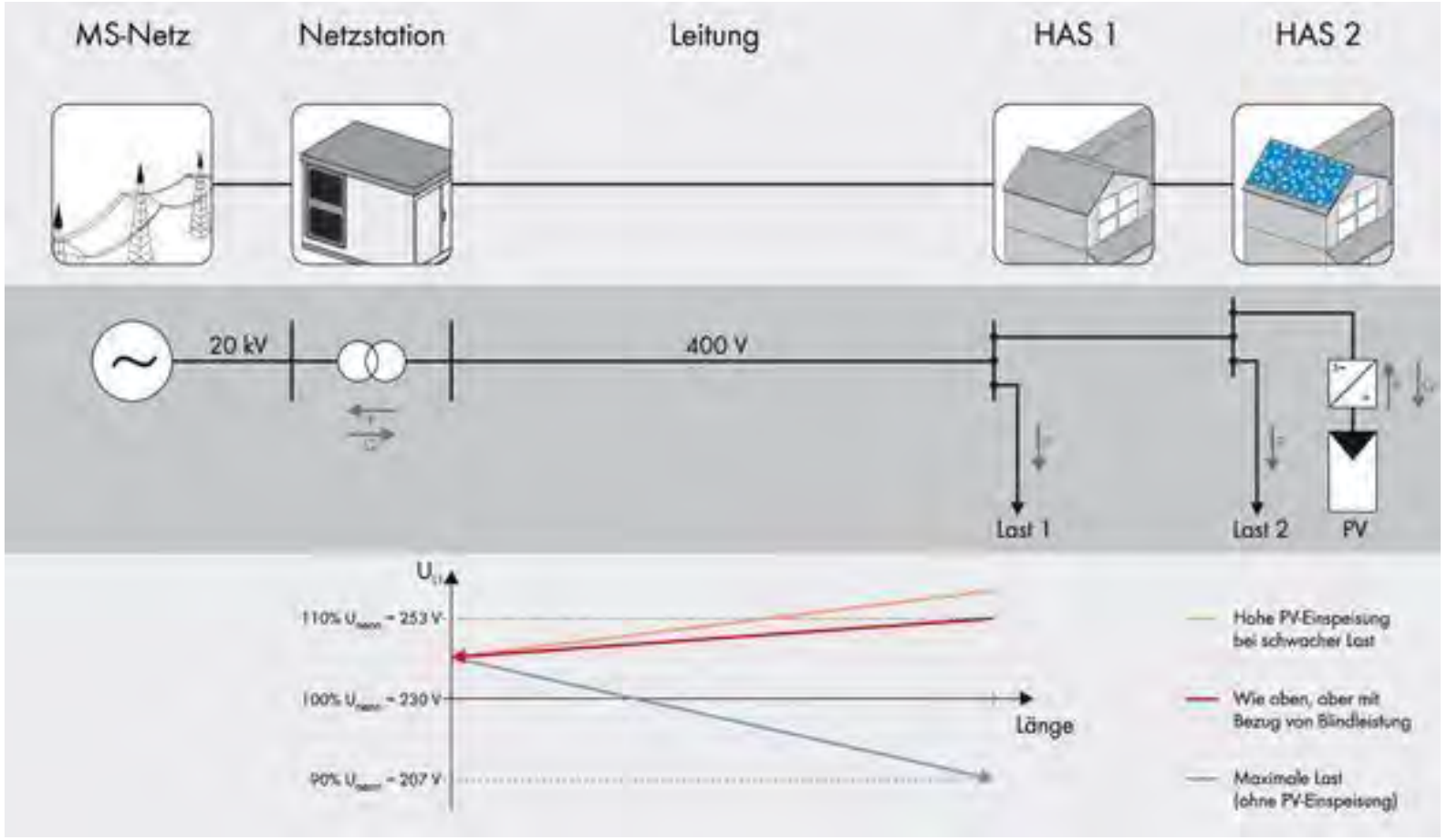
Quelle: Fabio Giddey, Swissolar

Praxisbeispiel aufgearbeitet und zur Verfügung gestellt von Fabio Giddey, Swissolar

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Spannungshaltung mit PV-Wechselrichtern

Spannungsqualitätsverletzung



https://www.sma.de/partner/pv-netzintegration/vde-anwendungsregel-4105.html

- **Netzbezug**: Spannung sinkt mit zunehmender Distanz des Verbrauchers vom Transformator.
- **Einspeisung**: Spannung steigt mit zunehmender Distanz des Produzenten vom Transformator.

Spannungsqualitätsverletzung

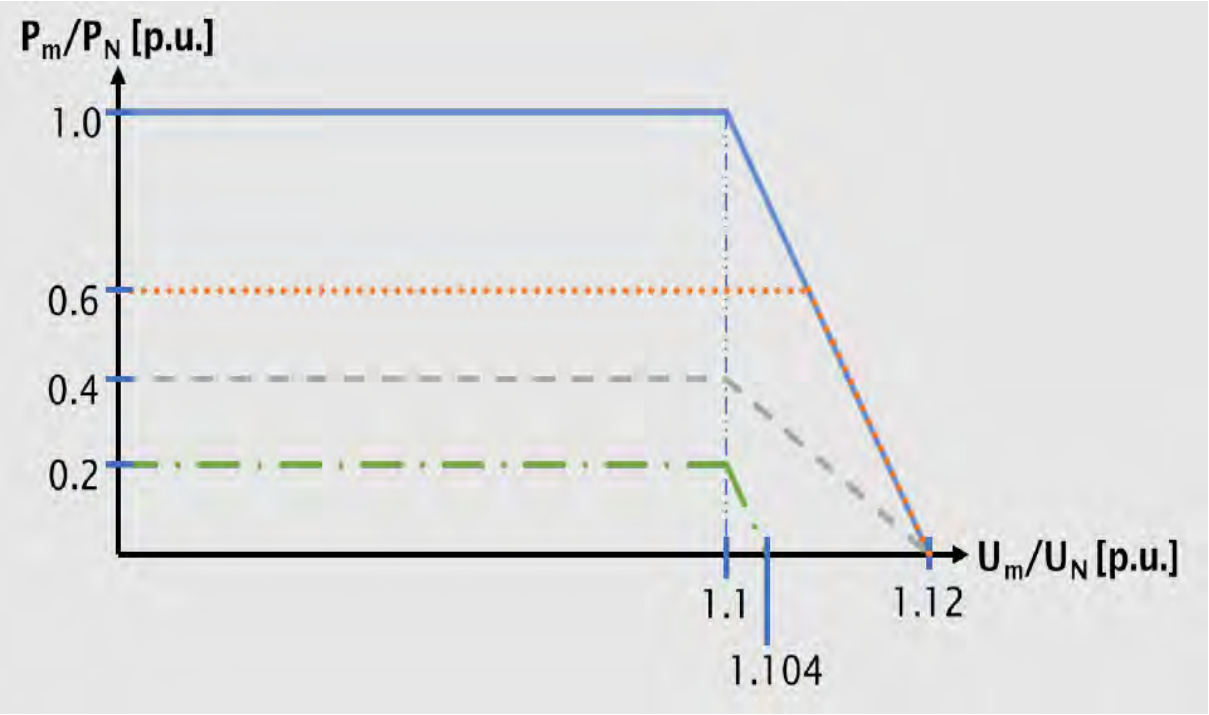
- Problematik
  - Spannungserhöhung aufgrund dezentraler Einspeisung kann obere Schwelle für den Netzbetrieb übersteigen (CH NE 7: langfristig U > 110% U_n)
  - Schäden bei Netzanschlussnehmern können möglich werden -> Haftungsfrage
  - Verteilnetzbetreiber ist zuständig für Einhaltung der Grenzwerte
  - Sachverhalt wird in den TAGs beurteilt nach den «Technischen Regeln für die Beurteilung von Netzrückwirkungen» (D-A-CH-CZ)

Massnahmen zur Spannungsbegrenzung

- Massnahmen (auf Anlagenebene) (Statische Netzstützung)
  - Einspeisewirkleistung P einstellen *
  - **Einspeisewirkleistung dynamisch regeln P(U)**
  - Einspeiseblindleistung Q einstellen *
  - **Einspeiseblindleistung dynamisch regeln Q(U)** / cos(phi)(U) / cos(phi)(P)
  - Leistungsfaktor cos(phi) *
  - …

* dezentral fix oder ferngesteuert (u.a. von VNB), auch nach Terminplan möglich

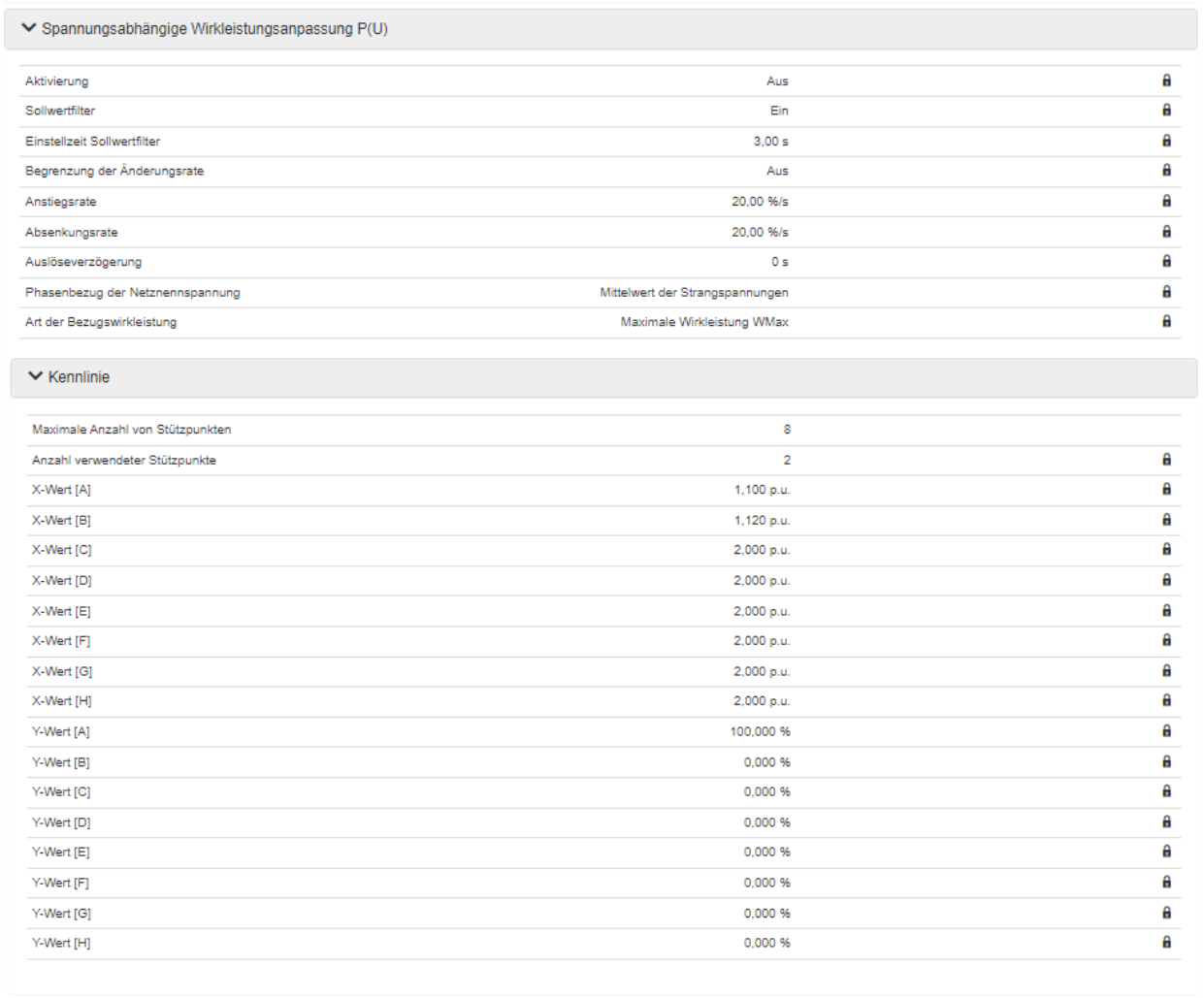
Einspeisewirkleistung dynamisch regeln P(U)



- Wechselrichter speist Wirkleistung P gemäss einer programmierten Kennlinie ins Netz ein
- Verschiedene Kennlinientypen wählbar
- Regelung in Abhängigkeit der Bezugsspannung
- Spannungsmessung im Wechselrichter (meistens) oder am Anschlusspunkt

- Spannungsabhängige Wirkleistungsregelung P(U)

Einstellungsbeispiel P(U) SMA Sunny Tripower (Webserver)



Spannungsabhängige Wirkleistungsanpassung P(U)

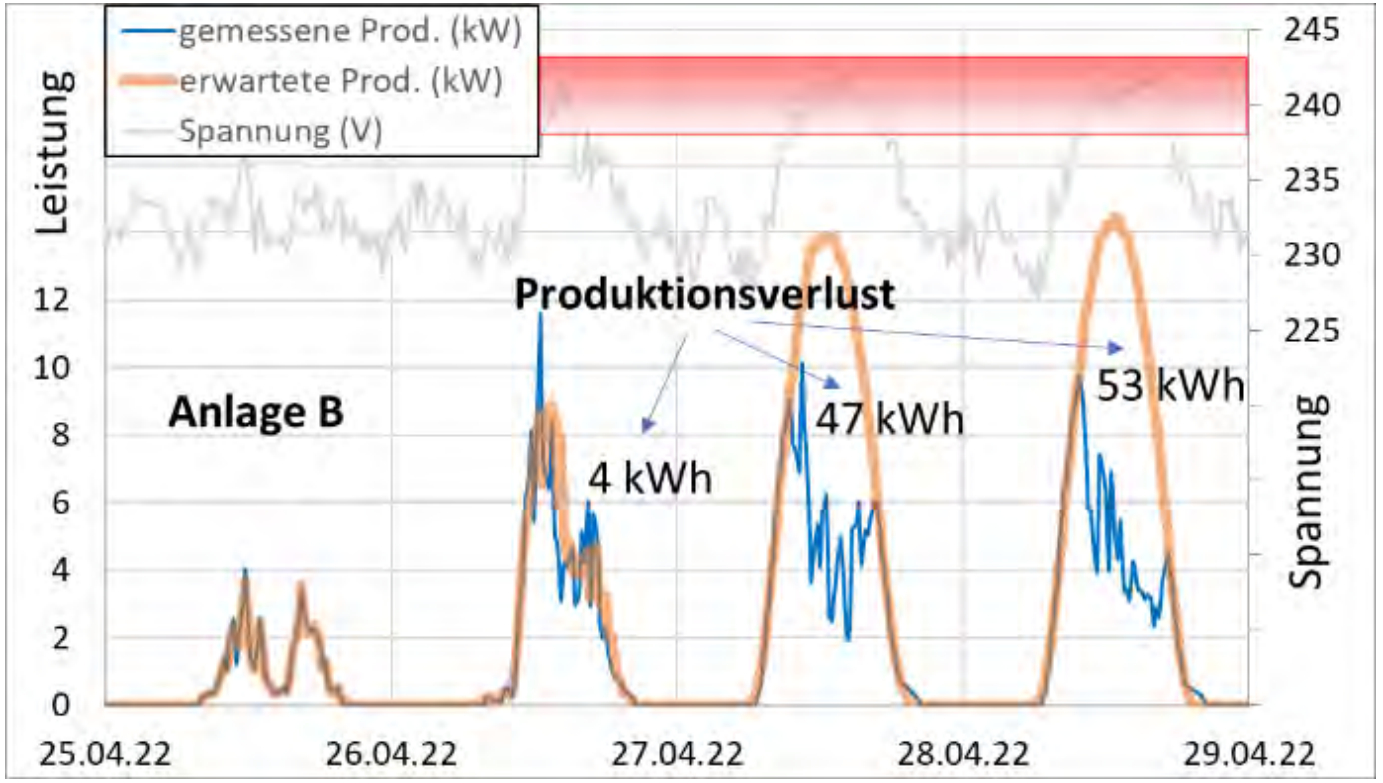
Aktivierung	Aus
Sollwertfilter	Ein
Einstellzeit Sollwertfilter	3,00 s
Begrenzung der Änderungsrate	Aus
Anstiegsrate	20,00 %/s
Absenkungsrate	20,00 %/s
Auslöseverzögerung	0 s
Phasenbezug der Netznennspannung	Mittelwert der Strangspannungen
Art der Bezugswirkleistung	Maximale Wirkleistung WMax

Kennlinie

Maximale Anzahl von Stützpunkten	8
Anzahl verwendeter Stützpunkte	2
X-Wert [A]	1,100 p.u.
X-Wert [B]	1,120 p.u.
X-Wert [C]	2,000 p.u.
X-Wert [D]	2,000 p.u.
X-Wert [E]	2,000 p.u.
X-Wert [F]	2,000 p.u.
X-Wert [G]	2,000 p.u.
X-Wert [H]	2,000 p.u.
Y-Wert [A]	100,000 %
Y-Wert [B]	0,000 %
Y-Wert [C]	0,000 %
Y-Wert [D]	0,000 %
Y-Wert [E]	0,000 %
Y-Wert [F]	0,000 %
Y-Wert [G]	0,000 %
Y-Wert [H]	0,000 %

- Via Access Point auf Webserver zugreifen
- Anmelden als Installateur
- Eingabe SMA Grid Guard Code
- Geräteparameter bearbeiten
- In «Anlagen- und Gerätesteuerung» «Spannungsabhängige Wirkleistungsanpassung»
- Kennlinie und Parameter editieren
- Funktion aktivieren

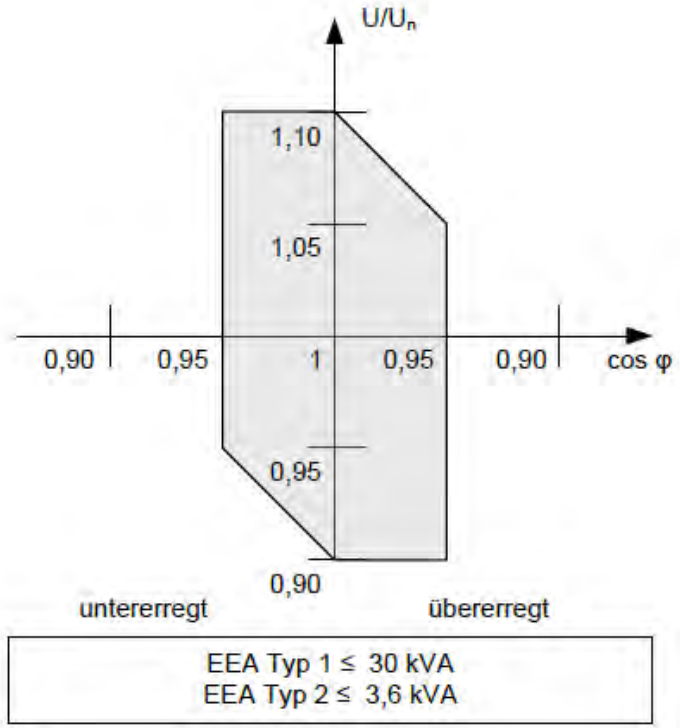
P(U) genauer betrachtet

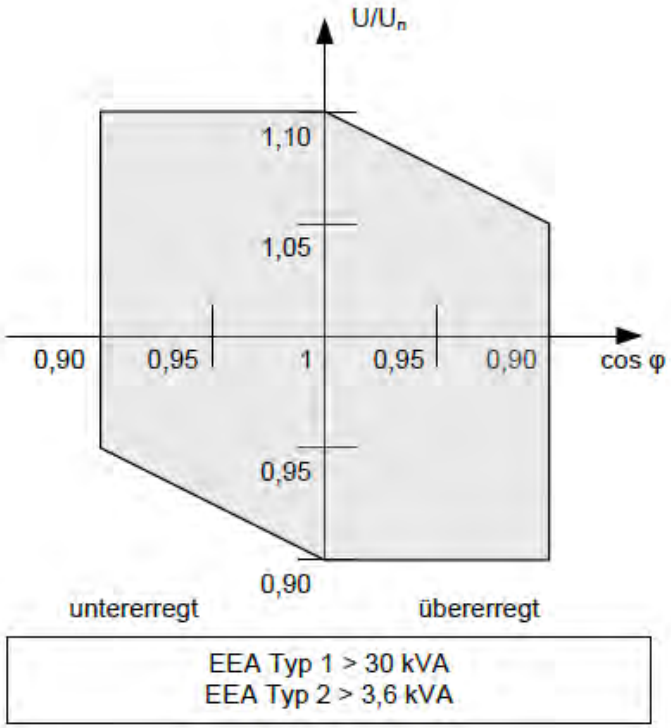


Quelle: Peter Cuony, Groupe E

- P(U) wird aktiv, wenn Spannung am Wechselrichter Schwellwert erreicht/übersteigt
- P(U) wirkt nur, wenn nötig
- Netzsituation hat Einfluss auf Regelung
- P(U) arbeitet völlig dezentral und autonom
- Produktionsverlust kann nicht gemessen werden
- P(U) wirkt für (fast) jeden Produzenten unterschiedlich

Vorgaben in den Regelwerken und Empfehlungen





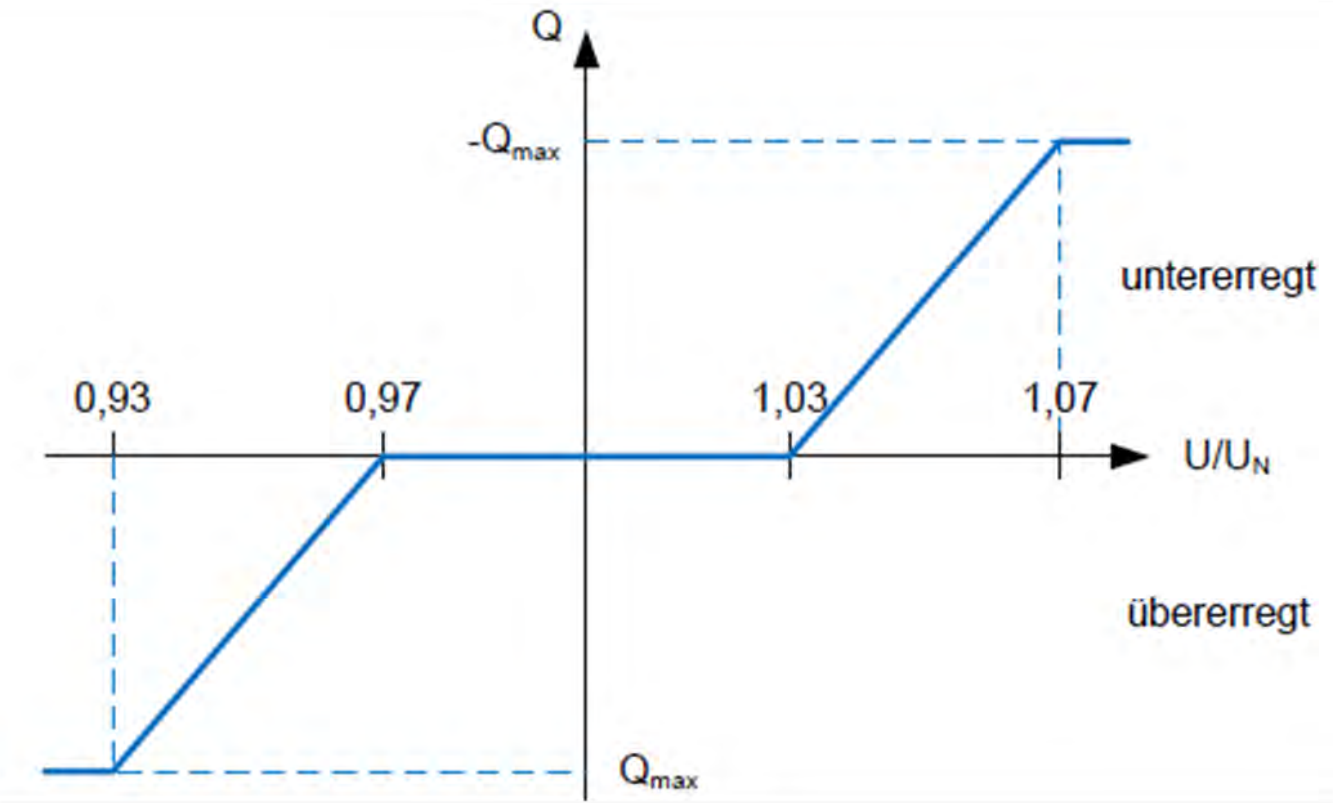
Quelle: VSE

- Gemäss NA/EEA-NE7 müssen PV-Wechselrichter eine Blindleistungsregelung aufweisen
- Standardmässig cos(phi)=1
- VNB kann Vorgaben machen
- So auch für Q(U)

- Anlagengrössenabhängiger Arbeitsbereich

Erzeugerpfeilsystem

Einspeiseblindleistung dynamisch regeln Q(U)

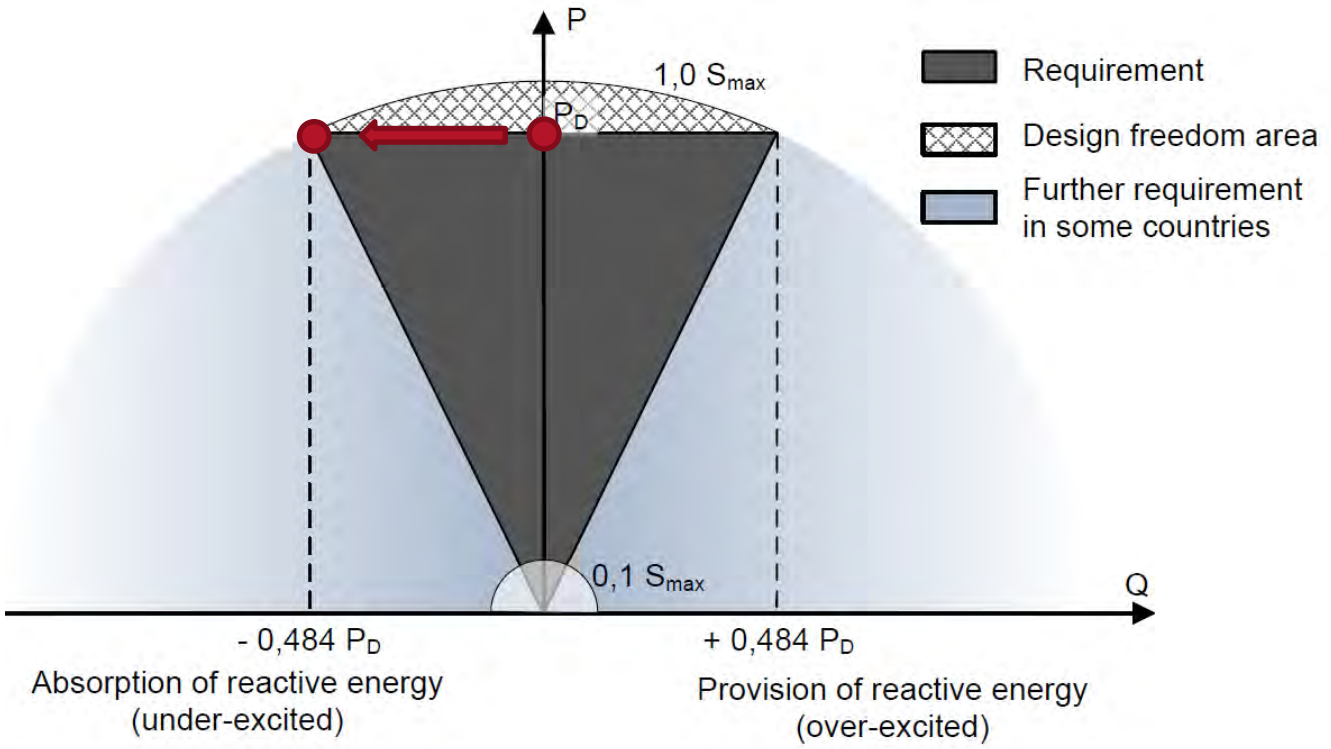


Quelle: VSE

- Wechselrichter speist Blindleistung Q gemäss einer programmierten Kennlinie ins Netz ein oder bezieht diese
- Kennlinienverlauf parametrierbar
- Regelung der Blindleistung Q in Abhängigkeit der Bezugsspannung
- Als Zeitkonstante für die Regelung werden meist 5-10s vorgegeben

Erzeugerpfeilsystem

Funktionsweise Q(U) für Spannungsbegrenzung



Quelle: SN EN 50549-1

- Wechselrichter bezieht Blindleistung zur Senkung der Spannung
- Der WR kann zudem die Scheinleistung erhöhen, um die Wirkleistungseinbusse zu kompensieren

- Grauer Bereich: Minimal Geforderter Arbeitsbereich für Wechselrichter gemäss SN EN 50549-1

Strom-Spannungs-Relation Q(U) zur Spannungsreduktion

- PV-Wechselrichter verschiebt den Phasenwinkel des von ihm eingespeisten Stromes
- Für die Senkung der Spannung wird der Strom nacheilend (lagging) eingespeist.
- Induktives Verhalten
- Der Phasenwinkel wird bis zum einstellten Maximum oder bis zur Ausregelung von Q verschoben

Erzeugerpfeilsystem

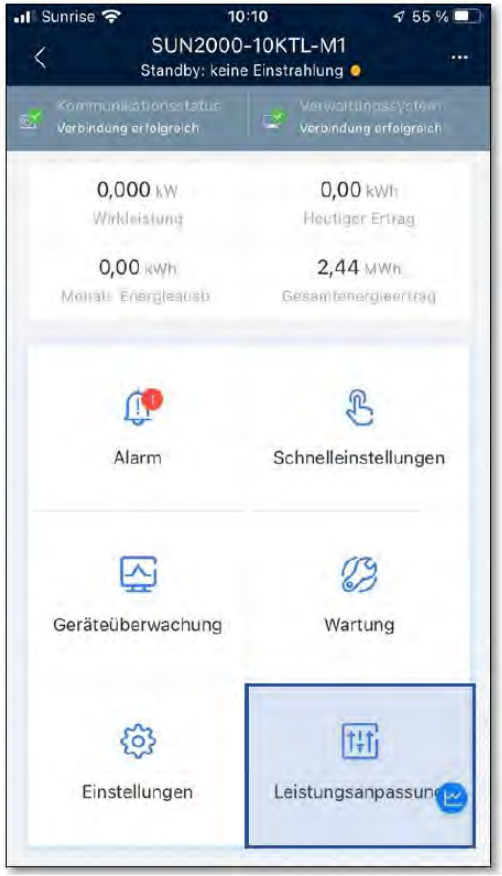
- Spannungsabhängige Blindleistungsregelung Q(U)

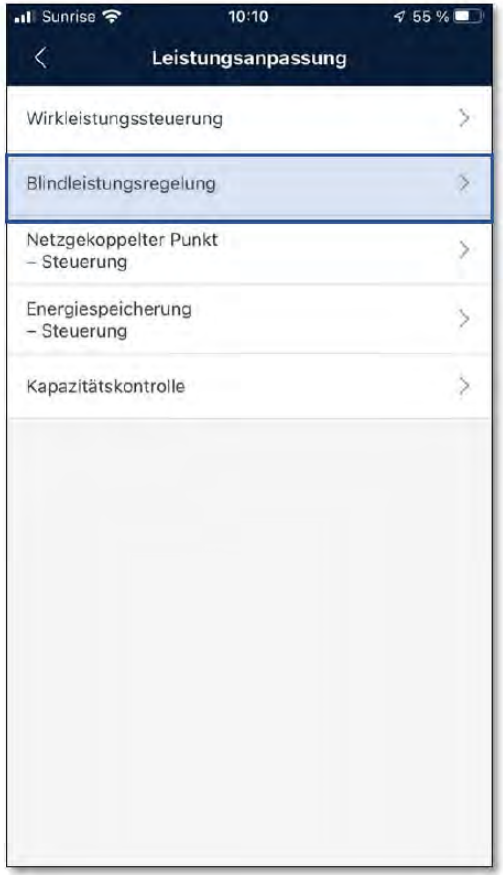
Einstellungsbeispiel Q(U) (Setup-App)

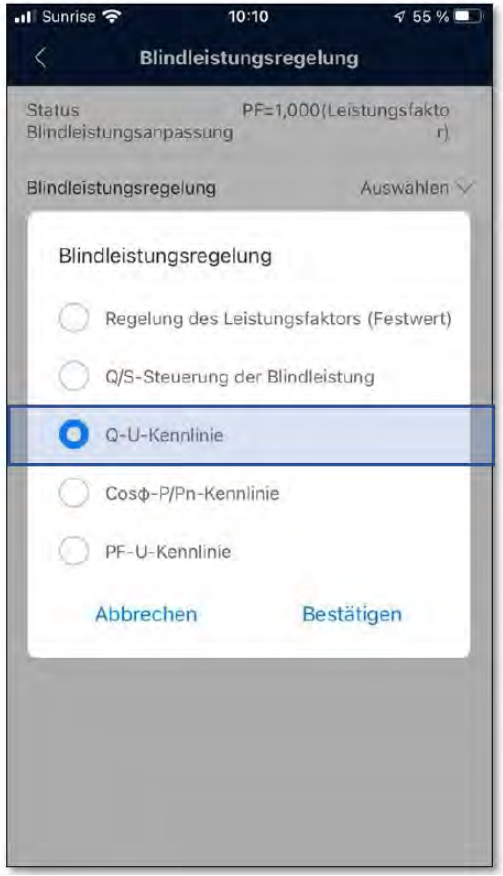
Quelle: Helion

- Vorgabe Netzbetreiber: Weil die Netzspannung zu stark steigen kann, muss cos(phi) bis 0.9 eingestellt werden.
- Q(U) darf verwendet werden
- PV-Anlage mit Huawei-Wechselrichtern
- Wechselrichter werden mit Kennlinie parametriert und die Funktion aktiviert.

Einstellung Blindleistung am WR (1)

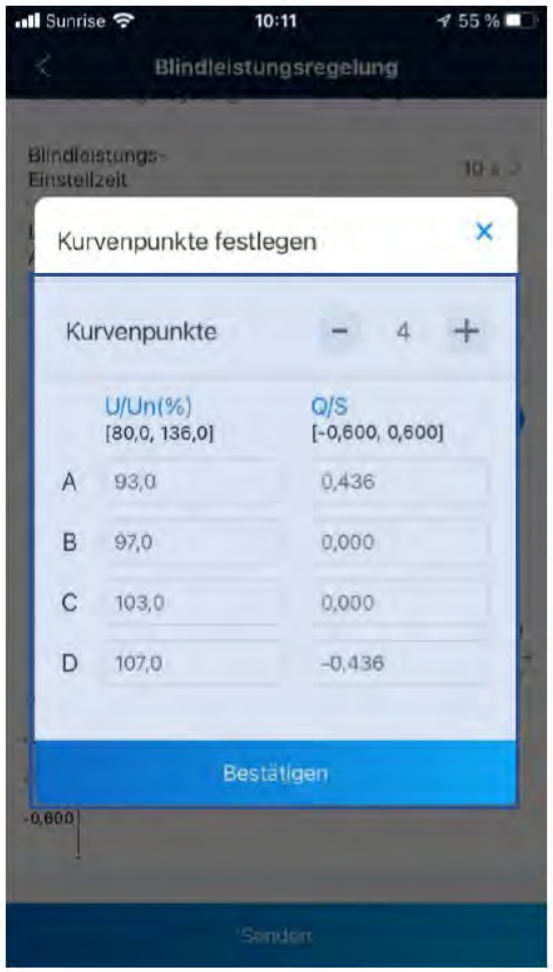


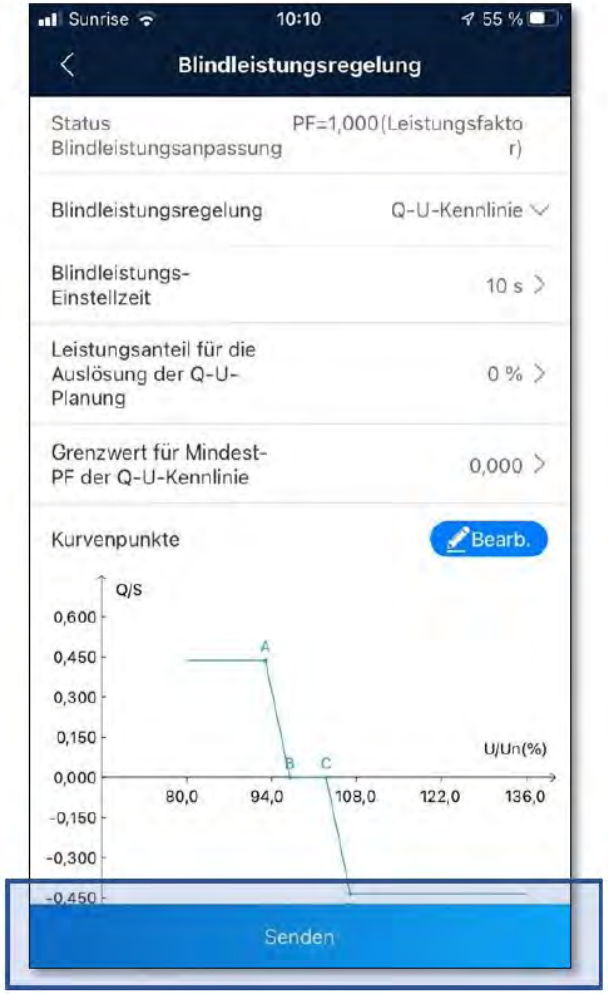


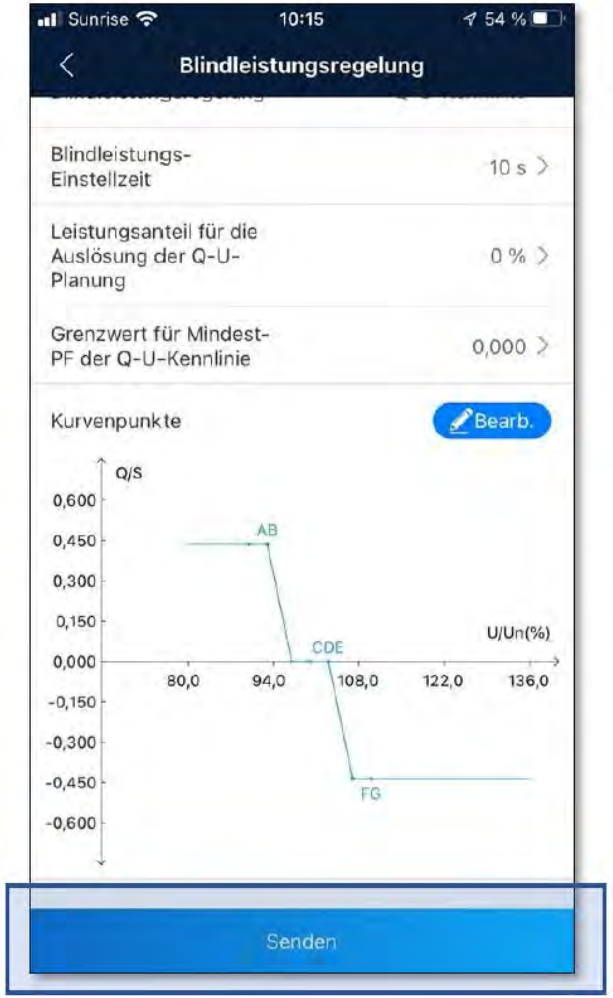


Praxisbeispiel zur Verfügung gestellt von Helion

Einstellung Blindleistung am WR (2)







Praxisbeispiel zur Verfügung gestellt von Helion

Wechselrichter A einer PV-Anlage (4. April, sonnig)

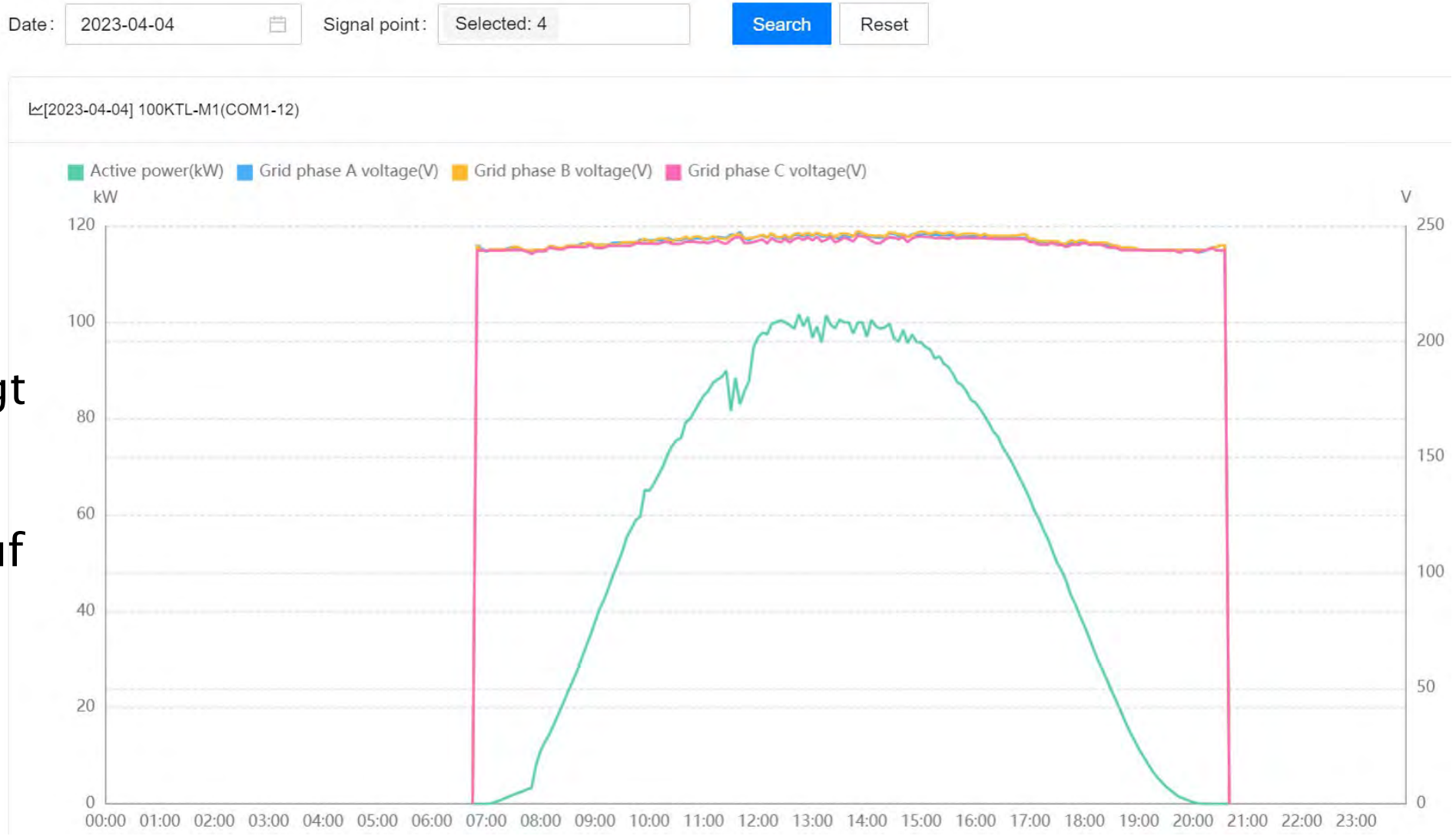
Grün:

- Leistung

Blau/Gelb/Rot:

- Spannung

- Spannung steigt mit der Einspeisung, jedoch nicht auf eine kritische Höhe



Quelle: Helion

Wechselrichter A einer PV-Anlage (4. April, sonnig)

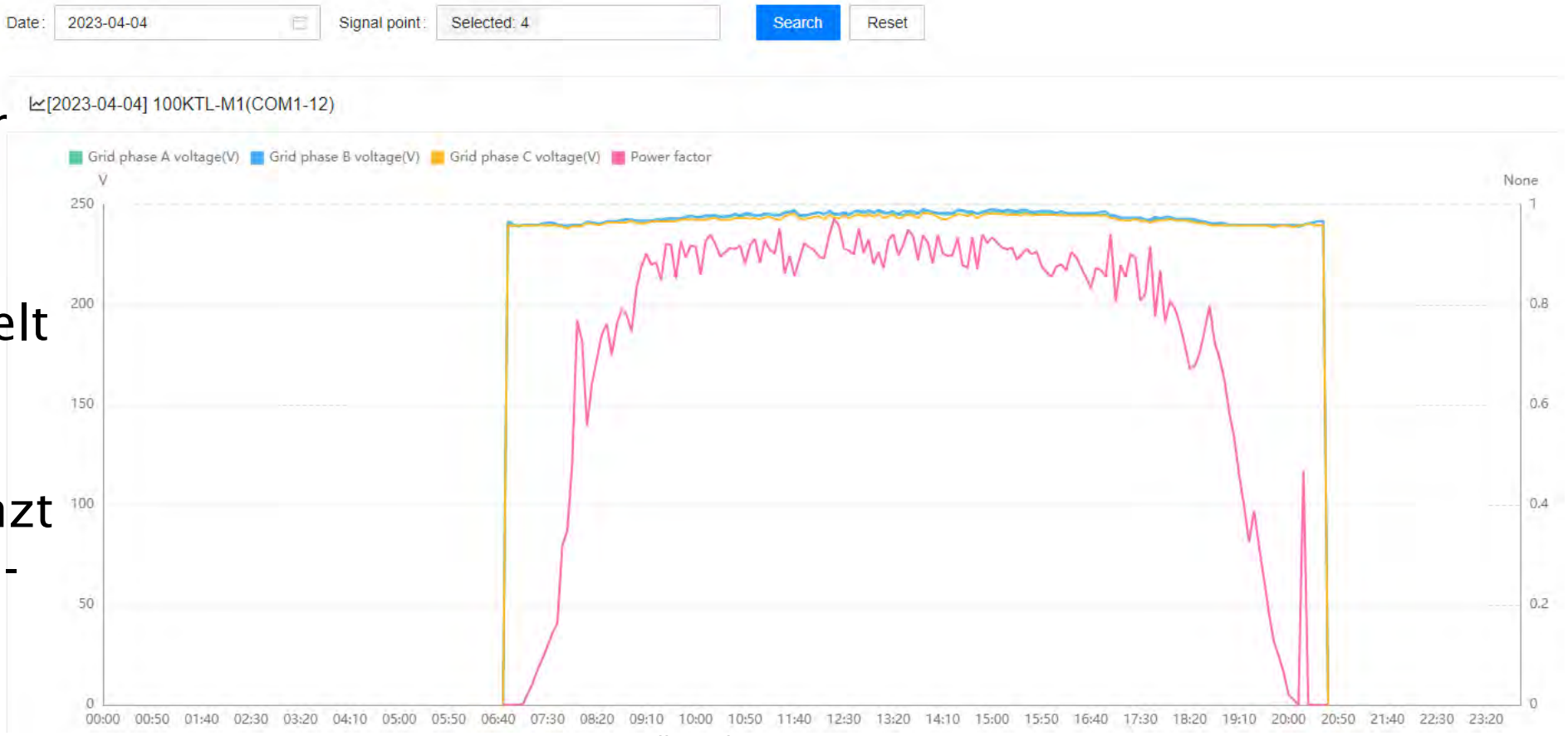
Grün/Blau/Gelb:

- Netzspannung

Rosa:

- Leistungsfaktor

- cos(phi) wird auf ~0.9 geregelt
- Korrekt eingestellter cos(phi) begrenzt den Spannungs-anstieg



Quelle: Helion

Wechselrichter B einer PV-Anlage (28. März, sonnig)

Grün:

- Leistung

Blau/Gelb/Rot:

- Spannung

- Netzspannung schwingt
- Leistung pulsiert
- Ein/Aus-Verhalten
- Soft Start

- Problem:
  Kurve verkehrt eingestellt

Quelle: Helion

Negativbeispiel

Wechselrichter B einer PV-Anlage (28. März, sonnig)

Grün/Blau/Gelb:

- Netzspannung

Rosa:

- Leistungsfaktor

- Netzspannung schwingt
- cos(phi) schwingt
- Regelung ist instabil

- Problem:
  Kurve verkehrt eingestellt

Quelle: Helion

Negativbeispiel

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Anforderungen an die Wechselrichter von morgen

Anforderungen an die Wechselrichter von morgen

https://www.publishingblog.ch/blick-in-die-zukunft/

- Sieben von der ENTSO-E identifizierte Anforderungen an künftige Wechselrichter:

1. Systemspannung bilden (nicht nur folgen)
2. Fehlerströme einspeisen können
3. Synthetic inertia
4. Erhöhte Anforderungen an Fault ride through
5. Netzstabilisierende Unterstützung (z. B. Unterdrückung subsynchroner Schwingungen)
6. Aktiv Oberwellen filtern
7. Spannungs-Asymmetrien ausgleichen

- Diese Anforderungen müssen erfüllt werden, wenn das Stromnetz mehr als 60%-70% von Wechselrichtern gespeist wird (Wegfallen der Grosskraftwerke).

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

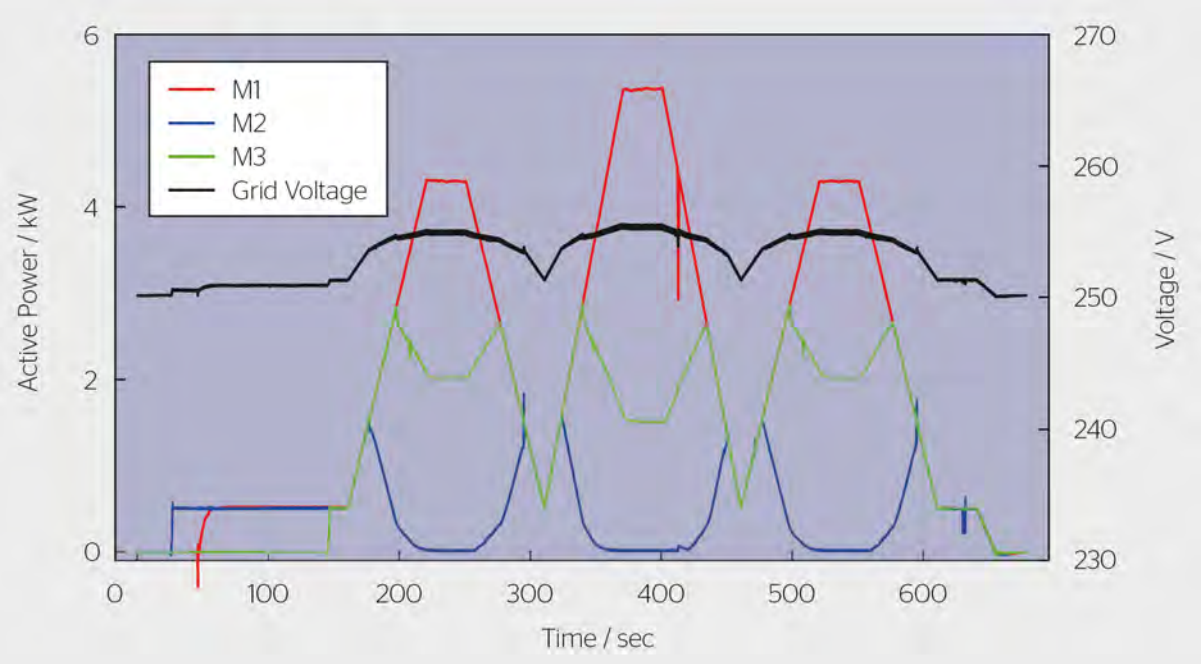
Aktivitäten am PV-Labor zum Thema

Aktivitäten am PV-Labor zum Thema

Projekte

- GODA: Grid Optimization with Decentralized Actors
  - Zusammenarbeit mit Groupe E
  - P(U) im Labor und Feld erprobt
  - WR einzeln und in Gruppen
  - Fokus: Funktionalität, Stabilitätsverhalten, Vergütung

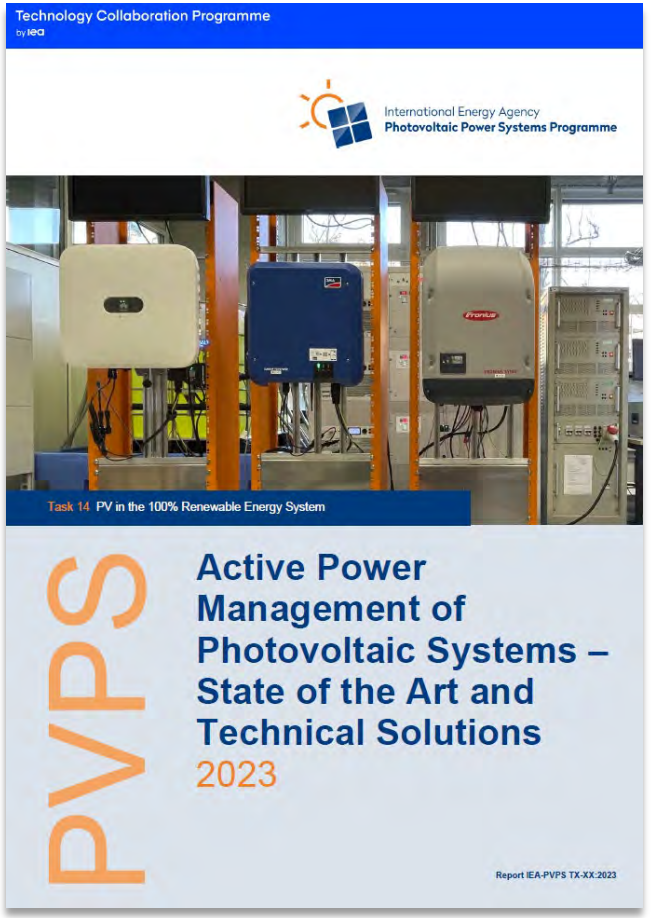
Aktivitäten am PV-Labor zum Thema



Projekte

- GODA: Grid Optimization with Decentralized Actors
  - Fazit
    - P(U) in WR meist vorhanden und aktivierbar
    - Unterschiedliches Verhalten in der Regelung
    - Nicht einheitliche Eingabemöglichkeiten
    - Keine Instabilitäten festgestellt
    - Feldtest erfolgreich
    - Ertragsverlust geschätzt mit Smart Meter Daten

Aktivitäten am PV-Labor zum Thema



Publikationen

- IEA PVPS Task 14 Report: Active Power Management
- SWEET-EDGE Discussion Paper: Netzanschluss von 50 Gigawatt Photovoltaik in der Schweiz

Aktivitäten am PV-Labor zum Thema

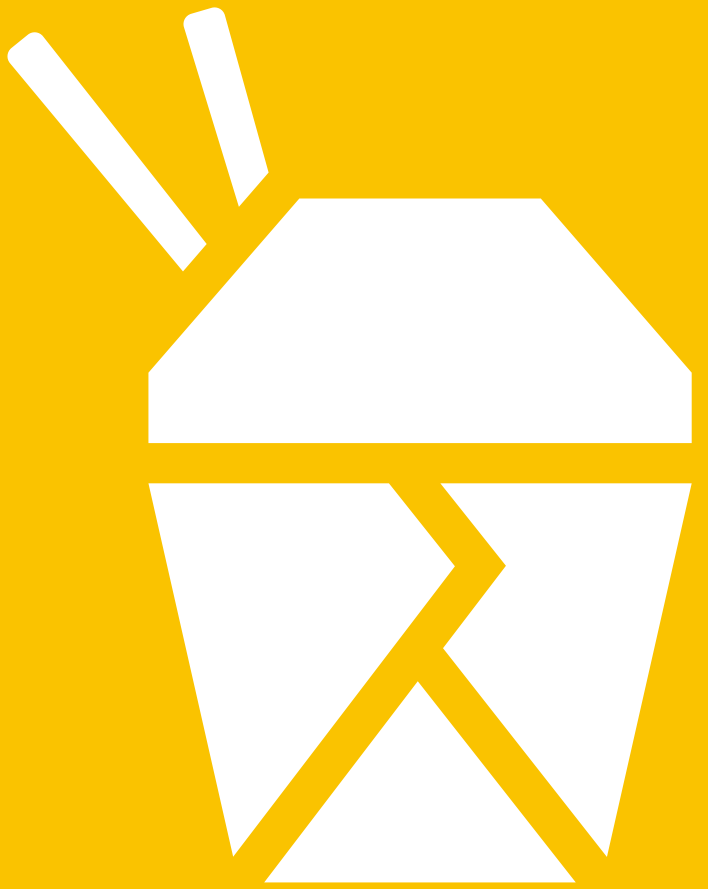
Veranstaltungen

- Fachtagung Netzanschluss 2024
  - «Visionen für das Netz von morgen»
  - 4. Juni 2024
  - PV-Labor Burgdorf

(Titel und Datum provisorisch)

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Take-Away

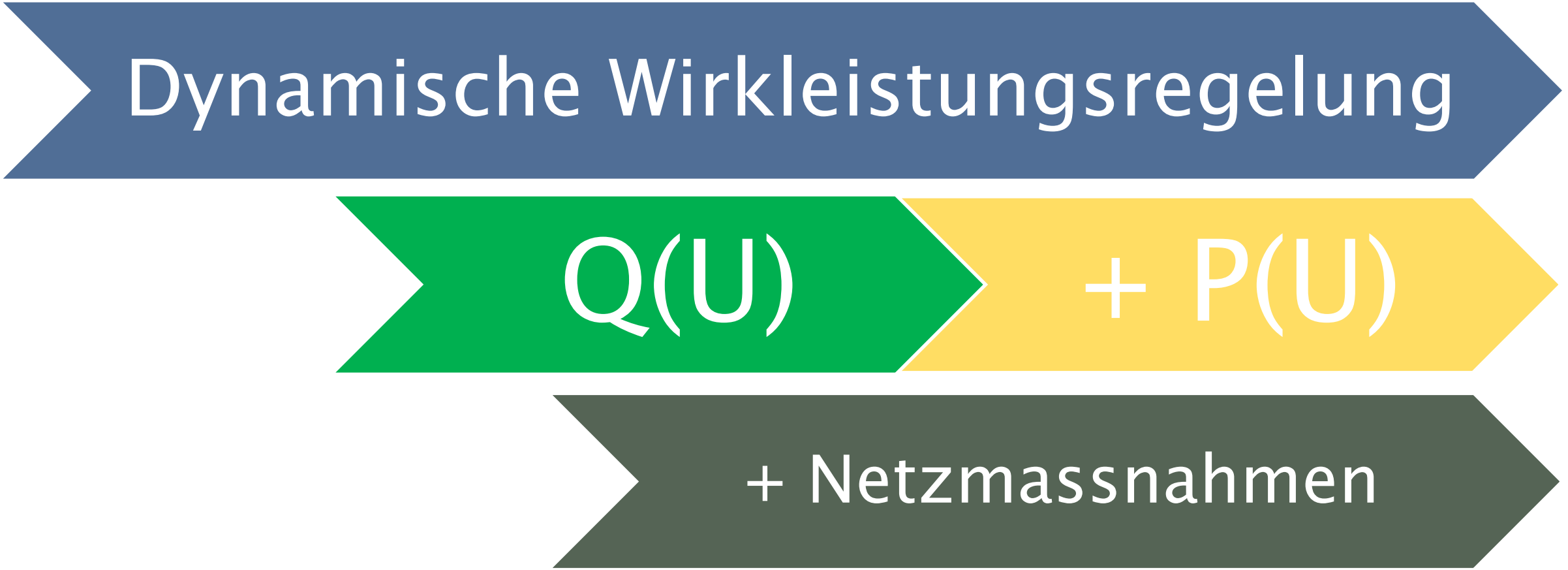


Füüf Sätz zum Mitnäh

- PV-Wechselrichter eignen sich bereits **heute** bestens für **intelligente Netzstützungsmassnahmen.**
- Die wichtigsten **Funktionen** sind in **fast jedem Wechselrichter** schon **enthalten** und müssen nur korrekt parametriert und aktiviert werden. *
- Das **Netz kann** beträchtlich **entlastet werden**, wenn es nicht die volle Nennleistung aufnehmen muss; hierfür **eignet sich** eine **dynamische Wirkleistungssteuerung** mit Fallbacksteuerung bestens.
- Zur **Spannungshaltung** kann vorwiegend **Q(U)**, **P(U)** oder eine **Kombination** von beiden eingesetzt werden; und auch ergänzend/parallel zur Netzverstärkung.
- **Künftig** werden **Wechselrichter** eine wichtige **Stütze** für ein stabiles **Stromnetz** sein; mit den bekannten und neuen Funktionen bis hin zur Netzbildung.

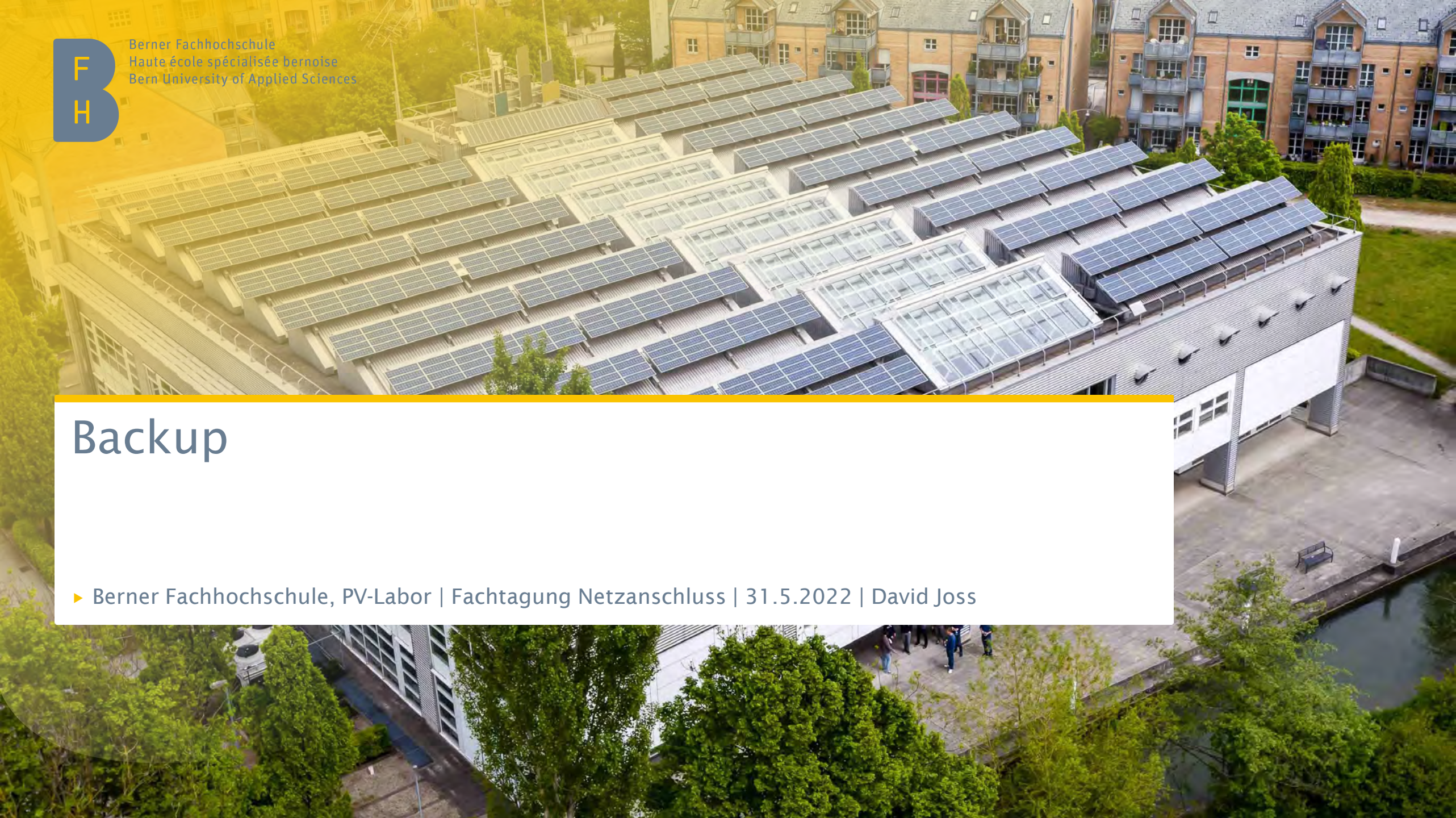
* ggf. sind weitere Geräte notwendig (z.B. Energiezähler, …)

Eis Bild zum Mitnäh



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Danke für das Interesse!



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Backup

- Berner Fachhochschule, PV-Labor | Fachtagung Netzanschluss | 31.5.2022 | David Joss

Spannungsanhebung

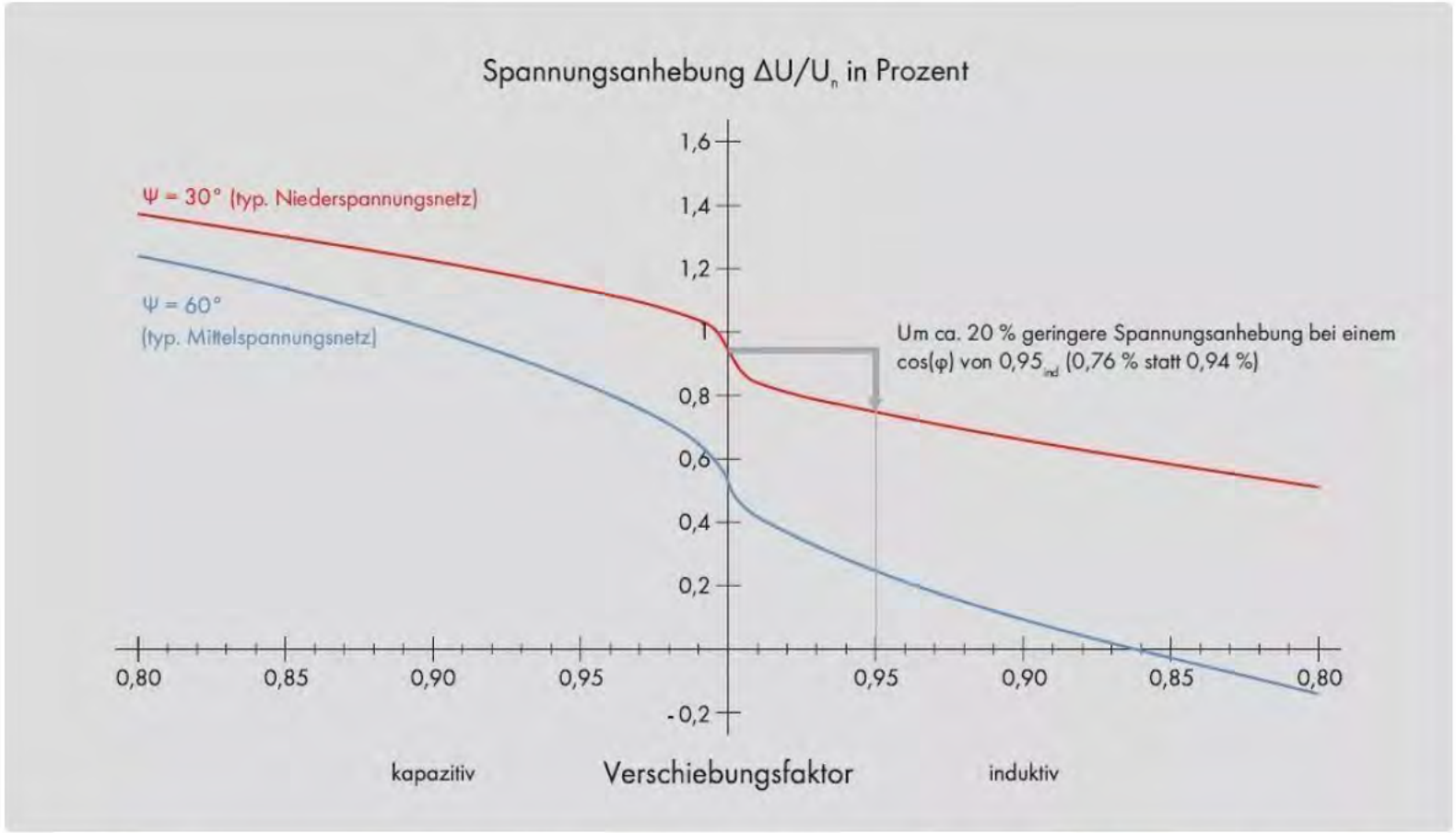
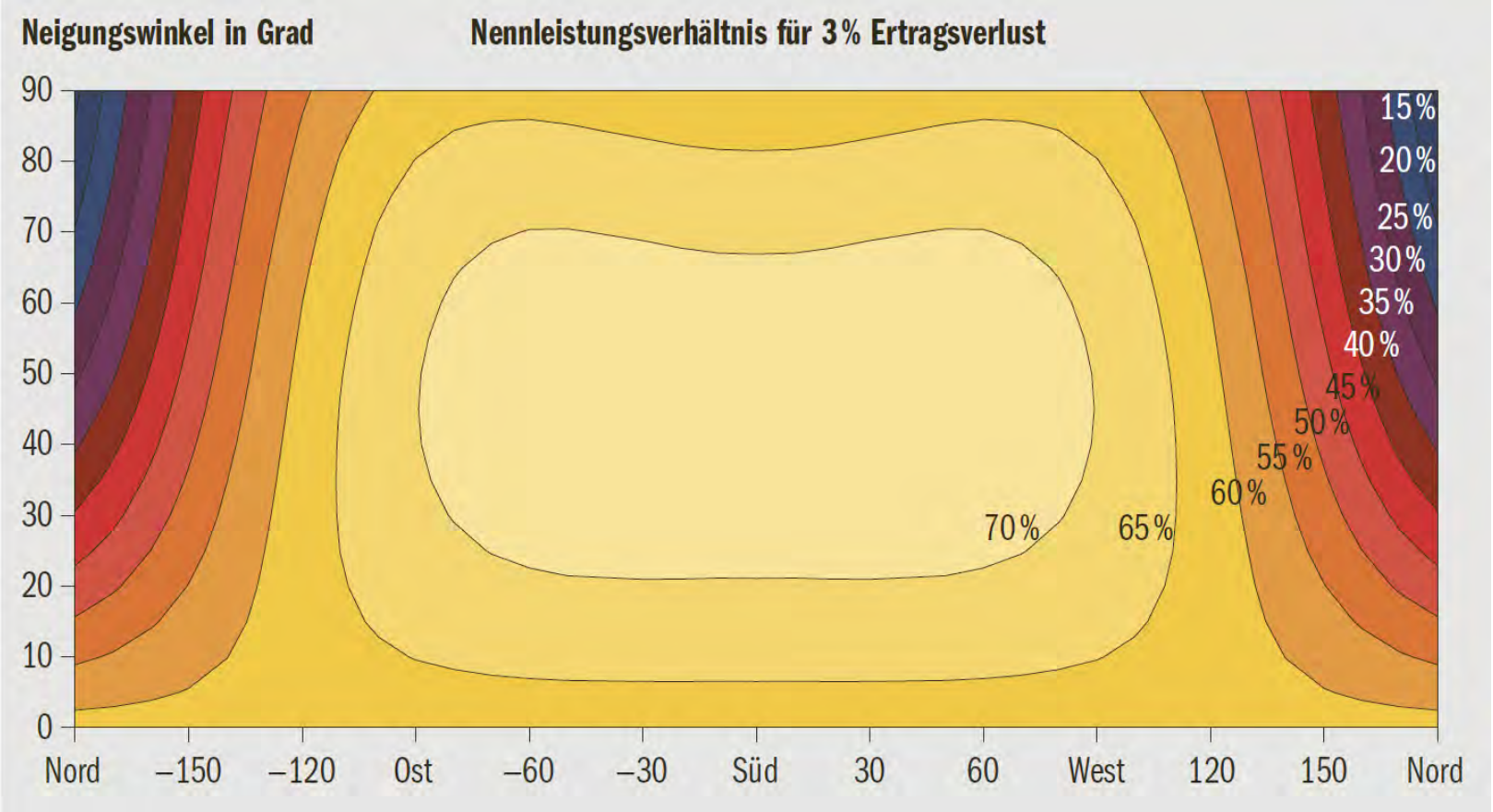


Abb. 3: Die prozentuale Spannungsanhebung bei 27 kW Wirkleistungseinspeisung, abhängig vom Netzimpedanzwinkel und dem Verschiebungsfaktor

https://www.sma.de/partner/expertenwissen/sma-verschiebt-die-phase

Verlust durch Wirkleistungsbegrenzung oder -regelung I



- Graphik zur Auslegung
- Berücksichtigt Anlagenparameter
- Notwendige SR zur Erreichung 3% Ertragsverlust

$SR = P_{WR,nom} / P_{DC,STC}$

Verlust durch Wirkleistungsbegrenzung oder -regelung II

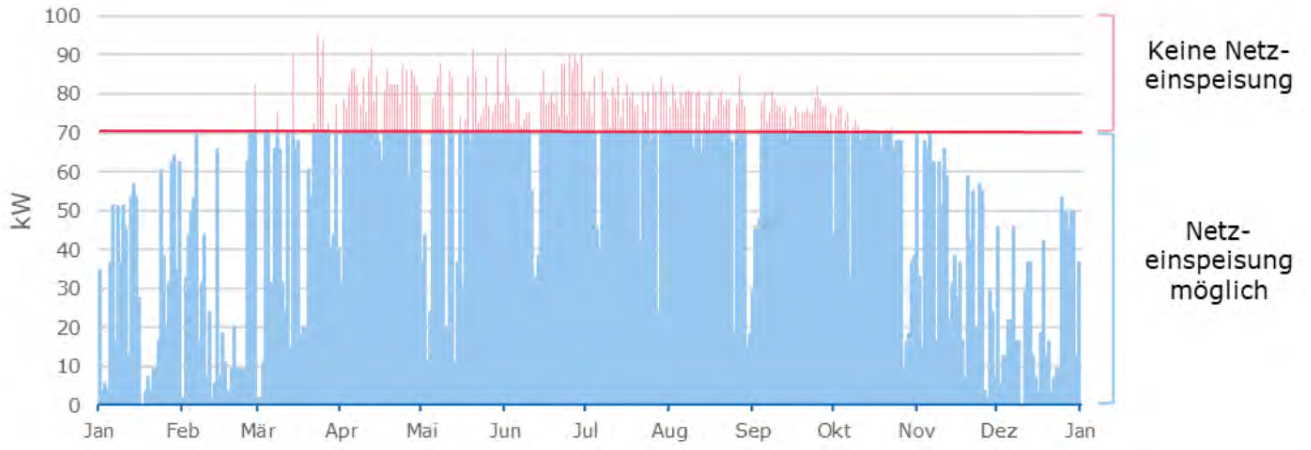


Abb. 1: Limitierung bei 70 % der maximalen PV-Panel-Peakleistung (Beispiel-Anlage)

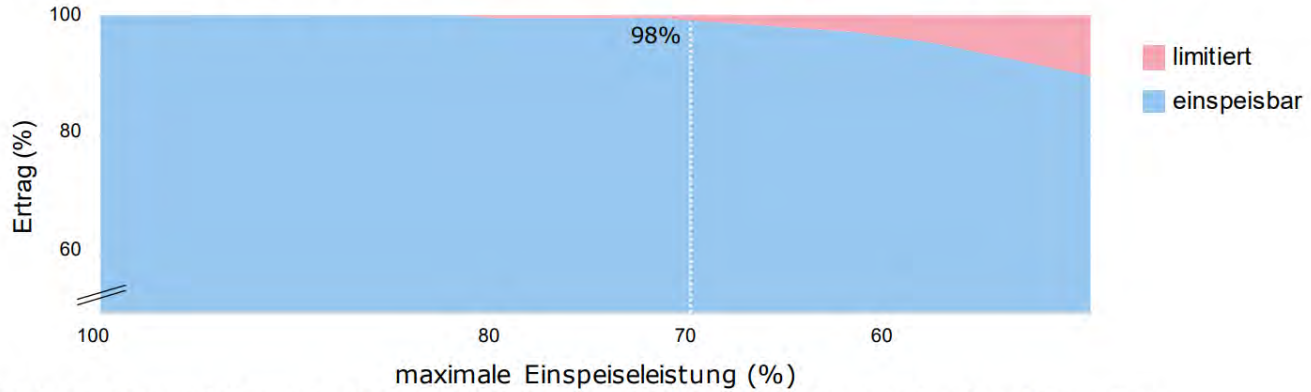


Abb. 2: Einspeisbare Produktionsmenge in Abhängigkeit der maximalen Einspeise-leistung (Beispiel-Anlage)

- Rechnungsbeispiel
- Quelle: Verein Smart Grid Schweiz

- Ertragsverlust
  - ~3 % Ertragsverlust bei einer Begrenzung auf einen SR von 70%

$SR = P_{WR,nom} / P_{DC,STC}$

PV und Blindleistung: Zwei Gründe

Spannung absenken

- Einspeisung erhöht die Netzspannung
- Viele PV-Anlagen
  → zu hohe Netzspannung
- Blindleistung beziehen (induktiv)
  → begrenzt den Anstieg der Netzspannung (reicht aber nicht, um die Spannung zu senken)
- Netzbetreiber geben vor wie cos(phi) eingestellt werden muss.

Bilanz ausgleichen

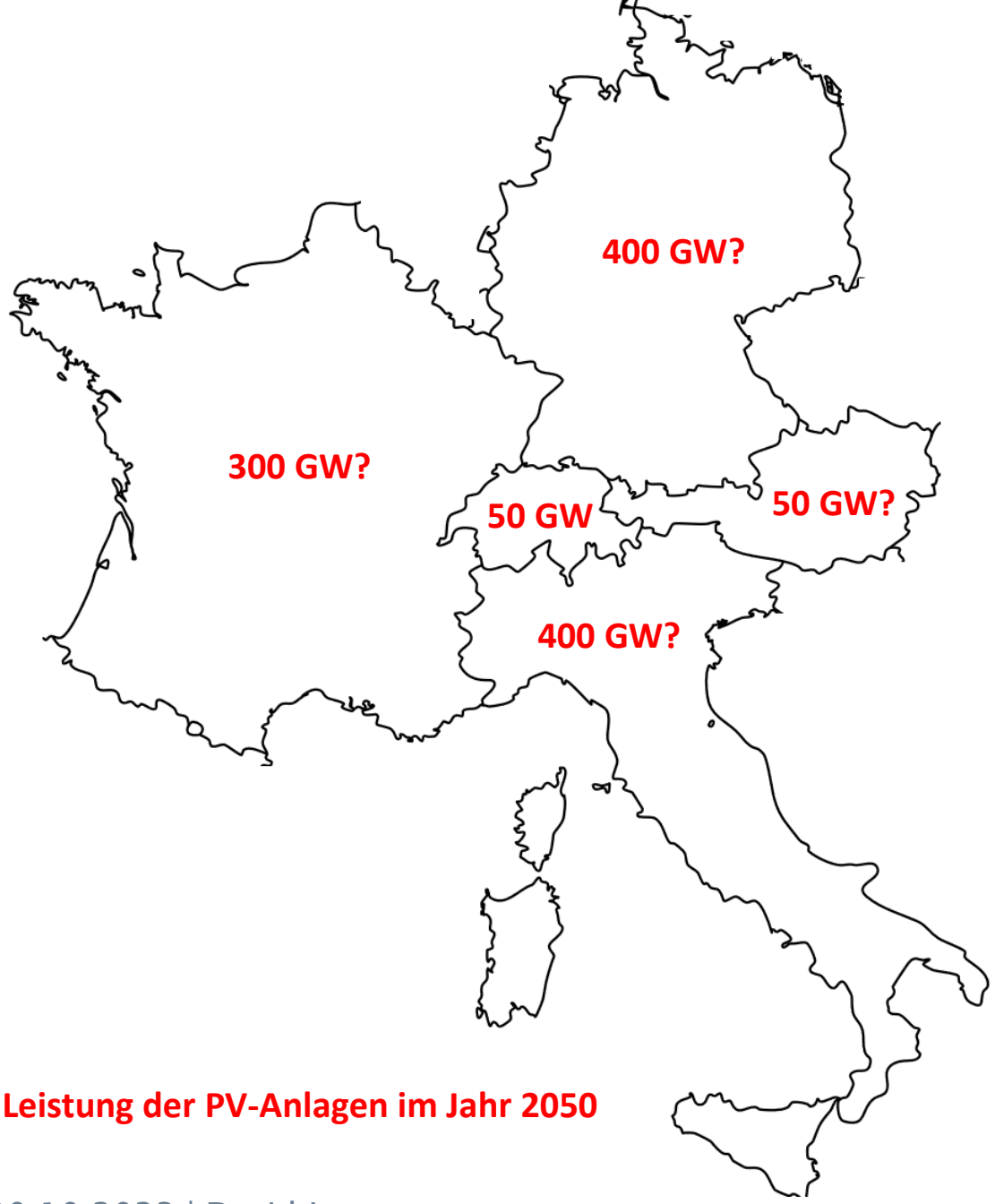
- Ein Gebäude / ein Areal soll eine in etwa ausgeglichene Blindleistungsbilanz haben (nicht zu viel produzieren, nicht zu viel konsumieren)
- Kompensationsanlagen in Firmengebäuden stellen dies sicher
- PV-Wechselrichter können als Kompensationsanlage eingesetzt werden.

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Vision Netzanschluss – Eine Schweiz mit 50 GW PV-Anlagen

Solarstrom exportieren

- Ja wohin denn?



Prognostizierte Leistung der PV-Anlagen im Jahr 2050

Dreisatz der Solarstrom-Integration («Eine üble Milchbüchleinrechnung»)

- Schweizer Netz: Gebaut für 10 GW
- Geplante Leistung der PV-Anlagen: 50 GW
- Pumpspeicherkraftwerke: ca. 3.5 GW
- Export von Solarstrom: nicht in grossem Umfang möglich
- Maximale Netzeinspeisung pro PV-Anlage: 10 GW / 50 GW = 20%
- Bei einer 10 kW-PV-Anlage könnten also nur 2 kW eingespeist werden. Und dafür reichen unsere Verteilnetze heute schon.

→ natürlich ist diese Rechnung so nicht wissenschaftlich korrekt. Sie plausibilisiert aber, dass es wenig sinnvoll ist, das Schweizer Verteilnetz auf 50 GW auszubauen.

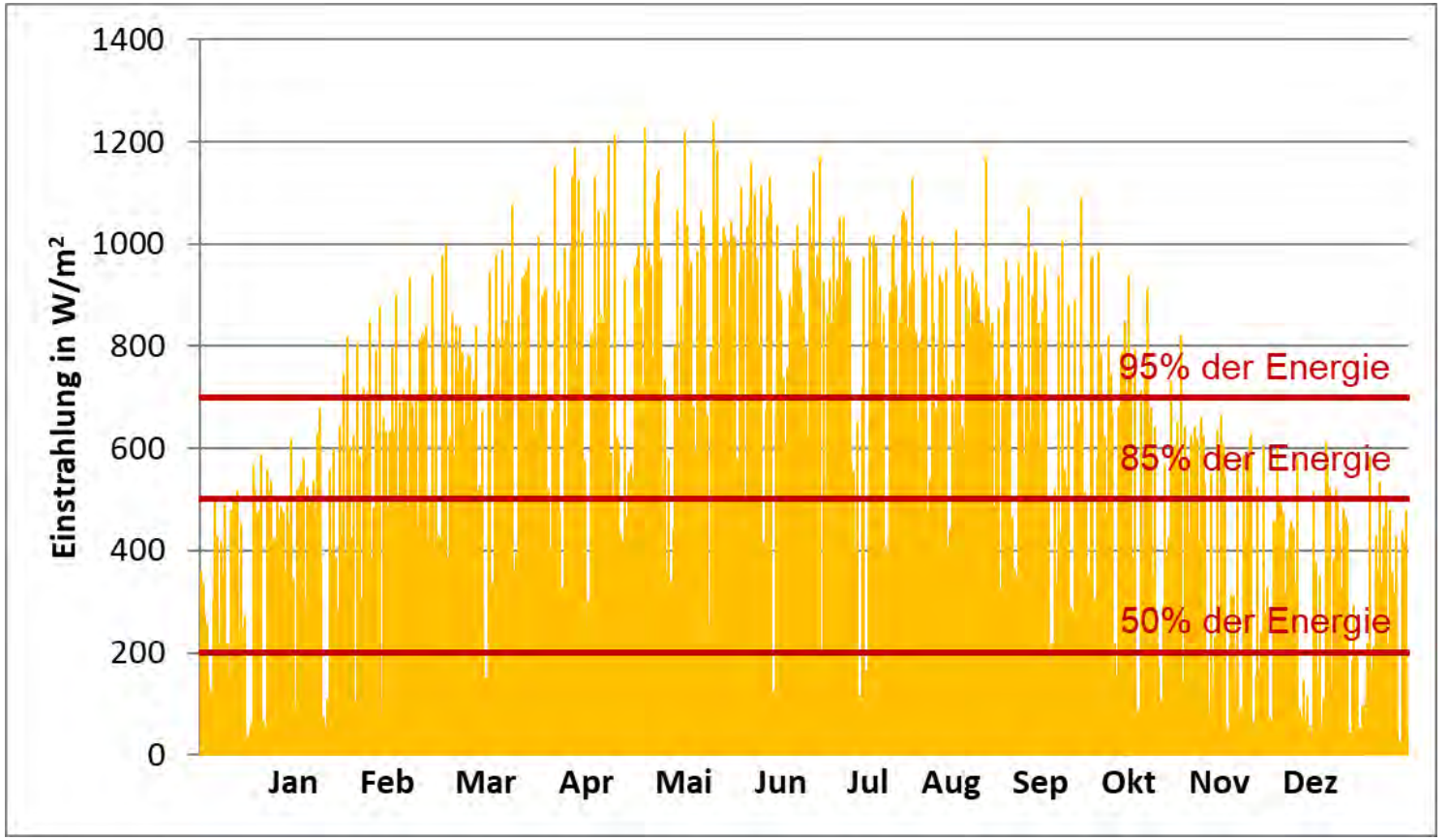
10 Thesen für eine Schweiz mit 50 GW PV-Anlagen

1. «Jede Kilowattstunde zählt»: Kein Erfolgsmodell
2. Parkregler für Grossanlagen
3. Intelligente Bewirtschaftung von flexiblen Produzenten und Verbrauchern
4. Netzstabilität: Leistungsbasierte, dezentrale Primär- und Sekundärregelung
5. Anti-Islanding: Ein Schutzkonzept aus alten Zeiten
6. NA-Schutz: Folgenreiche Symbolpolitik
7. Funktions- und Sicherheitsgewinn mit Smart Metering
8. Klassische Massnahmen im Verteilnetz
9. Normen und Regeln für den Netzanschluss
10. Exkurs: Massnahmen jenseits des Netzanschlusses

1. «Jede Kilowattstunde zählt»: Kein Erfolgsmodell

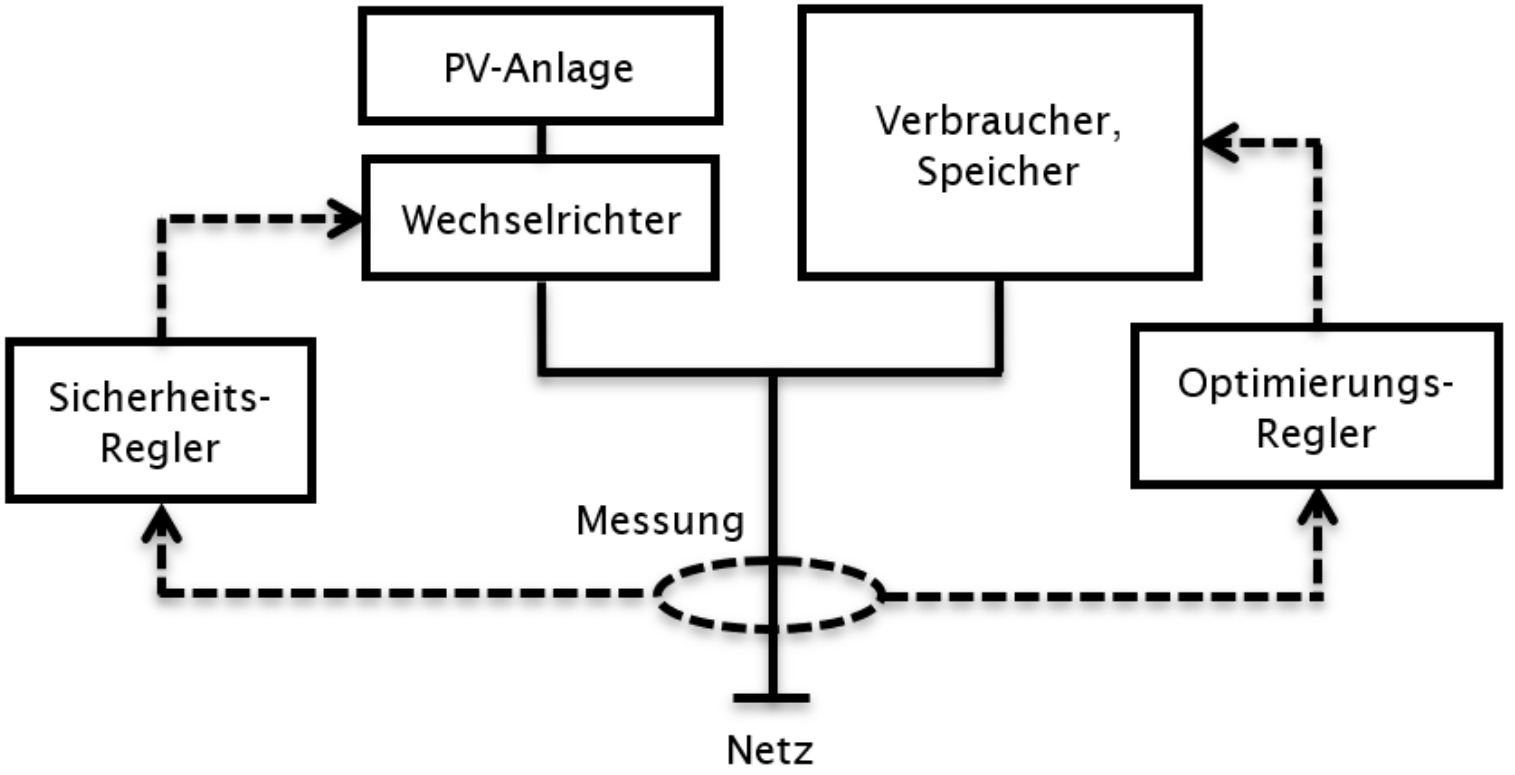
Infrastruktur nicht auf Produktionsspitzen auslegen

1. Netzbetreiber sollen Abregelung zulassen
2. Gesetzgebung muss Abregelung zulassen
3. Anreize schaffen



2. Parkregler für Grossanlagen und Einspeisemanagement

- Zentrale Vorgabe der Einspeisegrenzen
- Dezentrale Optimierung
- Sicherheitseinrichtung: Rückfallebene bei Kommunikationsausfall



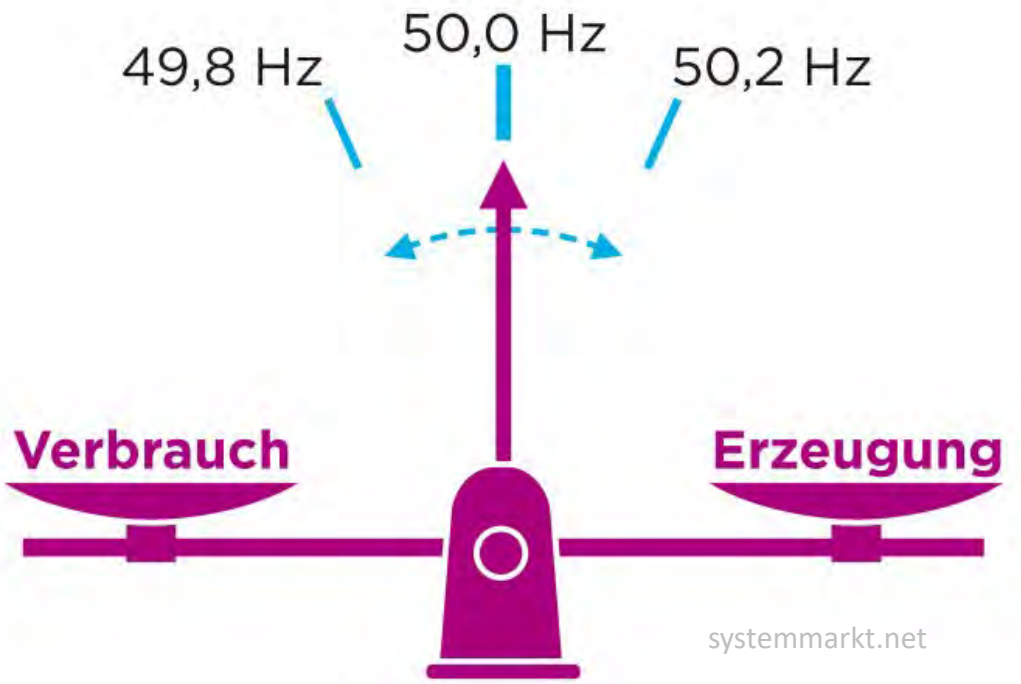
3. Intelligente Bewirtschaftung von flexiblen Produzenten und Verbrauchern

Drei Beispiele:

- Wer seinen **Batteriespeicher netzdienlich** betreibt, erhält einen 20% höheren Einspeisetarif für den Solarstrom oder für den vom Speicher ins Netz abgegebene Strom.
- Wer das **Verhältnis von produziertem Solarstrom (Energie) zu eingespeister Spitzenleistung (Leistung) hoch** hält (beispielsweise oberhalb von 2000 kWh/kW), erhält einen 20% höheren Einspeisetarif.
- Wer sein **Elektroauto an einer** vom Netzbetreiber **gesteuerten Ladestation** anschliesst, erhält einen günstigeren Ladetarif. Will er das Auto dennoch schnell vollladen, so bezahlt er für diese Vollladung einen deutlich höheren Tarif.

4. Netzstabilität: Leistungsbasierte, dezentrale Primär- und Sekundärregelung

- Speicher, Flexible Verbraucher und gedrosselte PV-Anlagen und Windturbinen sollen Regelleistung liefern → «must run»-Kraftwerke ausschalten.
- Heutige Marktregeln verhindern dies.
- Provokativer Vorschlag:
  - Primärregelmarkt abschaffen
  - Vorgegebene Droop-Funktionen für Ladestationen und gedrosselte PV-Anlagen zur Primärregelung
  - Vorgegebene Droopfunktionen für flexible Kraftwerke (Speicherseen)



5. Anti-Islanding: Ein Schutzkonzept aus alten Zeiten

- Anti-Islanding:
  - Wechselrichter versuchen, das Netz zu stören.
  - Gelingt es ihnen, schalten sie sich aus.

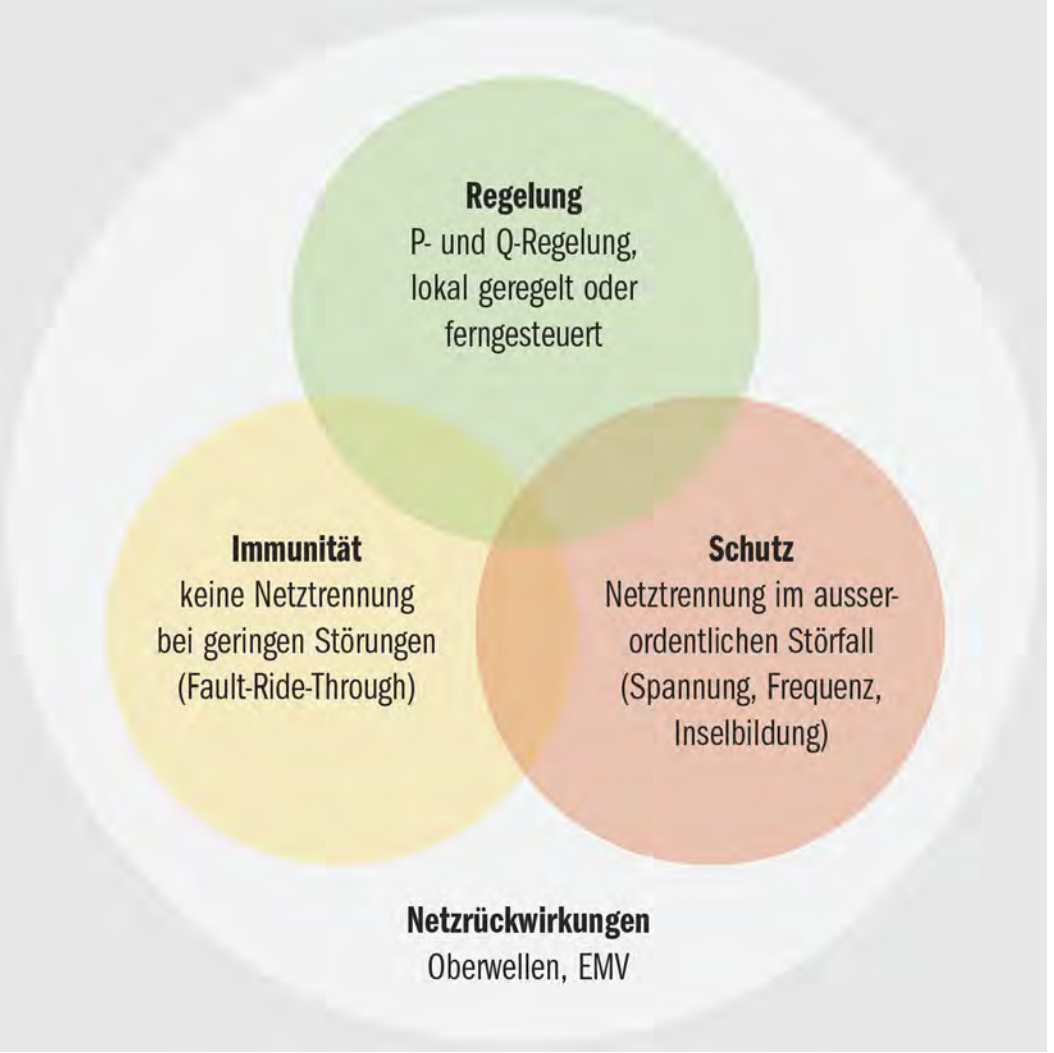
- Sicheres Konzept bei wenig PV
- Wie sieht es bei sehr viel PV aus?
- Wie in einem Micro-Grid?

- Neue Ansätze
  - Bewusste Inselbildung (Micro-Grid)
  - Ausschalten mittels Keepalive-Signal / Erdung

SMA

6. NA-Schutz: Folgenreiche Symbolpolitik

- Netz-Anlage-Schutz: Trennung der Anlagen im äussersten Störfall (Inselbildung, Spannung oder Frequenz ausserhalb der tolerierbaren Grenzen)
- Vorher: Regelung und Fault-Ride-Through
- Fazit: Wechselrichter müssen in ihrer Gesamtheit funktionieren. Mehr Redundanz auf dem Schutz alleine macht weder Netz noch Anlagen sicherer.



7. Funktions- und Sicherheitsgewinn mit Smart Metering

- Berechtigte Bedenken: Dezentrale Regler halten sich nicht an Vorgaben.

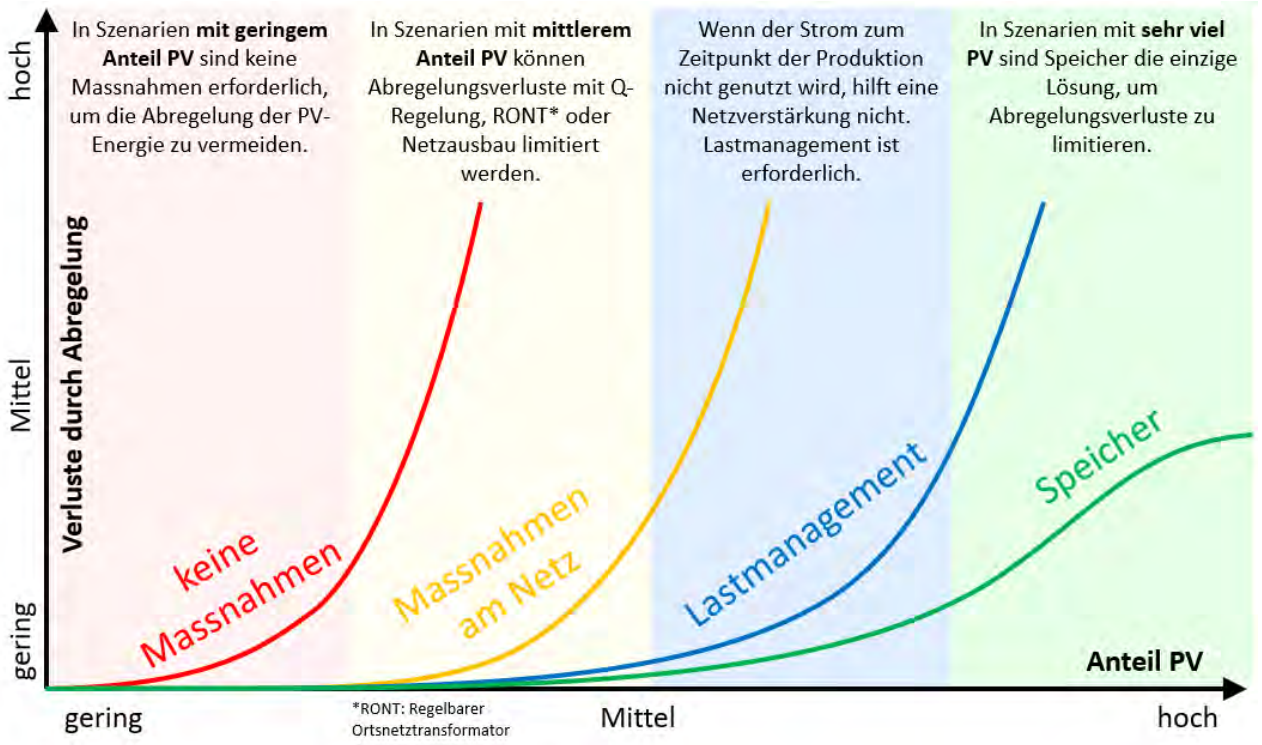
- Lösung
  1. Einzelne Vorgabeverletzungen sind unkritisch. Die Menge machts.
  2. Smart Meter erlauben jederzeit die vollautomatische Überwachung der Vorgaben.

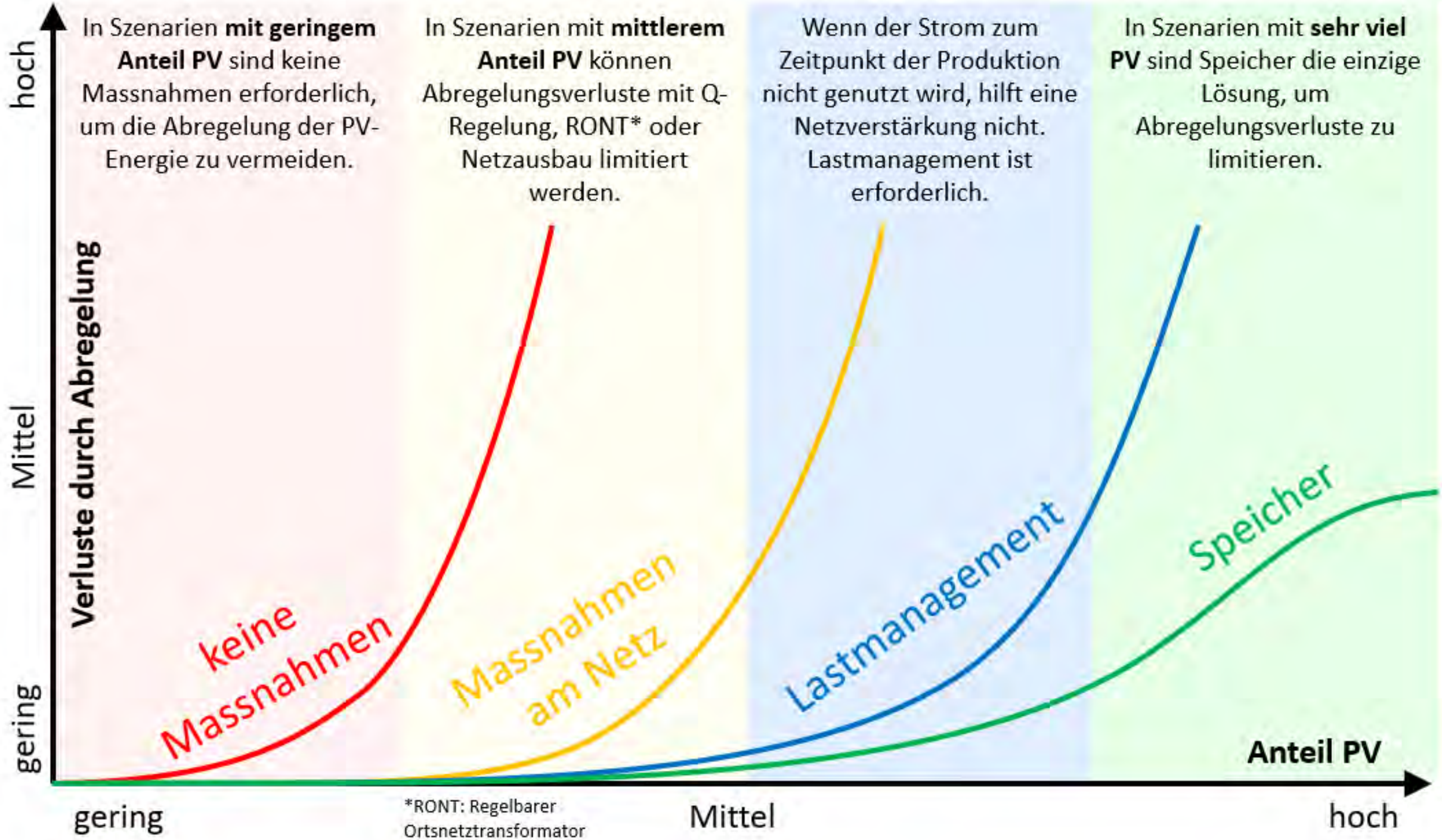
Landis+Gyr

8. Klassische Massnahmen im Verteilnetz

NOVA-Prinzip (Netz-Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau):

1. Dezentrale Blindleistungsregelung der PV-Anlagen
2. Dynamisches Spannungsmanagement im Umspannwerk
3. Regelbare Ortsnetztransformatoren
4. Punktuelle Netzverstärkung
5. Netzausbau
6. Dezentrale, netzstützende Speichersysteme*




In Szenarien **mit geringem Anteil PV** sind keine Massnahmen erforderlich, um die Abregelung der PV-Energie zu vermeiden.
In Szenarien mit **mittlerem Anteil PV** können Abregelungsverluste mit Q-Regelung, RONT* oder Netzausbau limitiert werden.
Wenn der Strom zum Zeitpunkt der Produktion nicht genutzt wird, hilft eine Netzverstärkung nicht. Lastmanagement ist erforderlich.
In Szenarien mit **sehr viel PV** sind Speicher die einzige Lösung, um Abregelungsverluste zu limitieren.
hoch
Mittel
gering
Verluste durch Abregelung
keine Massnahmen
Massnahmen am Netz
Lastmanagement
Speicher
Anteil PV
gering
Mittel
hoch
*RONT: Regelbarer Ortsnetztransformator

9. Normen und Regeln für den Netzanschluss

- Funktionsumfang (Netzstützung) von Wechselrichtern nimmt zu
- Konformitätserklärungen basierend auf Normen sind die wichtigste Garantie für die korrekte Funktion
- Vertrauen in die Systeme ist zentral

Künftiger Netzanschlussprozess

1. Einsatz nur von (typen-)geprüften Wechselrichtern
2. Einstellungen bestätigen lassen
3. Kontrolle mit Smart Metering

→ Die Energiewende lässt keinen Raum für teure Einzelfall-Inbetriebnahmen oder Verbote aufgrund von Fehlendem Vertrauen.

10. Exkurs: Massnahmen jenseits des Netzanschlusses

1. Energetische Massnahmen
   - Suffizienz und Effizienz
   - Backupkraftwerke
   - Erneuerbare BHKW
2. Wasserstoff, synthetische Brennstoffe
   - Ineffizient, aber mächtig (Backup, Winter, Flugzeuge)