

Whitepaper

Limitierung der PV-Einspeiseleistung

Verein Smart Grid Schweiz VSGS, August 2020

Dr. Andreas Beer, Dr. Maurus Bachmann

#Photovoltaik #PV-Einspeiselimitierung #Netzoptimierung

- **PV-Anlagen speisen typischerweise gleichzeitig ins Netz ein. Die maximale Produktion erreichen sie allerdings nur über eine kurze Zeitdauer im Jahr.**
- **Das Verteilnetz muss auf diese Produktionsspitzen ausgelegt werden.**
- **Mit einer sinnvollen Limitierung der PV-Einspeiseleistung kann der kostspielige Netzausbau beschränkt und das Fördersystem effizienter gestaltet werden.**
- **Die Limitierung der PV-Einspeiseleistung verursacht einen nur geringen Energieverlust der Produzenten. Eigenverbrauch vermeidet ihn gänzlich.**
- **Damit erlaubt die Limitierung der PV-Einspeiseleistung bei gleicher Netzkapazität die Aufnahme von wesentlich mehr Energie im Verteilnetz.**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problematik	3
2. Lösungsvorschlag	5
3. Limitierungsvarianten	5
4. Empfehlung Werkvorschrift	7
5. Anpassung gesetzlicher Grundlagen	8
Zu den Autoren	9
Verein Smart Grid Schweiz	10

1. Einleitung und Problematik

Um die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen, müssen bis 2035 PV-Anlagen mit einer Produktion von 11.4 TWh¹ gebaut und an das Netz angeschlossen werden. Bis 2050 ist das Ziel die PV-Produktion von über 24 TWh². Eine PV-Anlage produziert an sehr wenigen Stunden im Jahr mit der maximalen Leistung. Das Netz muss dennoch so ausgelegt werden, dass es diese maximale Einspeiseleistung aufnehmen kann. Da das Maximum bei allen PV-Anlagen regional zeitgleich auftritt, werden umfangreiche Netzinvestitionen mit entsprechenden Kosten nötig sein. Messungen an bestehenden Anlagen haben gezeigt, dass die Produktionsmenge bei einer Leistung über 70 % der maximalen PV-Panel-Peakleistung über das Jahr bei den meisten Anlagen zwischen 1 und 3 % beträgt, je nach Standort und Ausrichtung der Anlage.³

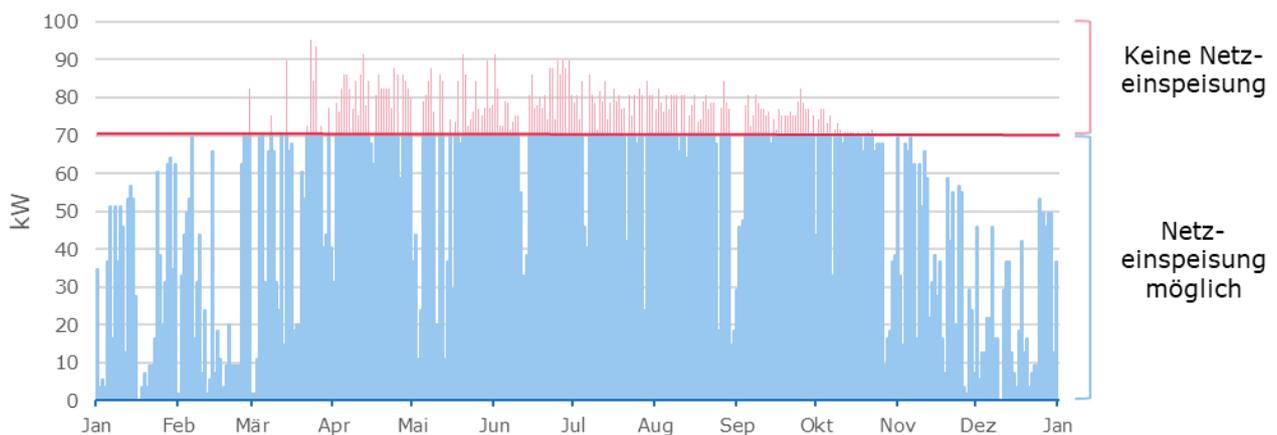


Abb. 1: Limitierung bei 70 % der maximalen PV-Panel-Peakleistung (Beispiel-Anlage)

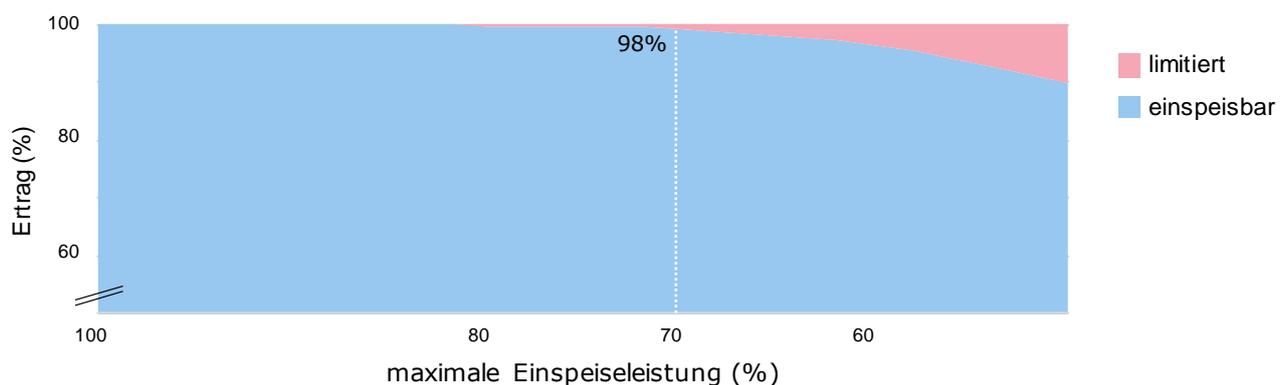


Abb. 2: Einspeisbare Produktionsmenge in Abhängigkeit der maximalen Einspeiseleistung (Beispiel-Anlage)

¹ EnG Stand 1.1.2018, Art. 2 Abs. 1

² BFE Vernehmlassungsentwurf zum EnG vom April 2020, Art. 2 Abs. 1

³ Vgl. Lars Huber «Netzanschlussoptimierung bei dezentraler Photovoltaik-Stromproduktion mithilfe statischer Leistungsbegrenzung», Projektarbeit, Hochschule Luzern, 21.1.2019

Bei einer Limitierung der Einspeiseleistung (Wirkleistung) benötigt die PV-Produktion ohne signifikanten Produktionsverlust eine wesentlich tiefere Netzkapazität. Bei einer Limitierung der Netzeinspeisung durch Eigenverbrauch entfällt dieser Verlust ganz. Über mehrere Anlagen gesehen lässt sich durch die Limitierung damit wesentlich mehr Energie ins Netz einspeisen.

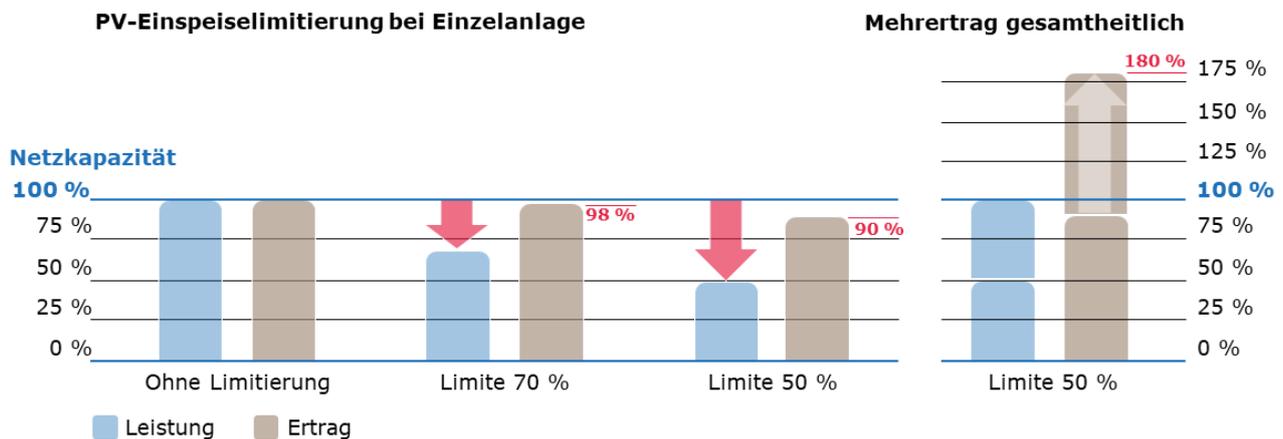


Abb. 3: Mehrertrag gesamtheitlich bei gegebener Netzkapazität

Bei einer Limitierung der Einspeiseleistung auf 50 % der PV-Panel-Peakleistung liegt die Mindereinspeisung ins Netz pro Anlage im Mittel bei etwa 10 %. Zwei derart begrenzte Anlagen generieren somit die gleiche Netzbelastung wie eine Anlage ohne Limitierung. Die Jahresproduktion erhöht sich damit auf 180 % im Vergleich zu einer einzigen Anlage ohne Limitierung.

Die Produktion mit der maximalen PV-Leistung erfolgt zu Zeiten, zu welchen ohnehin meist ein Energieüberschuss besteht. In solchen Situationen werden die Strompreise tief oder gar negativ sein. Fördermodelle wie Abnahmepflichten und Einspeisevergütungen entschädigen die PV-Einspeisung mit einem fixen Ansatz pro produzierte kWh – unabhängig vom effektiven Marktpreis. Durch die Limitierung der PV-Einspeiseleistung lässt sich somit Fördergeld einsparen zugunsten der Förderung zu sinnvollerer Zeiten. Das Fördersystem wird dadurch optimiert.

Die maximale PV-Einspeisung verursacht relevante Netzausbaukosten. Mit dem heutigen Ausspeisemodell werden diese durch die Verbraucher über das Netznutzungsentgelt getragen. Die maximalen Einspeiseleistungen zu Spitzen-Zeiten im Sommer verursachen somit hohe Netzausbaukosten zulasten der Volkswirtschaft, ohne einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung der Energiestrategie 2050 zu leisten. Auch hier verhilft die Limitierung der PV-Einspeiseleistung zu einem effizienteren Mitteleinsatz.

Die heutigen Fördermodelle liefern keinen Anreiz, die maximale Einspeiseleistung mittels Eigenverbrauch zu reduzieren. Batteriespeicher sind beim Auftreten des Leistungsmaximums meist bereits geladen. Sie werden geladen, sobald ein Produktionsüberschuss auftritt. Für eine generelle Vorschrift einer Einspeiselimitierung durch den Netzbetreiber fehlt heute die rechtliche Grundlage.

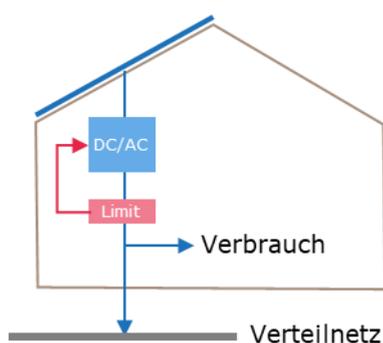
2. Lösungsvorschlag

Die Netzausbaukosten zur Aufnahme der Leistungsspitzen sind verglichen mit der durch die Spitzen produzierten Energiemenge unverhältnismässig hoch. Aus volkswirtschaftlicher Sicht drängt sich daher eine Limitierung der PV-Einspeiseleistung auf. Durch die Limitierung der Einspeiseleistung der einzelnen Anlagen können bei gleichem Netzausbau mehr PV-Anlagen an das Netz angeschlossen werden. Somit kann eine höhere PV-Produktionsmenge erreicht werden. Damit macht eine Limitierung der PV-Einspeiseleistung nicht nur aus der Sicht der Netzkapazität, sondern auch aus energetischer Sicht für das Gesamtsystem und damit für die ganze Volkswirtschaft Sinn. Um die volle Wirkung zu erzielen und um die Diskriminierungsfreiheit zu gewährleisten, muss diese Massnahme schweizweit für alle Anlagen im Netz gelten. Mit der aktuellen Gesetzeslage ist eine solche Leistungslimitierung nicht ohne weiteres durchsetzbar. Darum muss diese Kompetenz in einer Verordnung oder auf Gesetzesstufe verankert werden.

3. Limitierungsvarianten

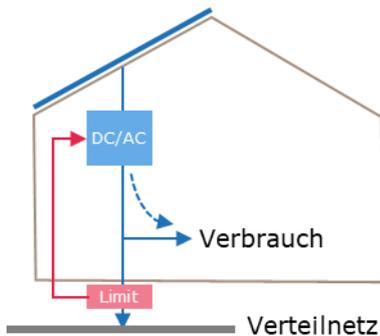
Mit Blick auf die unterschiedlichen Anlagegrössen gibt es für die Umsetzung der PV-Einspeiselimitierung mehrere Varianten. Diese werden in der Folge beschrieben.

3.1 Statische Begrenzung der PV-Leistung



Die Wechselrichter-Ausgangsleistung wird unabhängig vom gleichzeitigen Strombedarf im Haus und unabhängig vom aktuellen Netzzustand auf einen maximalen Wert begrenzt. Die abgeregelte kleine Energiemenge ist damit nicht verwertbar. Diese statische Begrenzung ist technisch einfach durch eine fixe Parametrierung der Wechselrichter realisierbar. Eine solche Vorschrift besteht in Deutschland bereits. Darum ist die notwendige Funktionalität bei den meisten Wechselrichtern bereits vorhanden. Der Aufwand des Installateurs zur korrekten Parametrierung des Wechselrichters ist minimal.

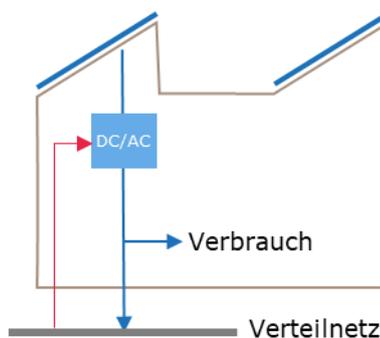
3.2 Begrenzung der Netzeinspeisung



Die Wechselrichter-Ausgangsleistung wird zur Limitierung auf die maximale Einspeiseleistung dynamisch begrenzt. Statt die Leistung des Wechselrichters auf einen festgelegten Maximalwert zu begrenzen, kann sie durch sinnvolle Massnahmen wie Eigenverbrauch oder Laden einer Batterie oder eines Wärmespeichers beeinflusst werden. Damit kann der ohnehin kleine Energieverlust der statischen Begrenzung vermieden werden. Die Limitierung der Netzeinspeisung liefert so auch den Anreiz, den Eigenverbrauch auf die Begrenzung der Einspeiseleistung

auszurichten. Die dynamische Begrenzung der Netzeinspeisung benötigt im Vergleich zur statischen Wechselrichter-Begrenzung mehr Intelligenz im Haus. Die Regelung ist jedoch lokal umsetzbar. Sie basiert nur auf dem lokal vorhandenen Messwert der Netzeinspeisung. Die meisten Wechselrichter, neue intelligente Mess- und Steuersysteme oder Smart Home Systeme unterstützen diese Funktionalität bereits.

3.3 Abregelung abhängig vom Netzzustand



Die PV-Leistung wird in Abhängigkeit des aktuellen Netzzustands geregelt. Bei grosser Netzbelastung, bspw. bei hoher Spannung oder bei hoher Einspeiseleistung in das Netz, wird die Produktionsleistung auf Anforderung des Netzbetreibers reduziert. Solange das Netz nicht an seine Grenzen stösst, kann die volle Leistung eingespeist werden. Für diese Limitierungsart braucht es eine Überwachung der Netzbelastung und eine Steuermöglichkeit in Echtzeit mit entsprechender Messeinrichtung an verschiedenen Knotenpunkten im Netz, dezentraler Regeltechnik und Kommunikationstechnik zur Ansteuerung der

einzelnen PV-Anlagen. Dies ist wesentlich aufwändiger als die lokale – statische oder dynamische – Begrenzung der Einspeiseleistung. Die Abregelung abhängig vom Netzzustand kommt daher nur bei grossen PV-Anlagen in Betracht.

4. Empfehlung Werkvorschrift

Der Netzbetreiber ist verantwortlich für ein sicheres und effizientes Netz. Mit den aufkommenden Herausforderungen wie der Aufnahme einer hohen PV-Einspeiseleistung müssen neue Möglichkeiten zur Netzoptimierung geprüft und genutzt werden. Die Limitierung der Einspeiseleistung von PV-Anlagen ist sowohl aus volkswirtschaftlicher wie auch aus energiepolitischer Sicht eine sinnvolle Massnahme. Der VNB sollte daher die Möglichkeit der Limitierung der PV-Einspeiseleistung als Anschlussbedingung in die Werkvorschriften aufnehmen. Dadurch lässt sich eine diskriminierungsfreie Umsetzung mit flächendeckender Wirkung erreichen. Die vorgestellten Varianten der Limitierung ergeben aufgrund ihrer unterschiedlichen Kosten für unterschiedliche Anlagegrössen die jeweils optimale Lösung.

Vorschriftsempfehlung:

- a) Für **alle** PV-Anlagen gilt die statische Limitierung der Leistung der Wechselrichter auf 70 % der PV-Panel-Peakleistung.
- b) Die Betreiber von PV-Anlagen können **alternativ zu a)** die (dynamische) Limitierung der Netz-Einspeiseleistung auf eigene Kosten umsetzen. Dadurch können sie einen Energieverlust durch Eigenverbrauch vermeiden.
- c) Bei grossen Anlagen (> 250 kVA) kann **alternativ zu a) oder b)** eine Abregelung in Abhängigkeit von der Netzsituation vereinbart werden. Voraussetzung dafür ist, dass im entsprechenden Netz eine Netzregelung auf Basis von lokalen Messwerten installiert ist. Dies ist wiederum abhängig von der Netzsituation und der Beurteilung der Sinnhaftigkeit einer Netzregelung im entsprechenden Netz durch den Netzbetreiber. Der Anlagenbetreiber hat sich auf jeden Fall an den Kosten für die Einrichtung einer netzbedingten Abregelung als Alternative zu den fixen Begrenzungen zu beteiligen.

Mit dieser Vorschrift kann der Netzbetreiber das Verteilnetz mit Berücksichtigung der vorgeschriebenen Limitierung dimensionieren. Die PV-Einspeiselimitierung ist damit eine Anschlussbedingung und keine gesteuerte Flexibilität im Sinne von StromVV Art. 8c. Für die Nicht-Produktion von Strom und die Nicht-Verursachung von Kosten für Netzausbauten wird keine Vergütung bezahlt. Der Netzbetreiber wird sicherstellen, dass die Vorschriften für PV-Anlagen eingehalten werden und die Limitierung somit funktionstüchtig umgesetzt wird. Dies ist in Zukunft mit Hilfe der intelligenten Messsysteme möglich.

5. Anpassung gesetzlicher Grundlagen

Zur Umsetzung der Einspeiselimittierung könnte beispielsweise das EnG Art. 15 wie folgt mit einem Absatz 5 ergänzt werden:

«Netzbetreiber können zur Wahrung eines sicheren und effizienten Netzes die Limitierung der Einspeise-Wirkleistung auf maximal 70 % der PV-Panel-Peakleistung entschädigungslos vorschreiben. Eine solche Limitierung hat diskriminierungsfrei zu erfolgen.»

Auf die Entschädigung der dadurch nicht produzierten bzw. nicht ins Netz eingespeisten Energie soll verzichtet werden. Sie wirft schwierige prozessuale Fragen auf (Wieviel Energie wurde nicht produziert? Zu welchem Preis? Wurde Eigenverbrauch getätigt?) und verursacht unverhältnismässig hohe administrative und regulatorische Aufwendungen sowie Rechtsunsicherheiten. Durch eine Vergütung würde insbesondere der Anreiz für eine netzdienliche Steuerung des Eigenverbrauchs fehlen. Die mit der Massnahme gewonnene Effizienzverbesserung des Fördersystems wäre wieder zerronnen. Auch eine Vergütung im Sinne einer Flexibilitätsvergütung wäre in diesem Fall nicht zielführend. Die Leistungsreduktion über Eigenverbrauch erfolgt nur dann, wenn die Limitierung nicht vergütet wird. Durch Eigenverbrauch oder durch Speicherung in einer Batterie kann der Produzent die geringe, nicht ins Netz einspeisbare Energiemenge dennoch nutzen.

Zu den Autoren



Dr. Andreas Beer, Geschäftsführer

andreas.beer@smartgrid-schweiz.ch

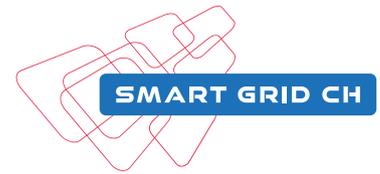
Andreas Beer ist Geschäftsführer des Vereins Smart Grid Schweiz und Geschäftsführer der Aever GmbH und als Dozent und Experte an Fachhochschulen tätig. Seine Expertise im Bereich Verteilnetz hat er unter anderem als Leiter Netz bei Repower und Mitglied in der VSE Netzwirtschaftskommission erarbeitet. Er hat an der ETH Zürich Elektrotechnik studiert und auf dem Gebiet der Leistungselektronik für die Stromübertragung promoviert.



Dr. Maurus Bachmann, Geschäftsführer

maurus.bachmann@smartgrid-schweiz.ch

Maurus Bachmann bringt über 25 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung sowie aus der Telekommunikationsindustrie mit und ist Experte für Smart Grid und Digitalisierung. Bevor er 2011 die VSGS Geschäftsführung übernommen hat, leitete er bei Swissmem als Mitglied der Geschäftsleitung den Bereich Fachgruppen. Seit der Gründung der Swisseldex AG Anfang 2018 verantwortet er als Geschäftsführer und Projektleiter den Aufbau des Datahubs. Er hat an der ETH Zürich Physik studiert und auf dem Gebiet der integrierten Optik promoviert.



Verein Smart Grid Schweiz

Der Verein Smart Grid Schweiz (VSGS) bündelt und vertritt die Interessen der Verteilnetzbetreiber in der Schweiz innerhalb der Branche und nach aussen. Im Umfeld der technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen ist der VSGS Ansprechpartner und Kompetenzzentrum für übergreifende Verteilnetzthemen. Er setzt sich dafür ein, dass die Entwicklung des Verteilnetzes vorausschauend, einheitlich, sicher, nachhaltig und nach gemeinsamen Standards erfolgt. Der VSGS unterstützt die digitale Transformation der Schweizer Verteilnetzlandschaft zur Nutzung branchenweiter Synergien. Der VSGS orientiert sich an der wirtschaftlich, gesellschaftlich und technisch optimalen Umsetzung des Verteilnetzes der Zukunft. Diesen Prozess gestaltet der VSGS offen, fair und transparent. Er lädt alle Stakeholder zu einer aktiven Beteiligung ein.

Kontakt

Geschäftsstelle VSGS

Dr. Maurus Bachmann, Co-Geschäftsführer

Telefon +41 79 219 91 53

maurus.bachmann@smartgrid-schweiz.ch

Dr. Andreas Beer, Co-Geschäftsführer

Telefon +41 79 827 65 56

andreas.beer@smartgrid-schweiz.ch

info@smartgrid-schweiz.ch

www.smartgrid-schweiz.ch