

Netzintegration: Bewertungskennzahlen für PV-Anlagen

Von Lars Huber, 5643 Sins, lars.huber.ch@gmail.com | www.pv2grid.ch

Die Art und Weise wie Photovoltaikanlagen (PVA) ins Stromnetz integriert werden, entscheidet massgeblich über die Kosten der Energiewende und die erreichte zukünftige Versorgungssicherheit. Eine ausgewogene Balance zwischen fairer Vergütung für eingespeisten Solarstrom und einer PV-Ausbreitung mit minimalen negativen Auswirkungen auf unser Stromnetz müsste zur Selbstverständlichkeit werden. Im Hinblick auf das sicherlich kommende Einspeisemanagement in der Schweiz, tut sich die Solarbranche gut daran, aus Eigeninitiative heraus die netzschonende Einspeisung voranzutreiben. Damit Fachleute bereits bei der Planung einer PVA beurteilen können, was netzschonende Anlagen sind, wurde im Rahmen einer Masterarbeit der Vorschlag für zwei Bewertungsformeln entwickelt. Die «Grid Integration Ratio (GIR)» bewertet die benötigte Netzkapazität und ist bereits bei der Planung ausführbar. Die «Grid Supply Performance (GSP)» hingegen ist erst im Betrieb ermittelbar und bewertet den Beitrag der PVA zur Stromversorgung.

Ziele

- Kennzahlen sollen einzelne Umsetzungen miteinander vergleichbar machen. Möglichst viele Einflussfaktoren rund um PV sollen beachtet und in die Berechnungen der Kennzahlen GIR und GSP einfließen. Diese Bewertungen sollen eine lenkende Wirkung in den folgenden Bereichen haben:
- Bau- und Betriebsweise von PVAs optimal ausgeführt um minimale Infrastruktur zu beanspruchen
 - Bau- und Betriebsweise von PVAs erlauben eine ganzjährige Energie-Versorgungssicherheit
 - Bau- und Betriebsweise von PVAs tragen zu einer guten Netzstabilität bei, auch bei wechselhaften Wetterbedingungen

Wenn obenstehende Punkte erfüllt sind, so wird das Solarkraftwerk eher von allen Akteuren rund um das Stromnetz akzeptiert, was sich durchaus auch auf die Höhe des Rückliefertarifs auswirken könnte. Die Kosten von Solarmodulen sind im Vergleich zu den Gesamtkosten einer PVA stark gesunken. Weitaus wertvoller aus Sicht Gesellschaft ist die verfügbare Fläche, die bestehende Infrastruktur und die lückenlose Versorgungssicherheit. Deshalb wird das Solarmodul als Verbrauchsware betrachtet und der Bedarf und Nutzen am Ökosystem bewertet.

Abgrenzung

GIR und GSP eignen sich nicht für die Beurteilung der Netzqualität wie Phasenverschiebungen, Oberwellen oder andere elektrische Störungen. Die Qualität der Spannung wird insofern mitbewertet, indem geringere Leistungssprünge an Netzanschlüssen durch Leistungsbegrenzung die Spannungshaltung in den Teilnetzen vereinfacht.

Einflussfaktoren

Die Bewertungsformeln beachten folgende Faktoren direkt oder indirekt:

- **PVA:** Dimensionierung, Generatoren-Diversität, verfügbare Fläche
- **Stromnetz:** benötigte Netzkapazität, Energie pro Netzanschlussleistung, Batterie
- **Versorgung:** Eigenverbrauch, Beitrag Versorgung Schweiz, Speicher
- **Standort:** Sonneneinstrahlung, Schneebedeckung, Verschattung

Formelkomponenten

Tabelle 1 beschreibt die benötigten Grössen für die beiden Bewertungskennzahlen.

Symbol	Beschreibung
GIR	Stromnetz-Integrationsgüte (Grid Integration Ratio) <i>[einheitenlos]</i>
GSP	Stromversorgungs-Beitrag (Grid Supply Performance) <i>[einheitenlos]</i>
E_{inv}	Die am Wechselrichter produzierte Energie eines vollen Jahres <i>[kWh/a]</i>
P_{pv}	Maximal zu erreichende Leistung des PV-Generators <i>[kWp -> kW]</i>
P_{grid}	Maximal eingespeiste Leistung am Netzanschluss <i>[kVA -> kW]</i>
E_{grid}	Die am Netzanschluss eingespeiste Energie eines vollen Jahres <i>[kWh/a]</i>
k_{ha}	Korrekturkonstante: Reduzierung 8760 Stunden/Jahr auf eine Stunde <i>[h/a]</i>

Tabelle 1: GIR, GSP – Symbollegende.

Kennzahl GIR

GIR bewertet die Integrationsgüte einer PVA ins Stromnetz. Alle Grössen sind bereits bei der Planung des Projektes bekannt, oder können mit heutigen Software Tools simuliert werden. Dazu zählt auch der jährliche Ertrag des PV-Generators in Abhängigkeit von Standort und Ausrichtungen. Der Einbezug solcher Ertragssimulationen in der Planungsphase ist in der PV-Branche seit Jahren Standard. GIR könnte somit bereits beim Anschlussgesuch der Erzeugungsanlage an das Stromnetz angegeben werden.

$$GIR = \frac{\frac{E_{inv}}{k_{ha}}}{\frac{P_{grid}}{P_{pv}}} = \frac{E_{inv} * P_{pv}}{k_{ha} * P_{grid}^2}$$

Kennzahl GSP

GSP beurteilt einerseits wie GIR die Integrationsgüte einer PVA, andererseits aber auch den Beitrag zur Stromversorgung. Eine PVA, welche nur minimale Anforderungen an das Stromnetz stellt, muss nicht gezwungenermassen zur Versorgung Dritter beitragen, wie dies bei einer Eigenverbrauchsquote von 100% der Fall wäre. GSP ist aufgrund des Eigenverbrauchs erst nach einer Laufzeit von 1 Jahr korrekt ermittelbar.

$$GSP = GIR * \frac{E_{grid}}{E_{inv}} = \frac{E_{grid} * P_{pv}}{k_{ha} * P_{grid}^2}$$

Berechnungen und Resultate

Mit Hilfe einer Simulationssoftware zur Ermittlung der Mindererträge realer Produktionsdaten bei statischer Leistungsbegrenzung [2] konnte errechnet werden, wie sich die unterschiedlichen Bauweisen von PVAs bei unterschiedlichen Betriebsweisen verhalten. Daraus ergeben sich die GIR-Werte der PVAs. Detaillierter Bericht und Zahlenwerte sind auf der Publikationswebseite [1] abrufbar. Tabelle 2 zeigt auf Basis realer Produktionsdaten vom Jahr 2015 nebst dem GIR der originalen Dimensionierung, die GIR-Werte bei einem Minderertrag von 1%, 3% und 10%, jeweils hervorgerufen durch Leistungsbegrenzung am Wechselrichter.

Referenz	Anlagentyp	Ort	Dim. orig	GIR orig	Dim. W-1%	GIR W-1%	Dim. W-3%	GIR W-3%	GIR W-10%
PVA_01	Fassade_S	AG	75%	0.15	60%	0.23	53%	0.29	0.44
PVA_02	Schrägdach_OW	LU	83%	0.15	57%	0.31	52%	0.36	0.52
PVA_03	Schrägdach_OW	LU	80%	0.17	61%	0.28	55%	0.34	0.48
PVA_04	Flachdach_OW	VS	112%	0.09	65%	0.27	59%	0.32	0.46
PVA_05	Flachdach_OW	AG	81%	0.18	64%	0.28	58%	0.33	0.47
PVA_06	Indach_S	AG	90%	0.16	70%	0.25	64%	0.30	0.42
PVA_07	Schrägdach_OW	VS	84%	0.18	67%	0.28	61%	0.33	0.46
PVA_08	Flachdach_S	ZH	87%	0.16	71%	0.24	64%	0.29	0.42

Tabelle 2: GIR-Werte anhand realer Produktionsdaten (2015) bei verschiedenen Stufen von Leistungsbegrenzungen mit daraus resultierenden Mindererträgen.

Fazit

Die GIR-Werte im Betrieb des originalen Bauzustandes zeigen deutliche Unterschiede. Hier kommen die direkten Dimensionierungen von Generator und Wechselrichter zum Tragen. PVA_04 ist schlecht dimensioniert, sodass sehr viel Netzkapazität verschwendet wird. 100% Leistung des Generators kann ins Stromnetz fliessen, was unter anderem starke Leistungssprünge zur Folge haben kann. Dies kommt oft bei den unzähligen Kleinanlagen vor. Bereits ein minimaler Minderertrag von 1% führt zur Angleichung des GIR-Wertes. Bei dieser Anlage konnte eine Netzeinsparung von 35% sehr leicht erreicht werden.

GSP hängt von Eigenverbrauchsdaten ab und konnte daher noch nicht mit realen Produktionsdaten getestet werden.

Ausblick

Ob die Berechnung des GIR-Wertes über das Jahr ausreichend ist, ist noch nicht klar. Die Fassadenanlage PVA_01 ist ideal für die Winterversorgung, steht aber im Vergleich des GIR mit anderen Anlagentypen schlechter da. Deshalb muss geprüft werden, ob der GIR auch auf Monatsbasis relevant ist.

[1] Huber, L. (2020). Bewertungskennzahlen für Photovoltaikanlagen. www.pv2grid.ch/netzintegration/bewertungskennzahlen

[2] Huber, L. (2019). Netzanschlussoptimierung bei dezentraler Photovoltaik-Stromproduktion mithilfe statischer Leistungsbegrenzung. www.pv2grid.ch/netzintegration/leistungsbegrenzung