



Bild: BFH

Vom Balkonkraftwerk zur relevanten Energiequelle?

Steckbare PV-Systeme in der Schweiz

David Joss, Beat Keller

Die Nachfrage nach steckbaren PV-Systemen wächst rasant. Ein im Frühling abgeschlossenes, vom Bundesamt für Energie unterstütztes Forschungsprojekt von BFH, Electrosuisse, Meteotest und VSEK zeigt nun erstmals, welches Potenzial steckerfertige Solar-Kits in der Schweiz tatsächlich haben und welche Sicherheitsaspekte relevant sind. Eine Arbeitsgruppe der TK82 beschäftigt sich nun mit der Weiterentwicklung der bestehenden Regeln, die u. a. eine Erhöhung der Systemgrenze auf 800 W vorsehen. Eine neue Schweizer Normen-Guideline für steckbare PV-Systeme soll voraussichtlich Anfang 2027 erscheinen.

Mehr als ein Nischenprodukt

Steckbare PV-Systeme – oft als Balkonkraftwerke, Steckersolargeräte, Plug-in-PV oder Solar-Kits bezeichnet – ermöglichen auch Mieterinnen und Mietern einen einfachen Zugang zur Solarenergie. Während solche Systeme, die einfach in die Steckdose eingesteckt werden können, in der Schweiz bereits seit 2014 bis zu einer Anschlussleistung von 600 W pro Zählerstromkreis zulässig sind, sind sie in einigen Ländern verboten. Es gibt aber auch andere, insbesondere europäische, Länder, die ihre Vorgaben inzwischen angepasst und die Hürden für Steckersolar-

IN
KÜRZE



geräte abgebaut haben. Beispielsweise erlaubt Deutschland seit 2024 Leistungen bis 800 W. Zudem sind viele Plug-in-PV-Systeme heute mit Kleinspeichern erhältlich, was sie zunehmend auch wirtschaftlich attraktiv macht. Der Einsatz von Speichern ist vielerorts noch nicht standardisiert.

Vor diesem Hintergrund untersuchte das Forschungsprojekt «Plug&Play PV-Systems», welches energetische Potenzial in Plug-in-PV steckt und ob die aktuellen Schweizer Vorgaben noch zeitgemäss sind.

Relativ grosses Energiepotenzial im Winter

Die Resultate der Potenzialstudie zeigen, dass steckbare PV-Systeme deutlich mehr als ein Symbol für die Energiewende sein können. Balkonkraftwerke könnten in der Schweiz jährlich rund 0,9 bis 1,0 TWh Solarstrom produzieren. Besonders bemerkenswert ist dabei der hohe Winterstromanteil von rund 37%, der deutlich über jenem vieler klassischer Dachanlagen liegt. Der Hauptgrund dafür ist die vertikale oder nur leicht angewinkelte Montage an Balkonen mit wenig Verschattung.

Noch grösser wird das Potenzial, wenn künftig zusätzliche steckbare Systemkategorien berücksichtigt werden (Bild 1). Für kleine Dachflächen, Nebengebäude, Gartenhäuser oder ähnliche Anwendungen schätzt die Studie ein zusätzliches Potenzial von rund 2 TWh pro Jahr. Insgesamt ergibt sich damit ein technisch realisierbares Potenzial von rund 3 TWh jährlich.

Zum Vergleich: Dieses Potenzial entspricht mehr als einer halben Million Haushalten mit einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 5000 kWh. Aufgrund des hohen Winterstromanteils und der unkomplizierten Netzintegration von Plug-in-PV ist ihr Potenzial für die künftige Stromversorgung der Schweiz besonders interessant.

Sicherheit im Fokus: Simulationen und Labortests

Mit der zunehmenden Verbreitung von Plug-in-PV-Systemen werden regelmässig Fragen zur elektrischen Sicherheit gestellt. Das Projekt untersuchte deshalb systematisch mögliche Fehlerszenarien wie Stromschlag, Überlastung von Endstromkreisen, Brandrisiken oder die Beeinflussung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

Die zentrale Erkenntnis: Bei Einhaltung geeigneter technischer Anforderun-

gen weisen steckbare PV-Systeme ein hohes Sicherheitsniveau auf. Das Brandrisiko aufgrund von überlasteten Haushaltstromkreisen wurde für einphasige Systeme sowohl mit der aktuell gültigen Maximalanschlussleistung von 600 W wie auch für 800 W ermittelt und – übereinstimmend mit deutschen Studien [1] – als gering eingestuft. Die durchgeführten Simulationen zeigen, dass intakte zeitgemässe Schweizer Hausinstallationen in den meisten Fällen ausreichend Reserven besitzen und keine relevanten zusätzlichen Risiken entstehen.

Kritisch können hingegen sehr alte oder seltene Installationen mit reduzierten Querschnitten sein (z. B. mit 1-mm²-Leitungen bei 10 A, 1,5 mm² bei 16 A und generell Installationen mit 6-A-Absicherungen). Für solche Sonderfälle empfehlen die Autoren spezi-

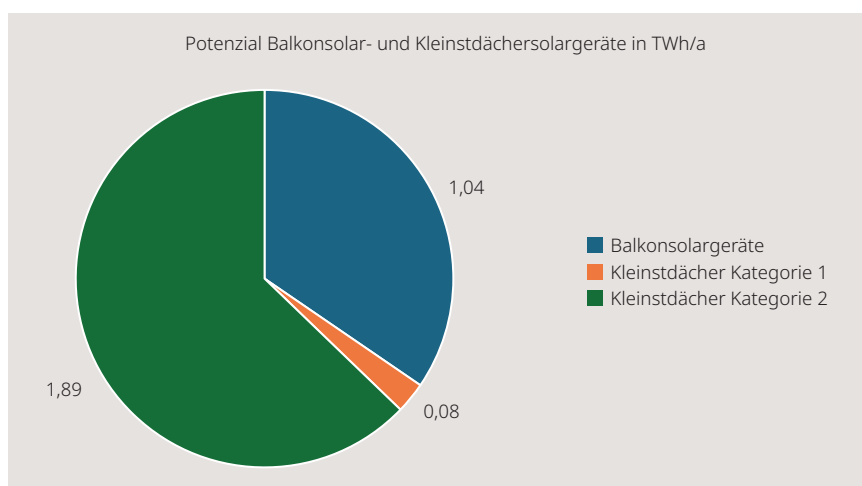


Bild 1 Anteilverhältnisse des Potenzials der Gesamtenergieproduktion (3,01 TWh/a) der untersuchten Plug-in-PV-Systeme «Balkonsolarargeräte» und Kleinstdächer der Kategorien «K1: einphasig 800 W» und «K2: dreiphasig 2400 W».

Bild: Meteotest und BFH

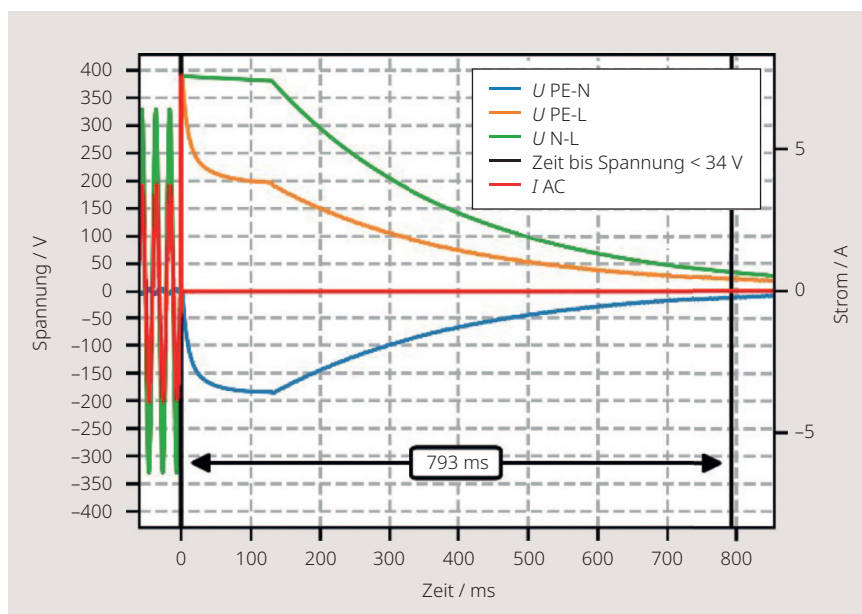


Bild 2 Strom- und Spannungsverlauf nach der automatischen Trennung vom Netz eines Plug-in-PV-Wechselrichters (600 W) auf dem Teststand der BFH. Bild: BFH

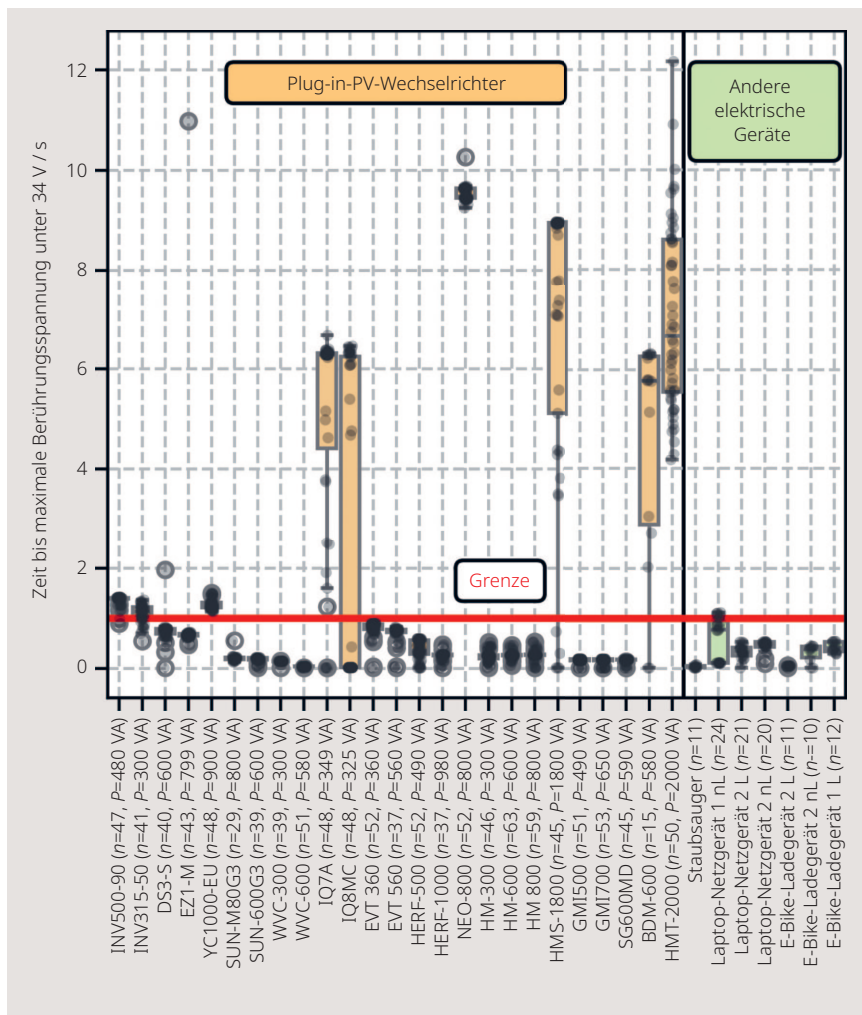


Bild 3 Ergebnisse der Restspannungsprüfung (Zeit, bis die maximale Berührungsspannung unter 34 V liegt) für Plug-in-PV-Wechselrichter und andere typische elektrische Geräte (nL= ohne Last; L= mit Last; n=Anzahl Messungen). Die rote «Grenzwert»-Linie ist der Restspannungsgrenzwert gemäss E DIN VDE V 0126-95:2024-6.

Bild: BFH

fische Schutzmassnahmen oder eine vorgängige Überprüfung der Hausinstallation durch Fachpersonen und gegebenenfalls eine Reduktion der Absicherung. Diese Sonderfälle und die zu treffenden Massnahmen sollen in der neuen Schweizer Normen-Guideline (siehe unten) benannt werden.

Im Rahmen des Projekts wurden im Labor für Photovoltaiksysteme der BFH in Burgdorf 25 Mikrowechselrichter hinsichtlich Restspannung bei Netztrennung, Betriebstemperatur und Stromregelung untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Produktqualität zwischen den Herstellern teils deutlich variiert und es ein greifendes Regelwerk sowie eine aktive Marktüberwachung braucht. Insbesondere bei den Restspannungen an den Steckerpins nach dem Trennen vom Netz wurden Unterschiede festgestellt: Rund 44% der getesteten Geräte überschritten den in Deutschland geltenden Grenzwert von 34 V nach einer Sekunde ab Netztrennung, der als Qualitätskriterium gegen elektrischen Schlag angewandt

wird. In Bild 2 ist das konforme Abklingverhalten der Restspannung von einem Plug-in-PV-Wechselrichter im Labortest dargestellt.

Etwas mehr als die Hälfte der getesteten Wechselrichter zeigt folglich ein rascheres Abklingen der Spannung als das Netzteil eines zufällig ausgewählten Laptops (Bild 3). Sicherheitsadapter oder zusätzliche Schutzmechanismen können dieses Problem der zu langsamen Abklingzeiten jedoch wirksam reduzieren und von den Herstellern einfach umgesetzt werden, um auf dem Niveau anderer Haushaltsgeräte zu sein.

Auch bei den Berührungstemperaturen und der Stromregelung bei niedriger Netzspannung wurden Unterschiede zwischen den Produkten festgestellt. Einige Wechselrichter begrenzten den Einspeisestrom nicht auf den Vorgabewert von 3,5 A (Toleranz 2%) und bei 25% der getesteten Geräte wurde bei Nennleistung eine zu hohe Oberflächentemperatur gemessen, die nicht den Anforderungen der IEC 62109-1 entspricht. Die Autoren sehen deshalb Bedarf für spezifische Anforderungen und Prüfverfahren für Plug-in-PV-Systeme als Gesamtsystem, und nicht nur für einzelne Komponenten.

Schweiz mit liberalem Regelwerk

Im internationalen Vergleich verfügt die Schweiz bereits heute über liberale Rahmenbedingungen. Steckbare

PV-Systeme gelten hier als elektrische Erzeugnisse und dürfen direkt an handelsüblichen Steckdosen betrieben werden. Voraussetzung sind nebst der maximalen Nennleistung von 600 W unter anderem eine Konformitätserklärung, geeignete Fehlerstromschutzmechanismen sowie die Meldung an den zuständigen Verteilnetzbetreiber sowie die Baubehörde. Bemerkenswert ist, dass in der Schweiz seit Einführung der Regelung (2014) keine Personenschäden oder andere gravierende Schadensfälle im Zusammenhang mit steckbaren PV-Systemen bekannt sind. In vielen anderen Ländern sind die Hürden zum Betrieb eines Plug-in-PV-Systems höher als in der Schweiz. Dennoch sieht man international den Trend zu mehr Kleinst-PV-Systemen und auch nach einer Erleichterung für deren Marktzugang.

Das Forschungsprojekt kommt zum Schluss, dass der liberale Weg auch weiterhin sinnvoll ist und mit konkreten Forderungen nach Systemkonformität keine relevanten Risiken birgt. Auch dann nicht, wenn

die maximale Nennleistung für steckbare PV-Systeme, wie in Deutschland, auf 800 W erhöht würde.

Vorschläge für künftige Systemkategorien

Ein zentrales Ergebnis aus dem Forschungsprojekt ist der Vorschlag, steckbare PV-Systeme künftig in klar definierte Systemkategorien einzuteilen und die heute geltende Leistungsgrenze weiterzuentwickeln. Hintergrund ist das in der Potenzialstudie berücksichtigte, deutlich grössere Energiepotenzial über alle Kategorien sowie die Erkenntnis, dass die meisten Schweizer Elektroinstallationen auch höhere Leistungen sicher aufnehmen können.

Mit dem Grundsatzgedanken, Kleinst-PV-Systeme in der Schweiz künftig niederschwellig und mit tiefen bürokratischen Hürden nutzen zu können, werden zwei angepasste bzw. neue Systemkategorien unverbindlich vorgeschlagen:

- Systemkategorie K1: einphasige Systeme mit bis zu 800 VA (AC) und 2 kW (DC)
- Systemkategorie K2: dreiphasige Systeme mit bis zu 2400 VA (AC) und 6 kW (DC)

Die neu definierten Systemkategorien sollen deshalb zusätzlich kleine Dächer, Carports, sonstige Nebengebäude und andere bislang wenig genutzte kleinräumige Flächen erschliessen, ohne den einfachen «Plug-and-Play»-Charakter der Systeme aufzugeben.

Zudem sollen systemeigene Batteriespeicher erstmals ausdrücklich berücksichtigt werden, da solche Kombinationen bereits heute vermehrt am Markt sind.

Fazit und Ausblick auf die SNG 480800

Das Forschungsprojekt zeigt, dass steckbare PV-Systeme weit mehr sind als nur ein niederschwelliger Zugang zur Solarenergie für die breite Bevölkerung. Sie verfügen über ein relevantes Energiepotenzial, liefern überdurchschnittlich viel Winterstrom und können bei geeigneter Auslegung sicher betrieben werden.

Mit der Erarbeitung der Schweizer Normen-Guideline SNG 480800 «Steckbare PV-Systeme» werden die Erkenntnisse aus Forschung und Praxis in ein neues Schweizer Regelwerk überführt. Ziel ist es, ein einheitliches Sicherheits- und Anwendungs-

verständnis für diese zunehmend verbreiteten Systeme im Niederspannungsbereich zu schaffen. Die Guideline adressiert insbesondere die sichere Integration dieser Systeme in bestehende Endstromkreise für Hersteller, Inverkehrbringer und Nutzer und ergänzt damit die Anforderungen der Niederspannungs-Installationsnorm NIN als auch der Niederspannungs-Erzeugnis-Verordnung NEV. Die Erarbeitung erfolgt durch eine breit abgestützte Arbeitsgruppe mit Vertretern aus den technischen Komitees UK23B, TK8, TK64 und TK82. Dadurch können sowohl netzseitige, installationsseitige als auch produktspezifische Aspekte angemessen berücksichtigt werden.

Im Fokus der SNG 480800 stehen steckbare Systeme gemäss den zuvor vorgestellten Systemkategorien – weiterhin ein System pro Zählerstromkreis. Es werden ein- und dreiphasige Systemkategorien definiert, jeweils mit oder ohne gekoppelte Speicher. Die Klassifikation legt maximale Leistungen, zulässige Steckvorrichtungen sowie Systemgrenzen fest und schafft damit Transparenz für Planung, Betrieb und Markt. Wesentliche Grundsätze betreffen den Schutz gegen elektrischen Schlag, die Vermeidung von Überlastungen sowie das netzkonforme Verhalten. Die Guideline konkretisiert damit zentrale Ziele hinsichtlich Personen- und Sachschutz unter Beachtung einer Risikoabwägung.

Insgesamt stellt die SNG 480800 einen wichtigen Schritt dar, um Innovation und Sicherheit bei steckbaren PV-Systemen in Einklang zu bringen und deren Integration im Schweizer Elektrizitätssystem praxisnah zu unterstützen. Sie wird voraussichtlich im Jahr 2027 publiziert. Bis dahin bleibt die ESTI-Mitteilung 7/2014 unverändert gültig.

Referenz

- [1] Joseph Bergner, «Kurzbericht: Steckersolar 800 W», Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin, 02/2025.

Link

www.bfh.ch/de/forschung/forschungsprojekte/2023-764-629-419

Autoren

David Joss ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am PV-Labor.

- > BFH, 3400 Burgdorf
- > david.joss@bfh.ch

Beat Keller ist Projektleiter Weiterbildung bei Electrosuisse.

- > Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
- > beat.keller@electrosuisse.ch