

Abschlussbericht

Innovationsfondsprojekt

„Wechselrichter für Mini-PV-Anlagen“

Berichtsdatum: 22.7.2020

Projektnummer: 2019 – 09

Laufzeit 02/2019 bis 10/2020

Fördervolumen: 88.711 €

Gefördert durch den
Innovationsfonds
Klima- und Wasserschutz

badenova
Energie. Tag für Tag

Projektpartner:

- Atrineo AG, Kaiserstraße 118, D-76133 Karlsruhe
- Badenova AG & Co. KG, Tullastraße 61, 79108 Freiburg

Inhaltsverzeichnis

1	AUSGANGSLAGE	2
1.1	PROJEKTHINTERGRUND	2
1.2	EINGESETZTE MIKRO-PV-SYSTEME	4
2	PROJEKTBESCHREIBUNG	4
2.1	SCHRITT 1: TECHNISCHER UND RECHTLICHER RAHMEN, ANMELDUNG BEIM NETZBETREIBER	5
2.2	SCHRITT 2: UMSETZUNG PILOTPROJEKTE.....	6
2.3	SCHRITT 3: MESSE-AKTION DER BADENOVA, MIKRO-PV-AKTION STADT FREIBURG.....	7
3	ERFAHRUNGSWERTE.....	8
3.1	ELEKTRISCHER ANSCHLUSS.....	8
3.2	ZÄHLER, ZÄHLERWECHSEL, HAUSINSTALLATION	9
3.3	BEFESTIGUNGSSYSTEME FÜR BALKONE, WEITERE AUFSTELLUNGSSORTE	11
3.4	WIRTSCHAFTLICHKEIT, EEG-VERGÜTUNG, EINSPEISUNG	13
3.5	ZUSTIMMUNG DES VERMIETERS	14
4	ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	15
5	ERGEBNISSE UND ZUSAMMENFASSUNG.....	16
6	ANHANG	17
6.1	SPEZIFIKATION BEON-INVERTER	17
6.2	LEITFADEN FÜR DIE INBETRIEBNAHME EINER MINI-PV-ANLAGE	18
6.3	INFORMATIONSBLETT MINI-PV	19

1 Ausgangslage

1.1 Projekthintergrund

Normal große Solarstromanlagen (PV-Anlagen) bestehen aus mehreren technischen Komponenten, die eine funktionale Einheit bilden. Dazu gehören die meist mehrere Quadratmeter großen Solarmodule, die auf den Dächern oder als Freiflächen installiert werden, ein oder mehrere Wechselrichter, die den erzeugten Gleichstrom in nutzbaren Wechselstrom umwandeln, die Installationsvorrichtung einschließlich Einspeisungszähler und die Kabelverbindungen zwischen Modulen, Wechselrichtern und der Einspeisestelle.

Was eine herkömmliche Solarstromanlage in Groß ist, versucht man bei einer Mini-Anlage in Klein zu realisieren. Es handelt sich dabei um eine kleine, einfache(re) Ausgabe großer Solaranlagen mit ein bis zwei Solarmodulen, die man tragen und relativ leicht aufbauen kann, vgl. Abbildung 1. Anders als für die großen Anlagen braucht man für diese Anlagen nicht unbedingt ein Solardach, sondern kann sie im Garten, auf der Terrasse, auf dem Balkon, an der Fassade, auf einem Carport oder auch an der Fassade installieren. Installation und Inbetriebnahme der Mini-Anlagen sollen besonders einfach sein, wobei die im Projekt betrachteten Mini-PV-Anlagen nur zur Einspeisung ins Hausstromnetz und nicht für einen Inselbetrieb (z.B. für die Versorgung eines Wohnmobils) ausgelegt sind. Dazu ist der Wechselrichter dieser Mini-Anlagen PV-Modul-seitig mit einem MPP-Tracker und hausseitig mit einer Überwachung des Hausnetzes ausgestattet. Wird so ein Wechselrichter vom Hausnetz getrennt oder ist im Hausnetz aufgrund einer Abschaltung kein Strom vorhanden, liefert er keinen PV-Strom mehr.



Abbildung 1: Beispiele für Mini-PV-Anlagen, im rechten Bild in der Bildmitte der zur Anlage gehörende Wechselrichter, Quelle: BeOn

Eine 230-V-Hausinstallation freilich ist zunächst einmal als „Versorgungsnetz“ gedacht, die daran angeschlossenen Geräte sind Stromverbraucher. Nun soll mit den Mini-PV-Anlagen also ein Energieerzeuger direkt in das Hausnetz integriert werden, was technische und rechtliche Fragen mit sich bringt. Während in der Schweiz, den Niederlanden und in Portugal die Mini-Solaranlagen unter Bagatellgrenzen fallen (so erlaubt das Eidgenössische Starkstrominspektorat ESTI steckerfertige mobile PV-Anlagen bis zu einer AC-seitigen Nennleistung von maximal 600 Watt an 230-V-Aussensteckdosen), gab es in Deutschland längere Zeit keinen Konsens über die Rahmenbedingungen für deren Anschluss. Auf der einen Seite wollten Hersteller in Gutachten nachgewiesen haben, dass der Betrieb einer steckerfertigen Mini-Solaranlage in einem ordnungsgemäßen Hausstromnetz rundum sicher sei. Auf der anderen Seite war ein Teil des deutschen Elektrofachs und der Netzbetreiber der Auffassung, dass durch die

Anlagen eine latente Brandgefahr bestehe. Werde der maximal zulässig Strom in einem Endstromkreis über das Netz bezogen und speise gleichzeitig die Mini-Anlage in den gleichen Endstromkreis ein, übersteige die Summe aus möglichem Bezug und Einspeiseleistung die Auslegungsgrenze der Leitungen und Steckdosen im betreffenden Endstromkreis. Die vorgeschaltete Schutzeinrichtung des Endstromkreises löse bei dieser Überlastung nicht korrekt aus. Zudem sei für die Verbraucher nicht ersichtlich, ob ein Gerät künftig über eine Verbindung mit einem Schuko-Stecker Strom aus dem Hausnetz beziehe oder in dieses einspeise.

Die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) hat daraufhin in 2017 eine Ergänzung der DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551) für die Anforderungen an die Installation von Mini-PV-Anlagen ("Balkonkraftwerke") erarbeitet. Mit der Änderung dürfen Verbraucher nun auch in Deutschland die kleinen Anlagen unter bestimmten technischen Voraussetzungen ("normgerecht") offiziell direkt an den Haushaltsstromkreis anschließen. Damit aber scheint nur teilweise Klarheit geschaffen zu sein darüber, ob und wie Mikro-PV-Anlagen angeschlossen und betrieben werden dürfen:

- Nach wie vor vertritt die Bundesnetzagentur den Standpunkt, dass es sich bei diesen Anlagen wie bei ihren großen „PV-Anlagen-Verwandten“ um anzeigepflichtige Anlagen handle, die im Marktstammdatenregister einzutragen sind. Die Anlagen hätten das gleiche Recht auf EEG-Vergütung und damit die gleichen Pflichten wie alle anderen PV-Anlagen, auch wenn faktisch kaum einer der Mini-PV-Anlagenbetreiber diese Vergütung in Anspruch nimmt.
- Da die Anlagen in bestimmten Zeiten mehr Strom produzieren können, als im Haus verbraucht wird, sind sie beim Netzbetreiber anzumelden, sofern nicht technisch jederzeit sichergestellt ist, dass keine Einspeisung erfolgt. Das bringt die Frage mit sich, ob die Anlagen nicht auch, wie ihre großen Verwandten, über Abregelungsmechanismen verfügen müssten, um negative Auswirkungen auf das Netz zu vermeiden. In jedem Fall aber ist der eingespeiste Strom zu überwachen und ggf. mittels eines Einspeisezählers zu erfassen.
- Die Mini-Anlagen werden gerade bei Mietern beworben, die bisher bei der Energiewende außen vor waren, weil sie für die Installation einer Anlagen den Vermieter überzeugen müssen und bei einem Umzug eine große Aufdachanlage nicht einfach mitnehmen können. Unter dem gängigen Regelwerk können sie nun zwar eine Mini-Anlage kaufen, diese aber nur anschließen, wenn sie einen Fachmann hinzuziehen (was ggf. beim Vermieter anzuzeigen ist) und eine „spezielle Energiesteckvorrichtung“ installieren lassen (was grundsätzlich mit dem Vermieter abzustimmen ist). Mieter, die ihren Vermieter bisher nicht von einer Aufdachanlage überzeugen konnten, müssen ihn nun davon überzeugen, eine Energiesteckvorrichtung installieren zu lassen – darauf werden wohl die meisten Mieter verzichten und die Anlage ohne Fachmann und ohne spezielle Steckvorrichtung in Betrieb setzen.

Ist also schon der Anschluss der Mini-Solaranlagen in Deutschland ein schwieriges Feld, kommen die Vorschriften zur Zählung und Abrechnung der ins Netz eingespeisten Strommengen hinzu. Zwar sind die Anlagen so ausgelegt, dass der eigenerzeugte Strom ganz überwiegend in der eigenen Wohnung verbraucht werden kann, es wird sich aber nicht vermeiden lassen, dass der PV-Strom auch zu Zeiten erzeugt wird, in denen nicht genügend Verbraucher an das Hausnetz angeschlossen sind. Daraus ergibt sich ohne zusätzliche Vorrichtungen zur Abschaltung eine Wechselwirkung mit dem öffentlichen Netz, die im bestehenden technischen und rechtlichen Rahmen bleiben muss.

Vor diesem Hintergrund betrachtete das im Rahmen einer Förderung durch den badenova-Innovationsfonds durchgeführte Projekt „Wechselrichter für Mini-PV-Anlagen“ in den Jahren 2019 und 2020 nicht nur die technischen Aspekte solcher Anlagen, sondern auch deren rechtliche und baulichen Aspekte.

1.2 Eingesetzte Mikro-PV-Systeme

Im Projekt eingesetzt wurden CE-zertifizierte Mikro PV Anlagen der Firma BeOn Energy (www.beon-energy.com) aus Portugal, die über den deutschen Projektpartner Atrineo AG bezogen wurden. Die Wahl fiel auf dieses System, weil es bereits in mehr als 20.000 Haushalten (überwiegend in Portugal) installiert wurde, über alle für den deutschen Markt relevanten Zulassungen verfügt und die Firma BeOn über ihren Partner Atrineo bereits 2016 erste Gespräche mit der badenova zur Durchführung eines Feldtests aufgenommen hatte. Nach der in 2017 vorgelegten Ergänzung der DIN VDE 0100-551 stand einem solchen Test nichts mehr im Weg, zumal auf Grund der Erfahrungen aus Portugal nicht mit größeren technischen Schwierigkeiten beim Einbau und Betrieb der Mikro-PV-Anlagen der BeOn in Deutschland gerechnet werden musste.

Das eingesetzte System besteht, wie andere Mikro-PV-Anlagen auch, aus einem konventionellen PV-Modul mit 300 - 330 W(p) Leistung, einem Mikro-Inverter für die Umwandlung des PV-Gleichstroms in Wechselstrom und zur Überwachung des Stromnetzes im Haus und den notwendigen Verbindungsleitungen zur Einspeisung in das Hausnetz (vgl. Abbildung 2). Jeweils zwei Mikro-PV-Anlagen können durch ein weiteres

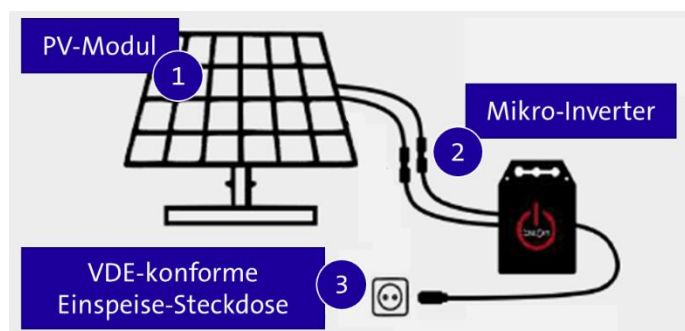


Abbildung 2: Bestandteile Mikro-PV-System

Kabel in Reihe verschaltet werden, so dass an einer Einspeisesteckdose die in Deutschland maximal zugelassene Einspeiseleistung von $2 \times 300 \text{ W(p)} = 600 \text{ W(p)}$ möglich ist. Zusätzlich zu diesen Grundbausteinen einer Mikro-PV-Anlage liefert BeOn ihr System mit Aufstellungs- und Befestigungsmaterial aus. Dieses besteht aus Aluprofilen für die Aufständerung der Anlage und Befestigungshaken und -Schrauben für die Montage an einem Balkongeländer oder an einer Hauswand (vgl. Abbildung 1 rechts). Zu den technischen Spezifikationen des BeOn-Inverters siehe Anhang 6.1.

Im Projekt wurden zunächst fünf Anlagen mit einer Leistung von 300 W(p) installiert, um die technische Leistungsfähigkeit des Systems zu demonstrieren und die Handwerker für den Einbau zu schulen. In einem zweiten Bauabschnitt wurde dann mehr als 30 weitere Anlagen mit 300 W(p) und mit 600 W(p) Leistung verbaut und parallel dazu weitere Anlagentypen von weiteren Herstellern untersucht. Der Aufbau aller geprüften Anlagentypen entspricht weitgehend dem des Systems BeOn, lediglich die Qualität des Wechselrichters und dessen Standby-Stromverbrauch fallen unterschiedlich aus. Der Wechselrichter von BeOn gehört hinsichtlich Stromverbrauch, Effizienz und Zuverlässigkeit jeweils zu den 3 besten Modellen im Test, insofern kann er stellvertretend für auch andere am Markt verfügbare qualitativ hochwertige Wechselrichter betrachtet werden.

2 Projektbeschreibung

Das Projekt wurde in drei Schritten durchgeführt. Zunächst fand eine Workshop-Reihe statt, in der die Rahmenbedingungen für Einbau von Mikro PV-Anlagen erörtert wurden. Dem schloss sich die Installation von zunächst 10 Testanlagen zum technischen Test und zur Prüfung der für eine Installation notwendigen Handlungsschritte an. Schließlich wurden in einer durch die Stadt Freiburg organisierten Verlosungsaktion weitere mehr als 30 Anlagen installiert und dabei zusätzliche Erfahrungen zu den Gegebenheiten vor Ort gesammelt.

2.1 Schritt 1: technischer und rechtlicher Rahmen, Anmeldung beim Netzbetreiber

Im ersten Projektschritt wurden zwischen Februar und August 2019 vier Workshops abgehalten, in denen zuerst die technischen und rechtlichen Fragen geklärt wurden, die bei der Installation von Mini-PV-Anlagen zu beachten sind. Dabei wurden auch die gültigen Normen und deren Nutzen diskutiert und überprüft. Es zeigten sich rasch drei näher zu betrachtende Themenfelder:

- Obwohl es sich bei den VDE-Vorschriften um keine gesetzlichen Regelungen handelt, wurden diese Regelungen von den Vertretern des Elektrofachs dennoch als bindend angesehen. So war keine Elektrofachkraft im Projekt bereit, die Gewähr für eine Installation einer Anlage zu übernehmen, die von den Regelungen abweicht, weil sie selbst sonst verpflichtet wäre nachzuweisen, dass die eigene technische Lösung mindestens dem Schutzniveau der VDE-Lösung entspricht. Vermieter forderten aus ähnlichen Haftungsüberlegungen ebenfalls einen VDE-konformen Anschluss. Dem stand der Wunsch eines Teils der potenziellen Anlagenbetreiber entgegen, die Anlage ohne Unterstützung durch einen Elektrofachhandwerker selbst aufbauen zu wollen.
- Nur wenige der am Einbau einer Testanlage Interessierten waren Hausbesitzer, die anderen waren Mieter oder Miteigentümer in Wohneigentümergeinschaften. Es stellte sich heraus, dass für diese die Abstimmung mit dem Vermieter und den Miteigentümern ein großes Hindernis bei der Installation darstellt. Baurechtliche Bedenken und Bedenken hinsichtlich der Optik und Sicherheit führen zu einer Ablehnung der Mini-PV-Anlagen, die nicht in allen Fällen überwunden werden konnte. Im Projekt konnten im ersten Schritt Anlagen vor allem bei Hausbesitzern und Mietern umgesetzt werden, bei denen der Vermieter im Haus wohnt. Auch Baugenossenschaften konnten für einen Test der Systeme bei ausgewählten Mietern gewonnen werden. In Wohneigentümergeinschaften aber blieb die Abstimmung wegen der notwendigen Abstimmung zwischen den Eigentümern bis zum Projektende schwierig.
- Schließlich erwies sich die Anmeldung beim Netzbetreiber und im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur als Stolperstein. Durch das Zusammenspiel von Netzbetreiber und Projektteam konnte der Anmeldeprozess für die Mikro-PV-Anlagen im Netzgebiet der bnNetze und der Gemeindewerke Gundelfingen deutlich transparenter gestaltet und teilweise vereinfacht werden. Allerdings ist der formale Aufwand zur Inbetriebnahme einer Mikro-PV-Anlage aber nach wie vor höher als von allen Projektbeteiligten erwünscht, auch dem Netzbetreiber.

Auf Grund dieser ersten Projektergebnisse wurde nicht nur eine Vereinfachung des Anmeldeprozesses beim Netzbetreiber angegangen, sondern auch Öffentlichkeitsarbeit für das Thema Mini-PV-Anlagen betrieben. Viele Fragen von Anlageninteressenten und Vermietern können und sollten noch vor Kauf und Installation der Anlage beantwortet werden, um spätere Konflikte und Frustration zu vermeiden. Dazu gehörte der Aufbau einer Homepage für Mini-PV-Anlagen in Freiburg (www.balkon.solar) durch die Projektmitglieder.

Die Betrachtung der verschiedenen Gesichtspunkte war nur möglich, weil an den Workshops neben der Atrineo und der badenova bzw. der bnNetze weitere Interessengruppen teilnahmen und ihre Erfahrungen und Kompetenzen einbrachten:

- Mitarbeiter und Vertreter des Fraunhofer ISE (die u.a. die Ergebnisse aus der Vermessung von Mikro-PV-Anlagen in die Diskussion einbrachten),
- Elektrofachbetriebe, die bei der späteren Installation zur Seite standen (Elektro Ullmann, Freiburg; ETECH GmbH, Gundelfingen; ETM Solarservice, Freiburg),
- Umweltschutzamt bzw. Stadt Freiburg, Energieagentur Regio Freiburg,

- Solar-Bürger-Genossenschaft Freiburg, Bündnis 90/Grüne,
- Journalisten aus der Region,
- ein Vertreter der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (der viele Hintergründe zu den VDE-Vorschriften kannte und Möglichkeiten zur vereinfachten Anmeldung beim Netzbetreiber aufzeigte – siehe hierzu auch www.pvplug.de).

2.2 Schritt 2: Umsetzung Pilotprojekte

Nachdem die bnNetze keine Vorbehalte gegen die Installation der Mikro-PV-Anlagen und einem vereinfachten Anmeldeverfahren zugestimmt hatte, wurden 5 Standorte für den Aufbau von Testanlagen im Zeitraum von August bis Oktober 2019 ausgewählt. Dabei zeigte sich:

- Die Nachfrage nach einer Teilnahme an einem Test war auch ohne umfangreiche Werbung durch das Projekt sehr hoch und überstieg bei weitem die Zahl der für den Test vorgesehenen Haushalte.
- Die Abstimmung mit den Vermietern war teilweise sehr umfangreich, so dass in diesem Umsetzungsschritt nur Standorte umgesetzt wurden, bei denen eine rasche Zustimmung der Vermieter erreicht werden konnte.
- Die Installation vor Ort war deutlich aufwändiger als zunächst angenommen. So stellte sich nicht nur die Umsetzung des elektrischen Anschlusses nach VDE-Vorschrift als möglicher Stolperstein heraus, sondern auch die fachgerechte Befestigung der Anlagen an einem Geländer bzw. die sichere Aufstellung der Anlage (trotz des vom Hersteller BeOn bereits mitgelieferten Befestigungs- und Aufstellungsmaterials).
- Die richtige Einschätzung, ob die Hauselektrik für den Einbau einer Mikro-PV-Anlage geeignet ist, ist für die meisten Anlagenkäufer trotz Informationen aus dem Internet schwierig.
- Der Prozess der Anmeldung beim Netzbetreiber wird vor allem dann vereinfacht, wenn der Netzbetreiber die Anmeldeunterlagen vorausgefüllt zur Verfügung stellt und durch den Anmeldeprozess hilft. Der Sinn einer Anmeldung im Marktstammdatenregister wurde allerdings von keinem der Projektteilnehmer gesehen (obwohl letztlich jeder Teilnehmer eine Anmeldung vornahm), zumal jeder Anlagenbetreiber auf die EEG-Vergütung verzichten wollte, um Fragen der Steuerpflicht aus dem Weg zu gehen.

Alle Testanlagen wurden durch einen Elektriker und die Projektmitarbeiter installiert (vgl. Abbildung 3). Der Hersteller BeOn war zur Installation der Anlagen angeworben, um die technischen Rahmenbedingungen zur Installation in Deutschland besser kennen zu lernen. Im Anschluss an die Installation fanden zwei Workshops statt mit dem Ziel, das Thema Mikro-PV auch über die Projektlaufzeit hinaus zu verfolgen, denn die Nachfrage nach den Anlagen stieg während des Projektes immer weiter an.



Abbildung 3: Installation einer Mini-PV Anlage bei einem der Energiepioniere

Daher wurde zum Abschluss des Projektschrittes im Dezember 2019 auch eine Pressekonferenz mit Begehung einer Testanlage ausgerichtet, in der der Öffentlichkeit die Ergebnisse aus dem Innovationsfondsprojekt vorgestellt wurden. Das Echo aus der Presse war weit größer als erwartet und es wurde über mehrere Tage von den Installationen in Freiburg berichtet. Parallel dazu hat das Projektteam die Informationsseite www.balkon.solar überarbeitet und ergänzt. Sie soll damit zur zentralen Anlaufseite für Anfragen rund um das Thema Mikro-PV in Freiburg werden.

2.3 Schritt 3: Messe-Aktion der badenova, Mikro-PV-Aktion Stadt Freiburg

Die Stadt Freiburg hat Ende 2019 ein Förderprogramm zur Installation der Mikro-PV-Anlagen aufgelegt, über das jede fachgerechte Installation im Stadtgebiet Freiburg mit bis zu 200 € bezuschusst wird. Wie die Erfahrung aus dem zweiten Projektschritt gezeigt hat, lassen sich damit insbesondere die Kosten für die elektrische Installation abdecken. Da parallel dazu Anfang 2020 die Energieagentur Regio Freiburg im Rahmen der Messe „Gebäude, Energie, Technik“ in Freiburg eine Sonderveranstaltung zum Thema Mikro-PV-Anlagen durchgeführt hat, war die Nachfrage nach weiteren Anlagen im Stadtgebiet groß.

Die badenova hat darauf mit einer Messeaktion reagiert und weitere Mikro-PV-Anlagen im Rahmen dieses Projektes kostenlos bzw. zum Einkaufspreis an Energiepioniere weitergegeben, die bereit waren, den Einbau zu dokumentieren und ihre Erfahrungen zur Veröffentlichung weiterzugeben. Diese weiteren Installationen wurden ganz überwiegend von Hausbesitzern vorgenommen, woran sich zeigte, dass Mikro-PV-Anlagen nicht allein für Mieter interessant zu sein scheinen. Bei diesen in der ersten Jahreshälfte 2020 durchgeführten Aufbauten war ein Wechselrichter defekt und musste ausgetauscht werden, bei einer weiteren Anlage wurden die Auswirkungen der Verschattung deutlich und dokumentiert (siehe dazu auch Abschnitt 3.3.).

Die Stadt Freiburg hat nicht nur ein Ausstellungsstück einer Mikro PV Anlage bei badenova in Auftrag gegeben (vgl. Abbildung 4), sondern vor allem eine große Aktion durchgeführt, die weitere Aufmerksamkeit für das Thema weckte: die Verlosung von 30 Mikro PV Anlagen im Stadtgebiet Freiburg. An dieser im April 2020 gestarteten Aktion nahmen mehr als 400 Bewerber teil und bewarben sich mit Bildern ihres geplanten Aufbauortes und ihrer Elektroinstallation (Zähler- und Sicherungskasten). Die Stadt und badenova unterstützte den elektrischen Einbau der Anlagen durch Elektro-Fachbetriebe. Erkenntnisse aus der Aktion der Stadt waren insbesondere:

- Der überwiegende Teil der künftigen Nutzer möchte die Anlage am Balkongeländer installieren. Das macht eine auf das Geländer angepasste Art der Befestigung notwendig, für die das von BeOn mitgelieferte Befestigungsmaterial nicht immer geeignet ist. Der Hersteller hat daher mit einem speziellen Befestigungsset für Balkone reagiert.



Abbildung 4: Ausstellungsanlage der Stadt Freiburg mit leichtem (nur 8kg schwerem) PV-Modul

- Die Stadt hatte den Gewinnern der Anlage angeboten, nicht nur die elektrische Installation zu unterstützen, sondern auch den weiteren technischen Aufbau. Da diese Leistung jedoch zu bezahlen wäre, wurde das Angebot nur von zwei Gewinnern angenommen. Alle anderen haben die Anlage selbst aufgebaut und befestigt.
- Die Auslieferung und Installation der Anlagen zog sich bis Mitte 2021 hin, weil trotz umfangreicher Vorabinformation und Prüfung bei der Umsetzung viele weitere Fragen aufkamen: Liegt die Zustimmung des Vermieters wirklich vor? Kann die Anlage parallel zu einer bereits vorhandenen Anlage installiert werden? Können gleichzeitig mehrere Anlagen in einem Haus oder einem Haushalt in Betrieb gesetzt werden? Ist der Umbau des Zählerplatzes notwendig? Welche Formulare sind für einen Verzicht auf die EEG-Umlage notwendig?

Insgesamt wurden dennoch bis zum Ende des Projektes im Dezember 2020 fast 50 Mikro-PV-Anlagen installiert, von denen bisher nur eine einen technischen Defekt aufweist, was einen Ersatz des Wechselrichters notwendig gemacht hat.

3 Erfahrungswerte

3.1 Elektrischer Anschluss

Die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) hat in 2017 eine Ergänzung der DIN VDE 0100-551 (VDE 0100-551) für die Anforderungen an die Installation von Mini-PV-Anlagen ("Balkonkraftwerke") erarbeitet. Die Anforderungen sehen u.a. vor:

- Einspeisung über eine spezielle Einspeise-Steckvorrichtung, vgl. Abbildung 5. Die Norm weist hier auf das System Wieland, es können aber auch andere, gleichwertige Systeme verwendet werden. Es zeigt sich allerdings, dass sich auf Grund der Nennung in den VDE-Anforderungen der „Wieland-Stecker“ als Standard durchsetzt, weil nur wenige Elektrofachkräfte die Verantwortung für eine eigene andere Lösung übernehmen möchten.
- An einen Endstromkreis darf lediglich eine Anlage mit maximal 600 W(p) Leistung angeschlossen werden. Die überwiegende Zahl der Mikro-PV-Anbieter verkauft Systeme mit einer Inverterleistung zwischen 250 und 300 W. Die Hersteller allerdings geben an, dass baugleiche Systeme in Reihe geschaltet werden können, so dass sich mit zwei Anlagen ein System mit maximal 600 W(p) Einspeiseleistung ergibt.
- Die Kabel des Endstromkreises zur Einspeisung sind auf ausreichende Belastbarkeit zu prüfen, ggf. ist die Sicherung des Endstromkreises zu wechseln oder zu reduzieren.

Damit ist eine Installation einer Mikro PV Anlage im Rahmen der VDE-Vorgaben ohne eine elektrische Fachkraft nicht möglich. Denn es ist diese Fachkraft nicht nur notwendig für die Installation der Einspeise-Steckvorrichtung und ggf. den Wechsel der Sicherung, sondern vor allem auch bereits zur Überprüfung der ausreichenden Dimensionierung und Sicherheit des Endstromkreises, in dem die Anlage einspeisen soll.

In einigen Internetforen wird dem gegenübergestellt, dass der Einbau einer Mikro-PV-Anlage auch unter Verwendung einer Schuko-Steckdose und eines Schukostecker-Steckers und bei ggf. einer selbst vorgenommenen Reduzierung der Sicherung auf 13A oder 10 A sicher sei, wenn die Anlage selbst über ein CE-Kennzeichen des Herstellers verfüge. Hier zeigt das Projekt: Ja, die Anlagen, die CE-geprüft sind, sind technisch ausgereift und schalten bei einer Unterbrechung des Stromnetzes selbständig ab. Bei gezogenem Stecker verhindert der Inverter den Stromfluss vom PV-Modul zum Stecker, was im Regelfall die Berührungssicherheit eines Wieland-Steckers und ein festes Einrasten des Steckers in der Steckdose nicht notwendig machen würden.



Abbildung 5: Steckverbindung für den Hausanschluss einer Mini-PV-Anlage,
Quelle: <http://greenakku.de/Zubehoer/PV-Zubehoer/selfPV-Zubehoer/>

Aber: Mit Elektrizität ist nicht zu spaßen. Keiner der Teilnehmer im Test kannte die Auslegungsleistung der im Haushalt verbauten Sicherungen. Keiner der Teilnehmer wusste, was ein Endstromkreis ist. Die meisten Teilnehmer hatten Schwierigkeiten damit, die Leistung Ihrer Anlage richtig abzuschätzen - so gingen viele davon aus, die Leistung wäre ausreichend, in „ein paar Stunden“ ein Elektroauto vollständig zu laden. Jeder der Projektteilnehmer war am Ende froh, bei der Installation von einem Elektriker unterstützt worden zu sein. Das zeigt, dass die VDE-Vorschriften ihre Berechtigung haben, weil es sich bei den Mikro PV-Anlagen-Besitzern eben überwiegend um elektrotechnische Laien handelt, die gut daran tun, eine Fachkraft bei der Installation zu Rate zu ziehen.

Es zeigt sich aber auch Potenzial zur Verbesserung der VDE-Vorschriften. Einige Projektteilnehmer wollten die Mikro-PV-Anlage so installieren, dass sie entweder bei einem Auszug wieder abgebaut werden könnte oder dass sie während des Jahres an einen anderen Standort verschoben werden kann (z.B. wegen der Verschattungssituation oder wegen des Platzes auf dem Balkon). Deshalb sollte das Kabel zwischen Inverter und Einspeisesteckdose nicht in jedem Fall fest verlegt werden. Hier erweist sich die feste Verbindung zwischen Wieland-Stecker und Wieland-Steckdose als Gefahrenquelle. Denn während sich bei einem Stolpern ein Kabel mit Schuko-Verbindung relativ leicht aus der Steckdose löst, bleibt die Verbindung zwischen Wieland-Stecker und Steckdose fest verbunden. Gleichzeitig wird von außen nicht sichtbar, ob sich in der Steckverbindung die Litzen-Anschlüsse gelöst haben.

3.2 Zähler, Zählerwechsel, Hausinstallation

Da es sich bei den Mikro-PV-Anlage im Sinne des Netzbetreibers und der Bundesnetzagentur um Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien handelt, die in das Elektrizitätsnetz einspeisen können, ist für sie grundsätzlich ein Zähler vorzusehen, der diese Einspeisung in das Netz misst. Viele bisher verbaute Elektrozähler messen jedoch nur die Stromabgabe in einen Haushalt, nicht jedoch eine Rückspeisung in das Stromnetz. Die Auffassung, dass neben Zähler, die die Rückspeisung messen, auch Zähler akzeptabel seien, die über eine Rücklaufsperrung verfügen, greift in der Logik des Energiewirtschaftsrechts zu kurz, auch wenn auf eine Vergütung der Einspeisung verzichtet wird. Denn der Netzbetreiber ist gehalten nachzuweisen, wo und wann wie viel Energie verbraucht und produziert wird, und dementsprechend seine Bilanzkreise richtig und mit möglichst geringen Abweichungen zu bewirtschaften, was nur dann möglich ist, wenn auch tatsächlich alle Netzein- und Ausspeisungen gemessen werden.

Natürlich sind die durch Mikro-PV-Anlagen produzierten Strommengen (noch) gering, dennoch zeigte sich im Rahmen der Verlosungsaktion der Stadt Freiburg, dass die bereits für die vorab installierten Pilotanlagen durchgeführte Vorprüfung der Elektroinstallation, der Zählerplätze und der Zähler sinnvoll ist.

Das betrifft zunächst einmal all diejenigen Haushalte, in denen die Zählerplätze zu modernisieren wären, um den geltenden VDE-Anforderungen zu genügen. Nach Auskunft des Netzbetreibers lassen sich diese Zählerplätze sehr einfach identifizieren: Es handelt sich hier um Zeltplätze „mit schwarzer Grundplatte und darauf montierten schwarzem Zähler“, vgl. Abbildung 6. Bei diesen Zählplätzen ist der Zähler keine moderne Ein- und Ausspeise-Messvorrichtung – aber er war auch in keinem Fall ein Zähler mit Rücklaufsperrung, da solche Zähler in der Vergangenheit eher selten installiert wurden. Wird nun dieser Zähler auf Veranlassung des Eigentümers gewechselt, weil er eine Mikro-PV-Anlage betreiben will, führt der Netzbetreiber den Wechsel nur durch, wenn der Zählerplatz den VDE-Vorschriften genügt. Das ist bei Zählern „auf schwarzer Grundplatte“ praktisch nie der Fall, weshalb hier zunächst ein mehrere hundert Euro teurer Umbau des Zählerplatzes notwendig wird, bevor der Netzbetreiber den Zählerwechsel gegen eine moderne Messeinrichtung vornehmen kann.¹



Abbildung 6: Zählerplatz, der bei einem Umbau der Elektroinstallation zu modernisieren wäre

Dass gerade in älteren Häusern eine differenzierte Betrachtung der Hausinstallation notwendig ist, zeigt sich allerdings nicht nur am Zählerplatz. Von den 400 Bewerbungen um die von der Stadt Freiburg verlosteten Mikro-PV-Anlagen ging etwa die Hälfte aus Gebäuden ein, die vor 1985 errichtet wurden. In diesen erweisen sich die Balkonkonstruktionen meist als sehr robust (siehe unten) – die elektrische Installation aber wurde selbst bei einer Sanierung des Gebäudes nur selten modernisiert. So zeigt z.B. Abbildung 7 einen Zählerplatz, an dem grundsätzlich vom Netzbetreiber ein Wechsel der vorhandenen Zähler gegen moderne Zweirichtungszähler auch ohne



Abbildung 7: Zählerplatz, an dem grundsätzlich der Austausch der Zähler gegen eine moderne bidirektionale Messeinrichtung möglich ist, aber ...

Modernisierung des Zählerplatzes durchgeführt werden kann, bei dem gleichzeitig aber aus Lage und Art der Zuleitungen zu den Zählern und Sicherungen ersichtlich wird, dass in der Elektroinstallation

¹ Dem steht gegenüber, dass im Falle eines durch den Netzbetreiber veranlassten Zählerwechsels (etwa wegen eines Turnuswechsels) der Zählerplatz Bestandschutz hat und dann tatsächlich eine moderne Messeinrichtung auch auf einer schwarzen Zählerplatte verbaut wird. Praktisch bedeutet diese etwas kuriose Vorschriftenlage, dass Haushalte mit den genannten „schwarzen Zählern auf schwarzer Grundplatte“ am besten warten, bis bei ihnen der Netzbetreiber den ohnehin in den nächsten Jahren überall fälligen Wechsel zu einer modernen Messeinrichtung vollzogen hat, wenn ein Umbau des Zählerplatzes vermieden werden soll.

manches im Argen liegt: unbeschriftete Sicherungen, ohne Schutz verlegte Kabel, keine Dokumentation der hausinternen Leitungen. In diesem Fall ist es dann häufig die Elektrofachkraft, die beim Einbau einer Mikro-PV-Anlage auf die Mängel hinweisen muss.

Schließlich zeigte sich in einigen Fällen, dass statt der dreiphasigen Drehstromzähler manche Wohneinheiten, in denen die Mikro-PV-Anlage installiert werden sollte, nur über einen einphasigen Wechselstromzähler verfügen. Auch hier wäre ein Zählerumbau bzw. ein gänzlich neues Messkonzept notwendig. Denn der in der PV-Anlage erzeugte Strom muss bei einer Einspeisung in das Netz gemessen werden, auch wenn nur wenig eingespeist wird. Der Umbau eines „Unterzählers“ für eine Wohnung reicht hier nur dann aus, wenn der restliche in der Mikro-PV-Anlage produzierte Strom im restlichen Haus und damit aus Netzbetreibersicht „hinter dem Hausanschlusszähler“ immer sicher selbst verbraucht wird.

Bezüglich der Zähler und Hausinstallationen kann daher festgehalten werden, dass die in vielen Mikro-PV-Foren geführte Diskussion um „richtige“ und „ausreichende“ und „doch zu tolerierende“ Zähler in der Praxis eher ein Scheingefecht sein dürfte. Denn wie die Auswertung der Verlosungsaktion in Freiburg ergab,²

- sind nur etwa 5% der installierten Zähler „schwarze Zähler auf schwarzem Grund“ – und in allen beobachteten Fällen ohne Rücklaufsperrung. Gleichzeitig ist in diesen Haushalten die Elektroinstallation fast überall so veraltet, dass nicht allein über den Zähler, sondern grundsätzlich über die Sicherheit der gesamten Elektroinstallation nachgedacht werden sollte;
- sind etwa 2% der Haushalte nur mit Wechselstromzählern ausgestattet; auch hier war die Elektroinstallation häufiger veraltet;
- sind 24% der Zähler bereits moderne Messeinrichtungen, die vom Freiburger Netzbetreiber bereits für Ein- und Ausspeisung parametrisiert wurden und daher gar nicht zu wechseln sind.

Von den restlichen Zählern konnte etwa ein Drittel auf Grund des vorliegenden Bildmaterials nicht näher ausgewertet werden, die anderen zwei Drittel aber sind zwar überwiegend ohne Rücklaufsperrung („schwarze Zähler auf grauem Grund“), aber problemlos zu wechseln. So ist für mindestens 70% der der Mikro-PV-Betreiber in Freiburg der Zähler kein Hinderungsgrund für den Betrieb einer Anlage. Entweder ist bei ihnen bereits eine moderne Messeinrichtung verbaut oder der Netzbetreiber kann ohne großen Aufwand einen (im Netzgebiet der bnNetze zudem kostenlosen) Zählerwechsel durchführen. Hinzu kommen sicher noch viele weitere Zähler, bei denen das Bildmaterial für eine genaue Charakterisierung nicht ausreichte, die aber ebenfalls in Bezug auf einen Wechsel unproblematisch sein dürften.

3.3 Befestigungssysteme für Balkone, weitere Aufstellungsorte

Grundsätzlich erwies sich das von BeOn gelieferte Befestigungsset als sehr gut geeignet für eine Aufständigung auf einer Terrasse oder einem Flachdach, vgl. Abbildung 8. Auch eine Befestigung an einem Balkongeländer ist mit dem Befestigungsset grundsätzlich möglich. Allerdings gibt es hier verschiedene Einschränkungen, die auch für andere Mikro-PV-Systeme gelten:

- Konventionelle PV-Module, die für die Mikro PV Anlagen verwendet werden, wiegen etwa 20 kg. Es ist daher für eine Person allein fast nicht möglich, solch eine Anlage gefahrlos an einem Balkongeländer selbst zu installieren. So sollten für die Installation immer mindestens zwei Personen vorgesehen werden.

² Auswertung von A. Zur Nieden, Bachelorarbeit zum Thema „Probleme bei der Inbetriebnahme von steckerfertigen PV-Anlagen in Freiburg“ im Studiengang Umwelttechnik und Entwicklung an der Ernst-Abbe-Hochschule Jena, 2021

- Eine Installation an einem Balkongeländer, bei der die Anlage mehr als 10° Neigung aufweist, gilt als „Vordach“. Das bedeutet, dass eine Anlage mit einem Winkel über 10° Neigung nur dort installiert werden kann, wo sichergestellt ist, dass sich unter der Anlage keine Personen aufhalten. Denn die üblicherweise verwendeten PV-Module sind Glasmodule, die nicht für eine Überkopf-Installation zugelassen sind.
- Die Handläufe der Balkongeländer unterscheiden sich stark. Während in den letzten Jahren Gestänge- bzw. Gitterkonstruktionen überwiegen, wie sie auch vor 50 Jahren üblich waren, kamen zwischenzeitlich Balkone mit Betonwänden und aufgesetztem Handlauf häufig vor. An diesen Systemen ist wegen der Breite der Balkonwand eine Befestigung am Handlauf schwierig, gleichzeitig ist eine Sicherung des PV-Moduls gegen Aufwind an der Unterseite des Moduls nur möglich bei einer Verdübelung mit der Betonwand. Da diese von außen vorgenommen werden muss, ist bei Balkonen mit Betonwand in großer Höhe nach einer Alternative zur Sicherer Befestigung zu suchen.

Daher sollte jeder Mikro-PV-Enthusiast vor dem Kauf kritisch prüfen, ob der von ihm gewählte Aufstellungs- oder Aufbauort tatsächlich geeignet ist und ob er sich dort eine Montage zutraut. Die Auswertung der Bild- und Daten der mehr als 400 Teilnehmer an der Verlosungsaktion in Freiburg hat nämlich gezeigt, dass nur etwa ein Drittel der Bewerber einen Aufbau im Garten, auf der Terrasse oder einem Dach anstrebte.³ Das ist mit dem

bei den BeOn-Anlagen mitgelieferten Montageteilen problemlos möglich. Über 60% der Bewerber aber wollten ihre Anlage an einem Geländer anbringen, was bei 20% dieser Bewerber schwierig ist, weil ihre Balkongeländer aus bis zu 20 cm dicken Betonwänden bestehen oder die Balkongitter mit Platten beplankt sind, die für die Installation einer Mikro-PV-Anlage ggf. abzumontieren wären.

Von der ETM Solarservice, Freiburg, einem der Partner im Projekt, wird daher als Alternative zum Befestigungssystem von BeOn ein Haken angeboten, mit dem das PV-Modul sicher am Handlauf eines Balkons eingehängt werden kann (siehe „Solar Hook“/Befestigungsbügel unter <https://www.etm-solarservice.de/cat/index/sCategory/643>). Auch von BeOn wird in der Zwischenzeit ein spezielles Set für die Befestigung an Balkongeländern angeboten. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass nicht alle PV-Modulhersteller eine senkrechte Befestigung an einem Balkongeländer für ihre Module freigegeben haben. Solch eine Befestigung wirkt nämlich mit anderen Kräften auf das Modul als die übliche Befestigung bei Dachanlagen. Es kann daher die Garantie für das PV-Modul erlöschen, wenn es nicht in einer vom Hersteller zertifizierten Art und Weise am Balkon befestigt wird.

Schließlich hat das Projekt auch gezeigt, dass eine Verschattung bei Mikro-PV-Anlagen häufiger nicht ausreichend berücksichtigt wird. Während man bei der Auswahl von Dachflächen für eine Dach-PV-Anlage die Verschattung grundsätzlich berücksichtigt, gehen manche Nutzer von Mikro-PV-Anlagen



Abbildung 8: Befestigungsalternativen beim im Projekt verwendeten BeOn-Befestigungsset

³ Siehe auch hierzu Bachelorarbeit von A. Zur Nieden, 2021

davon aus, dass eine kurzzeitige Verschattung durch einen Baum oder einen Masten verkraftet werden könnte. Hier aber zeigt sich ein Nachteil der bei vielen Mikro-PV-Anlagen verwendeten PV-Aufdachmodule: Diese sind üblicherweise mit Bypass-Dioden ausgestattet, die bei einer Verschattung vermeiden sollen, dass ein ganzes Modul bez. ein ganzer Modul-String (also mehrere in Reihe geschaltete Module) durch die Verschattung eines Moduls oder einer Wafer-Reihe ausfallen. Diese „Notschaltung“ greift bei Mikro-PV-Anlagen nicht. Fällt ein senkrechter Schatten auf die Anlage, trifft er meist alle durch Bypass-Dioden verschalteten Wafer-Reihen, so dass das Modul in diesem Fall keinen Strom mehr liefert. Daher ist gerade bei Mikro-PV-Anlage darauf zu achten, dass möglichst nie Schatten oder auch nur Teilschatten auf sie fällt.

3.4 Wirtschaftlichkeit, EEG-Vergütung, Einspeisung

Die Wirtschaftlichkeit einer Mikro-PV-Anlage hängt – wie bei allen PV-Anlagen – zunächst einmal von der Ausrichtung zur Sonne ab. Über das Jahr betrachtet können nach Süden ausgerichtete PV-Module mit einem Neigungswinkel von 32° in unserer Region die meisten kWh „ernten“. Es gibt aber mehrere Gründe, warum eine solche Montage bei Mikro-PV-Anlagen nicht gewollt oder nicht möglich ist:

- Für die Installation steht oft nur das Balkongeländer zur Verfügung. Dann ist fast ausnahmslos nur eine senkrechte Installation (also ein Neigungswinkel zwischen 80° und 90°) möglich. Die so installierten PV-Module produzieren über das Jahr gesehen nur etwa 70 – 80% der kWh einer vergleichbaren optimal geneigten Anlage.
- Die Anlage soll so installiert werden, dass sie Strom möglichst dann produziert, wenn er im Haushalt auch verbraucht wird. Produktionsspitzen über den Mittag und im Sommer, wie sie bei nach Süden ausgerichteten und 32° geneigten Modulen auftreten, sind dann häufig „zu viel“ für den direkten Verbrauch im Haus. Besser ist eine etwas höhere Produktion auch im Winter (bei niedrigem Sonnenstand) und in den Morgen- und Abendstunden (was mit einer Ausrichtung nach Südost oder Südwest erreicht werden kann).

Der Einbau der fast 50 Anlagen im Projektverlauf aber hat gezeigt, dass mehr noch als Ausrichtung und Neigung der PV-Module die Gesamtkosten einer Mikro-PV-Anlage deren Wirtschaftlichkeit beeinflusst. Diese setzen sich bei einer 300-Watt-Anlage durchschnittlich zusammen aus:

- | | |
|---|------------|
| • Kosten von PV-Modul und Wechselrichter | ca. 300 € |
| • Kosten für Kabel und Befestigungs- bzw. Montagematerial | ca. 100 € |
| • Kosten für den Transport je nach Transport-/Versandart | 30 – 70 € |
| • Stundenkosten einer Elektro-Fachkraft | ca. 200 € |
| • Material für die Elektroinstallation (Wieland-Steckdose, Sicherung) | 50 – 100 € |
| • Stundenkosten einer Montage-Fachkraft | ca. 300 € |

Eigene Messungen zeigen, dass Betreiber einigermaßen sinnvoll (d.h. in südlicher Richtung) ausgerichteter 300-Watt-Mikro-PV-Anlagen mit 150 – 200 kWh Jahresproduktion zur Deckung des Eigenverbrauchs erwarten dürfen. Bei einem Strombezugspreis von etwa 30 Cent/kWh entspricht das einer jährlichen Einsparung zwischen 45 und 60 Euro. Wer also seine Anlage tatsächlich selbst und ohne größeren Aufwand montieren kann, darf auch bei Zuziehung einer Elektrofachkraft mit einer „vernünftigen“, d.h. mit einer Aufdachanlage vergleichbaren Amortisationsdauer rechnen. Wer handwerklich nicht bewandert ist, einen geringen Haushaltsstromverbrauch hat oder einen nicht optimalen Aufstellungs- oder Montageort, sollte eine Mikro-PV-Anlage nicht (ausschließlich) aus wirtschaftlichen Gründen anschaffen.

An dieser Aussage ändert auch die Frage nichts, ob mit einer Mikro-PV-Anlage nicht zusätzlich zur Verringerung des Strombezugs (und damit einer Reduzierung der eigenen Strombezugskosten) ein Verkauf des nicht selbst genutzten Stroms möglich wäre. Denn grundsätzlich kann zwar jeder Betreiber einer PV-Anlage vom Netzbetreiber die EEG-Vergütung verlangen. Da allerdings die Mikro-PV-Anlagen auf eine hohe Eigenstrom-Nutzungsquote ausgelegt sind, wird durch sie nur wenig Strom in das Netz eingespeist. Dementsprechend gering wären auch, zumal bei den immer weiter sinkenden Vergütungssätzen, die EEG-Erlöse. Diesen stehen zudem beim Netzbetreiber anfallender Aufwand für die Abrechnung und die durch die Vergütung beim Anlagenbetreiber entstehende grundsätzliche Steuerpflicht gegenüber. Denn wer eine PV-Anlage betreibt und einen Teil seines Stroms verkauft, wird im Sinne des Steuerrechts Gewerbetreibender.

Alle Teilnehmer im Projekt aber wollten keinen Schriftwechsel mit dem Finanzamt und keine zusätzlichen Steuererklärungen. Deshalb verzichteten alle auf die EEG-Vergütung. Alle wollen ihren Strom nur selbst nutzen und sehen in der Einspeisung nur ein technisch notwendiges Übel, um ihre Mikro-PV-Anlage betreiben zu können. Das bewegt in der Zwischenzeit auch die Steuerbehörden, was sich zuletzt in einer Vereinfachung der Veranlagung niederschlug.⁴ Der Verzicht auf die EEG-Vergütung aber bringt zwei weitere Punkte mit sich:

- Da keiner der Projektteilnehmer eine EEG-Vergütung in Anspruch nehmen wollte, war die Bereitschaft zur Anmeldung der Anlagen beim Marktstammdatenregister gering. Denn bei einer Nichtanmeldung würde, so die Auffassung vieler Mikro-PV-Betreiber, nur die „Nicht-EEG-Vergütung“ drohen – das aber lässt sich bei einem grundsätzlichen Verzicht auf die Vergütung leicht hinnehmen. Wem aber, war die Frage, nütze sonst die Anmeldung?
- Der Verzicht auf EEG-Vergütung führt beim Netzbetreiber zu der Frage, wem der überschüssig eingespeiste Strom gehöre. Sollte dieser im Bilanzausgleich des Netzbetreibers berücksichtigt werden oder fließt er als unvergüteter Strom in den EEG-Bilanzkreis (und trägt damit zur Reduzierung der EEG-Umlagen bei)?

Die zuletzt aufgeworfene Frage findet in der BDEW-Anwendungshilfe „zu Rechtsfragen rund um Plug-in-PV-Anlagen“ eine Antwort (<https://www.bdew.de/login/?next=/service/anwendungshilfen/rechtsfragen-rund-um-plug-pv-anlagen/>). Zwar sind Mikro-PV-Anlagen grundsätzlich Anlagen im Sinne des EEG, seit dem EEG 2017 aber kann man auf die Vergütung nach dem EEG verzichten, siehe dazu BDEW-Anwendungshilfe D I. Dieser Verzicht wiederum kann nicht nur für Mikro-PV-Anlagen erklärt werden, sondern auch für alle anderen PV-Anlagen, z.B. kleinere Aufdachanlagen mit hoher Eigenstromnutzungsquote. Eine Unterscheidung beim Verzicht auf EEG-Vergütung zwischen Mikro-PV-Anlagen und anderen PV-Anlagen ist daher nicht notwendig. Der PV-Strom läuft dann in den EEG-Bilanzkreis des Netzbetreibers und ist dort mit einem Wert von 0 Ct/kWh anzusetzen (siehe Kasten in der Anwendungshilfe, Abschnitt D I). Damit trägt der PV-Strom zur Entlastung der EEG-Umlage bei.

3.5 Zustimmung des Vermieters

Neben den technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen hat sich die Abstimmung mit dem Vermieter als das große Themenfeld herausgestellt, das beim Aufbau einer Mikro PV Anlage zu Streit führen kann. Zum Ersten lehnt eine Reihe von Vermietern die Mikro-PV-Anlagen zunächst ab, weil sie diese Anlagen nicht kennt. Hier hilft in vielen Fällen die Information durch denjenigen, der die Anlage betreiben will.

⁴ Siehe Schreiben des Bundesfinanzministeriums vom 02. Juni 2021, z.B. abrufbar von https://www.finanzamt.bayern.de/Informationen/Steuerinfos/Weitere_Themen/Photovoltaikanlagen/

Zum Zweiten setzen viele Vermieter für ihre Mietsache Verwalter ein, bei denen aufgrund der vergangenen Diskussionen um Satellitenanlagen oder Jalousien für Balkone jede Veränderung am Balkon bzw. am Balkon Geländer oder an der Außenhülle des Hauses eine Abwehrhaltung hervorruft. Und es ist richtig: eine Mikro PV Anlage ist 20 kg schwer, sie ist häufig gut sichtbar und sie muss sicher befestigt werden, um Gefahren für Dritte zu vermeiden. Daher sollte man den Verwalter einer Mietsache rechtzeitig informieren, wenn man eine Micro-PV-Anlage installieren möchte.

Zum Dritten handelt es sich bei Mikro-PV-Anlagen nicht um Anlagen, für die auf eine Abstimmung in der Miteigentümerversammlung grundsätzlich verzichtet werden könnte. Zumindest dann, wenn die Mikro-PV-Anlage auf einem Dachteil oder einer Fläche angebracht werden soll, der Gemeinschaftseigentum ist, ist eine Zustimmung der Miteigentümer notwendig. Aber auch dann, wenn die Anlage nur temporär an einem Geländer befestigt wird, empfiehlt sich die Information der Miteigentümer, denn es ist nach wie vor strittig, ob eine Verschraubung am Geländer, ein Wechsel der Steckdose und eine dauerhafte Verbindung der Anlage über den Wieland-Stecker nicht doch über eine zeitlich befristete Installation hinausweisen (auch wenn diese grundsätzlich rückgängig gemacht werden kann).

Hier zeigt sich, dass die Zustimmung immer dann recht einfach zu erreichen ist, wenn der Vermieter im gleichen Haus wohnt. Schwierig ist die Situation bei Miteigentümergeinschaften – hier wäre eine gesetzliche Regelung hilfreich, dass der Mehrheitsbeschluss für die Installation der Anlage ausreichend ist. Bei großen Wohnungsbaugesellschaften schließlich ist der Einzelfall zu betrachten. Im Projektverlauf zeigte sich, dass keine Gesellschaft grundsätzlich gegen Mikro-PV-Anlagen war, aber die Anlagen nur dort Unterstützung finden, wo vorab die Hausinstallation geprüft und die sichere Befestigung am Geländer bzw. sonstigen Aufstellungsort geklärt wird.

4 Öffentlichkeitsarbeit

Das Projekt hat zu einer großen Wahrnehmung in der Öffentlichkeit geführt. Das Presseecho auf die im Dezember 2019 durchgeführte Pressekonferenz war sehr groß und es gingen aus mehreren Stadtwerken und Gemeinden Anfragen bei der badenova bezüglich des Projektes und zur Vereinfachung der Anmeldung der Anlagen beim Netzbetreiber ein. In manchen Gemeinden wird auch diskutiert, die Mikro-PV-Anlagen wie in Freiburg durch eine Unterstützung bei der Elektroinstallation zu fördern.

Auf der Informationsseite www.balkon.solar sind die wesentlichen Ergebnisse aus dem Projekt dargestellt. Die Seite verlinkt auf die Anmelde-seiten bei der bnNetze, so dass in deren Netzgebiet Informationssuchende rasch zu den einschlägigen Anmeldeunterlagen weitergeleitet werden. Auch die Gemeindewerke Gundelfingen haben in der Zwischenzeit ebenfalls das vereinfachte Anmeldeverfahren der bnNetze übernommen. Für Interessenten wurde ein Informationsblatt „Mikro-PV-Geräte“ erstellt, siehe hierzu Anhang 6.2.

Ganz entscheidend aber für die weitere Verbreitung der Informationen über Mikro-PV-Anlagen in der Öffentlichkeit war das Wirken der am Projekt beteiligten Enthusiasten. Denn dieses ging über die Installation von Mikro-PV-Anlagen an Balkongeländern hinaus. So war ein Vorschlag, die Mikro-PV-Anlagen für die Stromversorgung von Park-



Abbildung 9: Parklet mit Mikro-PV-Anlage zur temporären Aufstellung

lets einzusetzen, die in Fußgängerzonen aufgestellt werden könnten, um (gerade auch in der Corona-Zeit) für zusätzliche Sitzplätze für Cafes und Restaurants im Freien zu sorgen. Dieser Vorschlag wurde zusammen mit der P3-Integrationswerkstatt Freiburg umgesetzt, siehe Abbildung 9. Ein weiterer Vorschlag war die Nutzung gebrauchter PV-Module in Verbindung mit Mikro-Invertern. Hierzu ging ein Fördergeldantrag beim Innovationsfonds der badenova ein.

5 Ergebnisse und Zusammenfassung

Das Innovationsprojekt hat gezeigt, dass Mikro-PV-Anlagen technisch ausgereift sind und auf eine sehr große Nachfrage treffen. Es hat aber auch gezeigt, dass sie bei weitem nicht so leicht installiert werden können, wie das viele Verkäufer suggerieren. Dabei ist die Anmeldung beim Netzbetreiber häufig nicht (mehr) das größte Problem, da viele Netzbetreiber in der Zwischenzeit ein vereinfachtes Anmeldeverfahren für Mikro-PV-Anlagen anbieten. Vielmehr sind die bestehenden Anlagen meist sehr schwer und es ist je nach Aufstellort für eine sichere Befestigung der Anlage auf dem Balkon oder Geländer zu sorgen.

Beim Kauf einer Mikro-PV-Anlage sollte berücksichtigt werden, dass

- vor dem Kauf der Anlage zunächst das Einverständnis des Vermieters und ggf. der Miteigentümer eingeholt werden sollte;
- die elektrische Installation und der Zählerplatz durch eine Fachkraft geprüft werden sollten, da nur sie zuverlässig Auskunft darüber geben kann, welche weitere Kosten durch die Installation der Anlage auftreten;
- zusätzlich zu den Anlagenkosten die Kosten für die Befestigung, die elektrische Installation, und den Transport anfallen;
- die Anlagen beim Netzbetreiber und bei der Bundesnetzagentur grundsätzlich angemeldet werden müssen, bei einigen Netzbetreibern der Zählerwechsel aber kostenlos ist;
- der Verzicht auf die EEG-Vergütung eine Anmeldung der Anlage beim Finanzamt obsolet machen dürfte.

Die Anlagentechnik sollte weiterentwickelt werden zu Anlagen mit leichteren PV-Modulen, die sich auch leichter an Balkonen befestigen lassen (hier hat BeOn entsprechende neue Module angekündigt) und zu Anlagen, die in Verbindung mit einer Steuerung oder einem Speicher eine noch höhere Nutzungsquote des eigenerzeugten Stromes zulassen. Denn die bisherigen Messungen an den im Projekt eingesetzten Systemen haben ergeben, dass sich im Regelfall und ohne weitere Maßnahmen nur etwa 50% des mit den Anlagen erzeugten Sonnenstromes selbst nutzen lassen.

6 Anhang

6.1 Spezifikation BeOn-Inverter

MODEL	BEON ECO
DC INPUT DATA	
Recommended Input Power (STC)	200-300W
DC voltage Min/Max	22-50V
Recommended operation voltage	24-40V
Maximum input current	15A
AC OUTPUT DATA	
Rated output power	250W
Current at max power (@230V)	1.15A
Voltage range	184V~265V (Adjustable)
Frequency range	46Hz~60.2Hz (Adjustable)
Power factor	> 0.99%
Total Harmonic Distortion (THD)	< 3.5%
Maximum units per branch	16
EFFICIENCY	
Peak efficiency	95.4%
Average efficiency (EUR)	94.1%
Stand-by power consumption	<110mW
MECHANICAL DATA	
Weather proof rating	IP 68 - tested under water
Temperature operating range (ambient)	-40℃~+65℃
DC connector	MC 4
AC Cabling (interconnection)	Trunk cable - each microinverter connects to a bus cable
Dimensions (WxHxD)	232mm*134mm*26mm
Weight	1.65Kg
OTHER INFORMATION	
Anti-island function	Included (active and passive)
Compatible PV panels	Mono/Polycrystalline Si 60/72 cells*
Units per box	10
Certification	CE - UL1741 - EN50438 - G83/1 VDE0126 - AR 4015 - CQC - AS 4777
Warranty	25 years

Web: www.beonenergy.com

Mail: info@beonenergy.com

6.2 Leitfaden für die Inbetriebnahme einer Mini-PV-Anlage

VORÜBERLEGUNGEN

- Einwilligung des Vermieters oder der Wohnungseigentümer
- Prüfung von einer Elektrofachkraft auf Tauglichkeit der eigenen Hausinstallation und Anbringung einer Energiesteckdose
- Planung der Platzierung der Anlage (Außensteckdose in der Nähe vorhanden)
- Prüfung des vorhandenen Zählers (benötigter Zähler: Zweirichtungszähler)
→ Bei einem Drehstromzähler oder einem digitalen Zähler: Zählerwechsel zu einem Zweirichtungszähler durch den Netzbetreiber

Achtung: Mini-PV-Anlage nicht geeignet bei

- ! einer Befestigung an einem Balkon mit Betonbrüstung
- ! einem Zähler auf schwarzer Tafelung
- ! einem Wechselstromzähler

ANMELDUNG

- Anmeldung bei der Bundesnetzagentur
(<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>)
- Anmeldung beim Netzbetreiber (Vereinfachte Anmeldung → selbständig)
(<https://bnnetze.de/netzkunden/einspeiser/erzeugungsanlage-anmelden/steckerfertige-erzeugungsanlage/>); Bei Verzicht auf Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz die Verzichtserklärung an den Netzbetreiber mitschicken, sonst kann es zur EEG-Vergütung kommen und damit eine Abstimmung mit dem Finanzamt notwendig sein

INSTALLATION

- Sicherstellung einer sicheren Befestigung Ihrer Anlage
- Sicherstellung einer bestmöglichen Platzierung Ihrer Anlage
→ schattenfrei, Ausrichtung nach Süden, Westen, Osten

Achtung

- ! Keine Nutzung von Mehrfachstecker.
- ! Anschließen von nur eine Mini-PV-Anlage pro Endstromkreis
- ! Keine Installation von ungeeigneten Modulen als „Vordach“ über den Köpfen von Personen

NUTZUNG

Flexibel einsetzbare Geräte (wie Wasch- oder Spülmaschine) zu Zeiten hoher Sonnenstrahlung nutzen, um den produzierten Strom direkt zu verbrauchen und damit möglichst gut von der eigenen Mini-PV-Anlage zu profitieren.

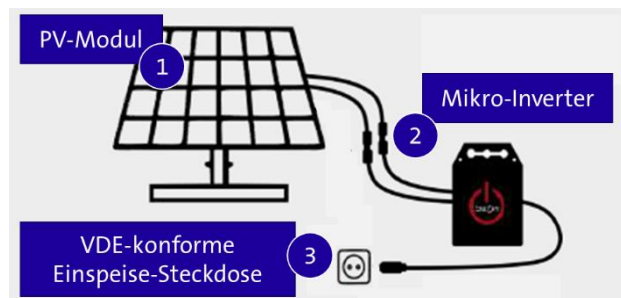
6.3 Informationsblatt Mini-PV

Mikro-PV-Geräte

Normal große Solarstromanlagen (PV-Anlagen) bestehen aus Solarmodulen, die meist auf Dächern installiert werden, einem oder mehreren Wechselrichtern, die den erzeugten Gleichstrom in nutzbaren Wechselstrom umwandeln, aufwändiger Verkabelung aller Komponenten und einer Einspeisemöglichkeit in das öffentliche Stromnetz über einen Einspeisungszähler. Was eine herkömmliche Solarstromanlage in Groß ist, versucht man bei einer Mini-Anlage in Klein, also 300 W(p) oder 600 W(p), zu realisieren.

Kernstück der Kleinanlagen: der Mikro-PV-Inverter

Für Mikro-PV-Geräte braucht man nicht unbedingt ein „Solardach“. Man kann ihr PV-Modul (1) im Garten, auf der Terrasse, auf dem Balkon, an der Fassade, auf einem Carport oder Garagendach installieren. Installation und Inbetriebnahme der Mini-Anlagen sollen besonders einfach sein. Dazu ist die Anlage mit einem Mikro-PV-Inverter (2) ausgerüstet, der als Wechselrichter dient und gleichzeitig so konzipiert ist, so dass die Anlage über eine VDE-konforme Einspeise-Steckdose (3) direkt an das 230-Volt-Stromnetz der Hausinstallation angeschlossen und der Solarstrom ins Haushaltsstromnetz eingespeist und dort verbraucht werden kann.



Schematischer Aufbau eines Mikro-PV-Systems

Das Innovationsfonds-Projekt der badenova

Obwohl die Technik der Mikro-PV-Geräte einfach und bei CE-zertifizierten Anlagen auch zuverlässig ist, wird über die Anmeldung beim Stromnetzbetreiber und bei der Bundes-Netzagentur heftig diskutiert. Denn Anlagen, die Erneuerbare Energien in das Netz einspeisen, müssen grundsätzlich angezeigt und angemeldet werden – auch wenn sie, wie die Mikro-PV-Geräte, nur ganz wenig Strom in das Stromnetz einspeisen.

Bei großen Anlagen hilft da das Elektrofachhandwerk und führt den Kunden durch den Anmeldeprozess. Bei Kleinanlagen aber wird der Fachhandwerker oft erst gefragt, wenn die Anlage schon gekauft ist – oder (leider) gar nicht. Deshalb haben sich Mikro-PV-Enthusiasten aus Freiburg in einem durch den Innovationsfonds geförderten Projekt zusammengeschlossen, um jedem an einem Mikro-PV-Gerät Interessierten schon vor dem Kauf die relevanten Informationen zur Verfügung zu stellen und den Anmeldeprozess so einfach wie möglich zu gestalten. Aktuelle Ergebnisse des Projekts werden unter www.badenova.de/Innovationsfonds veröffentlicht.

Erfahrungen aus dem Innovationsfonds-Projekt

Mikro-PV-Geräte machen viel Spaß und funktionieren und sind mit Preisen ab etwa 350 Euro auch nicht zu teuer. Man sollte aber bei Interesse für eine solche Anlage noch vor dem Kauf Folgendes beachten:

- Sind sie Mieter, dann fragen Sie ihren Vermieter, ob er der Installation zustimmt.
- Prüfen Sie, wo Sie die Anlage sicher befestigen können. Nicht jedes Balkongeländer ist stabil genug und auch mit Wärmeverbundsystem gedämmte Fassaden sind schlecht für das Anbringen geeignet.
- Binden Sie eine Elektrofachkraft für den Wechsel der Sicherung, den Einbau der Einspeisesteckdose und den Zählerwechsel ein. Denn wenn es um Strom geht, sollte die Sicherheit an erster Stelle stehen.



denova-Innovationsfonds-Projekt

Weitere Informationen

Mit dem Kauf der Anlage ist es oft nicht getan: Jede Anlage braucht, obwohl ihre Bauteile standardisiert sind, eine individuelle Betrachtung, eine Abstimmung mit Vermieter und Nachbarn, eine sichere Befestigung und eine zur vorhandenen Hauselektrik passende elektrische Einbindung. Um hier vor dem Kauf einen Überblick zu geben, haben die Mikro-PV-Enthusiasten aus Freiburg auf der Seite www.balkon.solar weitere Informationen zusammengestellt, z.B. zur Anmeldung beim Netzbetreiber oder zu Fördergeldern. Auch auf der Seite www.pvplug.de steht viel Wissenswertes. Die Erfahrungen aus dem Innovationsfonds-Projekt der badenova sind zusammengefasst auf der Internetseite <https://www.badenova.de/ueber-uns/engagement/innovativ/innovationsfonds-projekte/pv-anlagen-fuer-die-steckdose.jsp>.

Machen Sie mit!

Nach den Erfahrungen aus dem Innovationsprojekt und einer Verlosungsaktion der Stadt Freiburg haben wir eine begrenzte Zahl von Mikro-PV-Anlagen beschafft. Wer am Kauf einer solchen Anlage interessiert ist, kann formlos eine E-Mail an innovation@badenova.de schicken und erhält dann einen Link zu unserem Grünhaus-Shop, über den eine solche Anlage bezogen werden kann.