

Wahlprojekt

Aufbau, Untersuchung und Dokumenta- tion einer Plug-In-PV-Anlage

Zakaria Laaziri

Matr. Nr.: 11119727

Köln

Referent:

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Eingereicht am:

31.05.2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
1 Einleitung	2
1.1 Kurzbeschreibung.....	2
1.2 Zielsetzung	3
2 Nutzungsmodell	4
2.1 Aufbau einer Plug-In-PV-Anlagen	4
2.2 Arten/Module der PV-Anlagen.....	6
2.3 Vor- und Nachteile von Plug-In-PV-Anlage.....	7
2.3.1 Vorteile einer Plug-In-PV-Anlage:.....	7
2.3.2 Nachteile einer Plug-In-PV-Anlage:	8
2.4 Marktanalyse der Plug-In-PV-Anlagen	9
3 Stand der Technik	10
3.1 Elektrotechnische Anforderungen.....	10
3.2 Statik.....	12
3.3 Inbetriebnahme	12
3.4 Gesetze und Verordnungen	13
4 Fazit	14
5 Literaturverzeichnis	16

1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung

Heutzutage gehört der Solarstrom zum Alltag. Entgegen allen Bedenken und Fehleinschätzungen von Energiewirtschaft und Politik wächst^[1] die Solarstromerzeugung und zeichnet sich als eine der wichtigsten erneuerbaren und umweltfreundlichen Energiequelle. Das enorme Potenzial der Photovoltaik und die Vielzahl der verfügbaren Systeme überzeugen die Energieverbraucher als Privatpersonen, von den traditionellen Energieerzeugungssystemen auf neuere und wettbewerbsfähigere Systeme umzusteigen.

Die Bevölkerung interessiert sich immer mehr für Stecksolarsystemen, kleine Photovoltaiksystemen, die wie ein Verbrauchsgerät an Endstromkreise angeschlossen werden kann und an einem Balkon liegt. Die unkomplizierte Installation lässt die Anfrage an solchen Stecksolarsystemen, auch Plug-In Systeme genannt, steigen.

Ob gewerblich oder privat, PV-Anlagen sind ein wesentlicher Bestandteil der politisch durchgesetzten Energiewende.

Seit 2005 ist das Kyoto-Protokoll in Kraft getreten und es stellt weltweit den ersten völkerrechtlich verbindlichen Vertrag zur Eindämmung des Klimawandels dar.

Eine der Ziele für nachhaltige Entwicklung hat sich die EU im Rahmen des 20-20-20-Ziels ehrgeizige Ziele gesetzt. Bis 2020 sollten die beteiligten Staaten ihre ausgestoßenen Treibhausgasemissionen gegenüber den Ausstößen des Jahres 1990 reduzieren, die Energieeffizienz um 20 Prozent erhöhen und einen Anteil von 20 Prozent erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch erreichen. In Europa hat kein einziges Land und somit auch nicht Deutschland das Ziel erreicht, aber positive Tendenzen wurden bewiesen.^[2]

In Deutschland lag 2021 der Anteil der Photovoltaik bei 8,8%, ein Plus von 8,7 Prozentpunkten zum Vergleich zu 2004. Gemessen an der Anzahl geeigneter Dachflächen

offenbart die EUPD Analyse ein offenes Photovoltaik-Potenzial in Deutschland von 89 Prozent auf Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland. Eine neuere Analyse hat ergeben, dass es sogar mehr freie Flächen für Photovoltaik an Fassaden als auf Dächern gibt.^[3]

Eine Studie des Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) und des Fraunhofer ISE hat Flächenpotenzialen und möglichen Solarenergieerträgen in Deutschland untersucht. Es ließ sich feststellen, dass sich die Installation von Plug-In-PV-Anlagen in großen Gebäuden mit einer hohen Anzahl an Bewohner besonders lohnt. Der Einsatz von bauwerksintegrierte Photovoltaik-Module kann deswegen besonders erfolgreich sein. Das ist zum Beispiel in den Ballungsräumen Rhein-Main, Rhein-Neckar und Rhein-Ruhr der Fall.

Durch die einfache Installation und das Potenzial der Nutzbaren Flächen kann ein Plug-In-PV-Anlage ein gutes Instrument und Erfolgsfaktor in der deutschen Energiewende sein.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieses Wahlprojekts liegt darin, den Aufbau, die Untersuchung und die Dokumentation einer Plug-In-PV-Anlage zu berichten.

Es folgen eine allgemeine Begriffserläuterung, eine ausführliche Erläuterung des Aufbaus und der Wirkungsweise von Balkon-PV-Anlagen, gefolgt von einer Marktanalyse und anschließender Untersuchung des Marktpotenzials. Marktanalysen helfen, die aktuelle Situation zu klären. Es zeigt, wie sich die Systeme auf dem Markt unterscheiden und wo sich die meisten der Systeme ergeben.

Nach einer ausführlichen Analyse folgt eine Aufklärung über den aktuellen Stand der Technik, der eine Erläuterung über die Elektrotechnische Anforderungen, Statik und die Inbetriebnahme zusammenfasst.

Der letzte Abschnitt erläutert die Gesetzeslage und Verordnungen.

2 Nutzungsmodell

2.1 Aufbau einer Plug-In-PV-Anlagen

„Bei einer „Mikro-PV-Anlage“ handelt es sich um eine Anlage zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie (Solarstromerzeugungsanlagen) im Sinne des § 5 Nr. 1 i. V. m. Nr.14c EEG 2014. Solche „Mikro-PV-Anlagen“ sind in der Regel technisch mit lediglich einem Solarmodul und einem Wechselrichter ausgestattet. Modelle, die über einen Schutzkontaktstecker und eine Steckdose den erzeugten Solarstrom in die Hausinstallation oder in die Wohnungsinstallation einspeisen, werden „Plug-In-Anlagen“ genannt.“^[4]

Beide Arten des Auf- und Abbaus sind sehr flexibel und stellen besonders für Mieter einen Vorteil dar. Aufgrund seiner Größe und Flexibilität ist das Einsatzgebiet nicht auf Gebäudedächer beschränkt, sondern kann beispielsweise auch an Fassaden, Terrassen oder Balkongeländern angebracht werden. Das System kann jederzeit und zum Beispiel beim Umzug flexibel abmontiert und installiert werden.

Ähnlich der klassischen Photovoltaikanlage verfügt die Plug-In-PV-Anlage über ein Solarmodul, in dem die photoelektrische Strahlungsenergie in Gleichstrom umgewandelt wird, und einen Wechselrichter, der sie in haushaltsüblichen Wechselstrom umwandelt. Der Wechselrichter wird direkt mit dem Solarmodul verbunden und über eine Steckverbindung mit dem Netz verbunden.

Das am meiste verwendete Halbleitermaterial für die Erstellung der Solarzellen ist das Silizium (Si), das mithilfe von eingebrachten chemischen Elementen entweder eine positiver oder eine negativer Ladungsträgerüberschuss erzielt. Als „Dotieren“ bezeichnet man diesen Vorgang.

Die Solarzellen werden mit Hilfe von Reihen- oder Parallelschaltung in Teile zusammengefasst.

Damit der Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) umgewandelt wird, ist ein Wechselrichter notwendig, damit der Gleichstrom im Haushalt verwendet werden kann. Dieser Wechselrichter ist normalerweise fest mit der PV-Anlage angeschlossen, wodurch die DC-Verkabelung fest mit dem Gerät verbunden ist.

Bei den Geräten handelt es sich um steckfertige Anlagen, das heißt, sie werden ohne aktive technologische Zwischengeräte unverzüglich mit elektrischen Endstromkreisen von Gebäuden (z.B. Wohnhäuser oder gewerbliche Gebäude) gekoppelt und können selbst betrieben werden.

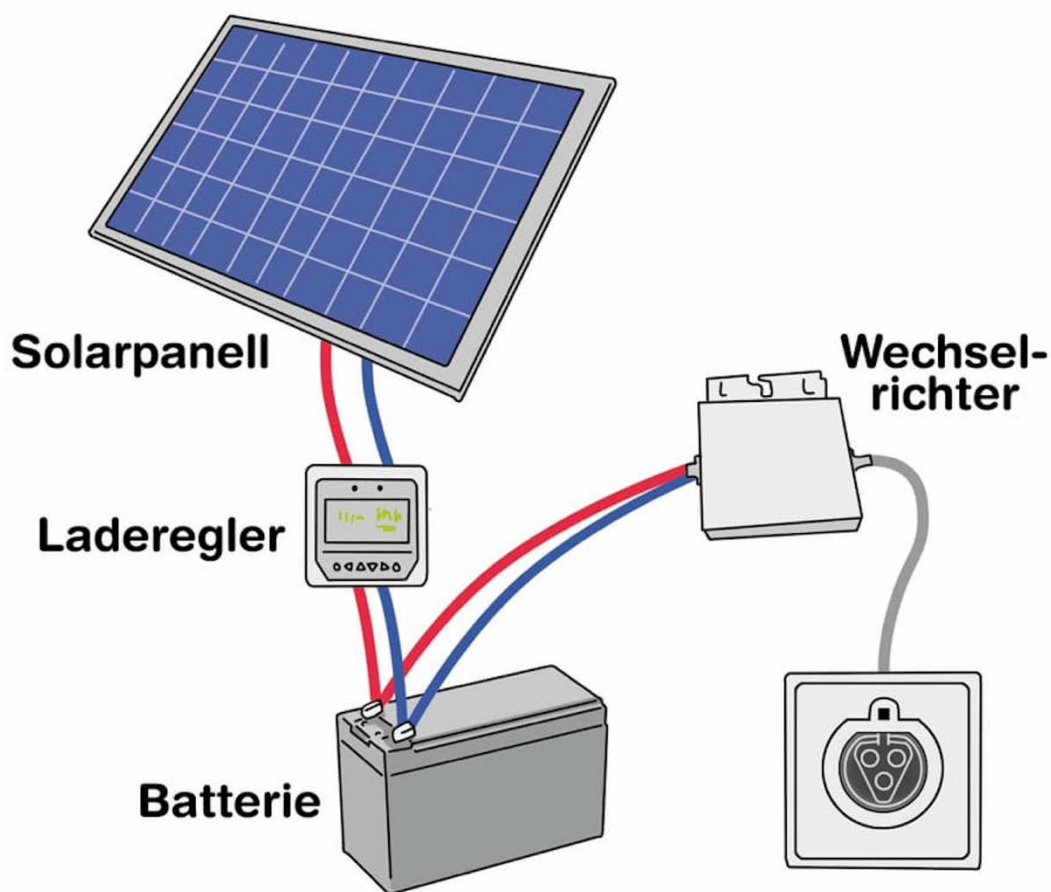


Abbildung 1: Aufbau einer Plug-In-PV-Anlage ^[5]

Die Plug-In-PV-Anlagen werden wegen ihrer unkomplizierten Montage am meisten bevorzugt. Die Produktion und die Installation von solchen Geräten werden vor ihrer Errichtung durch geschulte Fachkräfte geplant und dementsprechend montiert. Die Komplexität der Planungsaufwand und Errichtung von Plug-In-PV-Anlagen wird auf ein Minimum gemindert.

2.2 Arten/Module der PV-Anlagen

Grundsätzlich gibt es drei unterschiedliche Arten der PV-Module. Ihre Vor- und Nachteile hängen vom Herstellungsprozess, Preis, Effizienz und Materialien ab. Die drei gängigsten Module sind:

- Monokristalline Module
- Polykristalline Module
- Dünnschicht Module (a-Si)/(CdTe)

Monokristalline Photovoltaik Module

Monokristalline Photovoltaikmodule bestehen aus geschmolzenem Silizium, das sich zu Stäben mit Kristallgitter formen lässt. Aus ihnen werden hauchdünne Scheiben (Wafer) für die Herstellung von monokristallinen Photovoltaikmodulen geschnitten. Solche Module sind in der Regel etwas teurer als polykristalline Module, können aber bis zu 18 % effizienter sein.

Polykristalline Photovoltaik Module

Polykristalline Photovoltaikmodule werden ebenfalls aus geschmolzenem Silizium hergestellt. Aus den entstehenden Blöcken werden Scheiben geschnitten. Im Vergleich zu monokristalline Photovoltaikmodule, sind die Polykristalline-Module nicht einheitlich

aufgebaut. Diese Module für Photovoltaikanlagen sind aufgrund des einfacheren Herstellungsprozesses günstiger, allerdings haben sie auch einen geringeren Wirkungsgrad (zwischen 13 - 15%).

Dünnschicht Photovoltaik Module

Die Dünnschichtmodule bestehen aus Materialien wie Silizium, Kupfer-Indium-Selenid oder Galliumarsenid. Sie enthalten ein Mikrometer (1×10^{-6}) dickes Modul auf der Trägerschicht. Das geringe Gewicht und der niedrige Produktpreis für Membranmodule sind von Vorteil für die Montage auf Dächern. Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen ist im Regelfall geringer als der von mono oder polykristallinen PV-Modulen: im Durchschnitt zwischen 5 % und 7 %.

2.3 Vor- und Nachteile von Plug-In-PV-Anlage

Jede neue Produktentwicklung bringt sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. In diesem Kapitel werden diese aufgelistet und erläutert.

2.3.1 Vorteile einer Plug-In-PV-Anlage:

- Die Sonne steht uns als unerschöpfliche und dazu kostenlose Energiequelle zur Verfügung, die im Prinzip für jeden zugänglich ist.
- Heutzutage kann man sich nicht mehr auf fossile Brennstoffe wie Öl oder Kohle wegen der kritischen Lage an den Weltmärkten bedingt durch den CO₂-Ausstoß, die Corona-Pandemie und die Kriege verlassen, somit steigen die Erzeugungskosten für Strom.
- Bei einem guten Preis-Leistungsverhältnis der PV-Anlage kann man gute Renditen erzielen.

-
- Mit einer PV-Anlage ist man für seinen eigenen Stromverbrauch unabhängig von Stromanbietern. Sollte man zu einem Überschuss des erzeugten Solarstroms kommen, wird dieser ins Netz eingespeist und ggf. vergütet.
 - PV-Anlagen verursachen keine Lärmbelästigung, keine Geruchsbelästigung, keine Emissionen oder Schadstoffe.
 - Sollte es zu Störungen der PV-Anlage kommen, steht weiterhin Strom aus dem Netz zur Verfügung.
 - Sie passen sich der verfügbaren Oberfläche an, indem der Aufbau modular gestaltet werden kann. Auch PV-Anlagen von 1 kWp können realisiert werden.
 - Die Kosten können in relativ kurzer Zeit amortisiert werden. Nach spätestens fünf Jahren ist die Investition durch eingesparte Energiekosten gedeckt.

2.3.2 Nachteile einer Plug-In-PV-Anlage:

- Die Anlagen sind von der Tageszeit und Witterung abhängig und liefern deswegen keine gleichmäßige Stromeinspeisung. Wegen einer unterschiedlichen Strommenge aus natürlichen Gründen, kommt es zu Über- oder Unterstromversorgung.
- Es besteht keine offizielle Regelung des selbst produzierten Stroms, da die überschüssige Energieproduktion ohne Vergütung ins öffentliche Netz eingespeist wird.
- Die Leistung der Module kann sich im Laufe der Jahre verringern. Viele der Modulhersteller bieten trotz der Degradation eine Leistungsgarantie vom 90% auf 10 Jahre. Allerdings stellt das eine Investition mit hoher Rendite dar^[6].

2.4 Marktanalyse der Plug-In-PV-Anlagen

Die folgende Tabelle zeigt einen Vergleich zwischen einigen den marktführenden Plug-In-PV-Anlage Anbietern. Die Kriterien für die Erstellung der Tabelle sind Preis, Gewicht, Größe und Leistung. Die Grafik dient als Referenz für einen visuell greifbaren Überblick der Anbieter auf dem Plug-In-PV-Anlage Markt.

Firmenname	Modulleistung in [Wp]	Preis in [€]	Wechselrichter	Max. Nennleistung Wechselrichter	Modulgröße in mm	Modulgewicht in [Kg]
Lieckpedia	620	664,37	Growatt MIC 600TL-X	600	1000×1670×32	18,5
Pfeuer Energie Mini	640	565	TSOL-M800	600	1039×1756×35	20
Mein-Solarwerk	660	649,95	Apsystems YC600	600	1004×1698×35	18.7
Pulgin-Energie PIE	660	889	Hoymiles HM-600	600	996×1690×35	18
SelfPV	640	570	Envertech EVT560	560	992×1675×35	19
YUMA	680	615	Hoymiles HM-600	600	1000×1680×35	19

Herr Strom	720	799	Envertech EVT560	600	1038×1755×35	19,5
SolARen- ner	330	419	AEconnver- sion INV315-50	300	1000×1670×32	18,7

Tabelle 1: Plug-In-PV-Anlage vergleich

Basierend auf dieser Tabelle lässt sich feststellen, dass zahlreiche Unternehmen an der Entwicklung des gleichen Produkts beteiligt sind. Größe, Leistung, Fläche der Module und Preis konkurrieren auf dem Markt miteinander, ohne besondere Unterschiede aufzuweisen. Es gibt kein einziges Produkt, das den Markt beherrscht oder besondere Abweichungen bietet, da die Plug-In-PV-Anlagen vollständig individuell gestaltet werden können und daher zahlreiche Varianten zur Verfügung stehen.

3 Stand der Technik

Der derzeitige Stand der Technik ist sehr solide und gleichzeitig vielversprechend. Natürlich handelt es sich um Systeme mit einem hohen Verbesserungspotenzial jedoch sind die Fortschritte in den letzten Jahren schnell vorangeschritten und überzeugen. Es werden im folgenden Unterkapitel die elektronischen Anforderungen sowie die Statik und die Inbetriebnahme analysiert, die bei der Errichtung einer Plug-In-PV-Anlage beachtet werden müssen. Nach der Bearbeitung und Untersuchung dieser Punkte, wird geprüft, ob mit den einzelnen Kriterien Problemstellungen auftreten.

3.1 Elektrotechnische Anforderungen

Die Plug-In-PV-Anlagen mit Steckvorrichtungen sollen die geltenden Vorschriften des Verbands Deutscher Elektrotechniker (VDE) erfüllen. Diese legen die zu befolgenden

Bemaßungen, Aufbau, Schutzsysteme und Mechanik fest. Die Anlagen werden vor der Produktion eingehend geprüft und wenn diese Punkte streng eingehalten werden genehmigt. Laut den geltenden VDE Vorschriften sind heutzutage Plug-In-PV-Anlage, die mit Endstromkreis verbunden sind, zulässig. Die Betreiber sind jedoch verpflichtet, die allgemeine Anforderungen einzuhalten.

Das Gesetz für den Vorrang Erneubarer Energien (EEG) beschäftigt sich seit 2000 mit den allgemeinen Anforderungen und erweitert schrittweise das vorangehende Stromeinspeisungsgesetz. Das Ziel ist, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, indem die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Quellen gefördert wird. Anfang 2022 wurden die neuen Zielsetzungen bekannt gegeben, diese richten sich auf die nachhaltige Entwicklung und den bewussten Verbrauch von Energie. Nach den Plänen des Ministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz sollen Volleinspeiser künftig höhere Vergütungen erhalten als Eigenversorger. Außerdem wurde mitgeteilt, dass sich die Förderung für Betreiber künftig stärker auf Innovationen und Speicher fokussieren wird. Mit Blick auf den gewünschten Markthochlauf von Wasserstoff-Kraftwerken sollen innovative Erneuerbaren-Hybrid-Kraftwerke mit lokaler Speicherung gefördert werden.

Neben den neuen Anforderungen gelten die allgemeinen Gesetze der EEG:

- Die Betreiber sind verpflichtet, eine Anlage mit technischer Einrichtung zu erstatten, die jederzeit ferngesteuert werden kann.
- Es besteht eine Verpflichtung zur Einhaltung von den notwendigen technischen Anforderungen des Netzbetreibers und des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG). Die technische Sicherheit ist zu gewährleisten und die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

-
- Es besteht die Verpflichtung zur Anmeldung der Anlage an das Anlagenregister (Markstammdatenregister) der Bundesnetzagentur. Sollte keine Anlage angemeldet werden, besteht keinen Vergütungsanspruch gemäß den jeweils anzuwendenden Regelungen des EEG.^[7]

3.2 Statik

Das Thema der Statik bezieht sich auf die Geländer eines Balkons, da sich die Betreiber im Bestfall über einen Balkon verfügen und die Plug-In-PV-Anlage auf diesem installieren möchten. Obwohl es auch andere Formen der Plug-In-PV-Anlage existieren, die sich auf einer Terrasse oder Hausfassade befestigen, wird es in dieser Arbeit nur über Anlage berichtet, die an einem Balkon liegen.

In Deutschland müssen deutsche Stromerzeuger für Plug-In-PV-Anlage für die Steckdose noch immer bei der Bundesnetzagentur angemeldet sein und die jährliche Meldepflicht besteht für die Geräte, die insgesamt über weniger als 600 Watt Maximalleistung verfügen. Die Bundesnetzagentur hat auch mitgeteilt, dass über dies hinaus eine Anmeldepflicht beim eigenen Netzbetreiber besteht. Die Sammlung der Gesetz- und Verordnungsblätter des Landes Nordrhein-Westfalen erteilt ebenfalls ein verfahrensfreies Bauvorhaben für PV-Betreiber, die bei der örtlichen Anmeldung den Beginn des Betriebsdatums, Name, Modell- und Seriennummer der Plug & Play Anlage und eine Liste der Bestandteile der Anlage registrieren.

3.3 Inbetriebnahme

In diesem Kapitel werden die allgemeinen Verwaltungsverfahren erläutert, die sich aus den oben genannten Punkten ergeben. Die Anlage muss zunächst bei einem Netzbetreiber angemeldet werden. „In Deutschland gibt es mehr als 872 Stromnetzbetreiber, die für den ordnungsgemäßen Betrieb des Stromnetzes zuständig sind“^[8]

In dieser Arbeit wird die RheinEnergie AG exemplarisch herangezogen, diese ist auf die Energieversorgung in Köln und Umgebung spezialisiert. Dabei müssen alle wesentlichen Angaben und Daten zur geplanten Anlage aufgeführt werden, wie z.B. die Anmeldung zur BNetzA (die Bundesnetzagentur) und die ausgefüllten Kundendaten- und Inbetriebnahme Blätter. Außerdem müssen technische Datenblätter über Wechselrichter-Konformitätsnachweis nach VDE-AR-N 4105 mit Prüfbericht und Konformitätsnachweis des zentralen/integrierten NA-Schutzes nach VDE-AR-N 4105 mit Prüfbericht zur Verfügung gestellt werden. Die Bearbeitungszeit des Netzanschlussbegehrens beträgt ca. 8 bis 10 Wochen.

3.4 Gesetze und Verordnungen

Die Anzahl der Gesetze, Richtlinien und Verordnungen, die die Verwendung und Diffusion der Plug-In-PV-Anlagen regeln, ist sehr umfangreich. Die wichtigsten Gesetze zur Nutzung, Sicherheit, Zulassung und die üblichen technischen Anforderungen sind im folgenden Kapitel aufgelistet.

- Die EEG ist das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz und regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen. Laut der EEG gelten bei Plug-In-PV-Anlagen dieselben Rechte und Pflichten wie bei größeren industriellen PV-Anlagen. Was die technischen Anforderungen betrifft, ist bei kleinen Solaranlagen bis 25 kW (bzw. bei Bestandsanlagen bis zum Einbau von intelligenten Messsystemen bis 30 kW) auch die Begrenzung der Wirkleistungseinspeisung am Verknüpfungspunkt mit dem Netz auf 70 % der installierten Leistung möglich, um die technischen Vorgaben nach dem EEG zu erfüllen.
- Die Niederspannungsanschluss-Verordnung (auch NAV genannt) regelt das Verhältnis zwischen dem Energieversorgungsunternehmen und den Abnehmern von Elektrizität der allgemeinen Versorgung. Sie regelt auch die üblichen Er-

-
- richtungen, Erweiterungen und Arbeiten an elektrischen Anlagen. Die Verordnung besagt, dass Arbeiten an elektrischen Anlagen, die an das öffentliche Elektrizitätsversorgungsnetz angeschlossen sind, nur durch einen in das Installateurs-Verzeichnis des Netzbetreibers eingetragenen Fachbetrieb ausgeführt werden dürfen. In der NAV (Niederspannungsanschlussverordnung) ist festgelegt, dass der Anschlussnehmer gegenüber dem VNB (Verteilnetzbetreiber) für die ordnungsgemäße Errichtung, Erweiterung, Änderung und Instandhaltung der elektrischen Anlage hinter der Hausanschlusssicherung verantwortlich ist.
- Das deutsche Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) zielt darauf ab, das Energierecht der Europäischen Gemeinschaft um- und durchzusetzen. Das EnWG verlangt, dass für den Betrieb eines Energieversorgungsnetzes eine Genehmigung bei der jeweiligen Landesbehörde eingeholt wird. Für die Belieferung mit Energie ist nur eine Anzeigepflicht gegeben.

4 Fazit

In diesem Projekt „Aufbau, Untersuchung und Dokumentation einer Plug-In-PV-Anlage“ wurden die rechtlichen und technischen Merkmale der Plug-In-PV-Anlagen vorgestellt und erläutert.

Es handelt sich um vergleichsweise kleine, technisch unkomplizierte Stromerzeugungsanlagen, die ohne besonderes Expertenwissen installiert werden können. Die unterschiedlichen Anlagentypen wurden außerdem zusammen mit den entsprechenden Vor- und Nachteilen dargestellt. Anschließend wurde eine Marktanalyse mit dem Ziel durchgeführt, acht Anlagen miteinander zu vergleichen. Es hat sich ergeben, dass der Markt homogen gestaltet ist und keine größeren Abweichungen zwischen den Modellen bietet.

Technische Herausforderungen liegen letztlich nur bei der Nutzung geeigneter Steckdosen, die eine Fernsteuerung ermöglichen und Überlastungssituationen der häuslichen Stromleitungen vermeiden. Die Inbetriebnahme zeigt sich auch als in der technischen Umsetzung reibungslos Prozess, der innerhalb 10 Wochen erfolgen kann, nachdem alle üblichen Unterlagen beim Stromnetzbetreiber vorliegen. Kompliziert wird die Installation durch die Vielzahl rechtlicher Regelungen und durch eine erhebliche Anzahl für den Endverbraucher/privaten Anlagenbetreiber unklarer rechtlicher Bedingungen.

Die Beachtung der veröffentlichten regionalen und staatlichen Vorschriften könnte die Nutzer verunsichern. Die zuständigen Behörden veröffentlichen eine Vielzahl von Richtlinien und Gesetzen, die jährlich aktualisiert werden. Man muss sich daher aktiv über die neuesten geltenden Gesetze informieren und diese einhalten.

Es lässt sich feststellen, dass die Vorteile einer Plug-In-PV-Anlage die aufgeführten Nachteile überwiegen. Die vielen positiven Eigenschaften lassen das Produkt für einen breiten Markt zugänglich werden und können sogar bei Umzügen mitgenommen werden. Die Plug-In-PV-Anlagen werden dank dem heutigen Wettbewerb immer günstiger und ermöglichen eine teilweise Unabhängigkeit von den schwankenden Strompreisen. Dabei erzeugen die betrachteten Anlagen Öko-Strom, der die Umwelt entlastet. Die einzige zu berücksichtigende Herausforderung ist der gesetzliche Aspekt, da sich die zahlreichen geltenden Gesetze und Verordnungen ständig aktualisieren und sich an die neuen Forschungsergebnisse anpassen und aus diesem Grund ständig vor dem Kauf konsultiert werden müssen.

5 Literaturverzeichnis

- [1] „Energiewirtschaft und Politik,“[Online]. Available:<https://www.solaranlagen-portal.de/photovoltaik-seiten/photovoltaikanlagen-wissen.html#!>. [Zugriff am 21 März 2022].
- [2] „EU-Klimaziele 2020,“[Online]. Available: https://www.ikem.de/wp-content/uploads/2018/01/IKEM_Stellungnahme_EU-Klimaziele-2020_20180205.pdf. [Zugriff am 21 März 2022].
- [3] „Photovoltaik-Potenzial,“[Online]. Available: <https://www.solarserver.de/2021/04/08/photovoltaik-potenzial-in-deutschland-89-prozent-auf-hausdaechern-noch-ungenutzt/>. [Zugriff am 21 März 2022].
- [4] „Miko-PV-Anlage Erklärung,“ [Online]. Available: <https://www.evb-beckum.de/wp-content/uploads/2016/06/Technische-Bedingungen-für-den-Anschluss-von-Mikro.pdf>. [Zugriff am 22 März 2022].
- [5] „Plug-In-PV-Anlage Abbildung,“ [Online]. Available: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-voraussetzungen/photovoltaikanlage-konzeption/mini-solaranlagen>. [Zugriff am 22 Oktober 2022].
- [6] „Vorteile und Nachteil PV-A,“[Online]. Available: <https://www.photovoltaik-web.de/photovoltaik/dacheignung/vor-und-nachteile-pv> [Zugriff am 4 April 2022].
- [7] „Stand der technik, elektrotechnische Anforderungen,“ [Online]. Available: <https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/tar/tar-niederspannung/erzeugungsanlagen-steckdose>. [Zugriff am 10 April 2022]. „Mikro-PV-Anlage vergleich,“ [Online]. Available:<https://machdeinenstrom.de/mini-solar-ranking/>. [Zugriff am 10 April 2022].
- [8] „Stand der technik, Inbetriebnahme,“ [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152937/umfrage/anzahl-der-stromnetzbetreiber-in-deutschland-seit-2006/>. [Zugriff am 10 April 2022].

-
- [9] „Stand der technik, elektrotechnische Anforderungen,“ [Online]. Available: <https://www.pv-magazine.de/2022/02/28/erste-details-des-eeg-osterpakets-bekannt-viele-verbesserung-fuer-photovoltaik-geplant/>. [Zugriff am 10 April 2022].
- „Stand der technik, Statik,“ [Online]. Available:
- [10] <https://www.homeandsmart.de/mini-solaranlage-bundesnetzagentur>. [Zugriff am 10 April 2022].
- [11] „Plug-In-PV-Anlage vergleich,“ [Online]. Available: <https://machdeinenstrom.de/mini-solar-ranking/>. [Zugriff am 10 April 2022].
- „Stand der technik, Inbetriebnahme,“
- [12] [Online]. Available: https://web.cdn.rheinenergie.com/cms/media/documents/netzanschluss/Checkliste_Photovoltaik.pdf. [Zugriff am 10 April 2022].
- „Gesetze und Verordnung,“ [Online]. Available: <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/70> ,
- [13] <https://solarenergie.de/hintergrundwissen/rechtliches/niederspannungsanschlussverordnung>, <https://de.wikipedia.org/wiki/Energiewirtschaftsgesetz#Ziele> . [Zugriff am 13 April 2022].