

SOLARBERECHNUNG FÜR DEN AUSSENBEREICH

Solarkataster besitzen eine große Bedeutung bei der Unterstützung der lokalen Energiewende. Die neueste Generation der Solarkataster analysiert nun neben dem solaren Potenzial von Dachflächen und deren Wirtschaftlichkeit zusätzlich die Freiflächen im Außenbereich sowie die Integration der Solarenergie bei der Planung von Stromnetzen. Mit dem neuesten Solarkataster SUN-AREA 3.0 können diese Herausforderungen gemeistert werden.

Die Universitätsstadt Marburg besitzt seit Sommer 2013 das erste Solarkataster, das neben Dachflächen auch für Freiflächen Solareinstrahlungspotenziale aufzeigt. Erstmals wurde für die Stadt Frankfurt am Main ein Solardachkataster zur Planung der Netzintegration von Solarenergie installiert. Nachdem die Preise für Solarmodule so tief sind wie noch nie, können Solaranlagen ab einer Größe von mehreren 100 Quadratmetern auch auf geeigneten Freiflächen im Außenbereich ohne EEG-Vergütung wirtschaftlich betrieben werden. Die neueste Generation von Solarkatastern ermöglicht, sämtliche Flächen eines Untersuchungsgebietes solarenergetisch interaktiv und on-demand über ein WebGIS zu prüfen. Gleichzeitig gilt es, die Herausforderungen der vermehrten und zeitweise hohen Einspeisungen des produzierten Solarstroms in die Niederspannungsnetze zu meistern. Ergebnisse aus der Solarpotenzialanalyse fließen in die Bestimmung von Parametern ein, um eine Simulation des Stromnetzes zu ermöglichen und somit eine fundierte Plansicherheit für zukünftige Stromnetze unter Berücksichtigung von Speichertechnologien zu ermöglichen.

SOLARPOTENZIALE

In den vergangenen Jahren wurden die Solarkataster den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen stetig angepasst. Neben der reinen Visualisierung der Solareignung über eine flächenscharfen Darstellung per Farbverlauf ist die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit einer



Solaranlagen für Freiflächen im Außenbereich.

Solaranlage mittels Ertragsrechner wichtig. Stetig ändernde Modulpreise, Anpassungen an das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), aber auch durchschnittliche Kreditkonditionen von Banken gehen hierbei in die Wirtschaftlichkeitsberechnung mit ein.

Die Vorgehensweise der „Sun Area 3.0-Methode“ ermöglicht es, sowohl Dach- als auch Außenbereichsfreiflächen eines Untersuchungsgebietes hinsichtlich ihrer solaren Eignung darzustellen und zu bilanzieren.

Für die Wirtschaftlichkeit von Freiflächenanlagen spielen Gesichtspunkte wie die mögliche Modulfläche oder der Modulpreis eine bedeutende Rolle. Den größten Einfluss hat aber eine mögliche Vergütung nach EEG. Seit Acker- und Grünflächen mit der EEG-Novellierung im Jahr 2010 von der Vergütung ausgeschlossen wurden, haben sich die möglichen Freiflächen für einen rentablen Betrieb von Photovoltaikanlagen stark reduziert. Im Solarkataster der Stadt Marburg werden alle potenziell geeignete

Alle Abbildungen Quelle: Klärle GmbH.



Solarpotenzialfläche im Außenbereich in Nachbarschaft eines Gewerbegebietes mit Digitalisierungsfunktion.

ten Freiflächen und ihre Eignung farblich dargestellt. Zusätzlich werden all die Flächen, für die weiterhin eine Vergütung des eingespeisten Stroms gezahlt wird, optisch hervorgehoben. Nach dem aktuellen EEG werden neben Dachflächen auch bestimmte Freiflächen im Außenbereich gefördert. Eine Einspeisevergütung erhalten derzeit Konversions- und Freiflächen im 110-Meter-Pufferbereich entlang von Autobahnen und Bahntrassen. Die Suche nach den wirtschaftlichsten Flächen orientiert sich somit an den 110 Meter-Randstreifen von Bundesautobahnen und Bahngleisen, Konversionsflächen oder anderen versiegelten Freiflächen. Bei der bisherigen Preislage waren dies die einzig rentablen Flächen zum Betrieb von großen Solaranlagen auf Freiflächen. Inzwischen ist die Netzparität bei sehr gut geeigneten Flächen erreicht. So können auch nicht geförderte Freiflächenanlagen wirtschaftlich betrieben werden. Die Systematik nach SUN-AREA 3.0 ist dann bereits einen Schritt voraus und bietet auch für diese Flächen detaillierte Informationen und Renditeberechnungen.

ON-DEMAND

Mit dem Solarpotenzialkataster ist eine WebGIS-gestützte Energieplanung für Energieversorger möglich. Mittels Analysefunktionalitäten lassen sich neben Solareinstrahlung auch die Neigung, die Ausrichtung und die Flächengröße der geplanten Solaranlage ermitteln. Als Planungswerkzeug für die Solaranlagen wurde ein Digitalisierwerkzeug entwickelt, anhand dessen der Benutzer die gewünschte Modulfläche direkt im Web-

GIS einzeichnen und das Solarpotenzial der ausgewählten Fläche on-demand ermitteln kann. Beispielsweise kann eine förderfähige Fläche entlang der Autobahn digitalisiert werden oder das

Flächenpotenzial eines speziellen Dachflächenbereichs interaktiv im Web-GIS eingezeichnet und abgefragt werden. Insbesondere wird für die Flächen, die sich aus wirtschaftlicher Sicht für die Installation einer Solaranlage am besten eignen, eine wesentliche Hilfestellung gegeben. Ob sich eine Investition in eine Solaranlage lohnt, kann der Benutzer über den in das Web-GIS integrierten Wirtschaftlichkeitsrechner ermitteln. Mittels einer individuellen Ertrags- und Renditeberechnung kann für jede potenzielle PV-Anlage eine Rentabilitätsanalyse durchgeführt werden. Einflussfaktoren auf den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage kann der Benutzer des Onlinerechners individuell kalibrieren. Hierzu zählen die Leistung der Anlage, das heißt die zur Verfügung stehende Dachfläche, der verwendete Modultyp und dessen Wirkungsgrad. Aus der Datenbank des Solarkatasters werden zusammen mit diesen Anlagenleistungen, der Systemverlust am Wechselrichter, die verfügbare Solareinstrahlung am Installationsort sowie die Ausrichtung, Neigung und Verschattung der Solarmodule, die Strommenge (kWh pro Jahr) beziehungsweise Leistung (Kilowatt Peak pro Quadratmeter) der Module berechnet. Die für die Wirtschaftlichkeitsberechnung erforderlichen Angaben werden bei Bedarf on-demand generiert. Hierzu zählt die Installationsfläche, die automatisch für die ausgewählte Fläche berechnet wird. Ergänzt werden die Werte aus der dem WebGIS zugrundeliegenden Solar-Datenbank. Daraus werden der Modulwirkungsgrad oder auch die aktuelle Einspeisevergütung ermittelt. Die Eingabemaske ermöglicht dem Nutzer somit

die Durchführung einer Ertragsrechnung mit voreingestellten Standardwerten. Um eine individuelle Berechnung durchführen zu können, sollten die Werte jedoch vom Nutzer vorher überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Der Wirtschaftlichkeitsrechner von SUN-AREA 3.0 berücksichtigt unter der Rubrik „Eigenverbrauch“ das Marktanreizprogramm für dezentrale Stromspeicher der KfW-Bank bei PV-Strom. Die

Wirtschaftlichkeitsrechner.

„Richtlinien zur Förderung von stationären und dezentralen Batteriespeichersystemen zur Nutzung in Verbindung mit Photovoltaikanlagen“ fördert ab dem 01. Mai 2013 als zinsgünstiges Darlehen mit einem Tilgungszuschuss aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) den Kauf eines Batteriespeichers. Solarstromspeicher werden in Verbindung mit einer ab Januar 2013 installierten Photovoltaikanlage mit einer maximalen Leistung von 30 kWp sowie bei der Nachrüstung einer bestehenden Photovoltaikanlage, die nach dem 31. Dezember 2012 in Betrieb genommen wurde und zwischen der Inbetriebnahme der PV-Anlage und der Inbetriebnahme des Solarstromspeichers ein Zeitraum von mindestens sechs Monaten liegt, gefördert. In den Wirtschaftlichkeitsrechner geht die Höhe der staatlichen Förderung zur Anschaffung eines Solarstromspeichers mit ein. Die-

se bemisst sich nach Art des gewählten Batteriesystems (Anschaffungskosten) und der Größe der PV-Anlage. Erfolgt die Installation des Speichers gleichzeitig mit der Solaranlage, so liegt der maximale Fördersatz bei 600 Euro pro Kilowatt Solaranlagen-Leistung. Wird die PV-Anlage mit Errichtungsdatum nach dem 31. Dezember 2012 mit einem Speicher nachgerüstet, so liegt die Förderung bei maximal 660 Euro. Es wird ein höherer Aufwand für den nachträglichen Einbau der Steuerungstechnik angenommen. Es muss die Anschaffung der PV-Anlage deutlich von der Zusatzinvestition in den nachträglichen Speichereinbau abzugrenzen sein. Die Nachrüstung soll nur dann bezuschusst werden, wenn die PV-Anlage mindestens sechs Monate vor dem Speicher, frühestens aber am 1. Januar 2013, in Betrieb genommen wurde. Der Staat bezuschusst 30 Prozent der anzurechnenden Kosten bis auf die maximal förderfähigen Kosten von 2.000 Euro (bei kombinierter Installation) oder 2.200 Euro (bei Speicher-Nachrüstung) je Kilowatt Anlagenleistung. Die Höhe des Zuschusses berechnet sich aus den Kosten des Speichers, dem Fördersatz und der Nennleistung der PV-Anlage. Der Fördersatz ermittelt sich aus dem Quotienten der Kosten des Speichersystems und der Nennleistung der PV-Anlage (kWp)

multipliziert mit dem Faktor 0,3. Daraus resultiert der Zuschuss pro Kilowattpeak der PV-Anlage. Die Gesamtförderung ergibt sich aus der Multiplikation der Nennleistung (kWp) mit dem ermittelten Fördersatz (Euro je kWp). Zudem müssen die PV-Anlagen, die mit staatlich geförderten Speichern kombiniert werden, ihre Leistung für die gesamte Vergütungsdauer der Anlage auf 60 Prozent der Anlagenleistung reduzieren. Die restlichen 40 Prozent können direkt selbst verbraucht oder mithilfe des Stromspeichers für den späteren Verbrauch gespeichert werden. Um eine hohe Qualität und Lebensdauer der Speicher sicherzustellen, werden nur Speichersysteme gefördert, für die der Hersteller eine siebenjährige Zeitwertgarantie mitliefert.

Die KfW-Förderung soll den Eigenverbrauch an Strom propagieren. Hinzu kommen sinkende Vergütungssätze für die Netzeinspeisung. Nutzt man den auf dem eigenen Dach erzeugten Strom direkt im Haushalt oder Betrieb, spart man die Kosten für teuer eingekauften Strom. Angepasst an den individuell wählbaren Strombedarf und das Verbrauchsprofil wird die optimale Fläche berechnet, die für den Eigenverbrauch benötigt wird. Optimieren lässt sich der Eigenverbrauchsanteil, indem man unterschiedlich dimensionierte

Stromspeichersysteme auswählt. Der Wirtschaftlichkeitsrechner ermittelt den Deckungsgrad, der durch die gewählten Einstellungen erreicht werden kann. Der nicht selbst verbrauchte Strom wird weiterhin ins Netz eingespeist und über die EEG-Sätze entsprechend vergütet. Im Zuge einer ganzheitlichen Wirtschaftlichkeitsberechnung wird auch die erwartete Strompreissteigerung bei der Rendite berücksichtigt.

Die individuelle Ertragsberechnung und -übersicht der Methodik von SUN-AREA 3.0 berücksichtigt einen Zeitraum von 20 Jahren. Berücksichtigt werden hierbei die jährlichen Einnahmen über das EEG, eine Stromkostensparnis durch den eventuellen Eigenverbrauch, die Kosten für PV-Anlagen und Batteriespeicherung sowie Finanzierungsmodalitäten. Der jährliche Cash-Flow wird für einen Zeitraum von 20 Jahren dargelegt.

Das Ergebnis wird demnach aus einer Vielzahl von Faktoren berechnet. Kleine Änderungen der Eingabewerte können eine große Auswirkung auf die Ertragsaussichten haben. Der Unterschied von einem Prozent Wirkungsgrad bedeutet beispielsweise eine Differenz von 15 Prozent beim finanziellen Ertrag. Der Wirtschaftlichkeitsrechner liefert über das WebGIS dem Nutzer eine Entscheidungshilfe, wann ein Solarstromspeicher, wann die Stromabgabe und wann der Eigenverbrauch am wirtschaftlichsten ist.

NETZBETREIBER

Solarpotenzialanalysen ermitteln flächendeckend die Strompotenziale sowohl auf Dach- als auch auf Freiflächen. PV-Strom bedeutet eine dezentrale Stromerzeugung an sonnenreichen Tagen. Die Herausforderung besteht darin, die Stromnetze entsprechend an die Gegebenheiten der dezentralen Solarstromerzeugung anzupassen. Hierzu zählen Stromeinspeisespitzen an sonnenreichen Tagen und Stromüberschüsse sowie Spitzenlasten. Bisher wurden bei übermäßigem Stromangebot PV-Anlagen abgeregelt. Besser wäre eine verbrauchsorientierte Steuerung (demand side management) beziehungsweise eine er-



Eigenverbrauchsabhängiger Deckungsgrad in Abhängigkeit der Speichergöße – ohne Akku.



Eigenverbrauchsabhängiger Deckungsgrad in Abhängigkeit der Speichergöße – mit 6kWh Akku (4,8kWh nutzbar).

zeuger- und verbrauchernahe Stromspeicherung. Mit dem Erreichen der Netzparität, das heißt die photovoltaische Stromproduktion vom eigenen Dach kostet den Endverbraucher weniger als der gekaufte Strom, wird der Eigenverbrauch von Solarstrom immer attraktiver. Eine verbrauchsorientierte Steuerung ist jedoch nur begrenzt möglich, da die Stromleistung durch erneuerbare Energien sehr fluktuierend ist und hierfür bisher konventionelle Stromkapazitäten vorgehalten werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Umwandlung von Strom in Wärme (power to heat) etwa mittels Stromheizung oder die Nutzung des Solarstroms für die Wärmepumpe.

Die Herangehensweise der Solarpotenzialermittlung nach SUN-AREA 3.0 bietet eine fundierte Grundlage, um die sowohl saisonal- als auch tageszeitenabhängige solare Energiegewinnung zu ermitteln und so Lastberechnungen und Einspeiseprognosen durchzuführen. Insbesondere dienen Solarkataster als Werkzeug für Netzbetreiber, um ganze Straßenzüge im Einzugsgebiet von Energieversorgern zu analysieren. Basierend auf den Analyseergebnissen lassen sich für den Zubau von PV-Anlagen Maßnahmen mit maximaler Kosteneffizienz kalkulieren. Ermittelt werden die zu erwartenden Strompotenziale auf Dach- und Freiflächen. Der Netzausbau kann fundiert geplant und Lastspitzen können ermittelt werden. Ergebnisse aus der Solarpotenzialanalyse, basierend auf Laserscannerdaten, sind die Flächengröße, die Neigung und Exposition sowie detaillierte Einstrahlungsprognosen, die sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf ausgewertet werden. Differenziert nach direkter und diffuser Solareinstrahlung pro Tag und Stunde können mittels Einstrahlungsprognose detaillierte Netzsimulationen und somit Integrationsengpässe an den Einspeisepunkten ermittelt werden. Durch die Aggregation der Prognosedaten mit den Stromnetzdaten samt Einspeisepunkten der Solaranlagen können Informationen für eine ganzheitliche Netzplanung ermittelt werden. Solarstrombedingte Einspeisespitzen werden aus Ausrichtung und Neigung der Solarpotenzialflächen ermittelt. Zudem

können für Lastflussanalysen die stündlichen Tageswerte der Solareinstrahlung pro Hausanschluss ermittelt werden. Damit kann der Netzausbau auf Basis von Solarkataster besser geplant werden. Mithilfe des Solarkatasters kann beispielsweise der Netzbetreiber die lokale Trafоеinheit und die dazugehörigen Leitungen zur Aufnahme des Solarstroms bei Produktionsspitzen zu bestimmten Sommerstunden prüfen. Damit ist eine vorausschauende lokale Netzausbauplanung möglich.

SPEICHERMEDIEN

Im Umgang mit Stromüberschüssen wurden bisher dezentrale Speichertechnologien an Solaranlagen wenig berücksichtigt. Im Vergleich zu Wärme- und Stromnetzen besitzen Gasnetze derzeit in Deutschland das noch größte Speicherpotenzial. Neue Stromspeichersysteme sind dezentrale Batterien oder zentrale Pumpspeicherkraftwerke.

Speichertechnologien entlasten die Stromnetze. Insbesondere die Batteriespeicherung des über Lithium-Ionen-Batterien selbst erzeugten Solarstroms und dessen Verbrauch vor Ort entlasten in zweierlei Hinsicht die Netze. Es muss weder Strom an- noch abtransportiert werden. Wird der am Tag erzeugte Solarstrom nicht verbraucht, so kann dieser in einer Batterie gespeichert und zeitversetzt – etwa bei Nacht – verbraucht oder bei einer „Solarstromflaute“ in das Stromnetz abgegeben werden. Dies trägt zur Glättung der Einspeisespitzen von Solarstrom in den Mittagsstunden bei. Der Eigenverbrauch des vor Ort produzierten Solarstroms ist die beste Möglichkeit, günstigen und zu 100 Prozent sauberen Strom selbst zu nutzen. Mittels Batteriespeicher kann der Betreiber von PV-Anlagen den Eigenverbrauch maximieren. Beispielsweise können in einem Einfamilienhaus Verbraucher in Kombination mit einem geförderten Batteriespeicher ihren Strombezug um bis zu 60 Prozent reduzieren (Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme – ISE). Geographische Informationssysteme (GIS) helfen bei der Infrastrukturplanung. Beim Ausbau des

vorhandenen Stromnetzes und bei der Planung neuer Stromleitungen können optimale Stromtrassenverläufe im ökologischen und ökonomischen Sinne ermittelt werden. Die Anbindung von Solaranlagen mit Solarstromspeicher an das Stromnetz erfordert GIS-basierte zwei- und dreidimensionale Netzwerk- und Nachbarschaftsanalysen. Damit kann beispielsweise die Netzwerkkapazität der Stromleitung samt Pufferwirkung des Stromspeichers und die Länge der Stromleitung ermittelt werden.

ELEKTROMOBILITÄT

Weitere dezentrale Speichersysteme sind beispielsweise Elektrofahrzeuge (E-Fahrzeuge). Es gilt, den Ausbau zur Elektromobilität zu nutzen. Elektromobile (E-Mobile) können als mobile Batterien betrachtet werden. E-Fahrzeuge sind hinsichtlich der großen Verbrauchslasten besonders attraktiv für die Betankung mit selbst produziertem Solarstrom. Sie bieten ein hohes Potenzial zur Eigenverbrauchssteigerung. Die individuellen Anforderungen an das Fahrverhalten der Nutzer müssen jedoch zu den möglichen Ladezeiträumen angepasst werden. Beispielsweise können Ladestation an Parkplätzen, die mit einer PV-Anlage überdacht wurden, parkende Autos betanken. Mittels GIS kann eine an das Mobilitätsverhalten angepasste Ladeinfrastruktur ermittelt werden. ◀

AUTORINNEN:

Prof. Dr. Martina Klärle

Fachhochschule Frankfurt am Main Forschungsschwerpunkt Erneuerbare Energien im Landmanagement

I: www.fh-frankfurt.de

E: martina.klaerle@fb1.fh-frankfurt.de

T: +49 (0)69.1533-2778

Dipl.-Geoinf. Sandra Lanig

Klarle – Gesellschaft für Landmanagement und Umwelt mbH und Steinbeis-Transferzentrum Geoinformations- und Landmanagement

I: www.klaerle.de

E: lanig@klaerle.de