



# Erneuerbare Energien im Blick

# Sonne im Fokus

Photovoltaik als Technologie und Investment

Whitepaper — 06.2024



**Dr. Nicole Arnold**

Mitglied des Vorstands, Commerz Real

# Vorwort

## Liebe Leserin, lieber Leser,

der Klimawandel, der steigende Energiebedarf einer wachsenden Weltbevölkerung und die Notwendigkeit der Dekarbonisierung machen die Energieerzeugung zu einem der zentralen Themen unserer Zeit. Erneuerbare Energien spielen dabei in mehrfacher Hinsicht eine Schlüsselrolle. Die Photovoltaik ist ein besonders starkes Beispiel beim Übergang zu einer nachhaltigeren, resilienteren Energieversorgung.

Mit der Sonne verfügen wir über eine nahezu unerschöpfliche Quelle für die Erzeugung von Strom und Wärme. Auch dank immer effizienterer und kostengünstigerer Technologien hat sich die Photovoltaik zu einem globalen Eckpfeiler der Energiewende entwickelt – und wird in Zukunft sogar noch wichtiger werden.

Als Commerz Real verfügen wir über rund 20 Jahre Erfahrung mit Photovoltaik und haben erfolgreich zahlreiche Investmentprodukte sowohl für Privatanleger als auch für institutionelle Investoren aufgelegt. Unsere Mitarbeiter und ihre Expertise sind dabei unser größter Erfahrungsschatz.

Dieses Whitepaper soll Interessierten einen verständlichen Einstieg in das Thema bieten und die Wirkungsweise der Photovoltaik aufzeigen – als Technologie und Investment.

Ich wünsche Ihnen viel Freude dabei.

Ihre Nicole Arnold

# Inhalt

5	<b>Status Quo und Perspektiven</b>
13	<b>Funktionsweise</b>
19	<b>Investment</b>
28	<b>Innovationen</b>

34	<b>Fazit</b>
37	<b>Use Cases</b>
42	<b>Glossar</b>
43	<b>Über uns</b>



**Dirk Holz**  
Vorsitzender der Geschäfts-  
führung, Commerz Real Fund  
Management S.à. r.L.



**Kerstin Struckmann**  
Global Head of Product  
Management Institutional Clients,  
Commerz Real



**Michael Henn**  
Global Head of Green Deal  
Infrastructure, Commerz Real



**Jens Gemmecke**  
Head of Infrastructure  
Transactions, Commerz Real



**Mirko Vauth**  
Head of Infrastructure  
Development & Engineering,  
Commerz Real



**Andreas Köhler**  
Senior Investment Manager  
Infrastructure Investments,  
Commerz Real



**Bernd Müller**  
Head of Infrastructure Asset  
Management, Commerz Real

## Unsere Expertinnen und Experten



**Tobias Huzarski**  
Senior Investment Manager  
Infrastructure Investments,  
Commerz Real



**Timo Werner**  
Fondsmanager, klimaVest



**Marc Böhnke**  
Managing Director, Evergy  
Engineering GmbH



**Dr. Thorsten Blanke**  
CEO, Belectric GmbH

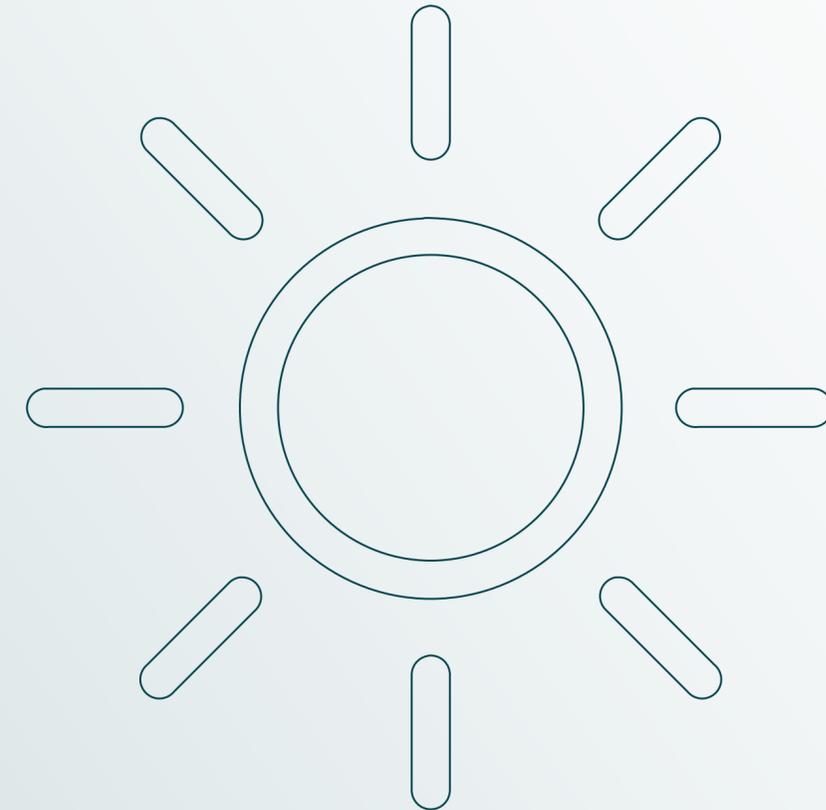
# Klar informiert Klug investiert

In diesem Whitepaper beleuchten wir den Status Quo und die Perspektiven von Photovoltaik in der Energieversorgung und wir erörtern die Chancen von Photovoltaikparks als Investment und warum wir bei Commerz Real die Sonnenkraft schon lange als starken Zukunftswert sehen.

”

„Wir sehen einen Rekordzuwachs der Photovoltaik in Deutschland und weltweit wieder enormes Interesse an der solaren Energie in Europa.“

Bundesverband Solarwirtschaft, 2023



# Status Quo



## Erneuerbare im Blick.

Erneuerbare Energien gehören mittlerweile zu den wichtigsten Stromquellen in Deutschland, und auch in der Europäischen Union ist in den letzten Jahren ein deutlicher Zuwachs zu verzeichnen. Im Jahr 2023 übertraf die Windenergie erstmals den Anteil von Gas an der Stromproduktion in der EU, und auch die Photovoltaik erlebte einen deutlichen Anstieg. Dies ist ein wichtiges Signal für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren als zentrale Säule der Energiewende. Sonne, Wind, Biomasse, Geothermie und Wasserkraft stehen anders als Öl, Kohle und Gas nahezu unerschöpflich zur Verfügung und ihre Gewinnung verursacht sehr viel weniger klimaschädliche Treibhausgasemissionen. Da sie zudem direkt in Deutschland und Europa gewonnen werden können, machen sie uns unabhängiger vom Import fossiler Energieträger.

## Photovoltaik im Fokus.

Die Photovoltaik gehört inzwischen zu den günstigsten Stromerzeugungsarten. Für eine Kilowattstunde Strom entstanden laut Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Deutschland Kosten zwischen 3 und 11 Cent (Studie von 2021). Bei Braunkohlekraftwerken lagen die Kosten demnach zwischen 10 und 15 Cent, bei Gaskraftwerken zwischen 11 und 28 Cent.<sup>1</sup> Die Bandbreite der Anlagen ist vielfältig und reicht von Photovoltaikanlagen auf Dächern von Wohn- und Gewerbeimmobilien zur Eigenversorgung und/oder Einspeisung ins öffentliche Netz über den Einsatz von Solarpanelen auf vermieteten Wohnimmobilien für Mieterstrom bis hin zu großen Freiflächen-Solaranlagen.

## Zeichen auf Wachstum.

Der Zubau neuer Photovoltaikanlagen schreitet mit hohen Steigerungsraten voran. Laut Umweltbundesamt wurden 2023 fast doppelt so viele neue Solaranlagen installiert wie noch 2022.<sup>2</sup> Wichtiger als die Zahl der Anlagen ist jedoch die neu installierte Leistung. Diese betrug in Deutschland 14,3 GW im Jahr 2023 und übertraf damit nicht nur das Zubauziel der Bundesregierung mit 9 GW deutlich, sondern löste auch den zwölf Jahre alten Rekord Italiens mit 9,3 GW innerhalb der EU ab. Gesamtheitlich wurde in der EU 2023 das dritte Jahr in Folge eine jährliche Wachstumsrate von über 40% realisiert und insgesamt 55,9 GW neu installiert.<sup>3</sup> Ein weiterer Rekord, den es nun zu schlagen gilt, um die gesteckten Ziele zu erreichen.

<sup>1</sup> <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>.

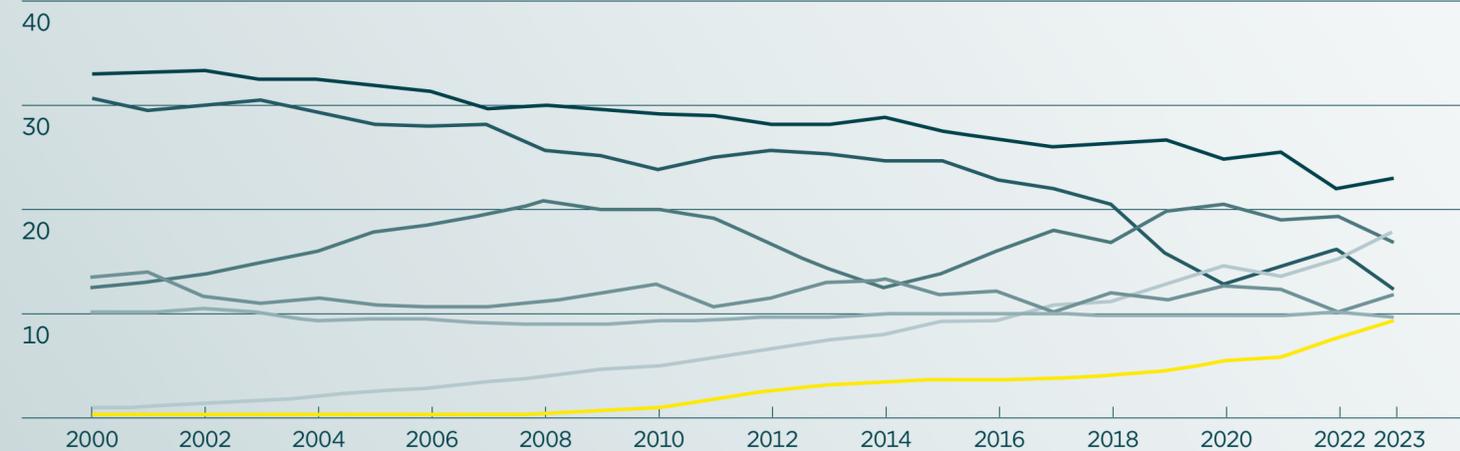
<sup>2</sup> <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/solarpaket-photovoltaik-balkonkraftwerke-2213726>.

<sup>3</sup> EU Market Outlook for Solar Power 2023-2027 – SolarPower Europe.



# Sonne und Wind lösen fossile Energieträger ab

Anteil an der EU-Elektrizitätserzeugung, nach Quelle (%)



- Kernenergie
- Kohle
- Gas
- Wasserkraft
- Andere<sup>4</sup>
- Wind
- Photovoltaik

Quelle: Jährliche Elektrizitätsdaten, Ember, <https://ember-climate.org/data-catalogue/yearly-electricity-data/>.  
<sup>4</sup> Umfasst Bioenergie, andere fossile und andere erneuerbare Energien.

# 59,8%<sup>5</sup>

Strom aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2023.  
Kernenergie 1,5% und fossile Energie 38,7%<sup>5</sup>.

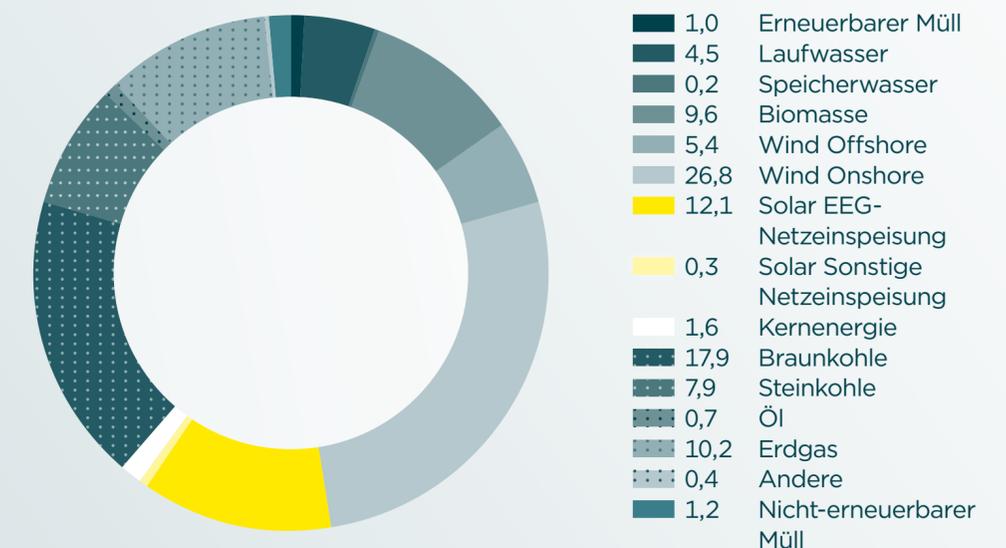
Mit dem Rekordwert von 59,8% wurde erstmals mehr als die Hälfte der gesamten Nettostromerzeugung in Deutschland aus erneuerbaren Energien gewonnen. In Europa waren es 43%. Tendenz steigend. Bis zum Jahr 2030 sollen mind. 80% des in Deutschland verbrauchten Stroms aus regenerativen Quellen stammen, um das Ziel, als erste Industrienation klimaneutral zu wirtschaften, bis 2045 zu erreichen und eine Führungsrolle auf dem Weg zum europäischen Ziel der Klimaneutralität bis 2050 einzunehmen.

Den größten Beitrag zur Stromerzeugung leisten bisher Windkraftanlagen – vor allem an Land. Die fossilen Energieträger Braun- und Steinkohle sowie Kernenergie hatten 2023 nur einen Anteil von 27%. 2013 waren es noch 64%, 2003 sogar 81%.<sup>5</sup>

## Stromerzeugung aus Photovoltaik steuert aktuell 20% des erneuerbaren Stroms zum Strommix bei und macht 12% der gesamten Nettostromerzeugung aus.

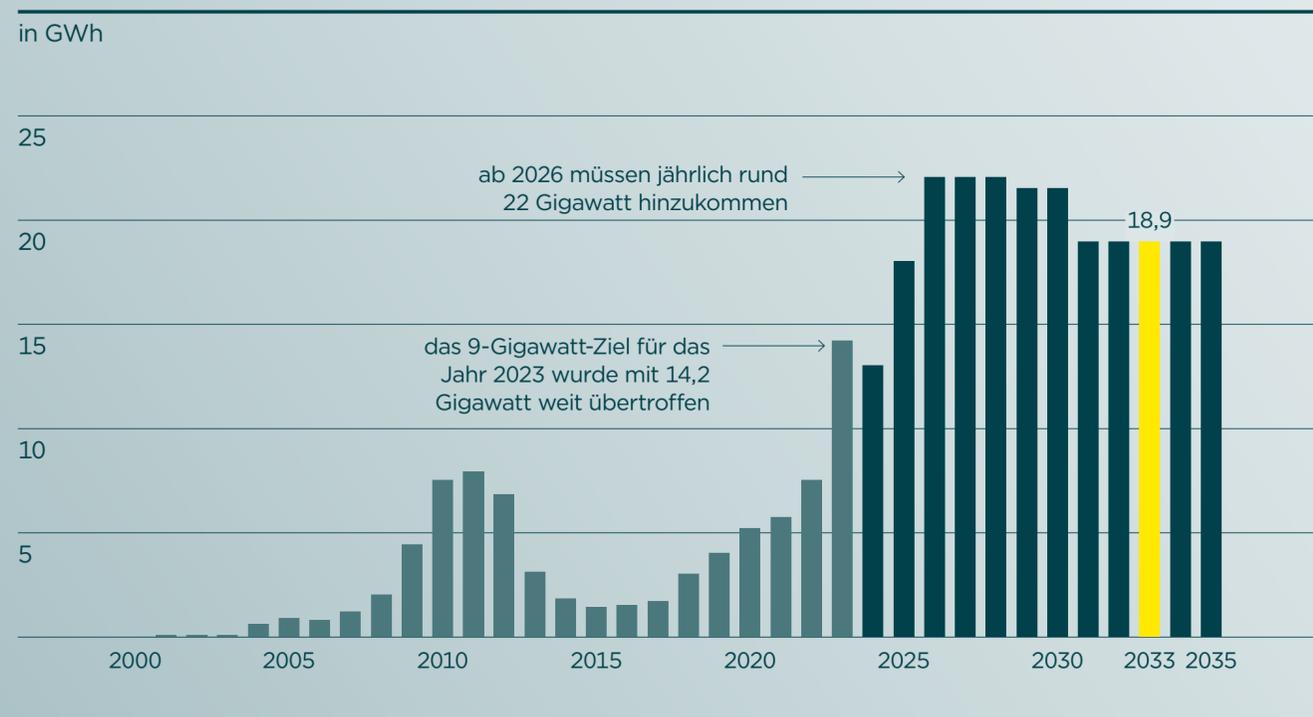
### Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2023<sup>5</sup>

in %



<sup>5</sup> Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, [https://energy-charts.info/charts/energy\\_pie/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=2023](https://energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=2023).

### Bisheriger und künftig nötiger Ausbau von Solarenergie, um die gesetzlichen Ziele der Bundesregierung zu erreichen



Quelle: BMWK, Agora Energiewende, eigene Berechnung, Stand: 31.12.2023.

Mit dem **Solarpaket I** will die Bundesregierung Bau und Betrieb von Photovoltaikanlagen entbürokratisieren und den Zubau weiter beschleunigen. So sollen sog. Balkonkraftwerke<sup>6</sup> für Privathaushalte deutlich einfacher installiert und betrieben werden können. Auch wurden die jährlichen Zubauziele noch einmal angehoben: Für 2024 wird ein Plus an Solarleistung von 13 GW anvisiert, 2025 sollen es schon 18 GW sein, ab 2026 jährlich 22 GW. Bis 2030 soll eine Gesamtnennleistung von 215 GWp („Gigawatt peak“) erreicht sein, die sich etwa zur Hälfte aus Freiflächen und Dachanlagen ergeben soll.<sup>7</sup>

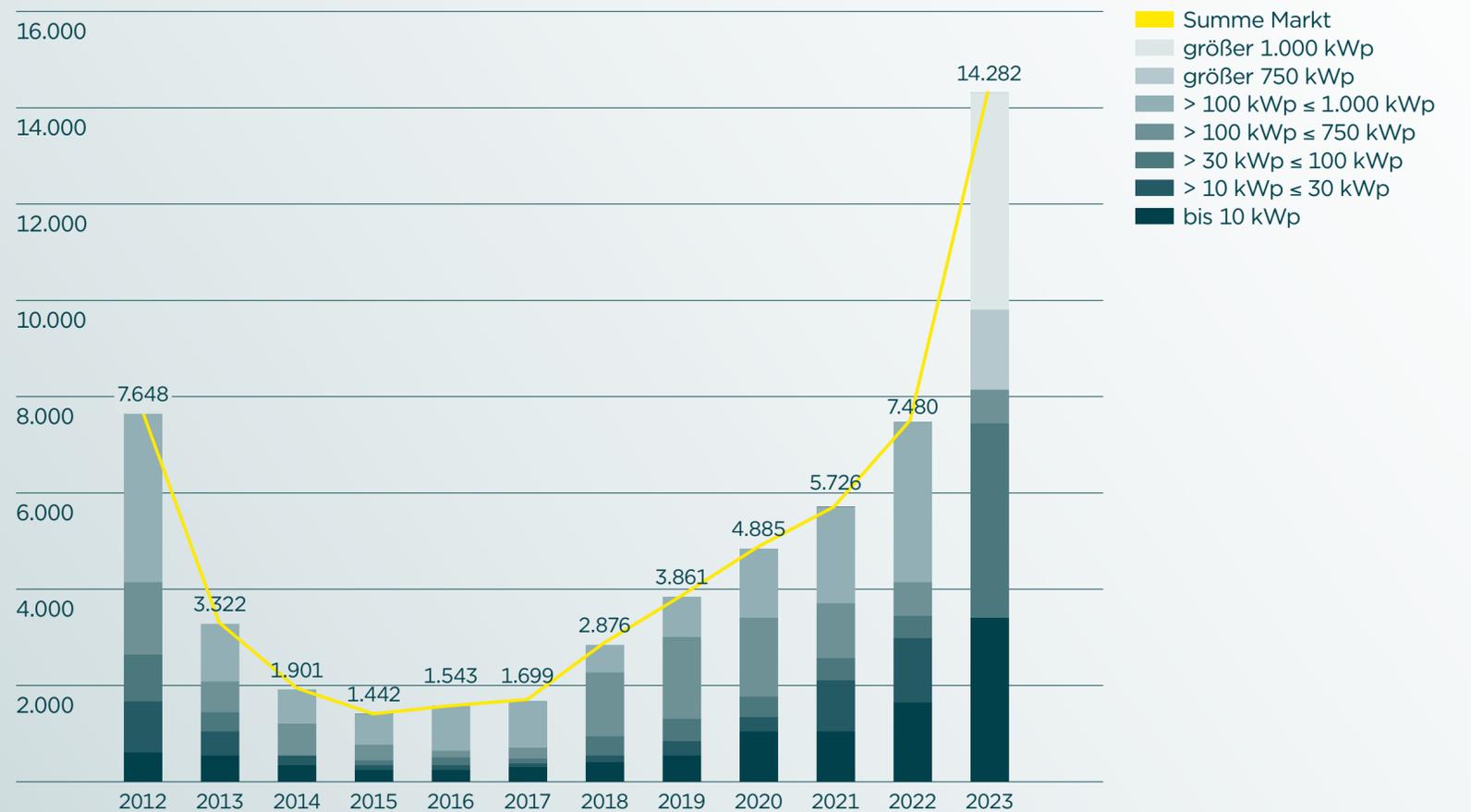
<sup>6</sup> Ein Balkonkraftwerk ist eine kleine, meist steckerfertige Photovoltaikanlage, die auf Balkonen, Terrassen oder Hausfassaden installiert wird. Es ermöglicht Haushalten, eigenen Solarstrom zu erzeugen und diesen direkt in den Haushalt einzuspeisen, um den Energieverbrauch aus dem öffentlichen Netz zu reduzieren.

<sup>7</sup> <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/solarpaket-photovoltaik-balkonkraftwerke-2213726>.



### Installierte PV-Leistung Markt nach Größenklassen

in MWp



Quelle: Bundesnetzagentur, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEStatistikMaStR.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=13](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEStatistikMaStR.pdf?__blob=publicationFile&v=13).

Die Änderung der Förderprogramme für die Photovoltaik durch die damalige Bundesregierung sorgte 2012 für einen drastischen Einbruch der damals noch weltweit führenden Photovoltaikindustrie in Deutschland. Chinesische Firmen, die schon länger dabei waren, Technologiekompetenzen in ihr Land zu transferieren, nutzten diese Gelegenheit, um den Markt mit Modulen zu Dumpingpreisen zu überfluten. Einfuhrzölle, die als Reaktion der EU zum Schutz der heimischen Industrie eingeführt wurden, konnten die schwere Krise der Branche nicht abwenden. Heute ist der Ausbau der Photovoltaik ohne asiatische Zulieferer kaum denkbar.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Deutscher Bundestag, Fraktion besorgt über Abhängigkeit von China bei Solarmodulen, <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2024/kw15-de-aktuelle-stunde-solarmodule-997412>.

### Geplanter Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung<sup>10</sup>



# Ausbauziele in Europa

Klimaziele und Energiesicherheit als wesentliche Treiber der Energiewende

45%

EU-Ziel für erneuerbare Energien im Jahr 2030<sup>11</sup>

140 Mrd. €

müssen jährlich investiert werden bis 2030 und weitere 100 Mrd. Euro bis 2040 um ein 100% EE-System zu erreichen<sup>12</sup>

Viele EU-Länder haben ihre Ausbauziele nach oben korrigiert.

<sup>10</sup> EU Power Sector 2023 Targets Tracker, <https://ember-climate.org/data/data-tools/european-renewables-target-tracker/>, Stand 28.09.2023.

<sup>11</sup> Bundesregierung, EU-Klimaschutzpaket Fit For 55, Internetveröffentlichung: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/europa/fit-for-55-eu-194240#:text=Europa>.

<sup>12</sup> EU Power Sovereignty through Renewables by 2023 – Study coordinated by Potsdam Institute for Climate Impact Research, Oktober 2023.

# Von Gelb auf Grün

Wie entsteht eigentlich aus Sonnenkraft „grüner“ Strom und warum ist Photovoltaik nicht nur eine moderne Technologie, sondern ein Eckpfeiler der Energiewende? Im folgenden Kapitel geben wir einen Überblick und Antworten auf diese Fragen.



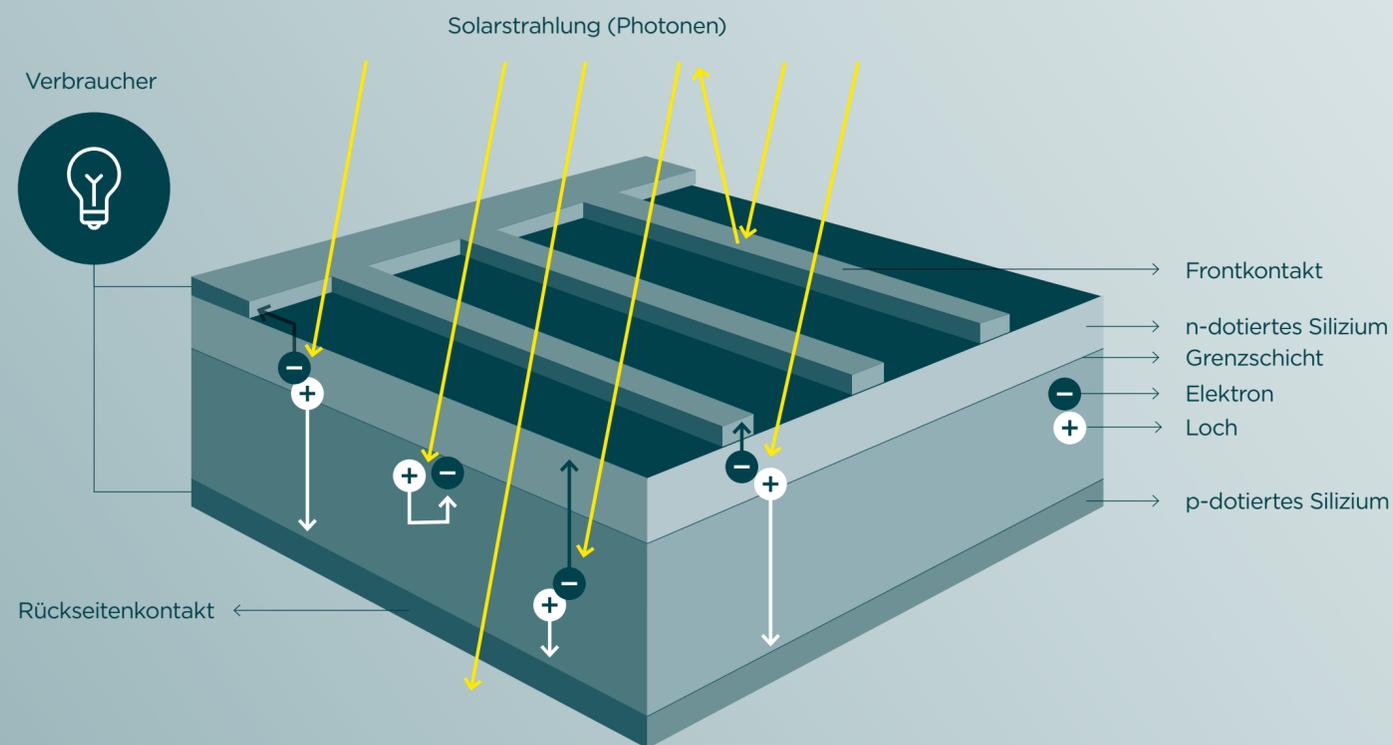
”

„Das schnelle Wachstum bestätigt unser Vertrauen in das gigantische Potenzial der Solarenergie.“

**Kadri Simson**, EU-Kommissarin für Energie 2023<sup>13</sup>

<sup>13</sup> EU Market Outlook for Solar Power 2023-2027, <https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/eu-market-outlook-for-solar-power-2023-2027/detail>.

# Photovoltaik: Technologie, Aufbau und Funktion.



Sonnenenergie ist die Energie der Sonnenstrahlung, die durch Kernfusion im Inneren der Sonne entsteht und als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt. Die nach menschlichem Ermessen unerschöpfliche Energiequelle wird für die Erzeugung von Strom (Photovoltaik) und Wärme (Solarthermie) genutzt. Sie ist der größte natürliche Energielieferant unseres Sonnensystems. Jährlich trifft ein Vielfaches des Weltenergiebedarfs in Form von Sonnenstrahlen auf die Erde.<sup>14</sup>

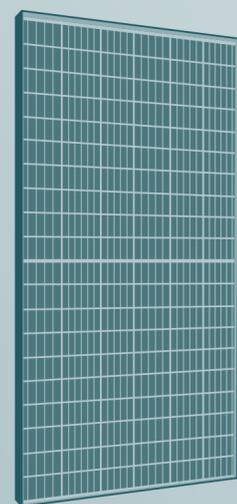
Die Grundlage für die Funktionsweise von Photovoltaikzellen ist der „**photoelektrische Effekt**“ (kurz Photoeffekt). Er tritt u.a. bei Halbleitern wie beispielsweise Silizium auf, welches in den meisten Photovoltaikzellen Verwendung findet. Dabei wird ein Lichtteilchen (Photon), das sich in Form eines Energiepakets bewegt, von einem Elektron absorbiert und das Elektron dadurch aus der Bindung gelöst. Durch die besondere Bauweise einer Photovoltaikzelle, mit einer positiv und einer negativ dotierten Halbleiterschicht und dem dadurch in der Zelle entstandenen elektrischen Feld (an der Grenzsicht zwischen p- & n-Dotierung), bewegt sich dieses nun „freie“ Elektron in Richtung des Minuspols. Hier stauen sich mit zunehmender

Lichtintensität die Elektronen und es entsteht eine elektrische Spannung in der Zelle. Durch Verbinden der Metallkontakte der negativ geladenen Seite (Minuspole) und dem Pluspol entsteht ein Elektronenfluss – Gleichstrom kann nun fließen.

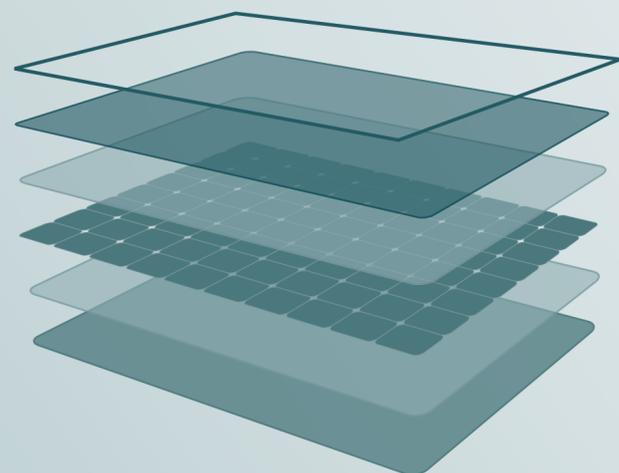
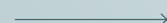
Dieses technologische Grundprinzip wurde im Laufe der Zeit stetig weiterentwickelt, heute gibt es zahlreiche Varianten. Die aktuell noch den Markt dominierende Zellarchitektur ist die sog. **PERC-Technologie**. Der VDMA (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau) geht jedoch in seiner aktuellen Prognose von 2023 davon aus, dass die TOPCon-Technologie in den nächsten Jahren signifikante Marktanteile gewinnen wird und auch die Heterojunction-Technologie ihren Anteil ausbauen wird sodass die PERC-Zellen Stück für Stück vom Markt verdrängt werden.<sup>15</sup> Zudem bildet die **Tandem-Zellenarchitektur** eine spannende Innovation mit vielversprechenden Wirkungsgraden, jedoch ist diese Technologie noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Im Folgenden stellen wir die wichtigsten Bestandteile einer Photovoltaikanlage und ihre Funktionsweise vor. →

<sup>14</sup> Solarenergie.de, Kann die Sonne den Weltenergiebedarf decken? <https://solarenergie.de/hintergrundwissen/solarenergie-nutzen/weltenergiebedarf>.

<sup>15</sup> Solarsserver, VDMA: Silizium und TOPCon-Solarzellen dominieren Photovoltaik, <https://www.solarsserver.de/2024/06/04/vdma-silizium-und-topcon-solarzellen-dominieren-photovoltaik/>.



PV-Modul



Aufbau PV-Modul

- Aluminium-Rahmen
- Glas
- Schutzschicht
- Solarzellen
- Schutzschicht
- Rückseite

**In der Praxis werden meist 60 oder 72 Solarzellen zu größeren Einheiten, den Photovoltaikmodulen, zusammengeschaltet. Jedes Modul ist mit Folien verpackt und einer Glasplatte abgedeckt, um es vor Umwelteinflüssen zu schützen. Ein Metallrahmen bietet eine zusätzliche Befestigungsmöglichkeit. Jedes Modul erzeugt dabei eine bestimmte Menge an Gleichstrom. Um mehr Energie zu erzeugen, können in einem Photovoltaik-System mehrere Module verbunden werden.**

Je nach Verschaltung erhöht sich die Spannung (Reihenschaltung) oder der Strom (Parallelschaltung). **Die Spannung dient dabei als Antriebskraft für den Strom** (dem Elektronenfluss). Der Gleichstrom, den eine Photovoltaikanlage produziert, kann dann durch einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden, der bei uns im Stromnetz verwendet wird. Zusätzlich werden meist Aluminiumaufständerungen/ Befestigungen gewählt, um die Module auszurichten und zu befestigen (oft auch zur Kabelführung). Bei großen Anlagen wird für die Netzanbindung eine zusätzliche Übergabestation errichtet, die den Wechselstrom mit einem Transformator auf das Spannungsniveau des jeweiligen Netzes bringt und mit einem Strommengenähler ausgestattet ist. Hier

finden sich auch Sicherungseinheiten, die in einem Fehlerfall (netz- oder anlagenseitig) auslösen und alle Komponenten vor Zerstörung schützen sollen.

Bei der Planung einer Anlage mit dem Ziel, den Energieertrag zu maximieren, ist es wichtig, die Module möglichst senkrecht zum Einfall der Sonnenstrahlung auszurichten. **Dementsprechend ist die Ausrichtung und Neigung der Module, ebenso wie der Wirkungsgrad der verwendeten Module, maßgeblich für deren Ertrag.** Aufgrund der stetigen Veränderung des Sonnenstands ist dies natürlich nicht möglich. Der Sonne nachgeführte Anlagen bieten hier die beste Möglichkeit, sind dementsprechend aber auch teurer im Bau und benötigen für die Nachführung Energie, was in der Kalkulation berücksichtigt werden sollte.

Weitere wichtige Aspekte sind die Verschattungen und Hinterlüftung der Module, aufgrund der Tatsache, dass sie an Wirkungsgrad verlieren je wärmer sie sind (ca. 0,2-0,4% pro Grad ab Überschreitung der 25-Grad-Grenze). Dabei zählt nicht die Umgebungstemperatur, sondern die Modultemperatur, die an heißen Sommertagen bis zu 70 Grad erreichen kann. Dementsprechend sind die höchsten Solarerträge im Frühjahr zu erwarten, wo die Sonne bereits höher am Himmel steht, aber die Temperaturen noch milder sind.

Im Bereich der Eigenheim-Versorgung wird eine möglichst hohe Eigenverbrauchsquote angestrebt. Es kommt natürlich immer auf die orts-, gebäude- und verbrauchsspezifischen Gegebenheiten an, jedoch kann eine Ost-West-Ausrichtung dafür

sorgen, eine höhere Deckung des Eigenverbrauchs zu erreichen. Im Falle einer Freiflächenanlage würde eine solche Ausrichtung netzdienlicher sein, weil über den Tag eine stetigere Erzeugung stattfindet und der Gleichzeitigkeitsfaktor (Mittagspeak) entzerrt werden würde. Neben der Ausrichtung kann u.a. auch die Kombination mit einem Stromspeicher als Pufferspeicher dazu dienen, bessere Marktpreise als zum Zeitpunkt der tatsächlichen Erzeugung zu realisieren. Im Eigenheimbereich lässt sich durch Nutzen eines Stromspeichers die Eigenverbrauchsquote des erzeugten PV-Stroms nochmals erhöhen.





**Photovoltaik-Anlagen haben heute eine Lebensdauer von gut 30 Jahren, bei entsprechender Wartung sogar noch länger. So können sie signifikante ökonomische und ökologische Vorteile über eine lange Zeit ausspielen. Sie erwirtschaften in dieser Zeit einen Erntefaktor von 11 bis 18, erzeugen also 11- bis 18-mal so viel Energie wie zu ihrer Produktion benötigt wurde, Tendenz steigend.<sup>16</sup> Im Folgenden werden die Besonderheiten im Lebenszyklus einer Photovoltaikanlage beschrieben und wie es nach Beendigung des operativen Betriebs weitergehen wird.**

### Degradation

Durch Alterung und Materialbeanspruchung verlieren PV-Module über die Zeit an Leistungsfähigkeit, sind sie doch permanent Sonneneinstrahlung und Witterungseinflüssen ausgesetzt. Dennoch liefern Freiflächenanlagen i.d.R. selbst am Ende ihrer Lebensdauer noch etwa 85% des ursprünglichen Ertrags. Auch wenn die Degradation nach Angaben des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme bei ca. 0,15% pro Jahr liegt, kalkulieren Betreiber oft mit bis zu 0,5% eher konservativ.<sup>16</sup> Hier sollten die technologiespezifischen Empfehlungen wissenschaftlicher Institute bei der Kalkulation berücksichtigt werden.

### Repowering

Über Repowering der Anlage nach Ende der kalkulierten Lebensdauer (neue effektivere Module können meist den Ertrag auf gleicher Fläche verdoppeln) können Infrastrukturen (nach Überprüfung und evtl. Reparaturen/Erweiterungen) weiter kosteneffektiv genutzt werden. Dies erfordert eine neue Kalkulation sowie eine Auffrischung oder Erneuerung bestehender Verträge (Versicherung, Verpachtung, techn. Betrieb etc.), bietet aber gleichzeitig Chancen – mittels PPA-Verträgen oder durch die Ergänzung mit einem Speichersystem – höhere Erträge zu erreichen und den Standort zu erhalten.

Wird sich gegen die Standorterhaltung entschieden, wird die Freiflächenanlage zurückgebaut. Dabei soll die europäische WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive, 2012), die in Deutschland mit dem Einführen des ElektroG (2015) umgesetzt wurde, das Zurückführen der Module regeln und sowohl Hersteller als auch Betreiber in die Pflicht nehmen. Sie schreibt eine verpflichtende Sammelquote von 85% vor, von der eine Recyclingquote von 80% erreicht werden soll. Allgemein können 95% eines PV-Moduls recycelt werden. Heute wird bereits der Aluminiumrahmen, die Anschlussdose (Kupfer) und teilweise das Glas der Module dem Stoffkreislauf zurückgeführt.<sup>17</sup> Technologisch machbar, bisher jedoch nicht wirtschaftlich umsetzbar ist das Recyceln der Zellverbunde, welche Silber, Silizium, Kupfer und andere wertvolle Ressourcen beinhalten.

<sup>16</sup> Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland – Fraunhofer ISE, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>.

<sup>17</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronik-Altgeräte, <https://www.bmuv.de/gesetz/richtlinie-2012-19-eu-ueber-elektro-und-elektronik-altgeraete>.

FRAGEN ZU DEN AKTUELLEN HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN IN DER SOLARBRANCHE AN

# Dr. Thorsten Blanke

CEO, BELECTRIC GmbH

**„Einige der größten Herausforderungen sind im Boden versteckt.“**



BELECTRIC ist auf die Planung, den Bau und den Betrieb von Solarkraftwerken spezialisiert. Seit der Gründung 2001 hat das Unternehmen aus Unterfranken mehr als 500 PV-Systeme mit einer Gesamtleistung von 4,8 Gigawatt errichtet und zählt im Bereich Betrieb und Wartung (O&M) zu den größten Dienstleistern Europas.

[belectric.com](https://www.belectric.com)

## – Welche Herausforderungen stellen sich bei der Standortwahl und Planungsphase eines Solarparks?

Gestiegene Auflagen bezüglich Arten-, Natur-, Landschafts-, Denkmal-, Personen- sowie Boden- und Wasserschutz führen zu einer starken Eingrenzung möglicher Standorte. Hinzu kommen eng definierte kommunale Kriterienkataloge, ein in der Praxis langes Bauleitverfahren sowie eine gestiegene Anzahl an Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit, mit denen wir umgehen müssen. Selbst Standorte, die allen Punkten entgegenkommen, können häufig nicht realisiert werden, da der Netzanschluss herausfordernd ist und Projekte somit unwirtschaftlich werden.

Des Weiteren ist die Überlastung der Mittel- und Hochspannungsnetze eine große Hürde bei der Integration in das Stromnetz, die dazu führt, dass Solarparks oftmals gar nicht oder nur in großer Entfernung angebunden werden können, was mit enormen Kosten verbunden ist. Um diesen Anforderungen zu begegnen, setzen wir bei BELECTRIC darauf, alle Projektbeteiligten frühzeitig zu informieren und einzubinden.

## – Mit welcher Zeitspanne rechnen Sie aktuell für Solarkraftwerke in Deutschland?

Vom Aufstellungsbeschluss der Kommune, der Entscheidung, ein Baugenehmigungsverfahren einzuleiten, bis zur Netzanbindung und Inbetriebnahme des Solarparks können leicht zwei Jahre vergehen. Deshalb sind auch die Kosten für die Vorfinanzierung der Projekte enorm hoch. Bei größeren Freiflächenanlagen, für deren Netzanbindung zusätzlich ein Umspannwerk gebaut werden muss, kann sich die Umsetzung noch einmal um etwa ein Jahr verlängern.

## – Welches sind die technischen Herausforderungen während der Bauphase eines Solarparks?

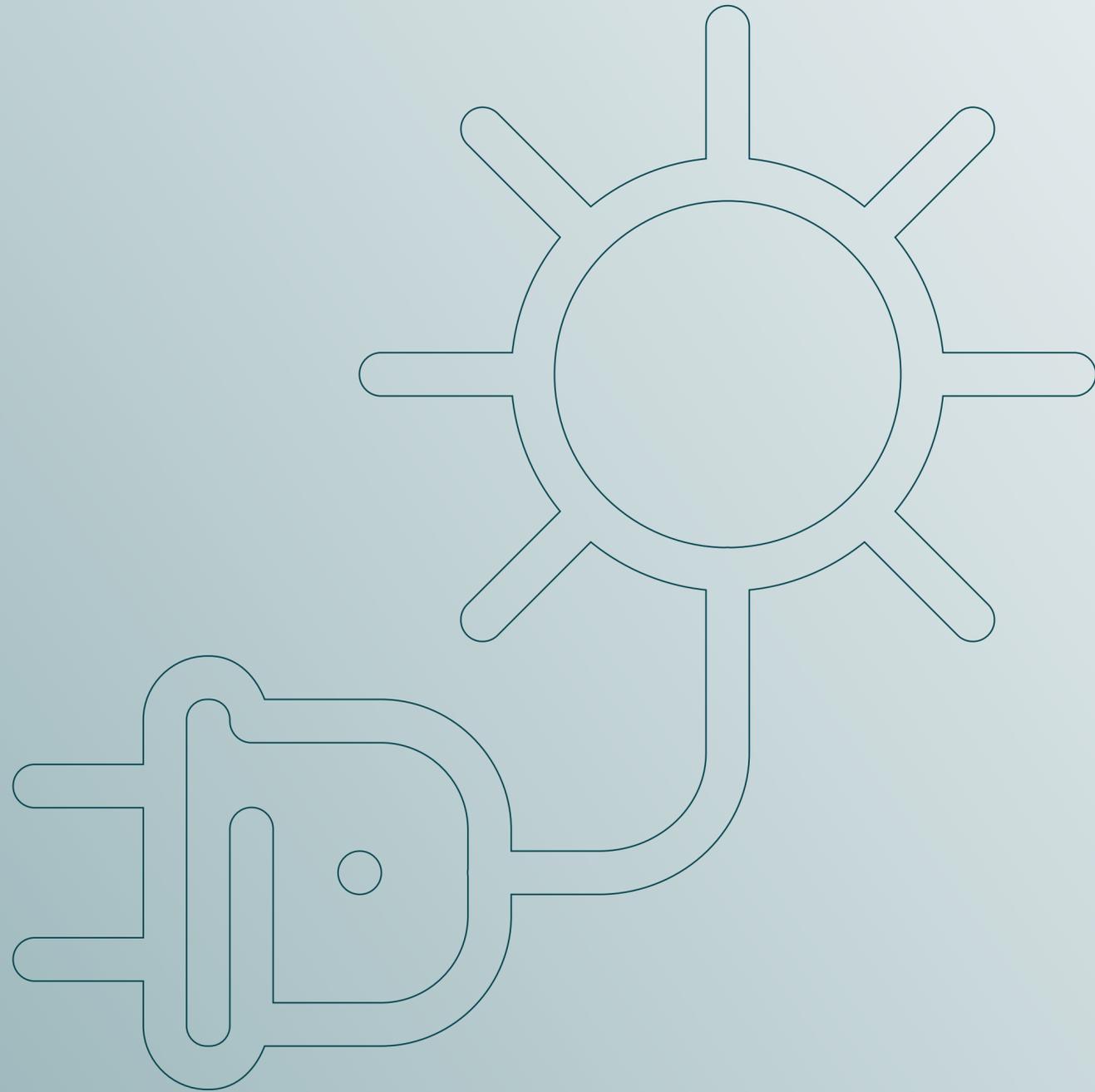
Einige der größten Herausforderungen sind im Boden versteckt. Das Bodenrisiko in Solarprojekten möchte niemand tragen, deshalb bestimmen wir bei BELECTRIC im Vorfeld die Beschaffenheit des Untergrundes durch intensive geotechnische Studien und Auszugstests („Pull-Out Tests“). So können wir die zu verwendenden Materialien bestimmen und das Installationsverfahren genauer definieren. Das größte Risiko für eine verspätete Fertigstellung ist allerdings der Netzanschluss. Die Gründe sind vielfältig: spezifische Anforderungen der Betreiber, lange Lieferzeiten der Netzanschlusskomponenten, speziell der Transformatoren, sowie lange Genehmigungsprozesse u. a. durch Personalmangel.

## – Wie bewältigen Sie Betriebs- und Wartungsherausforderungen, um eine hohe Leistungsfähigkeit und Effizienz des Solarparks sicherzustellen?

Allein in Deutschland sind vier unserer Standorte auf Operations & Maintenance (O&M) spezialisiert. An unserem Hauptsitz in Kolitzheim verfügen wir über einen hauseigenen Control Room, in dem wir all unsere Kraftwerke in Europa und Israel engmaschig überwachen. So gelingt es uns, Reaktions- und Stillstandzeiten zu minimieren. Unsere hoch spezialisierten Mitarbeitenden bilden wir fortwährend weiter, um von neuen Entwicklungen und Trends profitieren zu können. Auch dank unserer Innovations-Teams holen wir für unsere Kunden stets das Beste aus den neuesten Technologien.

# Von der Solaranlage zur Geldanlage

Photovoltaik hat sich in der grünen Energieversorgung etabliert und sich auch als Investment seit Jahren immer wieder bewährt. Ein kurzer Überblick erläutert, wie sich Photovoltaik-Anlagen sowohl für Betriebsführer als auch für Investoren rechnen können.



”

„Bis 2050 wird Solarenergie den Markt dominieren.“

Studie 10/23, Nature Communications

# Nachhaltig investieren. Von der Energiewende profitieren.

**Photovoltaik ist längst keine Innovation mehr und hat sich als attraktive Methode zur Stromerzeugung etabliert. Und auch als Investition hat Photovoltaik sich schon lange bewährt. Der erste Solarfonds der Commerz Real Gruppe startete bereits im Jahr 2005.**

Die Technologie ist ausgereift und liefert langfristig stabile Erträge. Das macht Photovoltaik zu einer Anlagemöglichkeit, die für die verschiedensten Anlegergruppen interessant sein kann. Die Aussicht auf stabile Cashflows aus der Stromvermarktung bietet Planungssicherheit, die insbesondere langfristige Anleger wie Pensionskassen oder Versicherungen zu schätzen wissen. Denn auch wenn die Sonneneinstrahlung täglich variiert, lässt sich der Sonnenertrag an einem Standort auf lange Sicht relativ verlässlich prognostizieren. Solarparks sind in Planung und Bau zudem weniger komplex als viele andere Infrastrukturprojekte. Auch zur Diversifikation eignet sich Photovoltaik: Sowohl Wertpapier- als auch Immobilienportfolios lassen sich zur Streuung mit Infrastruktur-Investments ergänzen. Die Aussichten für erneuerbare Energien als Anlageklasse sind gut: Durch die zunehmende Elektrifizierung von beispielsweise Heizen und Mobilität, wird der Strombedarf der Haushalte aber auch der Wirtschaft und der damit verbundenen Elektrifizierung vieler Energieverbraucher massiv steigen, wodurch Strom aus erneuerbaren Quellen langfristig gefragt sein wird.



## Breit diversifizieren. Erträge absichern.

Bei den ersten Solarfonds handelte es sich um unternehmerische Beteiligungen an einzelnen Solarparks. Bei diesen Fondskonzepten sammeln die Anbieter zu Beginn Kapital ein, das in bereits operativ tätige oder zu errichtende Solarprojekte fließt. Die Investoren erhalten über eine festgelegte Laufzeit Rückzahlungen aus dem Stromverkauf sowie zum Ende der Laufzeit aus der Veräußerung der Parks. Dieses Konzept hat sich über die Jahre als durchaus robust erwiesen. Allerdings sind

geschlossene Fonds bei Privatanlegern durch neue Regularien etwas aus der Mode gekommen. Dafür erfreuen sich neue Fondskonzepte wie der ELTIF (European Long-Term Investment Fund) wachsender Beliebtheit. Hier können Anleger in teilweise sehr breit diversifizierte Clean-Energy-Portfolios investieren. Auch die vorzeitige Rückgabe von Anteilen an die Fondsgesellschaft ist möglich und bietet Anlegern eine gewisse Liquidität.

# Geregelte Vermarktung. Verschiedene Möglichkeiten.

Entscheidend für den Investment-Case eines PV-Investments ist neben der Erzeugung auch die Vermarktung des Solarstroms, die nicht nur die Investitionskosten decken, sondern auch eine auskömmliche Rendite für die Investoren erwirtschaften soll.

## Bei der Stromvermarktung gibt es verschiedene Möglichkeiten:

1

Inanspruchnahme gesetzlicher  
Fördermechanismen, je nach Leistungsklasse:

**ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ - EEG**

2

Verkauf und Direktvermarktung  
des Stroms:

**STROMBÖRSE**

3

Individuelle Stromlieferverträge  
mit industriellen Abnehmern:

**POWER PURCHASE AGREEMENTS - PPA**

## 1

## ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ - EEG



# Gesetzliche Einspeisung. Garantierte Preise.

Seit dem Jahr 2000 gibt es in Deutschland das Erneuerbare-Energien-Gesetz, kurz EEG. Es regelt die **vorrangige Einspeisung regenerativer Energien ins Stromnetz** und garantierte den Erzeugern lange Zeit feste Abnahmepreise. Ziel war es, den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung zu unterstützen. Über die Jahre wurde das EEG immer wieder überarbeitet und weiterentwickelt.

Die gesetzliche Einspeisevergütung lag lange deutlich über dem Marktpreis. Daher setzten in Deutschland viele Solarfonds komplett auf die Einspeisung nach der gesetzlichen Einspeisevergütung. Für Großanlagen wurde jedoch bereits vor einigen Jahren die festgeschriebene Einspeisevergütung **praktisch** abgeschafft und wich dem Ausschreibungsverfahren mit seinem Marktprämienmodell.

Hier wird im Grunde die Differenz zwischen dem durch Direktvermarktung an der Strombörse erzielten sog. „Marktwert“ (auf Monatsbasis) mit der im Ausschreibungsverfahren anlagenspezifisch bezuschlagten Förderhöhe, dem sog. „anzulegenden Wert“, berechnet und die Förderhöhe so monatlich angepasst. Heute ist die Vergütung aufgrund von Marktpreisen, die regelmäßig über der Vergütung liegen, eher als untere Absicherungsgrenze zu verstehen. Kleinere Anlagen oder private Anlagenbetreiber können für den Strom, gestaffelt je nach Leistungsklasse und Einspeisevariante der Anlage, weiterhin eine garantierte Vergütung nach dem EEG bekommen. Da diese jedoch inzwischen weitaus geringer ausfällt als die eigenen Strombezugskosten, lohnt es sich mehr, den Strom soweit es geht zur Eigenversorgung zu nutzen.



# Schwankende Preise. Steigende Chancen.

Da die Sätze für die Einspeisevergütung sinken, wird für gewerbliche Stromproduzenten wie Solarfonds **die Direktvermarktung des Stroms an der Strombörse zunehmend wichtiger**. Bei alleiniger Direktvermarktung wird der Strom zu flexiblen Preisen verkauft, wodurch mitunter höhere Erträge gegenüber der Einspeisevergütung erzielt werden können. In der Praxis wird heute allerdings kaum auf die alleinige Direktvermarktung gesetzt und die Einspeisevergütung als „Floor“, also Preisabsicherung nach unten verwendet, um Preisrisiken abzumildern. Denn auf dem Strommarkt schwanken die Preise für Strom tageszeiten- und wetterabhängig, ganz getreu dem Motto „Angebot und Nachfrage“. Während sie etwa an Sommertagen, wenn große Mengen an Photovoltaikstrom eingespeist werden, meist niedriger sind, steigen sie oftmals, wenn das fluktuierende Angebot an erneuerbaren Energien aufgrund von Wettereinflüssen zurückgeht. Batteriespeicher bieten hinsichtlich der Vermarktung gute Möglichkeiten, den erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien teilweise zu einem späteren Zeitpunkt ins Netz einzuspeisen, um so höhere Preise zu erzielen. Neben höheren Marktpreisen trägt dies zusätzlich zur Netzstabilität bei, indem die Einspeisung über den Tag besser verteilt wird.

## 2

### STROMBÖRSE

# Künftige Vermarktung. Großes Potenzial.

Das „new normal“ bei der Stromvermarktung großer Anlagen ist vor allem durch die sog. Power Purchase Agreements (PPA) bestimmt. Das sind individuell verhandelbare Abnahmeverträge mit einer festen Laufzeit zwischen Erzeuger und Verbraucher wie z. B. große Industriebetriebe, Stromversorger oder Rechenzentren. Am weitesten verbreitet sind Laufzeiten zwischen

10 und 15 Jahren. Ein PPA regelt die Lieferung einer bestimmten Menge Strom sowie die Gewährleistung einer benötigten Grundlast gegen einen festen Tarif. Bei witterungsbedingter Nichtlieferung drohen den Erzeugern jedoch Vertragsstrafen oder zusätzliche Kosten durch Fremdbeschaffung. Es ist möglich und vorteilhaft, wenn die beiden Vertragsparteien auch über eine physische Verbindung verfügen, um den Strom direkt zu liefern. Notwendig ist dies jedoch nicht, da die Verrechnungen auch über das öffentliche Stromnetz möglich sind.

Ihren Siegeszug haben PPA in den USA gestartet, inzwischen sind sie jedoch auch in der EU nicht mehr wegzudenken. Auch in Deutschland nimmt ihre Bedeutung kontinuierlich weiter zu: Die bundeseigene Deutsche Energie-Agentur (Dena) geht davon aus, dass 2030 bis zu 25% der gesamten deutschen Stromerzeugung per PPA vermarktet werden könnte.<sup>18</sup>

Unter der Vielzahl von Varianten und spezifischen Anpassungsmöglichkeiten gibt es drei grundlegende Konzepte:



### Onsite-PPA:

Die Stromlieferung folgt über eine direkte Anbindung der Anlage an den Abnehmer (hinter dem Zähler, ohne Transport durch das Netz).



### Physical-PPA:

Strom wird über das Netz transportiert, Anlage und Abnehmer müssen nicht in unmittelbarer Nähe liegen.



### Synthetic-PPA:

Indirekte Stromabnahme, hier stehen finanzielle Ausgleichszahlungen mittels sog. Contract for Difference (CfD) im Vordergrund, mit dem Ziel eine beidseitig möglichst hohe Preisabsicherung zu erreichen.



<sup>18</sup> Deutsche Energie-Agentur, PPA-Markt hat Potenzial bis zu 25 Prozent des Strombedarfs 2030 zu decken, <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/2023/ppa-markt-hat-potenzial-bis-zu-25-prozent-des-strombedarf/>.



FRAGEN ZU DEN AKTUELLEN HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN IN DER SOLARBRANCHE AN

## Marc Böhnke

Managing Director, Evergy Engineering GmbH

**Evergy Engineering GmbH in München ist ein führender Anbieter von technischen Beratungsleistungen im Energiesektor. Mit einem starken Fokus auf erneuerbare Energien bietet das Unternehmen innovative technische Dienstleistungen für die Entwicklung, Finanzierung und Umsetzung von Energieprojekten an. Ihr engagiertes Team aus Experten arbeitet eng mit Kunden zusammen, um maßgeschneiderte Lösungen zu liefern, die den individuellen Anforderungen gerecht werden und auf Qualität, Zuverlässigkeit und Kundenzufriedenheit basieren.**

[evergy.de](https://www.evergy.de)

### — Photovoltaik im Energiemix: Wie bewerten Sie Status Quo und Ausblick? Welche Entwicklung erwarten Sie?

Photovoltaik leistet einen entscheidenden Beitrag zur Energieversorgung in Deutschland. 2023 betrug ihr Anteil an der Stromerzeugung etwa 12% (Europa 9%). Um unsere Klimaziele zu erreichen und unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden ist jedoch ein noch stärkerer Ausbau erforderlich. Die Voraussetzungen wurden mit der Verabschiedung des Klimaschutzgesetzes geschaffen. Bereits 2024 soll der Anteil der Photovoltaik auf 20–25% steigen.<sup>19</sup> Hierfür müssen ausreichend Flächen erschlossen, Solarmodule leistungsfähiger, die Akzeptanz in der Bevölkerung hochgehalten und das Repowering und Recycling von Solarparks vorangetrieben werden.

<sup>19</sup> Quelle: Fraunhofer ISE.

### — Welche technologischen Entwicklungen halten Sie aktuell für die wichtigsten?

Die kontinuierliche Kostensenkung in der Modulfertigung. Experten erwarten eine Reduzierung der Fertigungskosten um ein weiteres Drittel bis Ende des Jahrzehnts.<sup>19</sup> Ein weiterer wichtiger Faktor wird die Verbesserung der Zelleffizienz sein. Durch schrittweise Verbesserungen bei den Werkstoffen, Herstellprozessen und Zellarchitekturen werden die Siliziummodule, die derzeit den Markt für kommerzielle PV-Systeme dominieren, stetig verbessert. Eine weitere Marktdurchdringung von n-type und bi-fazialen Modulen wird künftig weiter zu Effizienzsteigerungen führen.

Weitere Forschung im Bereich der Dünnschicht-technik und unterschiedlicher Materialkombinationen

(Tandem-Zellen) führt mittelfristig durch bessere Nutzung des Frequenzspektrums, des Sonnenlichts, längere Lebensdauer sowie Kostenreduktionen in der Herstellung zu großen Effizienzgewinnen. Ein Beispiel sind die Perowskit-Solarzellen, die mittel- bis langfristig eine Effizienzsteigerung auf bis zu 29% erwarten lassen (derzeit ca. 19–22%).

### — Wie schätzen Sie die langfristige Profitabilität von Photovoltaik für Erzeuger und Investoren ein?

Dies hängt von verschiedenen Faktoren ab. Es ist offensichtlich, dass sinkende Einspeisevergütungen und zunehmende Marktsättigung, insbesondere durch den hohen Gleichzeitigkeitsfaktor der PV (alle Anlagen erzeugen Strom zur selben Zeit), sich bei isolierter Betrachtung dieser Faktoren



negativ auf deren Profitabilität auswirken. Es gibt jedoch zahlreiche Entwicklungen, die dem entgegenwirken. So ist die Branche geprägt durch eine hohe Innovationsrate und technologischen Fortschritt. Sowohl die kontinuierliche Verbesserung der Systemkomponenten, die Optimierung der technischen Planung zur bestmöglichen Nutzung der Flächen und des Netzanschlusses als auch die Integration von Speicherlösungen führen dazu, dass die Entstehungskosten für Strom sinken und dessen Marktwert mittelfristig eher gestützt/erhöht wird.

Mit zunehmender Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien wurde die Strombörse in Leipzig zu einer Residualstrombörse, die einen Preis für die bedarfsgerechte Ergänzung der erneuerbaren Stromerzeugung generiert und nicht mehr den wahren Preis des Stroms, insbesondere des grünen Stroms, abbildet. Eine große Bedeutung wächst in den nächsten Jahren dem Umbau des Strommarktdesigns (gegenwärtig Merit Order Prinzip) zu. Es wird erwartet, dass das neue Strommarktdesign, das zurzeit nur in groben Skizzen existiert, ebenfalls einen stützenden Effekt für den Preis von grünem Strom haben wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir langfristig eher eine stabile Profitabilität von Photovoltaik für Erzeuger und Investoren erwarten.

**— Welche Rolle spielen PPA und wie wird sich dieser Markt entwickeln?**

Power Purchase Agreements (PPA) haben sich in Europa neben Ausschreibungen und Eigenverbrauch zu einer wichtigen Säule des Wachstums im Bereich PV entwickelt. Allein in Deutschland ist der Markt für PPA von 2022 auf 2023 um mehr als 300% gestiegen, im

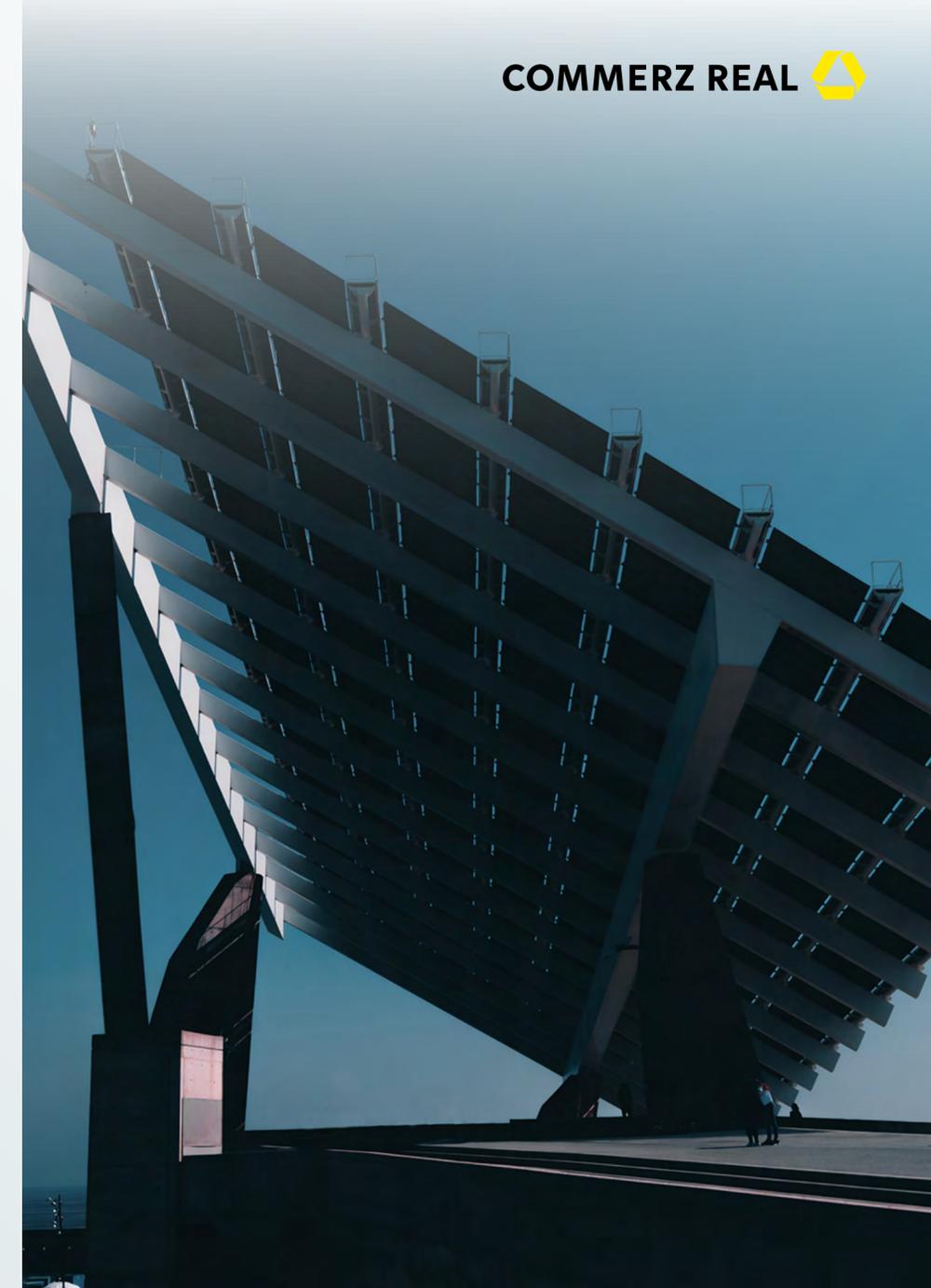
Wesentlichen getrieben durch PV sowie Offshore-Wind.<sup>20</sup> Neben Deutschland verzeichneten Dänemark, Schweden und Polen ebenfalls einen starken Anstieg. Der wichtigste Markt in Europa ist Spanien.

Ein weiterer Treiber sind die Bedingungen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff in der EU. Die darin geforderte hohe zeitliche und geografische Korrelation zwischen Strom- und Wasserstoffproduktion setzt voraus, dass Betreiber von Elektrolyseuren in Deutschland ein PPA zur Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff abschließen müssen.

In den nächsten Jahren erwarten wir, dass sich PPA zur Wasserstoffproduktion weiter am Markt etablieren. Mit der zunehmenden Anzahl an Windkraftanlagen, deren (EEG-) Förderung ausläuft, erwarten wir weiter eine steigende Anzahl an „Post-EEG-PPA“ mit denen sich Windkraftanlagenbetreiber ihre Einnahmen nach dem Auslaufen der Förderung sichern.

Hingegen sehen wir die Entwicklung von kurzfristigen PPA, mit denen sich Betreiber von tarifgeförderten Anlagen ihre Einnahmen erhöhen, eher rückläufig. Durch die gesunkenen Marktpreise lagen die Zuschlagswerte in den Ausschreibungsprozessen in letzter Zeit meist über den PPA-Preisen.

Insgesamt erwarten wir ein weiter starkes Wachstum im Markt, da PPA viele Vorteile bieten, darunter Preisstabilität, langfristige Planbarkeit der Einnahmen, Erfüllung von Nachhaltigkeitszielen oder Entlastung öffentlicher Kassen bzw. der Steuerzahler durch nicht notwendige Tarifförderungen. Durch ihre Fremdfinanzierbarkeit sind sie ein wichtiges Instrument, um den Markt der erneuerbaren Energien schneller zu skalieren und die Ausbauziele zu erreichen.



**„Power Purchase Agreements haben sich in Europa zu einer wichtigen Säule des Wachstums im Bereich Photovoltaik entwickelt.“**

<sup>20</sup> Quelle: DENA.

# Innovationen mit Strahlkraft

Ein Ausblick auf die Innovationen bei PV und wie Flächen noch effizienter genutzt werden können. Vor allem integrierte PV-Lösungen werden aktuell vorangetrieben. Sie ermöglichen die Erschließung von bisher ungenutzten Flächen zur solaren Stromerzeugung.

# Diese Konzepte machen es möglich

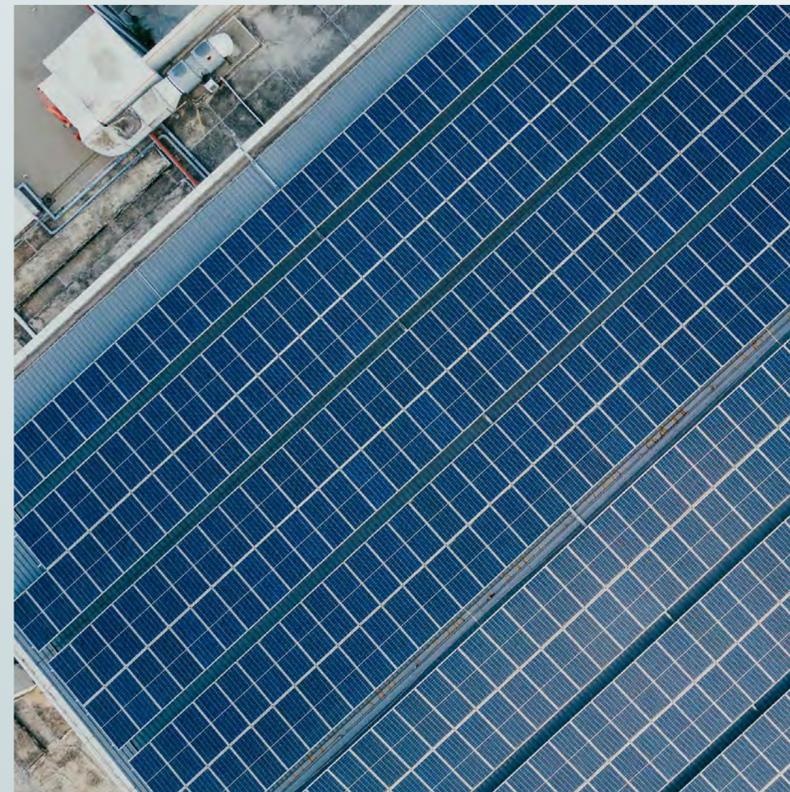
## 1 Floating-PV



## 2 Agri-PV



## 3 Bauwerkintegrierte PV



## 4 Verkehrintegrierte PV



# Der schwimmende Strom

**Diese PV-Anlagen schwimmen auf dem Wasser.** Dadurch lassen sich Gewässer, gerade im Industriebereich (künstliche Bagger- und Kiesseen), für die Stromerzeugung effektiv nutzen. Die Vorteile liegen klar auf der Hand. Die Flächenkonkurrenz auf dem Wasser ist deutlich geringer, industrielle Wasserflächen befinden sich ohnehin im Besitz eines Betreibers, der ein Interesse an hauseigener Stromerzeugung mitbringt. Zudem ist die Verschattungsquote auf dem Wasser geringer, und teilweise kann eine höhere Belegungsichte erreicht werden. Kühlungseffekte des Wassers auf die PV-Module tragen ebenso zu einer Steigerung des Ertrags gegenüber Freiflächen-PV bei. Gleichzeitig verringert die Schattierung und die Verringerung der Windturbulenzen direkt über der Wasseroberfläche den Verdunstungsprozess, hier könnten Synergien bei Speicherwasserkraftwerken oder Trinkwasserreservoirs gehoben werden.

Hinsichtlich der Wasserqualität und der Gewässerökologie zeigten sich bisher keine negativen Auswirkungen. Unter Beachtung bestimmter Regeln (Abstand zum Ufer, nur Teilbelegung) wird in dem Zusammenhang eher von Vorteilen gesprochen.<sup>21</sup> Aufgrund dessen, dass es jedoch noch keine Ergebnisse aus Langzeitstudien gibt, hat die Bundesregierung 2022 neue Vorschriften im Wasserhaushaltsgesetz erlassen, die einen Uferabstand von 40m und eine Belegungsquote von max. 15% erlauben. Dies sorgte bereits dafür, dass fertig geplante Projekte nicht mehr umgesetzt werden konnten. Viele Experten empfinden die Maßnahmen als überzogen und gehen von einer deutlichen Begrenzung des Ausbaus in diesem Innovationssegment aus.<sup>22</sup>

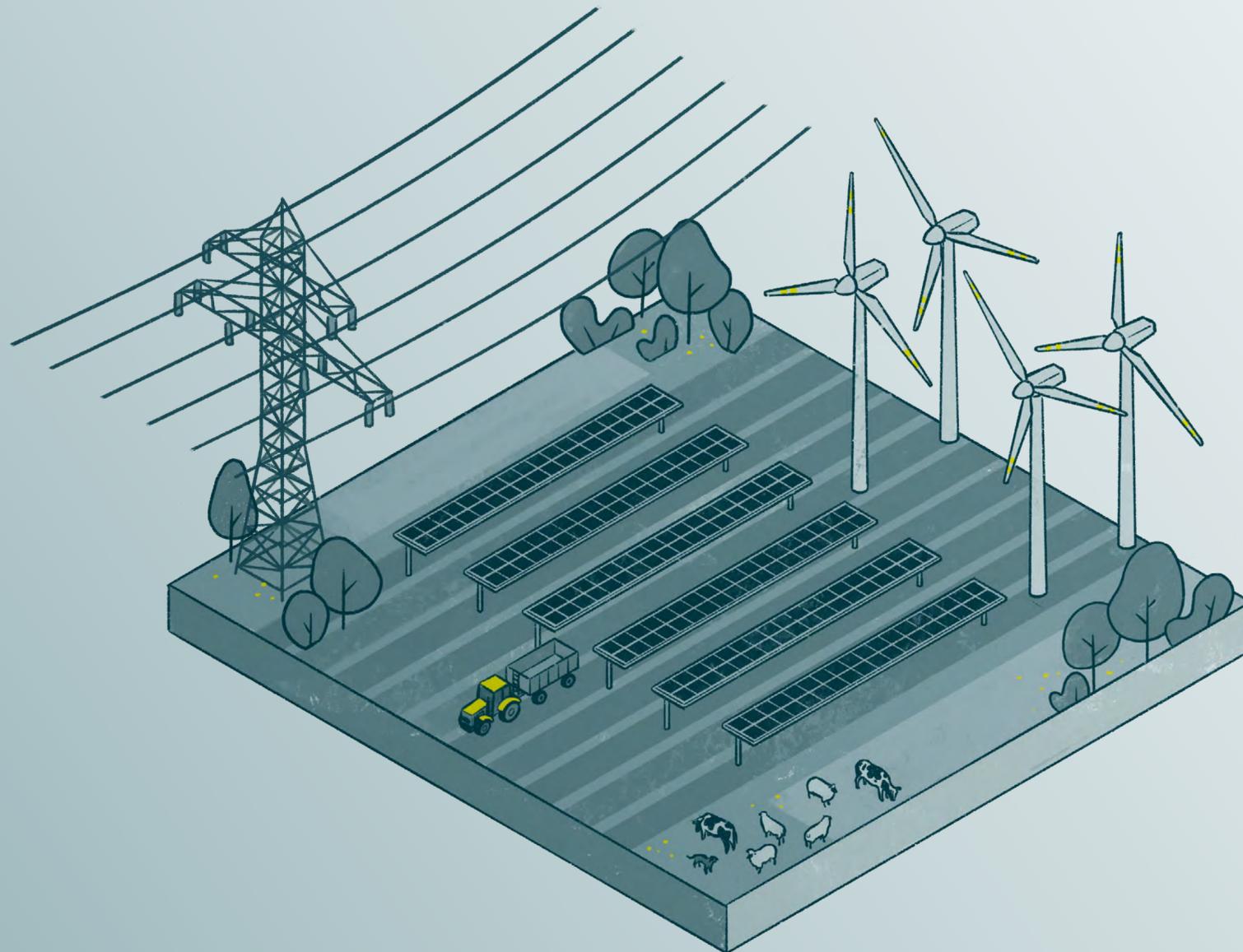
## Das technische Potenzial überzeugt:

Das vielversprechende technische Potenzial auf deutschen Binnengewässern von insgesamt 44 GWp wird daher wohl erstmal nicht mit vollen Händen ausgeschöpft werden.<sup>22</sup> Die Langzeitstabilität der Systeme im Offshore-Bereich ist bisher noch nicht hinreichend erprobt.

<sup>21</sup> BayWa r.e., Erste Erkenntnisse zu Umweltauswirkungen von Floating-PV, <https://solar-distribution.baywa-re.lu/de/ueber-uns/news/details/erste-erkenntnisse-zu-umweltauswirkungen-von-floating-pv>.

<sup>22</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Schwimmende Photovoltaik, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/schwimmende-photovoltaik-fpv.html>.





# Landwirtschaftlich sinnvoll

**Agricultural-PV bezeichnet die Doppelnutzung von Agrarflächen.** Dabei können Landwirte Teile ihrer Ackerflächen durch auf Gerüsten befestigte PV-Anlagen zur Energieerzeugung nutzen und so die Kosten im Betrieb durch ein zusätzliches Einkommen verringern. Die Flächen werden somit effizienter genutzt. Durch gezielte Planung werden unter den PV-Anlagen liegende Nutzpflanzen nicht zu sehr verschattet, im Gegenteil: Der Schatten schützt vor allem im heißen und trockenen Sommer die Pflanzen vor zu hoher Sonneneinstrahlung und verringert den Wasserbedarf. Auch bei Starkwetterereignissen wie Sturm oder Hagel bieten die Anlagen zusätzlichen Schutz.<sup>23</sup>

Aktuell sind die Genehmigungsverfahren noch aufwendiger als bei anderen PV-Anlagen und die Abschätzung der Erträge schwieriger. Zumindest die Genehmigungssituation könnte sich langfristig regulatorisch verbessern, da die effiziente Doppelnutzung von Flächen auch politisch gewollt ist.<sup>23</sup>

**Das Potenzial ist in jedem Fall vorhanden:**

Bis zu 1.700 GWp würden sich rechnerisch durch Agri-PV erschließen lassen.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, Agri-Photovoltaik: Doppelt ernten, [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/brochures/23\\_de\\_ISE\\_Flyer\\_Agri-PV\\_Doppelt\\_ernten.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/brochures/23_de_ISE_Flyer_Agri-PV_Doppelt_ernten.pdf).

<sup>24</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende, <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>.

# Von Haus aus smart

## Es ist die vermutlich naheliegendste Innovation im PV-Bereich:

Bauwerkintegrierte PV nutzt Fassaden, Fenster und Balkone und ergänzt so das Spektrum der nutzbaren Flächen. Die verbrauchsnahe Erzeugung von Photovoltaikstrom direkt bei den Abnehmern verkürzt nicht nur die Transportwege für Energie, sondern kann ebenfalls zusätzliche Dämmung bieten, Schutz vor Wetterereignissen und Gestaltungsmöglichkeiten in der Architektur. Auch wenn die Energieausbeute aufgrund einer höheren Verschattungsquote und nicht optimaler Ausrichtung zur Sonne (im Sommer) potenziell geringer ist als bei klassischen Aufdachanlagen, ist das Flächenpotenzial sehr attraktiv. Der Nachteil im Sommer wird zu einem Vorteil im Winter: Durch ihre horizontale Ausrichtung an der Fassade können im Winter, wenn die Sonne flach über dem Horizont ihre Bahnen zieht, höhere Erträge erzielt werden als bei Dachanlagen.<sup>25</sup>

## Das technische Potenzial überzeugt:

Bis zu 1.000 GWp lassen sich durch bauwerkintegrierte PV-Anlagen erschließen.<sup>25</sup>



<sup>25</sup> Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, Bauwerkintegrierte Photovoltaik, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/bauwerkintegrierte-photovoltaik-bipv.html>.



# Verkehrintegrierte PV: Von km/h nach kWh

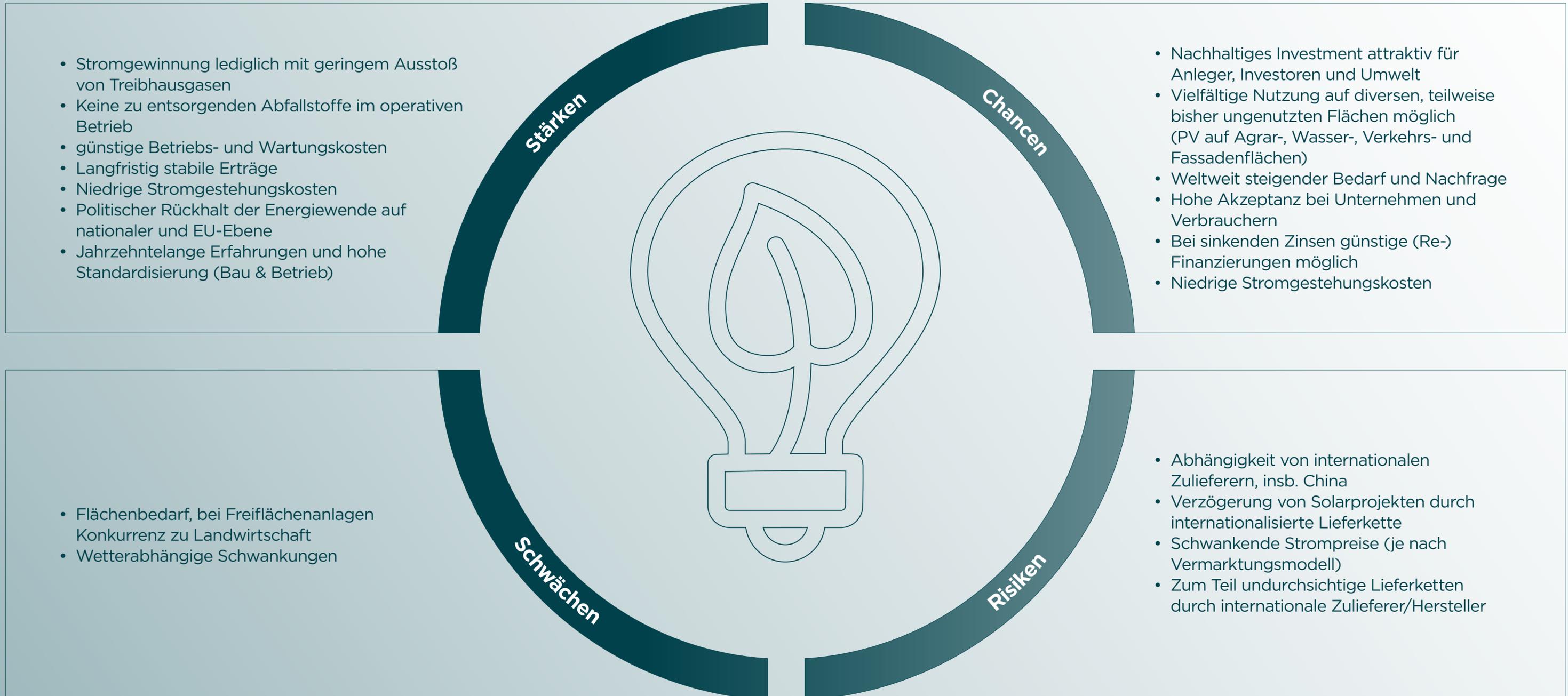
Die doppelte Nutzung von Verkehrsflächen wie Autobahnen, Parkplätzen, Raststätten, Einkaufszentren, Parkhäusern und Lärmschutzwänden bietet nicht nur Effizienzvorteile, sondern auch großes Potenzial: 5% der Gesamtfläche in Deutschland wird durch Verkehrswege eingenommen.<sup>26</sup> Das Potenzial in der Erzeugung liegt damit allein für Verkehrswege rein rechnerisch bei bis zu 300 GWp, während Lärmschutzwände bei Autobahnen oder Schienentrassen etwa 5 GWp sowie Parkplätze etwa 59 GWp liefern könnten.<sup>26</sup> Mit in den Verkehr integrierten PV-Anlagen ließen sich die umliegende Verkehrsinfrastruktur (Raststätten, Ladeinfrastruktur für die E-Mobilität, Kommunikationsinfrastruktur) und naheliegende Verbraucher mit grünem Strom versorgen. Weitere Vorteile umfassen die effektive Witterungsschutzfunktion des Fahrbahnbelags, wodurch seine Lebensdauer verlängert wird. Zusätzlich wäre auch eine integrierte Lösung zum Lärmschutz denkbar. Dennoch ist die Installation komplex: Die Anlagen erfordern sowohl besonders stabile Unterkonstruktionen, die Verkehrsunfällen trotzen können, als auch die Integration in bestehende betriebliche Abläufe. Auch steigen die Anforderungen an die Module: Sie dürfen nicht blenden und müssen Schall möglichst gut absorbieren können.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Photovoltaik in Verkehrswegen, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/verkehrswege-photovoltaik-ripv.html>.

<sup>27</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Verkehrsflächen produzieren Solarenergie, [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/brochures/21\\_de\\_ISE\\_RIPV.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/infomaterial/brochures/21_de_ISE_RIPV.pdf).

# Licht und Schatten

In unserem Fazit beleuchten wir die Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken der Photovoltaik.



FRAGEN ZUM THEMA – WARUM PV EIN WICHTIGER BAUSTEIN IM KLIMAVEST IST UND WIE ER ALS FONDSMANAGER SOLARPROJEKTE ANALYSIERT – AN

# Timo Werner

Fondsmanager, klimaVest

## – Was ist Ihre Strategie als Fondsmanager des klimaVest?

Unsere Anlagestrategie verfolgt zwei Ziele: Neben der angestrebten finanziellen Rendite soll der Fonds einen positiven, messbaren<sup>28</sup> Beitrag zur Erreichung von Umweltzielen im Sinne des Art. 9 der EU-Offenlegungsverordnung leisten – insbesondere dem Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel. Dafür investiert klimaVest in Infrastruktur der Energiewende, konkret in Wind- und Photovoltaikkraftwerke. Auch Investments in Übertragungsnetze und Speicher sind möglich. Seit Start des Fonds 2020 haben wir in 43<sup>29</sup> Wind- und Solarparks investiert und uns darüber hinaus mehrere Projektentwicklungen, also in Planung befindliche Parks, gesichert.

## – Warum ist Photovoltaik ein zentraler Bestandteil des klimaVest-Portfolios?

Photovoltaik ist aus mehreren Gründen ein wichtiges Standbein unserer Anlagestrategie. PV-Parks liefern verlässlich Strom, und das bedeutet planbare Erträge für den Fonds. Die Technik ist ausgereift und lange bewährt. Bei Planung und Betrieb der Parks können wir auf ein breites Netzwerk von spezialisierten Partnern zurückgreifen, und die Commerz Real verfügt selbst über rund 20 Jahre Erfahrung mit PV-Investments. Zudem bieten PV-Investments viele Möglichkeiten, das Portfolio innerhalb der Assetklasse zu diversifizieren und damit Risiken breiter zu streuen – etwa durch die Kombination verschiedener Vermarktungsmodelle für den erzeugten Strom und Standorte in unterschiedlichen Ländern. klimaVest ist aktuell neben Deutschland in Finnland, Frankreich, Spanien und Schweden investiert.

## – Wie gehen Sie mit Risiken und Unsicherheiten bei der Investition in Solarprojekte um?

Neben der erwähnten Diversifikation ist eine sorgfältige Planung das A und O. Dazu zählt eine vorausschauende Vertragsgestaltung ebenso wie die Auswahl der geeigneten Partner. Wenn wir ein Investment prüfen, stützen wir uns auf mehrere Ertragsgutachten, um verlässlich abschätzen zu können, wie viel Strom die Anlage erzeugen wird. Bei Projektentwicklungen ist das Risiko natürlich höher als bei Anlagen, die bereits am Netz sind. Daher sichern wir uns in der Regel bei Projekten vor Baureife ein Rücktrittsrecht, um bei Verzögerungen oder anderen Problemen flexibel reagieren zu können.



„Planung ist das A und O.“

<sup>28</sup> Aussagen zu „Vermeidung“ oder „Messbarkeit“ von CO<sub>2</sub> Emissionen oder ähnlichen Aussagen bezüglich CO<sub>2</sub> und/oder CO<sub>2</sub>e sind grundsätzlich im Zusammenhang mit der auf <https://klimavest.de/messbar/> erläuterten Methodik zu lesen und zu verstehen. Aussagen zur erzielten oder geplanten CO<sub>2</sub>e-Vermeidung sind kein verlässlicher Indikator für tatsächlich zukünftige CO<sub>2</sub>e-Vermeidungen. Zielsetzungen können sowohl über- als auch unterschritten werden. Der klimaVest fördert die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und erfasst die damit zusammenhängende CO<sub>2</sub>e-Vermeidung auf Basis von länderspezifischen Vermeidungsfaktoren der Technical Working Group of International Financial Institutions (IFI) basierend auf dem Combined Margin Approach der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) unter Berücksichtigung von sektorspezifische CO<sub>2</sub>e-Vorkettenemissionsfaktoren des Umweltbundesamtes. Vermeidungsfaktoren sinken perspektivisch aufgrund des voraussichtlich steigenden Anteils an regenerativ erzeugtem Strom im Strommix.

<sup>29</sup> Übergang Nutzen und Lasten bei drei schwedischen Photovoltaik Projektentwicklungen der Helios Nordic Energy ist noch nicht erfolgt.

# Reale Referenzen

Aus dem Renewables-Portfolio der Commerz Real stellen wir drei innovative Solarparks als Best Practices vor, die auf unterschiedliche Weise demonstrieren, wie wir heute und in Zukunft von PV als Technologie und Investition gleichermaßen profitieren können.

# CARTUJA – Solarpark mit angeschlossener Windpark-Projektentwicklung in Jerez de la Frontera, Spanien

Der Solarpark Cartuja in Jerez de la Frontera nahe Cadiz, Spanien, markiert mit seiner angeschlossenen Windpark-Entwicklung eine innovative Kombination im Bereich erneuerbarer Energien. Das seit 2021 operative Solarkraftwerk mit einer Kapazität von 50 MWp und der in Entwicklung befindliche Onshore-Windpark mit einer geplanten Kapazität von 30 MW per 2027 setzen gemeinsam neue Maßstäbe: Die Hybridlösung ermöglicht künftig eine konstantere Stromversorgung und trägt so zur Netzstabilität bei. Der produzierte jährlich Strom der beiden Parks soll perspektivisch den Bedarf von 35.000 spanischen Durchschnittshaushalten abdecken.<sup>30</sup> Seit Februar 2024 ist Cartuja Teil des Renewables-Portfolios der Commerz Real, mit Everwood Capital und PE Abei Energy als Verkäufer. Letztere zeichnen weiterhin verantwortlich für die technische Wartung des Solarparks und die Entwicklung des Windprojekts.



<sup>30</sup> Berechnet anhand des durchschnittlichen Stromverbrauchs von Haushalten in den jeweiligen Investitionsländern. Datenbasis Enerdata (2019), Zielsetzungen können sowohl über- als auch unterschritten werden.



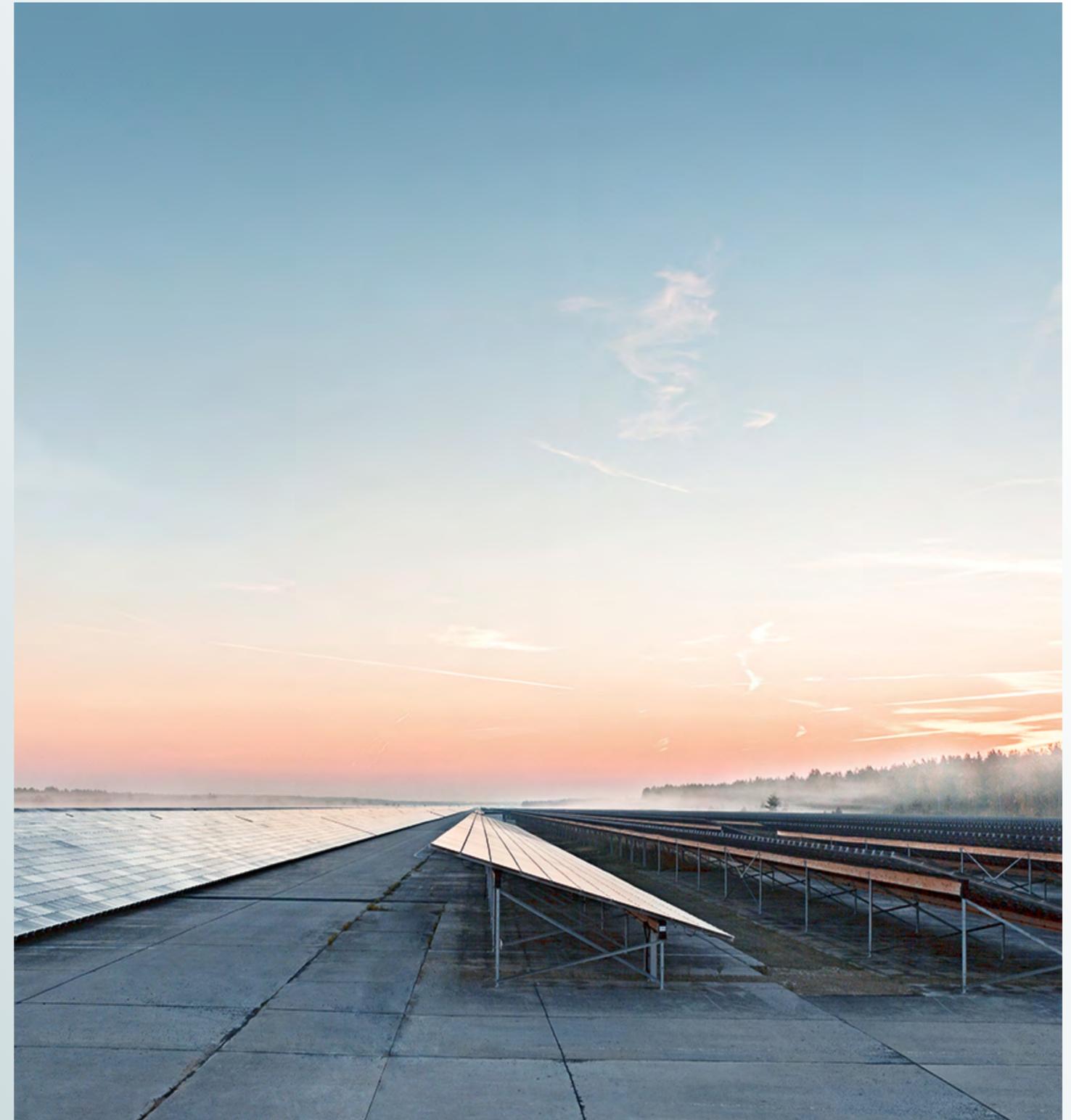
# KING'S ROAR – Solarpark in Västerås, Schweden

Der Solarpark King's Roar im zentralschwedischen Västerås wurde im Februar 2024 in Betrieb genommen und ist mit seiner Kapazität von 22 MWp ein wichtiger Baustein in der nachhaltigen Energieerzeugung der Region. Das Kraftwerk erstreckt sich über ein 25 Hektar großes Areal und ist mit 32.500 Solarmodulen ausgestattet und ist so konzipiert, dass es jährlich den Strombedarf von etwa 2.300 schwedischen Durchschnittshaushalten deckt.<sup>31</sup> Der Solarpark wurde im April 2022 in das Renewables-Portfolio der Commerz Real aufgenommen, die Projektentwicklung verantwortet Helios Nordic Energy.

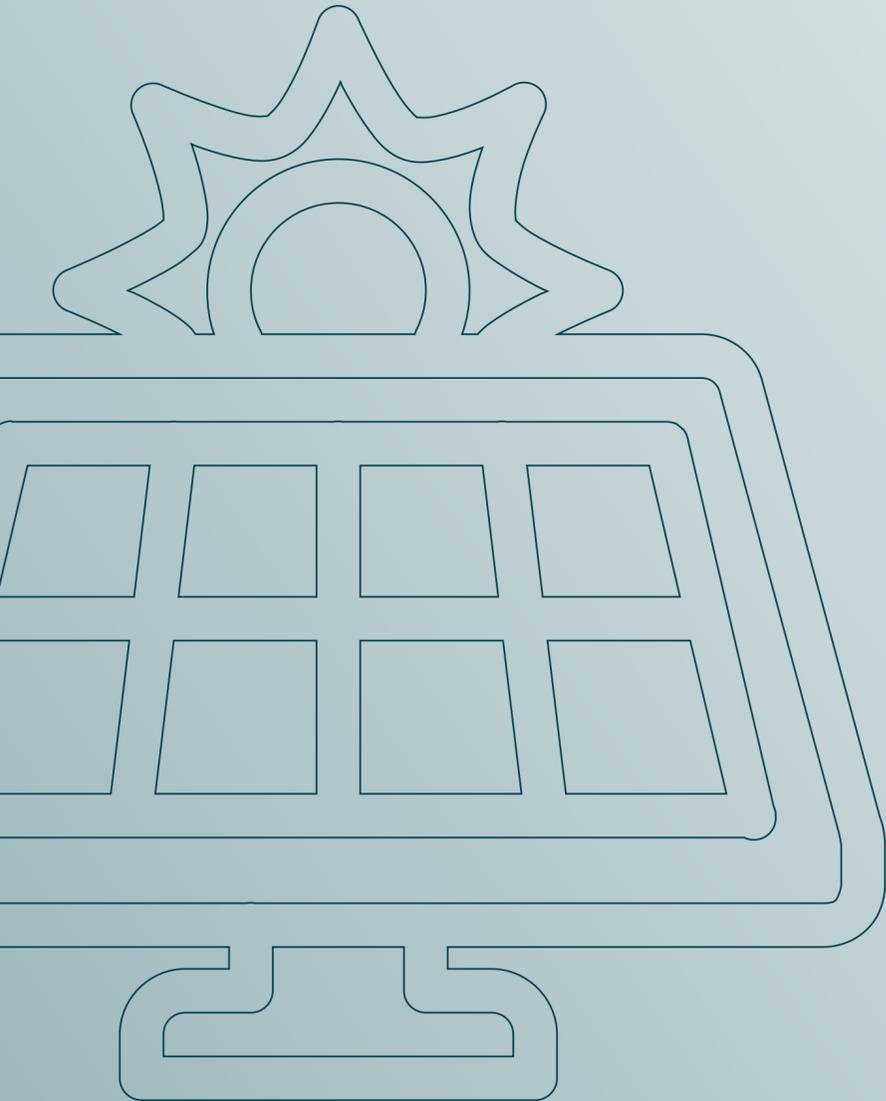
<sup>31</sup> Berechnet anhand des durchschnittlichen Stromverbrauchs von Haushalten in den jeweiligen Investitionsländern. Datenbasis Enerdata (2019), Zielsetzungen können sowohl über- als auch unterschritten werden.

# BELECTRIC Solarpark in Templin/Groß Dölln, Deutschland

Der BELECTRIC Solarpark in Templin/Groß Dölln, Deutschland, ist ein Beispiel für die Umnutzung ehemaliger Militärflächen durch nachhaltige Energieprojekte. Mit einer installierten Kapazität von 128 MWp, erzeugt durch 1,5 Millionen Solarmodule auf einem 214 Hektar großen Areal, leistet das Kraftwerk einen signifikanten Beitrag zur Energieversorgung der Region. Es ist in der Lage, den rechnerischen Jahresstrombedarf von etwa 36.000 deutschen Durchschnittshaushalten<sup>32</sup> zu decken. Seit März 2013 ist der Solarpark Teil des Renewables-Portfolios der Commerz Real. Planung, Bau sowie Betriebsführung obliegen der erfahrenen BELECTRIC Solarkraftwerke GmbH.



<sup>32</sup> Berechnet anhand des durchschnittlichen Stromverbrauchs von Haushalten in den jeweiligen Investitionsländern. Datenbasis Enerdata (2019), Zielsetzungen können sowohl über- als auch unterschritten werden.



”

„Bis 2030 wird die Solarindustrie in Europa voraussichtlich auf das Vierfache der heutigen Größe anwachsen.“

Branchenverband Solar Power Europe, 2024

# Glossar

## Direktvermarktung

Bei der Direktvermarktung wird erzeugter Solarstrom unabhängig von der Einspeisevergütung am Spotmarkt bzw. der Strombörse zu tagesaktuellen Preisen veräußert. So lassen sich mitunter bessere Preise als bei der Einspeisevergütung erzielen.

## Eigenverbrauch

Eine PV-Anlage zum Eigenverbrauch wird meist von Privathaushalten und Unternehmen eingesetzt, um Strom zu erzeugen, der selbst verbraucht werden soll. Das Ziel ist es, den externen Strombedarf zu senken oder obsolet zu machen sowie eventuelle Vergütungen durch den Verkauf von Überschüssen zu erhalten.

## Einspeisevergütung

Die Einspeisevergütung ist ein Teil des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), das die Abnahme von eingespeistem Strom zu festgesetzten Preisen garantiert.

## Energieertrag

Der Energieertrag einer PV-Anlage ist die Summe an Strom, die sie über einen bestimmten Zeitraum theoretisch erwirtschaften kann oder tatsächlich erwirtschaftet.

## Kilowattstunde (kWh)

Eine Kilowattstunde ist die Energie, die ein Verbraucher oder eine Anlage mit einer Leistung von einem Kilowatt in einer Stunde verbraucht oder produziert.

## Kilowattpeak (kWp)

Der Kilowattpeak stellt die Maßeinheit für die Leistungsfähigkeit von Photovoltaikanlagen unter Standardtestbedingungen dar.

## Netzparität

Ist Netzparität erreicht, entsprechen die Kosten für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien oder Photovoltaik denen aus konventionell erzeugten Energien.

## Peak-Sun-Hours

Die Peak-Sun-Hours sind ein Maß für die Intensität der Sonneneinstrahlung am Standort und geben das Optimum an, das sich mit der Anlage erzielen lässt. Die Größe ist wichtig für die Planung von Solaranlagen sowie die Berechnung des potenziellen Ertrags.

## Photovoltaik (PV)

PV beschreibt die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie mittels Solarzellen.

## Power Purchase Agreement (PPA)

Ein PPA ist ein Vertrag zur langfristigen Direktabnahme von Strom. Es gibt unterschiedliche Arten von PPA, wie Onsite-PPA, Physical-PPA und Synthetic-PPA. Beim Onsite-PPA wird der Strom vor Ort geliefert. Die Anlage befindet sich damit nicht am Netz, sondern direkt beim Verbraucher. Physical-PPA regeln den Transport von Strom über das Netz von Erzeuger zu Verbraucher. Synthetic-PPA sind noch indirekter: Hier wird mittels Contracts for Difference (CFD) der Transport übers Netz durch Ausgleichszahlungen ergänzt, die eine möglichst gute Preisabsicherung für beide Seiten bewirken sollen.

## Solarzelle

Eine Solarzelle ist der Grundbaustein eines Solarmoduls. In der Zelle findet die Umwandlung von Licht zu Strom statt.

## Solarmodul

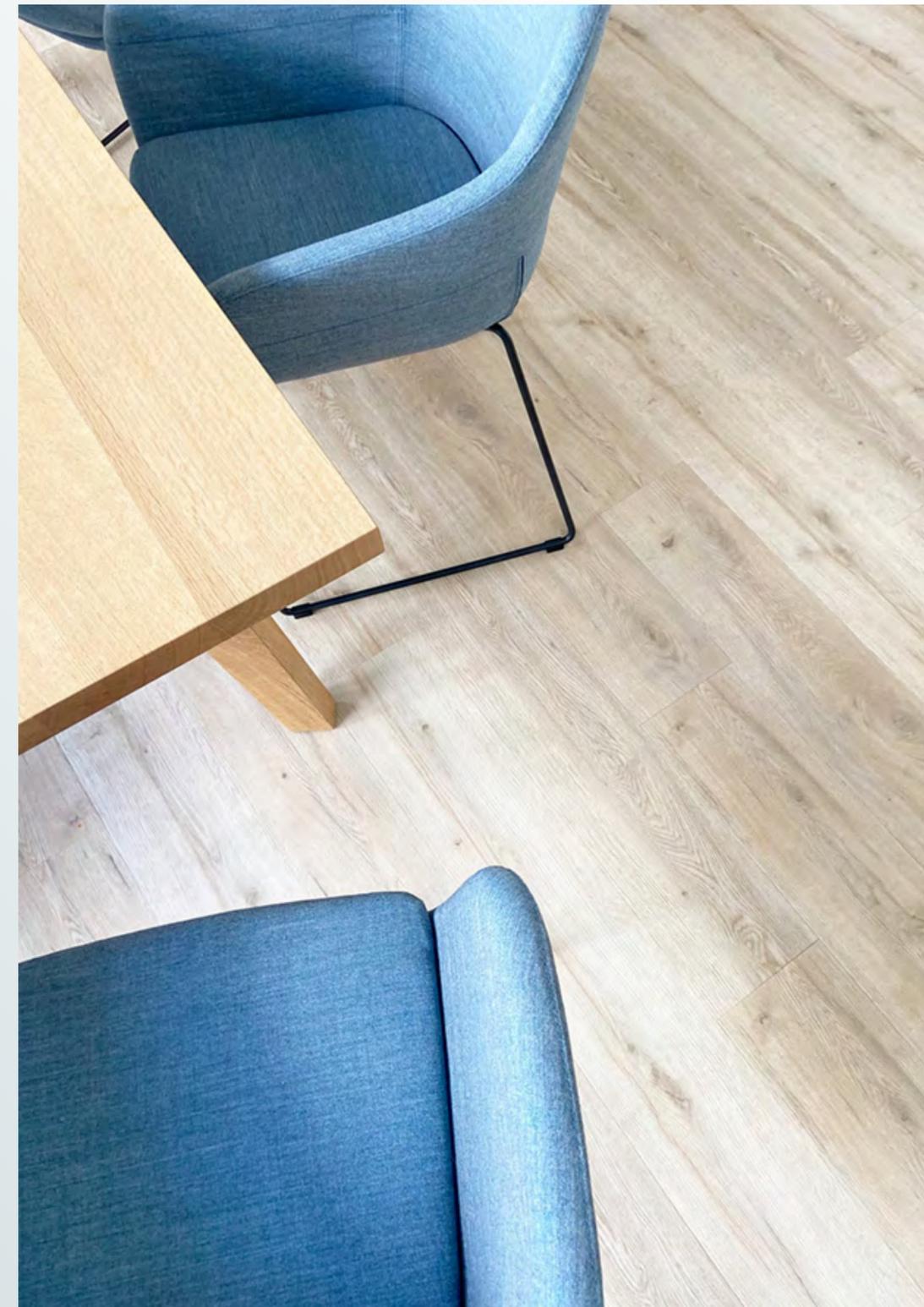
Ein Solarmodul verbindet mehrere Solarzellen zu einem größeren Modul. Ein Modul besteht in der Regel aus 60 bis 72 Zellen.

## Stromspeicher

Stromspeicher können Batterie- oder Akkusysteme sein, die Überschüsse speichern, um sie einzuspeisen, wenn die Erzeugung gering oder nicht vorhanden ist.

## Wechselrichter

Wechselrichter wandeln den durch PV-Anlagen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um, sodass Privathaushalte ihn verbrauchen können.



# Über uns

WAS UNS ANTREIBT

## Wir schaffen nachhaltige Lebenswelten, die begeistern. Erfolg durch Verantwortung.

### Commerz Real

Die Commerz Real ist der Assetmanager für Sachwertinvestments der Commerzbank Gruppe und verfügt über 50 Jahre internationale Markterfahrung. Über 800 Mitarbeiter verwalten in der Zentrale in Wiesbaden sowie 17 weiteren Standorten und Niederlassungen im In- und Ausland Vermögenswerte von rund 34 Milliarden Euro. Umfassendes Know-how im Assetmanagement und eine breite Strukturierungsexpertise verknüpft die Commerz Real zu ihrer charakteristischen Leistungspalette aus sachwertorientierten Fondsprodukten und individuellen Finanzierungslösungen. Darüber hinaus gehören unternehmerische Beteiligungen mit Sachwertinvestitionen in den Schwerpunktsegmenten Immobilien und regenerative Energien zu unserem Portfolio. Als Leasingdienstleister des Commerzbank-Konzerns bietet die Commerz Real zudem bedarfsgerechte Mobilienleasingkonzepte.

[commerzreal.com](https://www.commerzreal.com)

### Disclaimer

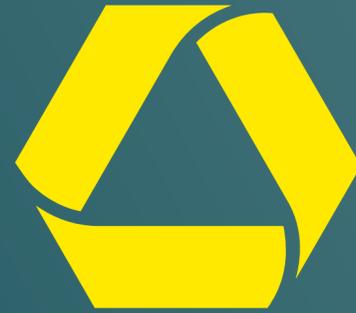
Dieses Whitepaper wurde von der Commerz Real AG erstellt. Sämtliche Rechte sind vorbehalten. Das Whitepaper wurde mit Sorgfalt erstellt. Die Commerz Real AG übernimmt jedoch keine Gewährleistung oder Garantie für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der in dem Whitepaper enthaltenen Daten. Die darin enthaltenen Annahmen und Bewertungen geben unsere Beurteilung zum jetzigen Zeitpunkt wieder, die jederzeit ohne Ankündigung geändert werden kann.

Das Whitepaper dient ausschließlich Informationszwecken und stellt weder ein öffentliches Angebot noch eine individuelle Anlageempfehlung dar.

Die Commerz Real AG übernimmt keine Verantwortung oder Haftung jedweder Art für Aufwendungen, Verluste oder Schäden, die aus oder in irgendeiner Art und Weise im Zusammenhang mit der Nutzung des vollständigen oder eines Teils dieses Whitepapers entstehen.

Stand: Juli 2024





**COMMERZ REAL**