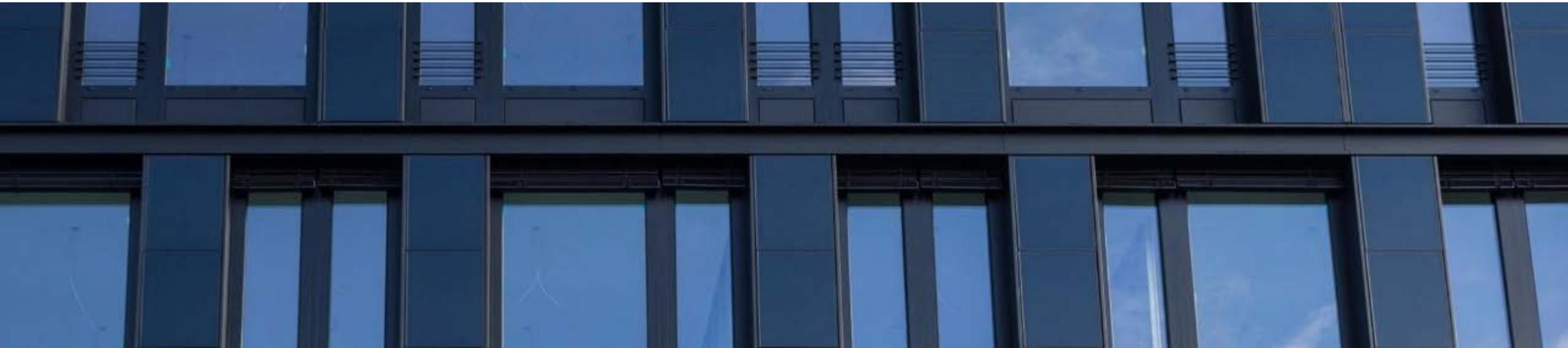


PV Großkraftwerke

mit Input von der FNEE Begleitforschung – AG Großkraftwerke

Dr.-Ing. Jann Binder

PV-Dialog Online, 9. Juli 2025



PV Kraftwerke:
ein bedeutender Wirtschaftsfaktor mit Verantwortung für eine stabile Energieversorgung

- I. PV Ausbau – Stand und aktuelle Diskussionen
- II. Thesenpapier PV Kraftwerke:
Herausforderung und Forschungsbedarf

PV Kraftwerke ein bedeutender Wirtschaftsfaktor

- Derzeit: 50% der PV-Leistung aus PV Kraftwerken > 100 kWp



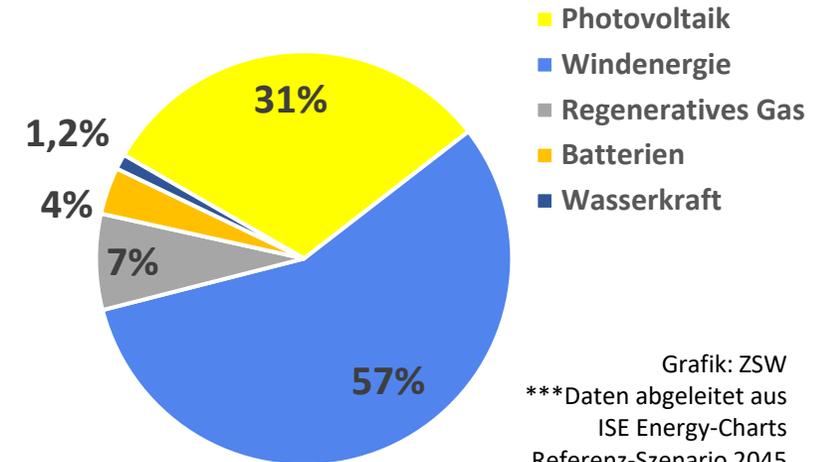
Solarpark Leutkirch der enBW, Inbetriebnahme 2014
Leistung und Fläche: 2,9 MWp auf 6,9 ha (3.200 MWh/a)

Quelle: <https://www.enbw.com/landingpages/freiflaechen-solarprojekte-bw/>



Solarpark Weesow Willmersdorf der enBW,
Leistung und Fläche: 187 MWp auf 164 ha

- Stromsystem in 2045
1400 TWh Erzeugung; 300 TWh für H2;
1100 TWh Verbrauch



Invest, Arbeitsplätze und Flächeneffizienz

- rund 20 Mrd€ Invest/a für **PV Ausbau** auf 400 GWp in 2040 (20 GWp/a für die nächsten 15 Jahre → **300 Mrd € Invest**)
- 120.000 Arbeitsplätze für Planung & Aufbau der PV Anlagen
- 40 mal mehr Stromertrag aus PV pro Fläche als über Biogas
- 15 mal mehr Gasertrag pro Fläche über Elektrolyse und Methanisierung des PV Stroms; und keine Monokultur nötig!

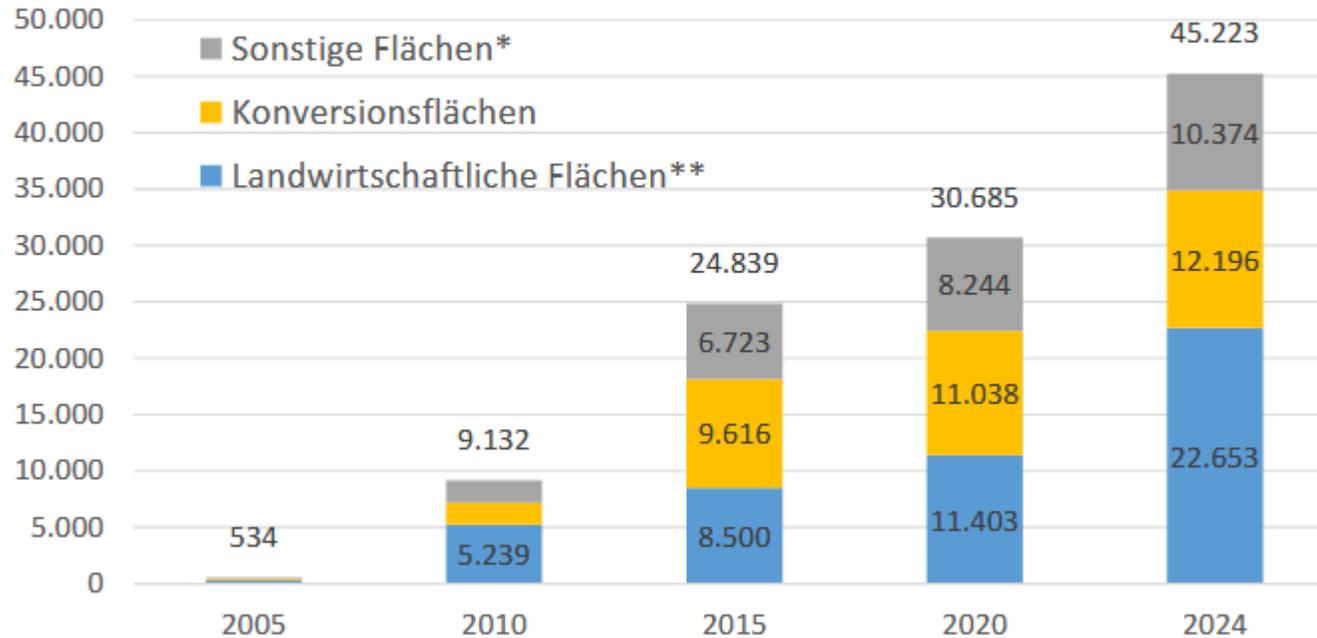
Relevanz des PV Stroms***

- in 2045 werden PV Anlagen rund 31% des Strombedarfs von rund 1400 TWh liefern; der Wert des Stroms aus PV Kraftwerken (200 TWh/a) ist dann rund 12 Mrd. € jährlich (bei angenommenen 6 ct /kWh)
- **Bsp: 10% Ertragsverlust** durch mangelhaften Betrieb und Wartung, fehlender Flexibilität (Speicher, Verbraucher) und unpassenden Netzanschlüsse ergeben **volkswirtschaftliche Verluste von rund 1,2 Mrd €/a**

PV Großkraftwerke

Stand des Ausbaus

Kumulierte Flächeninanspruchnahme von PV-FFA in Hektar



[1] „Flächeninanspruchnahme von PV-Freiflächenanlagen, Update 2024“, T.Kelm, D.Strauch, ZSW veröffentlicht 02.06.2026 – abgeleitet aus EEG-Daten 2023 und Marktstammdatenregister. Siehe https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/Flaecheninanspruchnahme_PV-FFA_Update_2024.pdf
 * alle verbleibenden Kategorien; ** landwirtschaftliche Flächen

Ende 2024^[2]:

- 100 GWp installierte Kapazität; davon
 - < 30 kWp Gebäude: 38,6 GWp
 - 30 bis 100 kWp Gebäude 10,7 GWp
 - 100 bis 1000 kWp Gebäude: 18,4 GWp
 - Freifläche: 32,5 GWp
- } 50,9 GWp

Ziel 2030^[3]

- 216 GWp installierte Leistung

PV-FFA Flächenverbrauch bis 2024:

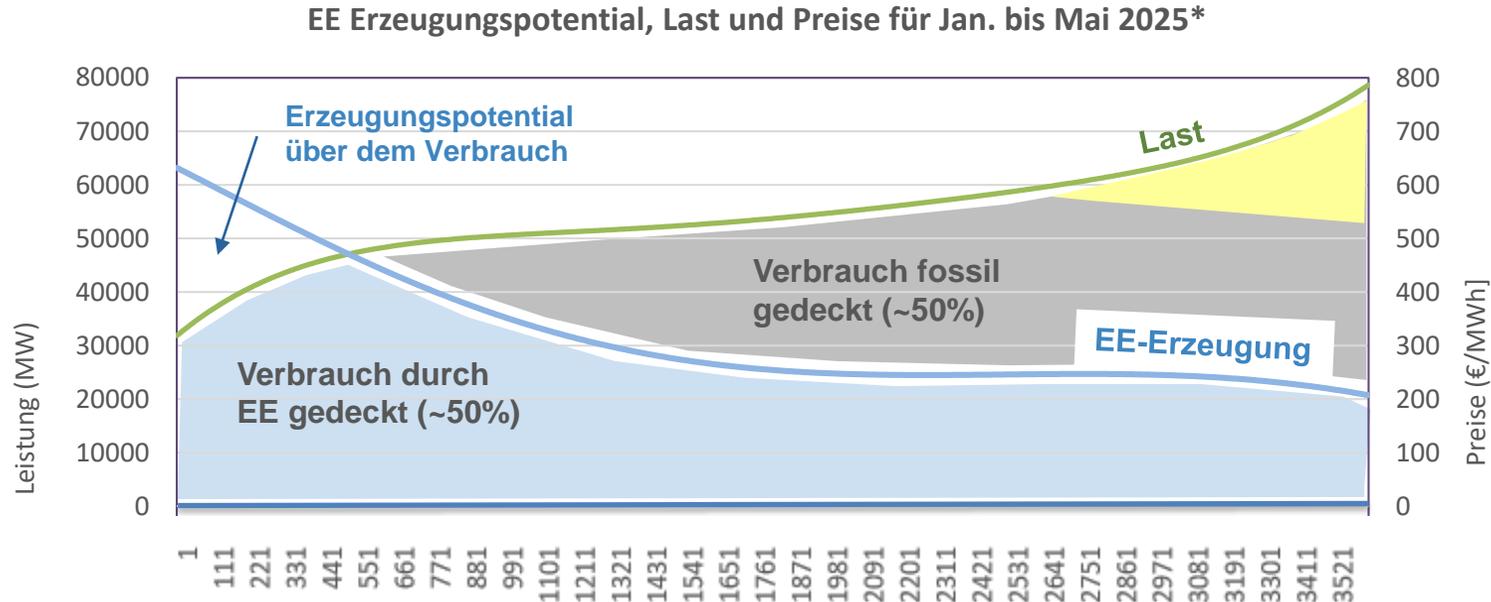
- 45.233 ha sind 0,1% der Fläche von D
- 22.653 ha sind 0,1% der landwirtschaftlichen Fläche von D
- 2012 noch 2 ha/MWp – heute 0,88 ha/MWp

[2] https://www.energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l=de&c=DE&year=2024&expansion=p_solar_size

[3] <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energiewende-beschleunigen-2040310>

Stand des EE-Ausbaus & Diskussionen

Lastdeckung erst 50%



* Erstellt mit Daten ausgeleitet aus Energy-charts, abgerufen am 08.07.2025
für die Klarheit der Darstellung sind die dargestellte Last und Erzeugungskurve
Trendlinien, erzeugt aus sortierten Stundenwerten; Sortierung für ansteigende Börsenpreise

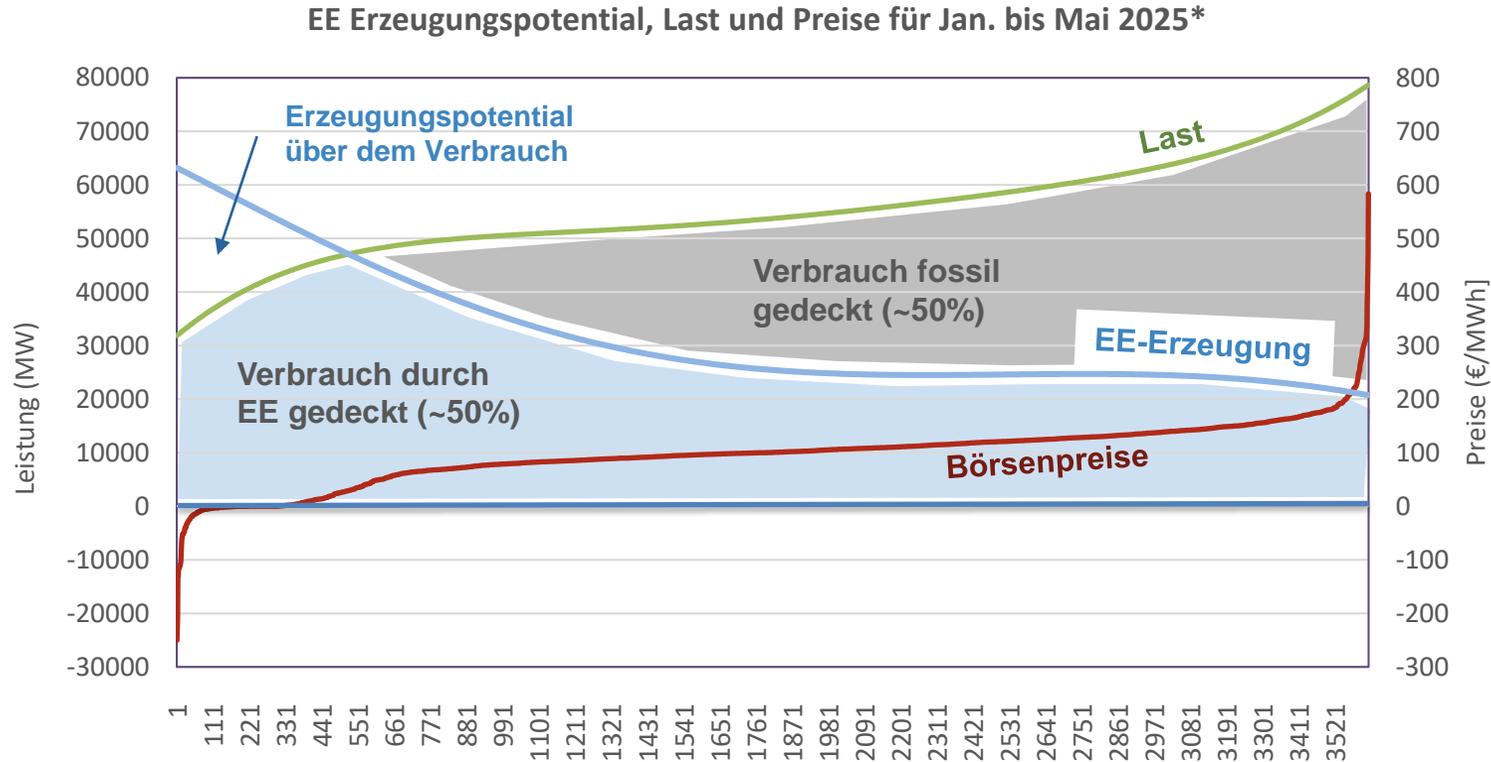
- Der Verbrauch wird derzeit nur zu rund 50% durch EE gedeckt
- mehr als die Verdoppelung der EE-Erzeugungskapazität ist notwendig
→ „blau Kurve doppelt so hoch“
→ grauer Bereich wird kleiner
- nur Speicherausbau oder Netzausbau löst das Problem nicht

parallel (ohne Anhalten des EE-Ausbaus)

- Gaskraftwerke (später mit H2 betrieben) notwendig für Zeiten mit wenig EE-Erzeugung → Dunkelflauten
- können zeitweise hohe Börsenkurse dämpfen

Stand des EE-Ausbaus

Herausforderung negative Preise, Netzausbau, Batterien



* Erstellt mit Daten ausgeleitet aus Energy-charts, abgerufen am 08.07.2025
für die Klarheit der Darstellung sind die dargestellte Last und Erzeugungskurve
Trendlinien, erzeugt aus sortierten Stundenwerten; Sortierung für ansteigende Börsenpreise

Börsenpreise negativ

- eine **Abregelung der Spitzenleistung** hat einen geringen Einfluss auf den **Gesamtertrag**, da sie in Zeiten mit geringen (oder neg. Börsenpreisen) geschieht
- **d.h. ein gewisses Maß an Abregelung ist wirtschaftlicher als Netzausbau**
- Netzbetreiber müssen verfügbare Kapazitäten offenlegen – Parkbetreiber können sich häufig anpassen

Batterien

- sind sinnvoll, zur Deckung der Morgen- und Abendspitzen im Verbrauch – bei hohen Börsenkursen in diesen Zeiten

10 Punkte Plan der Stiftung Klimaneutralität*

greift wesentliche Beobachtungen und Hemmnisse im PV (FFA) Ausbau auf

PV Ausbauziele beibehalten, Kosten um eine Viertel senken und Anlagen sinnvoll integrieren

- Derzeitige Ausbauziele (EEG §4) beibehalten; jedoch Zielvorgabe für Freiflächenanlagen im EEG von 50% auf 65% erhöhen → aktuelle Anteil: 30%
- Einspeisevergütung für kleine PV auf 10 ct/kWh deckeln, bis 2030 auf 7 ct/kWh senken
- Wirkung der Direktvermarktung stärken → reduziert negative Preise
- Flexibilität anreizen und ermöglichen
 - Smart Meter Rollout
 - Flexible Netzentgelte
 - Netzbetreiber pönalisieren, wenn sie Steuerfähigkeit von PV Anlagen nicht umsetzen
 - Anschlussverfahren von Großbatterien maximal beschleunigen

Beispiel für Regulierungsbedarf:

- es mangelt derzeit nicht an PV Anlagen, die von Direktvermarktern steuerbar wären**;
– diese werden aber nur tlw. abgeregelt bei negativen Börsenpreise!*** → Marktversagen

dringender Regulierungsbedarf, für einen wirtschaftlichen Ausbau von PV Kraftwerken auch in Zukunft

*<https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2025/07/10-Punkte-Plan-zur-Weiterentwicklung-der-PV-Politik.pdf>

**https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=de&c=DE&expansion=p_solar_control&legendItems=0w7

***Energy-Chart Talks vom 2.6.2025; Leonhard Probst, Fraunhofer ISE
<https://www.youtube.com/watch?v=G4jV1-YCZCc>

PV Kraftwerke:
ein bedeutender Wirtschaftsfaktor mit Verantwortung für eine stabile Energieversorgung

- I. PV Ausbau – Stand und aktuelle Diskussionen
- II. Thesenpapier PV Kraftwerke:
Herausforderungen und Forschungsbedarf

AG Großkraftwerke in der PV Begleitforschung

Sprecherin: Anna Heimsatz (FhG ISE)

- 02.07.2024: erster Austausch in Präsenz - Fraunhofer CSP (Halle)
 - Ziel: Herausforderung und Forschungsbedarf zu PV Kraftwerken in Themenpapier zusammenstellen
 - Themen sammeln, Festlegung der Sprecher:innen für Schwerpunkte
- 2HJ 2024 & 1Q 2025 Entwurf des Themenpapiers
 - Regelmäßige TEAMS Meetings / Arbeitsdokumente auf OwnCloud
- 04.12.2024: virtuelles Brainstorming – Online Industriekonsultation
 - Input gesammelt auf Lucid Chart
 - 28 Teilnehmende
- 19.03.2025: Workshop in Berlin im Fraunhofer Forum
 - 50 Teilnehmende aus BMWK, Forschung, Beratern, Verbänden und verschiedenen PV-Branchen (Modul, Wechselrichter, Unterkonstruktion, Projektentwickler) sowie Energieversorger, Messgerätehersteller und Versicherungen

Themenpapier "PV Großkraftwerke" 4.12.2024 - Industriekonsultation - virtuelles Brainstorming

	Technologien	Werkstoffe, Altsätze, Eigenschaften	Forschungsthema und Politikrelevanz	Kostenstruktur, Bruttoertrag
Vollkosten: mehr als die Summe der Einzelkosten	<ul style="list-style-type: none"> Hybrid-Systeme (PV + CSP) Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme
Wachstum in der Quantifizierung	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme
	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> Agri-PV Agri-Solar Agri-Photovoltaik Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme Agri-Solar-Systeme



PV-KRAFTWERKE: EIN BEDEUTENDER WIRTSCHAFTS-FAKTOR MIT VERANTWORTUNG FÜR EINE STABILE ENERGIEVERSORGUNG

Themenpapier zu Herausforderungen und Forschungsbedarf

Entwickelt von der Arbeitsgruppe Begleitforschung PV-Kraftwerke

Version 1.0

05.06.2025

BEGLEITFORSCHUNG IM FORSCHUNGSNETZWERK ERNEUERBARE ENERGIEN –
PHOTOVOLTAIK



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

intern

Forschungsbedarf für zukunftsfähige Photovoltaik-Kraftwerke

Photovoltaik (PV) ist eine zentrale Säule der Energiewende und ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Um die Rolle der PV-Kraftwerke als zuverlässige und kosteneffizienter Stromerzeuger zu gewährleisten, sind umfassende Forschungsanstrengungen erforderlich.

1. **Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit** – Die PV-Industrie hat kurze Innovationszyklen, die Qualität und Sicherheit der Komponenten ist jedoch entscheidend für eine erfolgreiche Energiewende in Deutschland. Daraus ergibt sich der folgende Forschungsbedarf:

- Entwicklung von Risikobewertungsmethoden und standardisierten Prüfungen.
- Effiziente Qualitätskontrolle von (importierten) Komponenten.
- Statistische Modelle zur Lebensdauervorhersage von Modulen und Komponenten.

2. **Monitoring, Inspektion und Analyse für O&M:** Entscheidend ist eine effektive Überwachung und Wartung des Betriebs für maximalen Solarstrom. Notwendig sind:

- Entwicklung innovativer skalierbarer Prüfmethode für optimalen Betrieb existierender und kommender Zell- und Modultechnologien.
- Offene digitale Schnittstellen zur Optimierung und Automatisierung des O&M und die Integration klimabedingter Umwelteinflüsse in die Analyse.

3. **Systemintegration von PV-(Hybrid-) Kraftwerken:** PV-Kraftwerke müssen nicht nur zuverlässig Strom liefern, sondern als Teil eines intelligenten Energiesystems flexibel, markt- und netzdienlich agieren und Sektorkopplung stärken. Notwendig sind daher:

- Effiziente Auslegung von PV-Kraftwerken sowie optimierte Kopplung von Hybridkraftwerken zu weiteren lokalen Erzeugern, flexiblen Lasten und Speichern.
- Verbesserte Prognosen von Wetter, Markt, Lastgängen und Netzengpässen.
- Entwicklung einer stabilen Regulierung für effizienten Umbau des Energiesystems

4. **Digitalisierung für Effizienz und Sicherheit:** Um die steigenden installierten Leistungen und hybriden Strukturen zu integrieren und Kosten zu senken, ist Digitalisierung unerlässlich.

- Sichere digitale Leitsysteme zur Koordination von PV, Speichern und Lasten.
- Nutzung von KI, kostengünstigen Sensoren und digitalen Zwillingen zur Optimierung von Betriebsstrategien und in digitalen Geschäftsmodellen.
- Interoperabilität durch offene Schnittstellen – von der Planung bis End-of-Life.

5. **Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz:** Entscheidend für den langfristigen Erfolg des PV-Ausbaus sind akzeptierte und nachhaltige PV-Kraftwerke. Notwendig sind:

- Technische Lösungen für einen nachhaltigeren Lebenszyklus und die Kreislaufwirtschaft, Re-Powering und Recycling.
- Forschung zur doppelten Flächennutzung und digitalen Zwillingen.
- Vernetzung von Solartechnik, Ökologie, Landwirtschaft und Sozialwissenschaften.

6. **Handlungsempfehlungen**

- Systemische Forschung stärken und interdisziplinäre, nachhaltige Ansätze verfolgen.
- Demonstrationsanlagen fördern, um praxisnahe Lösungen zu entwickeln.
- Qualitätssicherung und digitale Lösungen in den Fokus nehmen.

Fazit Zukunftsfähige PV-Kraftwerke sind Schlüsselemente eines ökologischen und resilienten Energiesystems. Forschung, Entwicklung und Demonstration sollten jetzt strategisch gestärkt werden. PV ist weltweit ein Zukunftsmarkt. Eigenes Know-how ist entscheidend dafür, dass deutsche Akteure wettbewerbsfähig bleiben, resiliente Energiesysteme im eigenen Land und weltweit gestalten können sowie qualifizierte Beschäftigung sichern und nachhaltig steigern können.

Das Themenpapier ist für Mitglieder des FN EE verfügbar unter

https://intern.forschungsnetzwerke-energie.de/gruppen/view/begleitforschung-photovoltaik,dms?5%5B_p%5D=category&5%5B_sk%5D=gruppen_dms.dms

PV Kraftwerke - Herausforderungen und Forschungsbedarf



Themenschwerpunkte

- **Komponentenzuverlässigkeit**
Kontakt: Ralf Gottschalg, FhG CSP
- **O&M**
Kontakt: Claudia Buerhop-Lutz, HI-ERN
- **Systemintegration PV-(Hybrid)-KW**
Kontakt: Jann Binder, ZSW

Querschnittsthemen:

- **Digitalisierung**
Kontakt: Christian Schill, FhG ISE
Bijan Nouri, DLR
- **Nachhaltigkeit und Akzeptanz**
Kontakt: Anna Heimsath, FhG ISE

Zusammenfassung

FuE Themen und Empfehlungen aus dem Themenpapier

- **PV Kraftwerke sind ein bedeutender Wirtschaftsfaktor mit Verantwortung für eine stabile Energieversorgung**
 - 120.000 Arbeitsplätze; 20 Mrd/a Invest für 20 GWp pro Jahr
 - abhängig vom Strommarktdesign zur Absicherung der Investitionen
 - abhängig von der Regulierung für nachhaltige Nutzung (BIPV, Agri-PV, schwimmende PV, etc.)
- **Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit**
 - Module werden in Fernost hergestellt – die Überraschungen und Schaden für die Energiewende in D
 - Technologie-Souveränität erhalten; Qualitätssicherung und Lebensdauervorsagen ermöglichen
- **Monitoring, Inspektion und Analyse für O&M**
 - effiziente Überwachung für maximale PV Strom und predictive Maintenance
 - automatisierte und skalierbare Inspektionsmethoden entwickeln

Zusammenfassung

FuE Themen und Empfehlungen aus dem Themenpapier

- **Systemintegration PV-(Hybrid)-Kraftwerke**

- PV Kraftwerke im Smart Grid flexibel, markt- und netzdienlich einsetzen
 - Optimierte Kopplung und Betrieb, auch mit Windkraft, Speichern, flexiblen Lasten entwickeln

Querschnittsthemen:

- **Digitalisierung für Effizienz und Sicherheit**

- Nutzung von KI, Sensorik und digitalen Zwillingen für Monitoring & Betrieb (Netz- und Marktintegration)
- Interoperabilität durch offene Schnittstellen von der Planung bis End-of-Life
- robuste Lösungen für (cyber-) sichere Energieversorgung

- **Nachhaltigkeit und Akzeptanz**

- nachhaltigeren Lebenszyklus und Kreislaufwirtschaft, Re-Powering und Recycling sind wesentlich
- Forschung zur doppelten Flächennutzung durch Agri-PV, schwimmende PV, Verkehrsintegrierte PV und Biodiversitäts-PV an Prototypen und digitalen Zwillingen
- Vernetzung von Solartechnik, Ökologie, Landwirtschaft und Sozialwissenschaften.

Zusammenfassung FuE Themen und Empfehlungen aus dem Themenpapier

Fazit

- PV-Kraftwerke sind Schlüsselemente eines ökologischen und resilienten Energiesystems.
- PV ist weltweit ein Zukunftsmarkt.
- Eigenes Know-how ist entscheidend dafür, dass deutsche Akteure wettbewerbsfähig bleiben
 - um resiliente Energiesysteme im eigenen Land und weltweit gestalten können
 - einheimischer Industrie den Wettbewerbsvorteil nachhaltiger Energie zu verschaffen
 - qualifizierte Beschäftigung zu sichern und nachhaltig steigern können.

PV-Kraftwerke - Workshops mit Forschung, Industrie und BMWK am 19.03.2025 in Berlin

- Impulsvorträge
 - Beitrag der PV zur Systemstabilität, T. Haase, BMWK
 - Rolle der PV in der Energiewende, M. Wenzel, Agora Energiewende
 - Vorstellung des Themenpapiers:
 - PV-Kraftwerke: Eine bedeutender Wirtschaftsfaktor für ein stabile Energieversorgung
 - Herausforderungen aus Sicht der Industrie
 - Digitalisierung und Hybridkraftwerke, O. Führer, SMA
 - Herausforderungen, Druckpunkte und Forschungsfrage der EnBW, A. Zähle, EnBW
 - Podiumsdiskussion
-
- Impulsvortrag Marktentwicklung, C. Menke, BSW
 - WeltCafe – Welche Themen sind Ihnen wichtig
 - Zusammenfassung des Tages



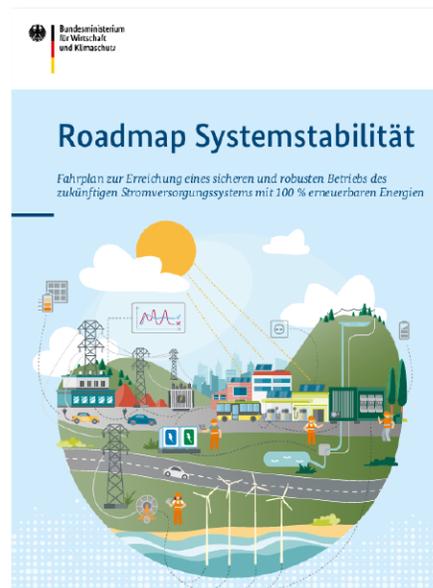
Dipl.-Ing. Timo Haase
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
Referat III C4 – Systemsicherheit
E-Mail: Timo.Haase@bmwk.bund.de

Bezug zum PV Kraftwerkspapier:

- das Thema „Systemstabilität“ ist tlw. unter Wechselrichter (für PV, Speicher) adressiert
- das Thema „Strommarkt der Zukunft“ (1.8.24, BMWK) ist als offene Flanke im PV Kraftwerkspapier genannt
 - Investitionssicherheit
 - Betriebsoptimierung bzgl. Markt und Netz



Roadmap Systemstabilität



7 Themenfelder, unter anderem

- Frequenzstabilität
- Spannungsstabilität
- Resonanzstabilität
- ...

41 themenspezifische Prozesse

10 verbindende Prozesse (themenfeldübergreifend)

Beschluss Bundesregierung und Veröffentlichung 2023

Nun Umsetzung (alle Akteure),
Monitoring (BNetzA/BMWK), Nachjustierung

Timo Haase | 19.03.2025 | Folie 7





Dipl.-Ing. Timo Haase
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
Referat III C4 – Systemsicherheit
E-Mail: Timo.Haase@bmwk.bund.de

Schlussfolgerung im PV Kraftwerkspapier:

- PV-Kraftwerke sind Schlüsselemente eines ökologischen und resilienten Energiesystems.
- eigenes Know-How in Komponenten und Betrieb muss durch FuE kontinuierlich erhalten werden
- Stakeholder müssen Zusammenarbeiten → Reallabore

Ziele der Roadmap Systemstabilität

übergeordnetes Ziel: sicherer und robuster Systembetrieb bei 100% EE

Roadmap: Fahrplan, wie wir das erreichen

	WAS?	Herausforderungen/ Handlungsbedarf identifizieren
	WER?	Verantwortlichkeiten und Prozesse benennen
	WANN?	Zeitschiene, auch Basis für Umsetzung/Monitoring

→ **strategische und koordinierende Funktion**

Fazit

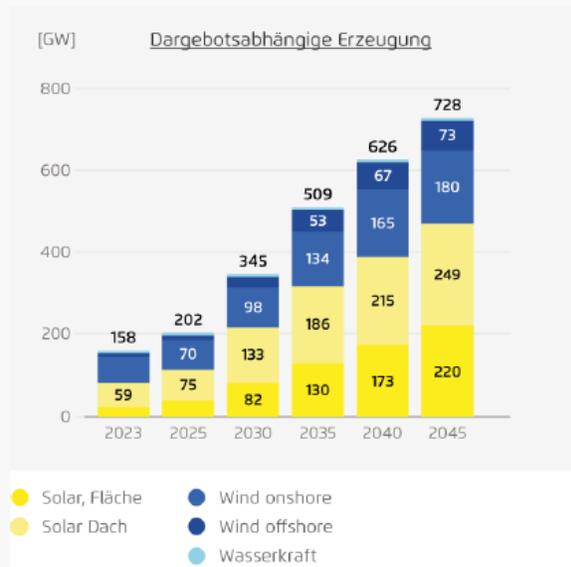
- **Energiewende ist fundamentaler Wandel** für Stromnetze
- **Systemstabilität ist essenziell** für das Gelingen der Energiewende
- Systemänderungen kommen auf alle zu → **alle müssen Beitrag leisten** und sich als Teil des Ganzen verstehen
- **Roadmap Systemstabilität** und Umsetzungsprozesse geben Rahmen/Struktur

Deshalb: Systemstabilität mitdenken, Beiträge zur Roadmap leisten!



Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen ist ein dynamisches Wachstum von Wind und Photovoltaik unabdingbar

Installierte Gesamtleistung von PV und Wind (Agora Think Tanks 2024)



- Bruttozubau erfolgt bis 2045 relativ gleichmäßig mit Zubau von rund **20 GW/Jahr.**
- Ab 2030 verlangsamen altersbedingte Stilllegungen den Nettozuwachs.
- Anteil FF-PV erhöht sich von heute 28 Prozent auf 38 Prozent bis 2030 und fast 50 Prozent bis 2045 .

Bezug zum PV Kraftwerkspapier:

- dynamisches Wachstum mit 20 GW/Jahr
- Anteil FF-PV wächst auf 50 Prozent
- im PV Kraftwerkspapier sind Anlagen über 100 kWp adressiert – also > 50%



Alexander Zähle, M.Sc. (geb. Eckert)
Manager Produkt- & Systemtechnik PV-Projekte
Projektentwicklung Photovoltaik

a.zaehle@
enbw.com

Bezug zum PV Kraftwerkspapier:

- Investitionssicherheit braucht stabilen Markt → Strommarktdesign
- Qualitätssicherung
- Auslegung und optimierter Betrieb von PV (Hybrid-) Kraftwerken
- O&M, Cybersicherheit
- Prognose des Ertrags für Vermarktung und über 30/40 Jahre Lebensdauer

25.06.2025

Herausforderungen, Druckpunkte und Forschungsfragen



Entwicklung, Planung, Bau, Betrieb und Vermarktung von PV-Kraftwerken

- › Politische Pain Points: Planungssicherheit, Investitionsrahmen & Netzausbau
- › Herausforderungen bei der Energievermarktung: Verfall Marktpreis Solar & negative Strompreise
- › Qualitätssicherung & Risikobewertung von Kernkomponenten: PV-Module & Wechselrichter
- › Projektentwicklung & -planung: Dimensionierung, Netzanschluss, Speicher & Ertragsrechnung von PV-Kraftwerken
- › Anlagenbetrieb & Vermarktung: Digitalisierung, Monitoring, Cybersicherheit & Ertragsverhalten
- › Zusammenfassung & Ausblick



Oliver.Fuehrer@sma.de

Bezug zum PV Kraftwerkspapier:

- O&M – Predictive Maintenance
- intelligente Betriebsführung für Marktintegration
- eigene Technologie für Nachhaltigkeit und Cyber-Sicherheit

FuE-Bedarf PV-Großkraftwerke aus Systemtechnik-Hersteller-Sicht

- > **Technologie-Innovationen in der Wechselrichter-Technik** zur Kostenreduktion und Verbesserung von Nachhaltigkeit, Lebensdauer, Netzintegration
- > **Condition Monitoring & Predictive Maintenance** Lösungen für Zuverlässigkeitsverbesserung und Betriebskostenreduktion
- > **Intelligente Regelungs- & Betriebsführungssysteme für Marktintegration**
Kraftwerksbetrieboptimierung im Hinblick auf ökonomisch-technische Optimierung der Netz- & Energiemarktteilnahme



SMA Solar Technology AG

▶▶ **Kostenreduktion, Zuverlässigkeit, Marktintegration und Nachhaltigkeit**
sind die prioritären Fokusthemen

Oliver Führer 18.03.2025



- Skalierbare Plattformlösungen für PV-Hybridkraftwerke, applikations-optimierte PV-Direktkopplung (insb. GW-Kombikraftwerke für grünen H2), gridforming & Momentanreserve, ...
- Neue Leistungselektronik & Gerätetechnik, 2 und 3 kV Technologien, Circular Economy & garantierte Lebensdauer, Resilienz & Sicherheit, ...

- Verständnis von Fehler- & Alterungsursachen, fortschrittliche Algorithmen & KI-Einsatz, systematisches Lernen aus Felddaten, O&M-Strategien, ...
- Infrastrukturaufbau, Feldtest-Evaluation und Fehlalarm-Vermeidung, ...

ergänzend: Kraftwerks-Monitoring am Netzanschlusspunkt
(Leistung, gridforming-Qualität, ...) mit einfachen Verfahren zur Fehlererkennung

- inkl. optimale Auslegung Hybrid-Kraftwerke, Simulationsstudien & experimentelle Pilot-Kraftwerke, zukunftsfähige Adaptierbarkeit, ...
- FuE-Herausforderung:
Optimierungs-Algorithmen & -Strategien und Interoperabilität

Strommarktdesign: BMWK legt umstrittene Vorschläge vor – Themen bleiben aber für die nächste Bundesregierung aktuell



- Diskussion über das Strommarktdesign in der „Plattform Klimaneutrales Stromsystem“ (PKNS) mit BSW-Solar Beteiligung
- PKNS-Themenfelder
 - 1) EE-Finanzierung (v.a. CfD-Diskussion)
 - 2) Kapazitätsmechanismus (u.a. Kapazitätsmechanismus)
 - 3) Steuerbare Verbraucher (u.a. Last Management)
 - 4) Lokale Signale (u.a. regionale Steuerung von EE-Zubau)



- BMWK-Optionenpapier soll Ergebnis der Plattform Klimaneutrales Stromsystem (PKNS) sein, aber
 - aus Branchensicht z.T. praxisferne BMWK-Vorschläge („financial CfD“)
 - Bisher keine Einbindung der Unionsfraktion in den Prozess

Ausblick auf die neue Legislaturperiode

Workshop - PV-Kraftwerke: Forschungsbedarf und zukünftiger Beitrag zur Energiewende am 19.03.2025
Christian Menke | Referent Politik | Bundesverband Solarwirtschaft e. V. (BSW-Solar)

Christian Menke
c.menke@bsw-solar.de

Bezug zum PV Kraftwerkspapier:

- Netz- und Systemdienlichkeit wird entscheidend
→ Strommarktreform
→ entsprechender Betrieb der PV KW; PV und Speicher
- Finanzierungssicherheit
- Akzeptanz
- Standardisierung Agri-PV

Stromnetze für dezentrale und klimaneutrale Stromversorgung vorbereiten

- Neustrukturierung der **Netzentgeltssystematik** durch die BNetzA
- Schaffung ausreichender **Netzanschlusskapazitäten (u.a. durch „Überbauung“)** und vorausschauender Netzausbau
- Vereinfachungen zum beschleunigten **Smart Meter Rollout** und die damit verbundene **Digitalisierung der Marktprozesse**
- Diskussion über Aufteilung der Stromgebotszone (EU-Prozess)

Weitere große Themen in der nächsten Legislaturperiode

- Umfassende **Etablierung der Batteriespeicher** in der energiewirtschaftlichen Regulatorik
- Beschleunigung von **Genehmigungs- und Netzanschlussverfahrens**
 - Umsetzung von RED III (EU EE-Richtlinie)
- Umsetzung **EU-Solarpflichten** ab 2027 (Gebäuderichtlinie)
- Weiterentwicklung **EU-ETS I und II**
- Festlegung **EU-Klimaziele** für 2040

Standardisierung Agri-PV: Arbeit an neuer DIN-Norm fängt im Mai 2025 an

Die bestehende DIN Spec 91434 von 2021 wird in eine DIN-Norm überführt werden. Der BSW wird sich an den Prozess beteiligen.



Zusammenfassung und Resümee

- PV-Kraftwerke sind Schlüsselemente eines ökologischen und resilienten Energiesystems.
 - einheimischer Industrie benötigt nachhaltige Energieversorgung als Wettbewerbsvorteil
- Eigenes Know-how ist entscheidend dafür, dass deutsche PV-Akteure wettbewerbsfähig bleiben
 - um resiliente Energiesysteme im eigenen Land und weltweit gestalten können
- PV Parkentwickler und Betreiber sind bereit sich in Forschungsprojekten als Partner einzubringen – wollen als Gegenleistung Unterstützung bzgl.
 - Qualitätssicherung von Modulen und Systeme – auch für zukünftige Modulgenerationen
 - Optimierung von Hybridkraftwerken und Co-Location von Speichern

Nachhaltigkeit und Akzeptanz – noch weitgehend ungenutzte Chancen durch

- doppelte Flächennutzung (Agri-, schwimmend, Moor-, VI, BI-PV)

PV Kraftwerke sind ein bedeutender Wirtschaftsfaktor - FuE sichert deren effiziente Nutzung ein FuE-Anteil von 1% des Investvolumens (20 Mrd€/a) wären 200 Mio €/a; derzeit sind es rund 60 Mio €/a (?)

dringender Regulierungsbedarf → Evidenzbasierte Regulatorik (Fakten, Wirkungsanalyse, Feedback, Partizipation)

VIELEN DANK

Dr.-Ing. Jann Binder

