

# Floating-PV eine wirtschaftliche und ökologische Chance für die Energiewende

Christoph Kutter  
BayWa r.e. Solar Projects GmbH

Dialogforum nachhaltige Gewässerbewirtschaftung

25.10.2024

r.e.think energy





# Agenda

1

BayWa r.e. Firmenprofil

2

Blick auf den Deutschen  
FPV Markt  
+ Fallstudie Stürmlinger See

3

Technische Designregeln  
und Auslegung

4

Ökologische  
Auswirkungen von FPV

5

Fallstudie  
Trinkwasserreservoir

6

Fazit





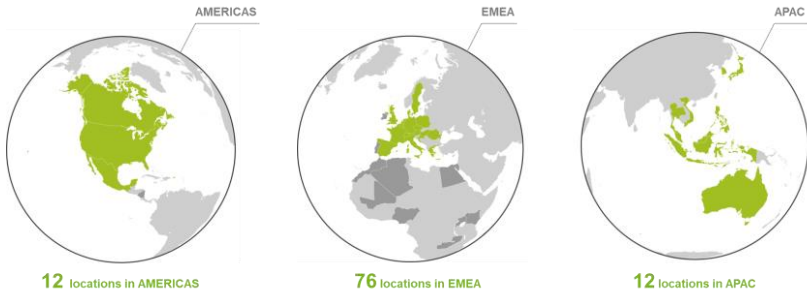
# ① BayWa r.e. Firmenprofil





# BayWa r.e. AG Zahlen & Fakten

Umsatz 2023	>	5,8 Mrd Euro
EBIT 2023	>	192,3 Mio Euro
Mitarbeiter	>	5.400
Gründung	>	2009
Weltweit aktiv	>	30 Länder

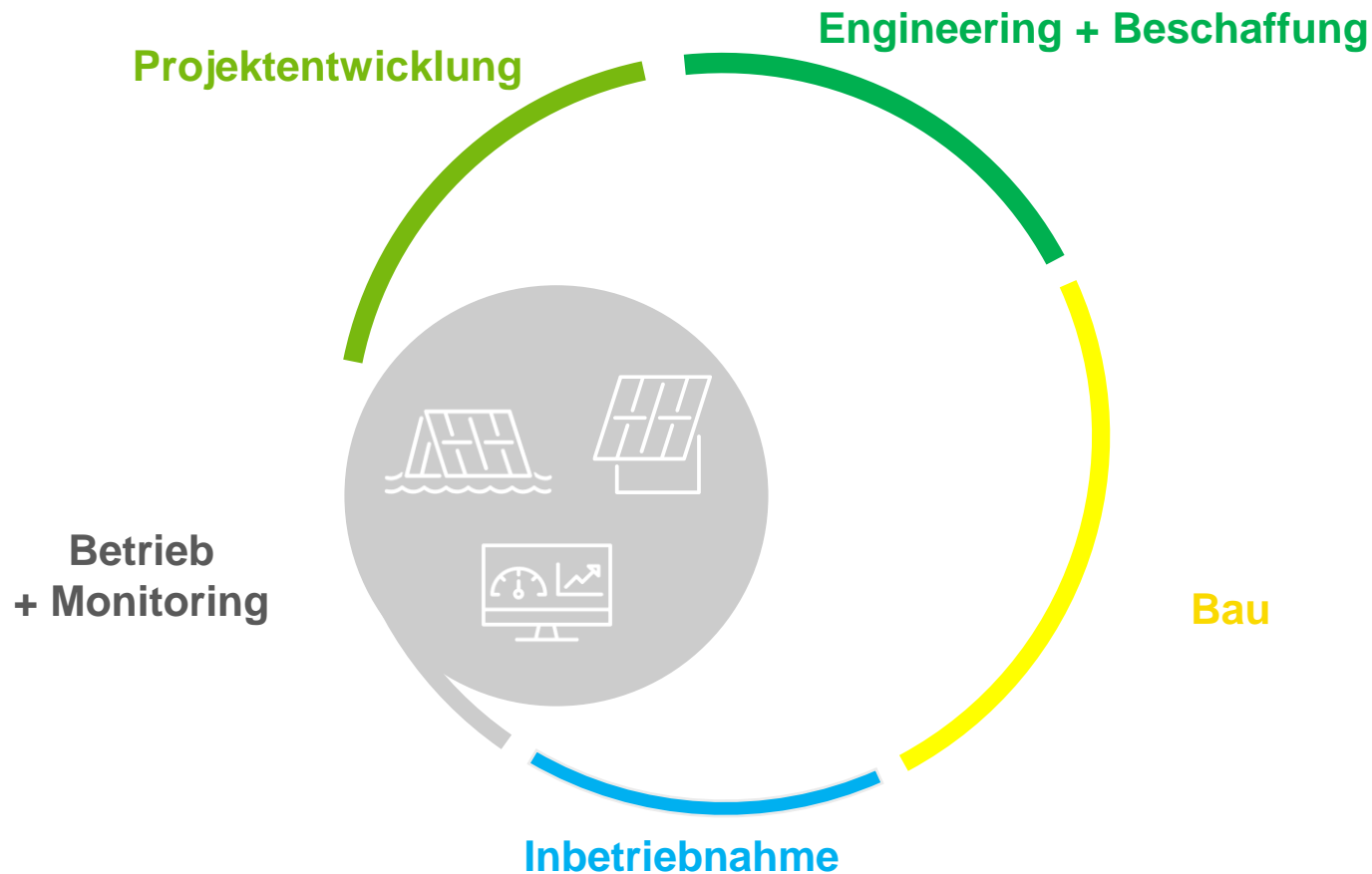


**BayWa r.e. ist ein weltweit führender Entwickler, Dienstleister, PV-Großhändler und Anbieter von Energielösungen im Bereich der Erneuerbaren Energien.**





# BayWa r.e. Solar Projects – Die gesamte Wertschöpfungskette aus einer Hand



## BayWa r.e. Expertise

- ✓ Zuverlässige Vermögenswerte für Investoren bauen
- ✓ Ganzheitlicher Systemintegrationsansatz, unter Berücksichtigung aller Projektphasen
- ✓ Keine Kompromisse bei der Qualität
- ✓ Fachwissen im Bereich elektrisches Design
- ✓ Schlüsselfertige EPC für Dritte
- ✓ Starkes internes Engineering- und Beschaffungsteam
- ✓ Betriebliche Erfahrungen aus >250MWp Floating-PV, installiert in der EU (75% Anteil)
- ✓ Projektmanagement und Bauleitung
- ✓ O&M-Dienstleistungen nach Inbetriebnahme
- ✓ Fachkenntnisse in der Umweltauswirkungsbeurteilung und Ergebnisse des Öko-Monitorings



# 270 MWp Floating-PV Track record of BayWa r.e. (+ 48 MWp im Bau in 2024)



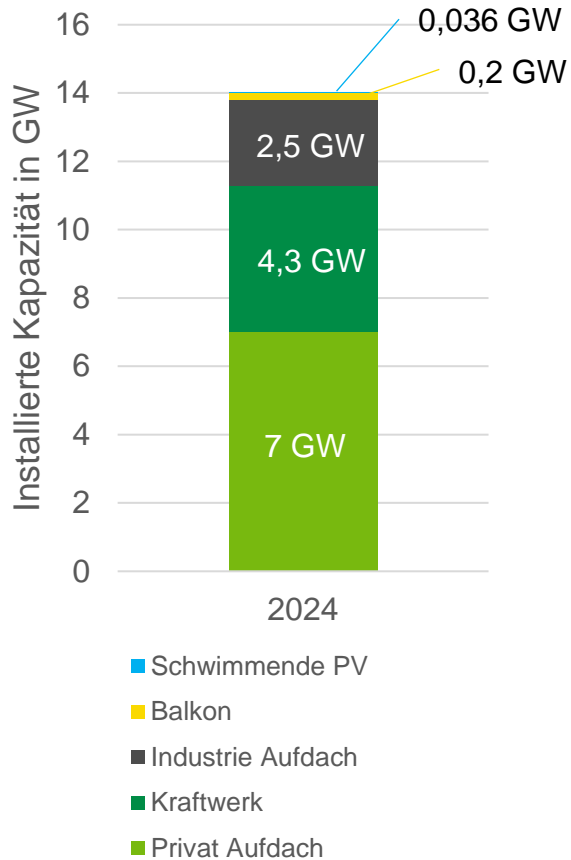


## ② Floating-PV als Chance - BayWa r.e.'s Blick auf den Deutschen Markt





# Rekord! 14 GW Photovoltaik Zubau in Deutschland in 2023



## Marktanteil und Einspeisetarif<sup>2+3+4</sup>

Privatdach	50% - 82 to 130 €/MWh
Kraftwerk	31% - 70,3 €/MWh
Industriedach	18% - 95,8 to 108,7 €/MWh
Balkonsolar	1,5% - Eigenverbrauch
Schwimmend	~0,025% – <0,0036 GW – Eigenverbrauch

Warum ist Schwimmende PV ein ungenutztes Marktsegment in DE?

[1] 2023 mehr als eine Million neue Solaranlagen - PRESSEMITTEILUNG DES BUNDESVERBANDES SOLARWIRTSCHAFT 02.01.2024

[2] Germany wraps up large-scale PV tender with average price of €0.0703/kWh – pv magazine International (pv-magazine.com)

[3] Germany's tender for rooftop PV concludes with average price of €0.0958/kWh – pv magazine International (pv-magazine.com)

[4] Einspeisevergütung 2024: Tabelle & Neuerungen (echtsolar.de)





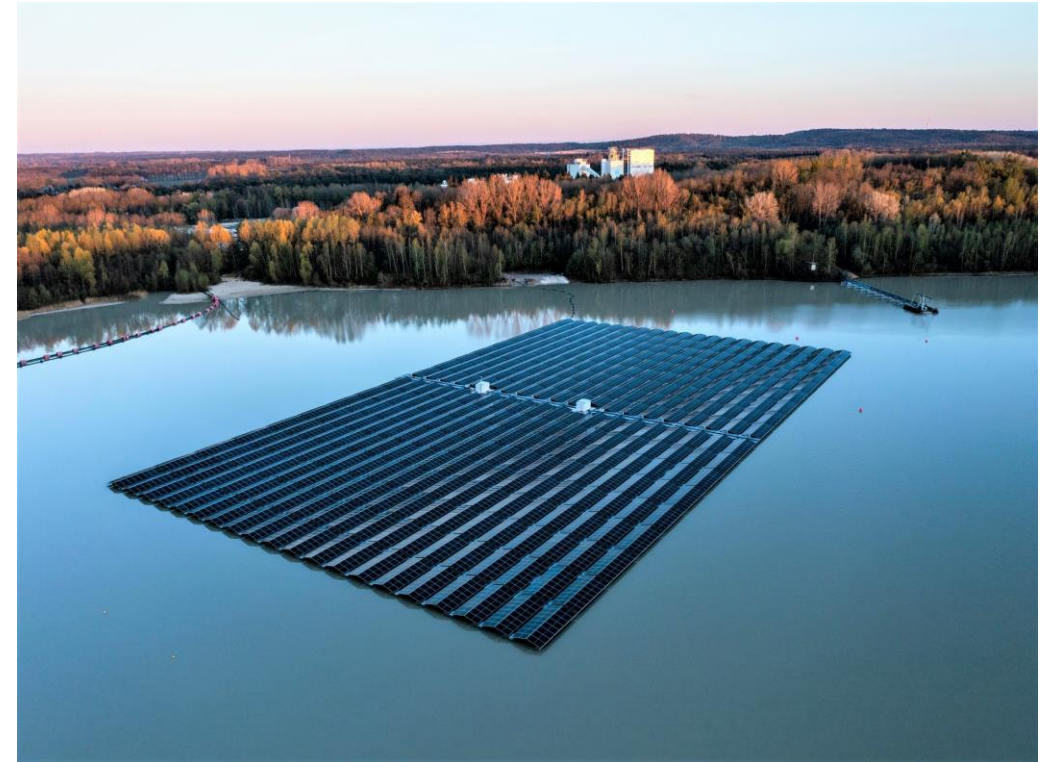
# Floating-PV Business Cases

## Großkraftwerke zur Netzeinspeisung



16,5 MWp Hattermerbroek, Niederlande, 2023

## Eigenverbrauch für Industriekunden



3 MWp Haltern, Deutschland, 2022



# Floating-PV Business Cases

## Großkraftwerke zur Netzeinspeisung

- Typisch >10 MWp
- Skalierung für zu niedrigen Stromgestehungskosten
- Garantierter **Einspeisetarif/Power Purchase Agreement**
- Nutzung des Sees **25% bis 50% Bedeckungsgrad**
- Erfolgreich in NL, AUT



## Eigenverbrauch für Industriekunden

- Typisch  $\leq 3$  MWp
- **Ohne Subventionen** gebaut
- Optimierung für **Selbstverbrauch** des Industrieannehmers
- **See** wird nur zu einem sehr **kleinen Anteil** genutzt, hier 3%
- Stromgestehungskosten < **Industriestrompreis**
- Marktunabhängiger, berechenbarer Strombezug



Warum gibt es bisher kaum schwimmenden Großkraftwerke in Deutschland?



# Herausforderungen für den Zubau Schwimmender Photovoltaik in Deutschland

## Sicht eines Systemintegrators

### Flächenverfügbarkeit

- Künstliche Wasserkörper sind in Größe und Anzahl begrenzt und liegen teils in Gebieten mit hohen Schneelasten

### Technisch

- Trinkwasserapplikation
- Hohe Pegelschwankung bei Stauseen
- Integrität von Staudämmen
- Schneelasten führen zu viel Auftriebsbedarf

### Ökonomisch

- Höhere Investitionskosten im Vergleich zu Freifläche
  - Kein Erfolg in Auktionen ggü. klassischen Freiflächen Projekten
- Adäquates Design führt zu höheren Kosten

### Ökologisch/Politisch

- Begrenzter wissenschaftlich gesicherter Kenntnisstand zum ökologischen Einfluss der schwimmenden PV
- Hohe WHG Regulierung verhindern große Projekte
  - $\leq 15\%$  Bedeckung
  - 40 m Uferabstand



# Fallstudie Stürmlinger See, BW, Deutschland

## Best Practice: Kombination beider Szenarien möglich

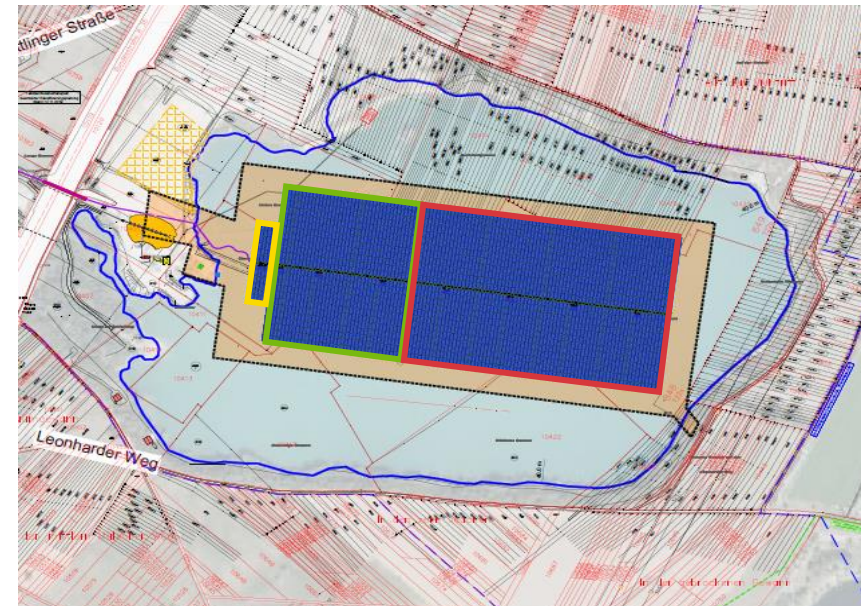
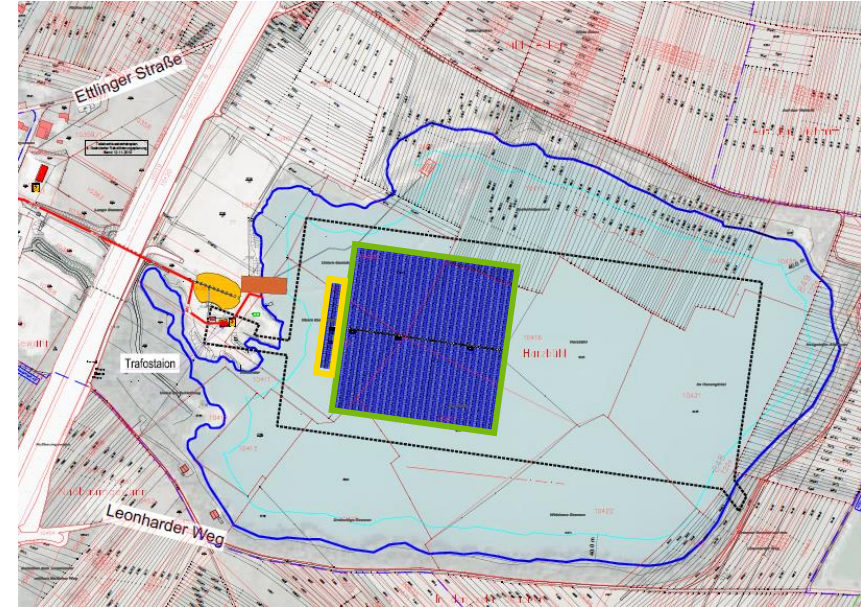
- **Eigenverbrauchsanlage** 750 kWp für Kiesunternehmen
- **Volleinspeiseranlage** 12,3 MWp für öffentliche Versorgung
- **Nicht realisierte Ausbaustufe** 17,1 MWp für öffentliche Versorgung (da >15%)

## Vorteil der Kombination:

- Ein Genehmigungsverfahren
- Skaleneffekte bei Preis und Bau und Studien
  - Aufwendige Studien
  - Mobilisierungskosten
  - Overhead

## Vollausbau untersagt aufgrund WHG Beschränkung:

- Um Kosten weiter zu reduzieren, müssen wir groß bauen





# Erfahrungen bei der Projektentwicklung von FPV in Deutschland

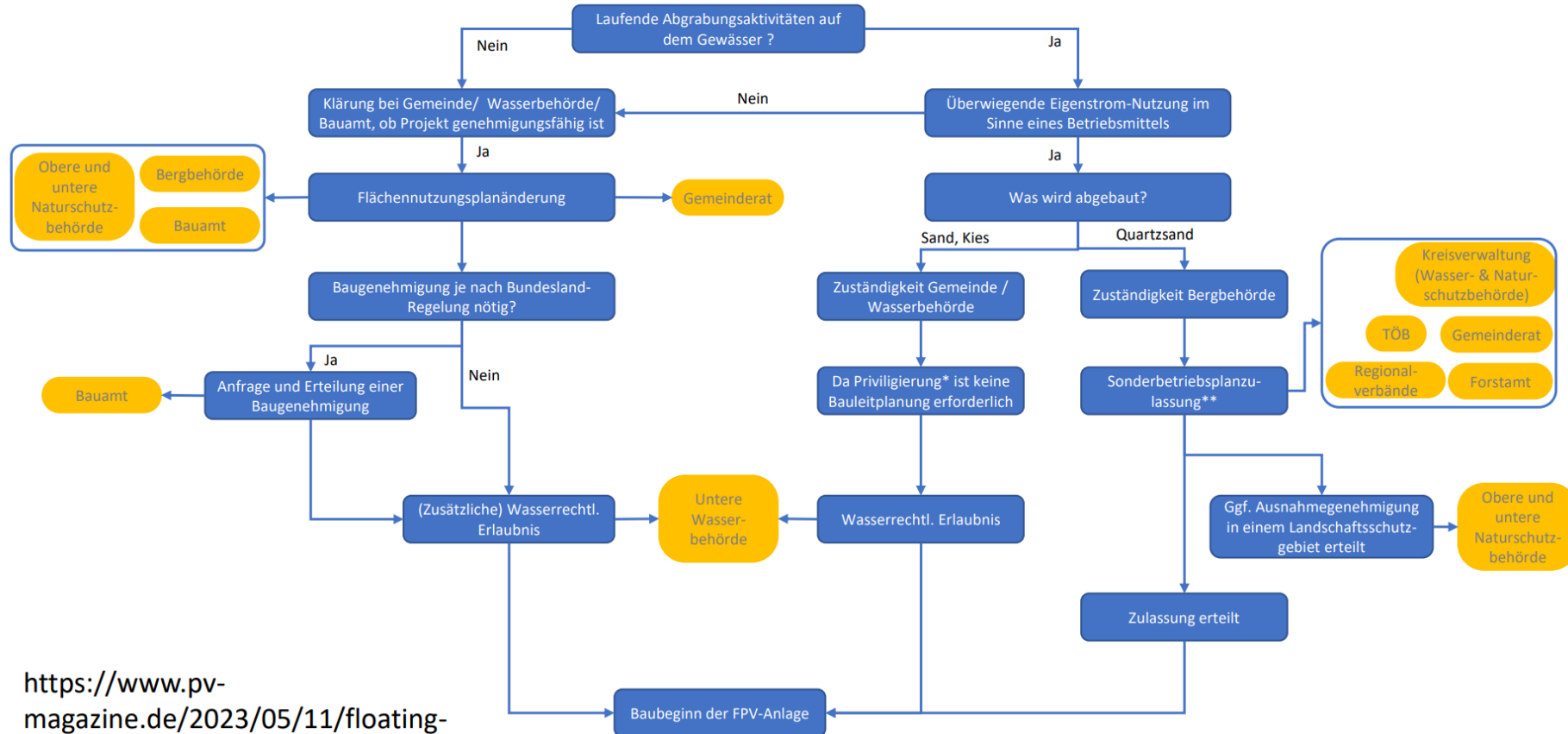
## Lessons Learned

- Konservativer Schutzgedanke, insbesondere des deutschen Gesetzgebers
  - „Vorsicht ist besser als Nachsicht“ (Stichwörter: Mikroplastik und Vogelhabitate)
- BayWa r.e. Erfahrung
  - Wir bebauen ausschließlich künstliche Seen, wo FPV flankiert mit Biodiversitätsmaßnahmen eine Win-Win-Situation erzeugen kann
  - 18 realisierte Projekte: „Wir schaden dem Gewässer nicht“
  - Die Genehmigungsverfahren sind aufwendig, zahlreich und unübersichtlich
  - Wasserrechtliche Genehmigung, Satzungsbeschluss, Entlassung aus dem Bergrecht
  - Anpassungen des Anlagendesigns sind normal im Verlauf eines Projekts aufgrund des technischen Fortschritts (größere Module etc.); insofern verändert sich die geplante Leistung über die gesamte Genehmigungsdauer (üblicherweise > 2 Jahre) hinweg. Insofern müssen wir auf eine gewisse Flexibilität bei den Genehmigungsbehörden hoffen.
  - Die lokale Akzeptanz vor Ort ist spürbar höher als bei Freiflächen-PV-Anlagen. Das hat in den Genehmigungsverfahren sehr geholfen und wesentlich zu einer kooperativen Zusammenarbeit mit Genehmigungsbehörden beigetragen.
  - Die Auflagen in Bezug auf das ökologische Monitoring sind aufgrund der jungen Technologie mit wenig Erfahrungswerten sehr umfangreich, auch im Vergleich zu normalen PV-Anlagen. Hier müssen wir branchenweite Standards schaffen, auch um gesamtwirtschaftliche Kosten gering halten.



# Komplizierter und intensiver Genehmigungsprozess in Deutschland

Ablauf Genehmigungsprozess einer schwimmende PV-Anlage



<https://www.pv-magazine.de/2023/05/11/floating-photovoltaik-und-der-herausfordernde-weg-zur-schwimmerlaubnis/>

\* §35(1), 3, BauGB: Versorgung mit Elektrizität für ortsgebundenen gewerblichen Betrieb d Erteilung einer Baugenehmigung

\*\* nach §2 (1) Nr. 3 BbergG, vereinfachtes Verfahren ohne Öffentlichkeitsbeteiligung



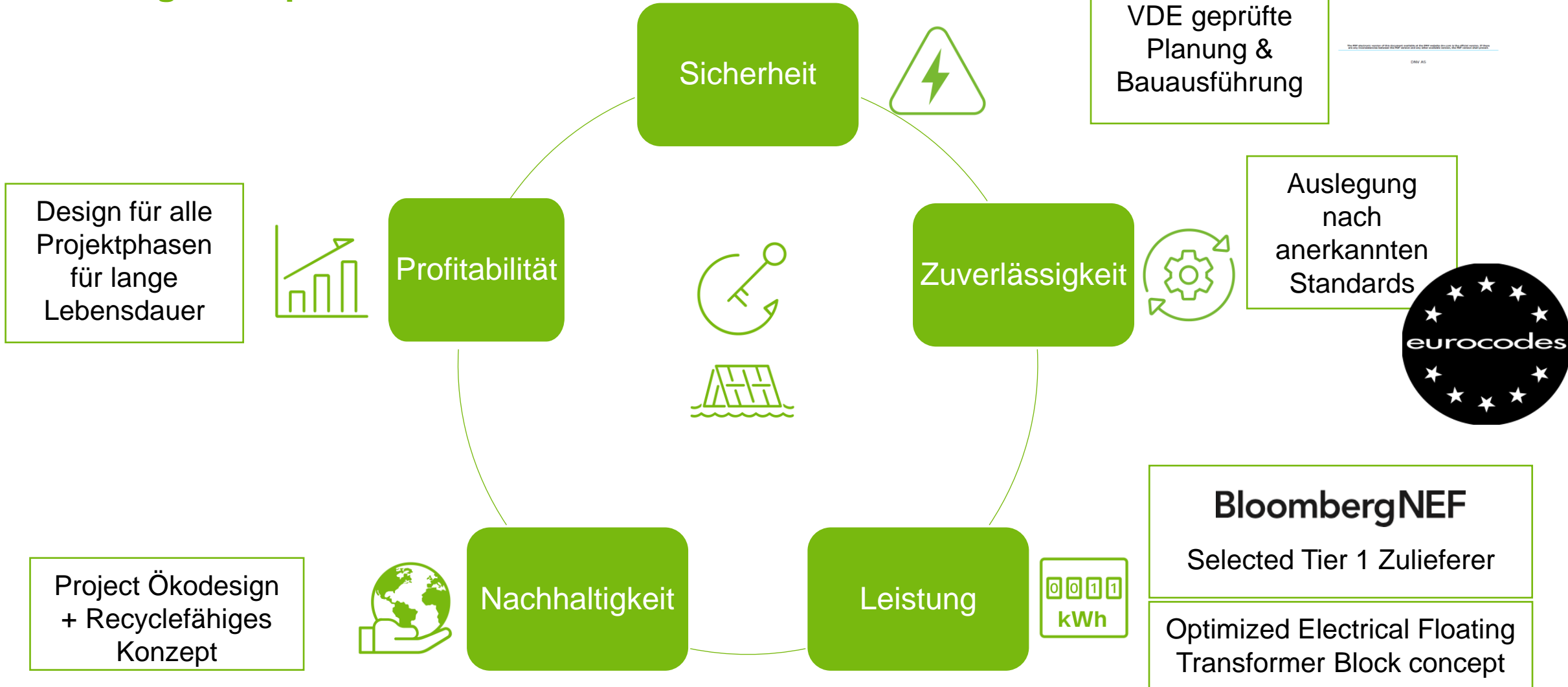
### ③ Technische Auslegung & Designregeln





# BayWa r.e. 's Designphilosophie

## Zuverlässige und profitable Kraftwerke







# Vom Solarboot zum Solarpark

## Modulares Transformerblock Konzept für große schwimmende Solarparks



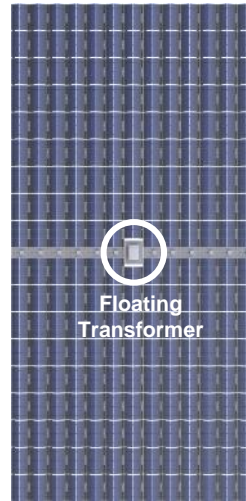
### Solarboot

Standardboot mit optimaler Ausrichtung der PV Module



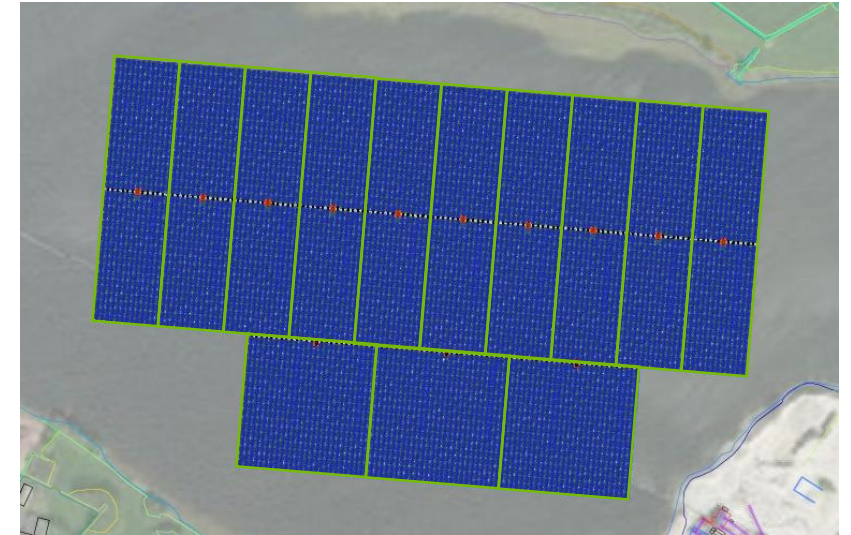
### Solarreihe

Anzahl der Boote je nach WR Leistung



### Solar Block

Anzahl der Bootreihen deckt sich mit der Trafokapazität



### Solar Park

(hier 27 MWp)

Kombination der Blöcke zur optimalen Nutzung der Seegeometrie

BayWa r.e.'s skalierbares Konzept passt auf jeden See





# Schwimmende Kraftwerke anstelle von schwimmenden PV Modulen

## Schwimmende Trafostation

- Direkte Integration des Transformators
- Ausgangsspannung MS 20 bis 30 kV
- Ohmsche Verluste sind reduziert
- 1 MS Leitung geht zum Ufer anstelle 100 Niederspannungskabel

## Risiken vermeiden

- Fail-proof Plastikfloater
- Biologisch abbaubares Transformerfluid
- Zertifiziert dichtgeschweisste Auffangwanne
- Kabelmanagement
- Ausführungszertifizierung durch VDE

Technische Planung mit Qualität



ID. 40051479  
04/2020

**VDE certified system execution**

- ✓ electrical safety & energy yield
- ✓ installation quality
- ✓ planning compliance

**Standardized PV Power Plant**

VDEinfo.com



# Sicherheit und Zuverlässigkeit

## Betrieb und Wartung

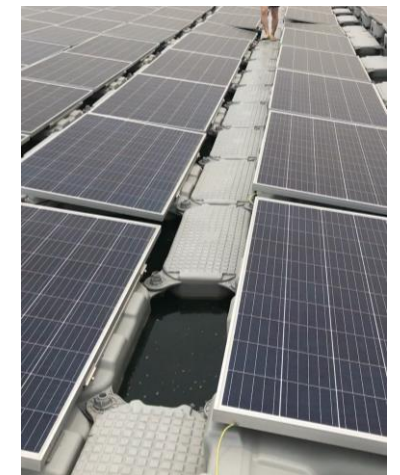
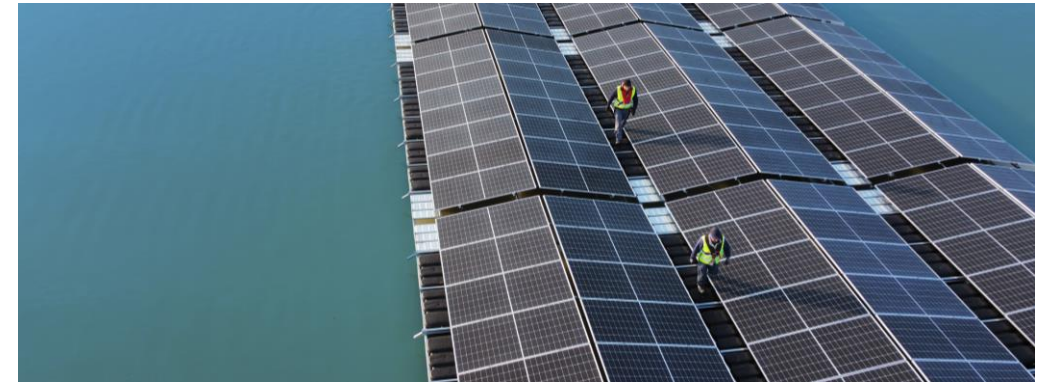
### Design für Zuverlässigkeit

- Design für minimale Fehleranfälligkeit und reduzierten Wartungsaufwand
- Kabeltypen freigegeben für Floating-PV: Bewegung und Feuchtigkeit Stressoren der FPV
- Wenig Bewegung im BayWa FPV park, UV-Schutz, keine elektrischen Komponenten im Kontakt mit Wasser

### Sicherer Zugang ist Schlüssel für Langlebige Leistung

- Breite und sichere Gehwege auf der gesamten Insel
- Alle elektrischen Komponenten können gefahrlos erreicht werden
  - PV Module, Wechselrichter, Transormer, Kabel
- Sicherer Zugang durch Boote und schwimmende Plattformen
  - 2 Techniker können 150 kg Wechselrichter sicher transportieren

Designed für Leistung auf Lebenszeit

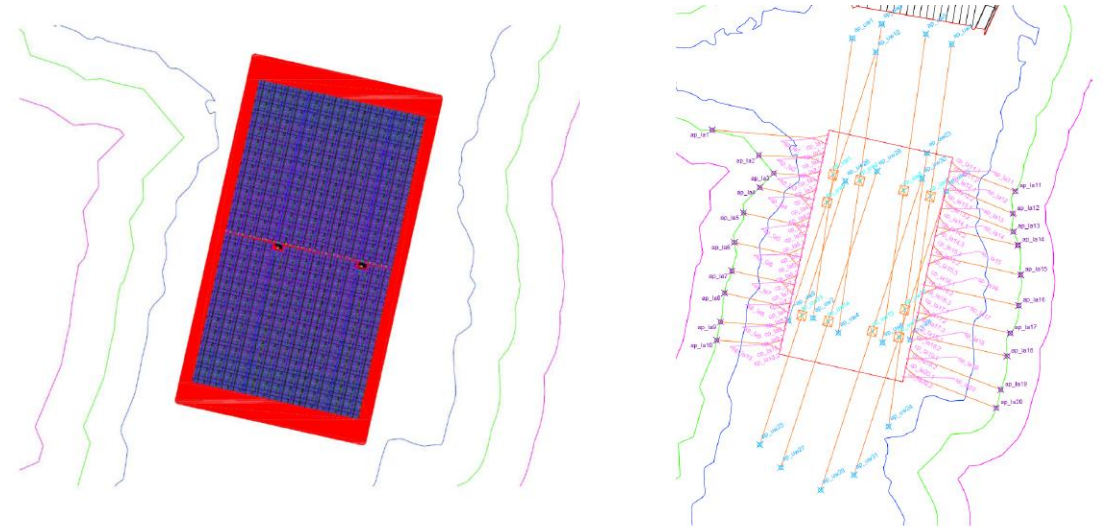
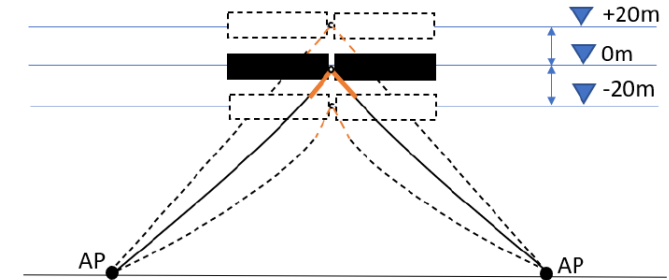
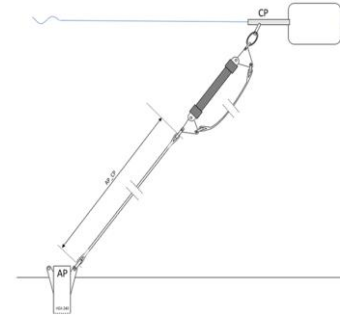




# Auslegung des Verankerungssystems

## BayWa r.e. 's ausgereifte Lösung

- Projektbezogene Detailauslegung durch 6D hydrodynamische simulationen in Orcaflex
- Detaillierter projektbezogener technischer Auslegungsreport
  - ✓ Kombinierte Wind/Wellen/Strömungslasten nach EuroCode oder projektspezifischen historischen Daten
  - ✓ Assessment der Lastaufgabe von 360°
  - ✓ Seegrund und lokale Wasserlevelschwankungen werden berücksichtigt
  - ✓ Balance der Ankerseile ist sichergestellt
  - ✓ As-built Check um Installationstoleranzen zu erfassen
  - ✓ Sicherheitslevel kann angepasst werden
- Verankerungsseil kann Drift und Punktlasten puffern
- Hohe Ankerkapazität pro Ankerpunkt
  - ✓ Durch gerammte Klappancherlösung
  - ✓ Bis zu 10x weniger Verankerungseile als bei Pureplastikfloat System mit Betonblockverankerung
  - ✓ Jeder Anker wird mit Prüflast getestet.

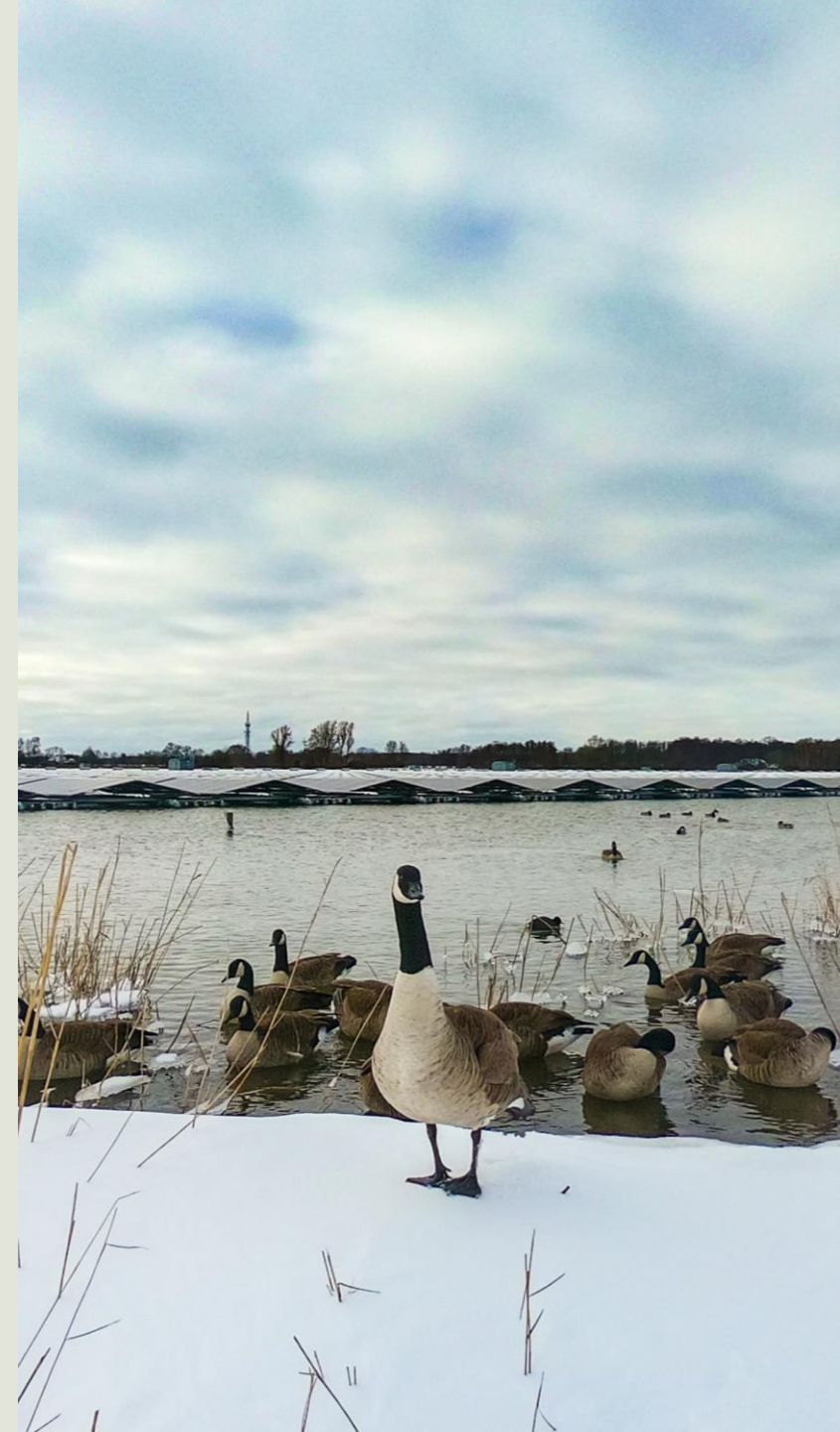


**Mooringbalance und Drift ist für jeden Zustand bekannt & kontrolliert!**





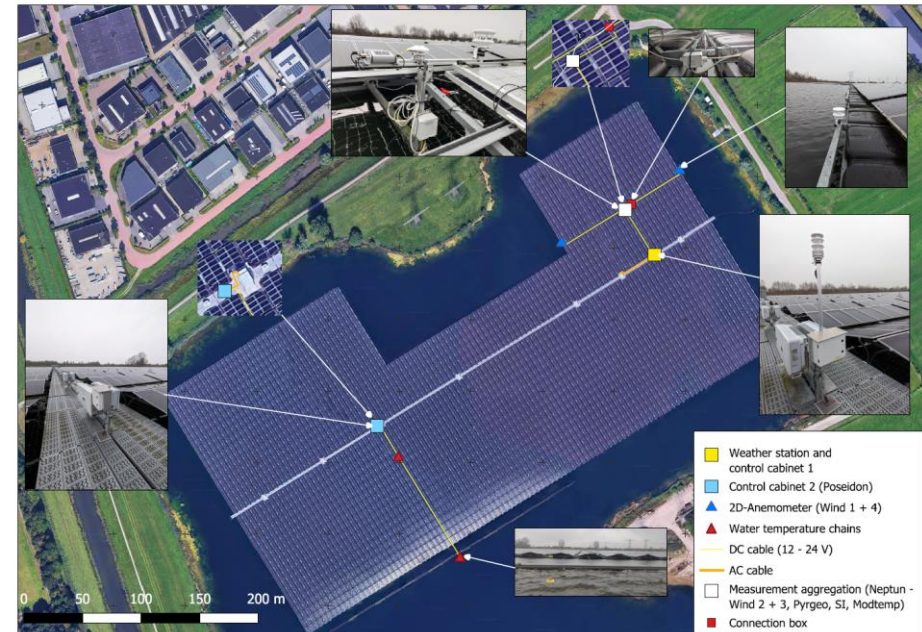
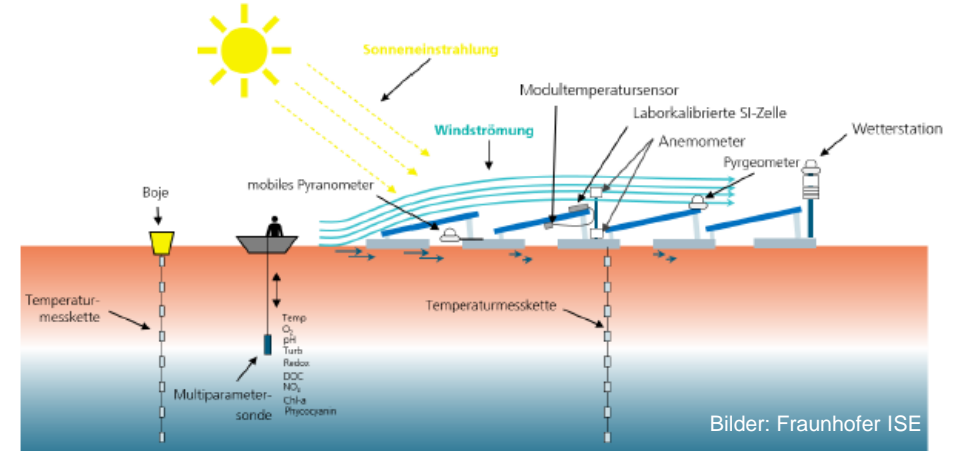
## ② Ökologische Auswirkungen von FPV



# BayWa r.e. unterstützt unabhängige Forschung

## 1. Forschungskampagne

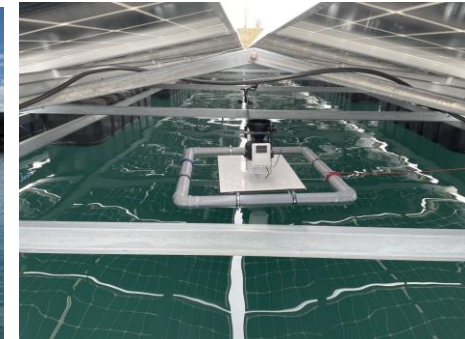
- Seekdorn, NL ~ 30% Bedeckungsgrad
- Fraunhofer ISE
  - Installation von Messstation für Forschungsprojekt *FPV4Resilience*
- Messdaten:
  - Einstrahlung über und unter den Modulen
  - Diffussanteil Einstrahlung
  - Windgeschwindigkeit über und unter den Modulen
  - Umgebungstemperatur + Modultemperatur
  - Wassertemperatur in verschiedenen Tiefen
  - Chemische Parameter: dissolvedoxygen, nutrients, dissolved organic matter, turbidity
  - Biologische Parameter: chlorophyll-a, phycocyanin, macrophytes, periphyton Eachstum
- Ziel: Validierung von Seemodellen z.B. GLM<sup>[1]</sup> zwecks Simulation der Stratifikation höherer Bedeckungsgrade



# BayWa r.e. unterstützt unabhängige Forschung

## 2. Forschungskampagne

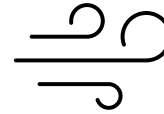
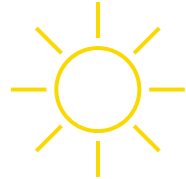
- Grafenwörth, Aut ~50% Bedeckungsgrad
- Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie BGL Boos
  - Forschungsauftrag durch den *MIRO Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V.*
- Messdaten:
  - Globalstrahlung über und unter den Modulen
  - Niederschlag
  - Windgeschwindigkeit außerhalb und unter den Modulen
  - Umgebungstemperatur außerhalb und unter den Modulen
  - Wassertemperatur in Verschiedenen Tiefen
  - Chemische Parameter Parameter O<sub>2</sub>, el. Lf., Temp,pH, Sichttiefe, HCO<sub>3</sub>, Ca, K, Na, Cl, SO<sub>4</sub>, TOC, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, o-PO<sub>4</sub>, Pgesamt, Si, Fe, Mn
  - Exposition von Tonsteinen als künstliches Substrat im anlagenfernen Bereich
- Ziel: Ganzheitliche Untersuchung des Einfluss von FPV





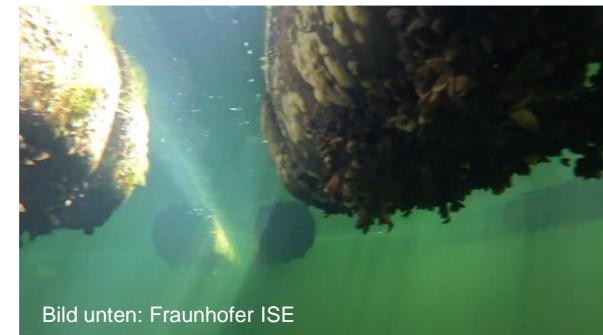
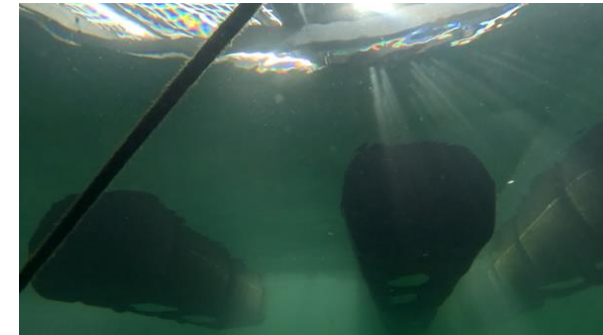
# Der ökologische Einfluss von Schwimmender PV auf den Wasserkörper

**\*Vorläufige Messergebnisse**



Projekt	Einstrahlung offener See	Einstrahlung unter FPV	Wind Offener See	Wind unter FPV
Sekdoorn, NL	100%	5%*	100%	8%*
Grafenwörth, Aut	100%	8,2%*	100%	0,7%*

Es gibt keinen Nachweis der Verschlechterung der Wasserqualität bei beiden Seen mit Bedeckungsgraden von 30% bzw. ca. 50%






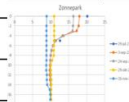




# Überblick von BayWa r.e.'s Forschungskampagnen

BayWa r.e. führte über einen Zeitraum von mehr als fünf Jahren ökologische Studien zu Betriebsanlagen mit einer Abdeckungsquote von bis zu 50 % durch, bei denen die

- **Ergebnisse nach dem Bau mit dem Zustand vor dem Bau und die**
- **Flächen unter der FPV-Anlage mit offenen Wasserflächen verglichen wurden**
- Ordnungsgemäß geführte schwimmende PV-Projekte haben die Wasserqualitätsparameter in diesen spezifischen Fallstudien wenig verändert
- Gegenteilig kann sogar die Förderung der biologischen Vielfalt erreicht werden: Leben unter Floating-PV ist möglich!
- Studien deuten darauf hin, dass FPVs keine negativen Auswirkungen auf Vogelpopulationen haben, und einige Studien deuten sogar auf mögliche Vorteile hin, da Vögel FPVs als Rast- und Schutzplätze nutzen

	Weperpolder	Bomhofsplas	Nij Beets	Beilen	Sellingen	Lippe	Sekdoorn	Oudehaske 1
	2.1 MWp 8% cover 1.5 ha	27.4 MWp 30% cover 18.3 ha	13.5 MWp 21% cover 10 ha	15.9 MWp 48% cover	41.1 MWp 40% cover 3.8 ha	13.7 MWp 35% cover 8 ha	14.5 MWp 28% cover 9.9ha	6.9 MWp 14% cover 4.3 ha
ATKB   <i>from braker</i>	Vogel Monitoring	Ökologie Studie	Ökologie Studie					
Handelschool Erasmus University of Applied Sciences		Wasser Analyse						
Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together	Vogel Monitoring und detaillierte Fauna Studie				Unterwasser Monitoring Vogel Monitoring			
ecocean WATER TO BE WISE		20 Biohütten 3-Jahres-Monitoring						
ENVISIO Umweltforschung					Wasser Analyse		Wasser Analyse	
Deltares				Wasser Analyse				
BayWa r.e.								
Fraunhofer							Wasser Analyse	Vogel Beobachtung





## Mehr als 5 Jahre unabhängige Forschung zu den Umweltauswirkungen von FPV

Die Ergebnisse unserer Untersuchung finden Sie in unserem White Paper. Scannen Sie den QR-Code, um mehr zu erfahren!





④ Fall Studie  
Trinkwasserreservoir:  
Bereenplaat, 4.9 MWp, NL





# Das Projekt Beerenplaat

- Freiluft-Trinkwasserreservoir südlich von Rotterdam, NL
- Ca. 135 Hektar Fläche, serpentin förmiges Becken mit Strömung
- Das Wasser fließt aus dem nahe gelegenen Fluss in das Becken und wird vorgereinigt, bevor es gespeichert und zu Trinkwasser verarbeitet wird
- **Alle Materialtests bestanden**
  - Alle Komponenten / Materialien wurden gemäß den Anforderungen des Wasserversorgers in Bezug auf Auswaschung und Abfluss getestet
  - Während der Produktions- und Bauprozesse wurde Trinkwasser z.B. für die Anker verwendet
  - Bei der Montage kamen Elektrofahrzeuge und Werkzeuge zum Einsatz
  - Biologisch abbaubare Kühlflüssigkeit für schwimmende Transformatoren + abgedichtete Sammelbehälter



Credits: Evides Waterbedrijf



# Das Projekt Beerenplaat

## Projekterfolg

1. Floating-PV-Projekt der BayWa r.e. auf einem Trinkwasserreservoir



Eigentümer - Utility



Entwickler

Turnkey EPC Anbieter

## Standort

Bereenplaat, Netherlands

## Kapazität

4.83 MWp

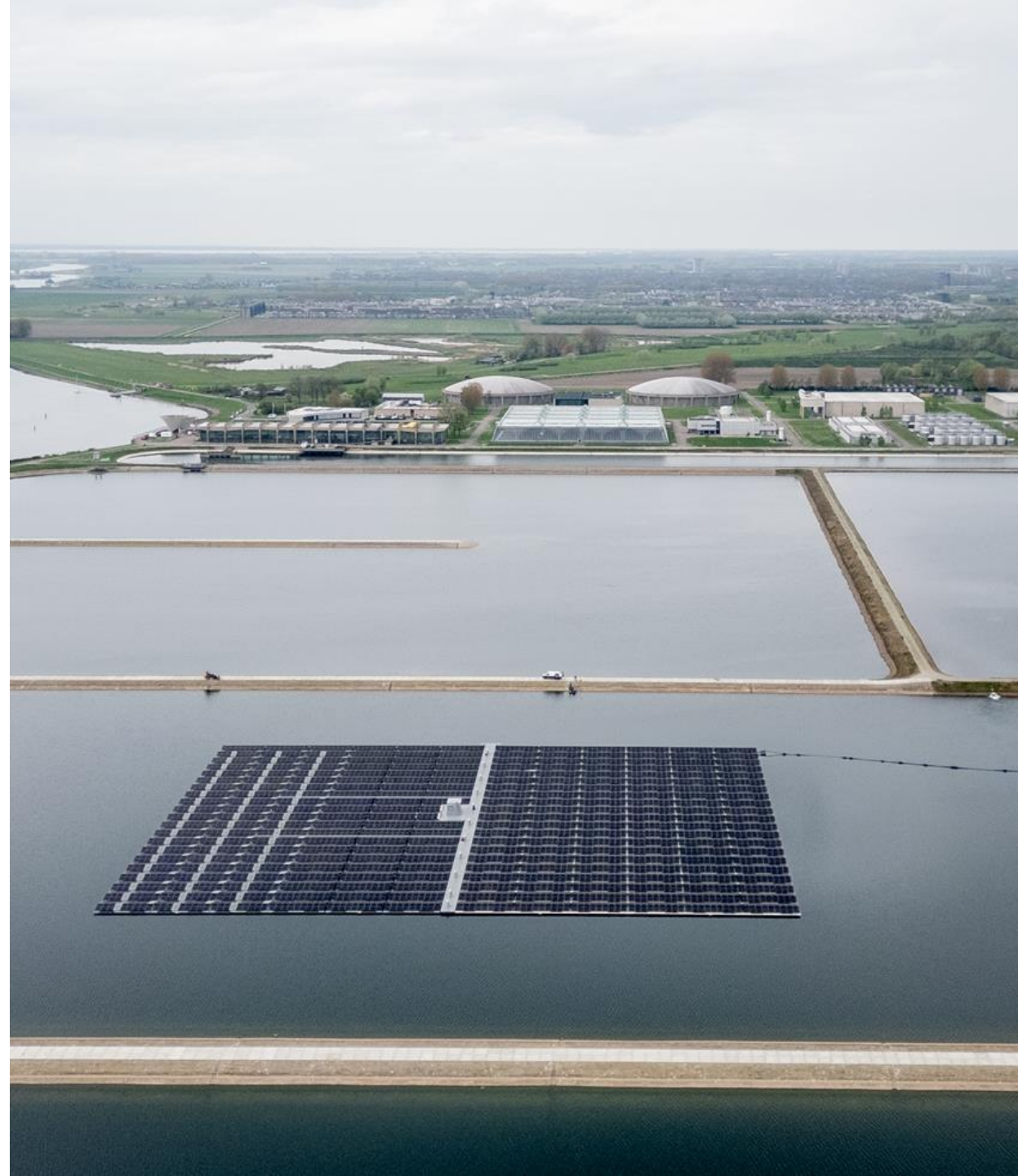
## Inbetriebnahme

April 2024

## Weitere Infos



- 2 separate Inseln à 1,5 ha
- 8804 Sonnenkollektoren
- 2 schwimmende Transformatoren
- Zimmerman ZimFloat System
- ca. 4900 MWh/Jahr
- 21 % des Energieverbrauchs der Einrichtung
- Weitere Tests der Auswirkungen auf die Wasserqualität werden vor Ort durchgeführt





## 5 Fazit



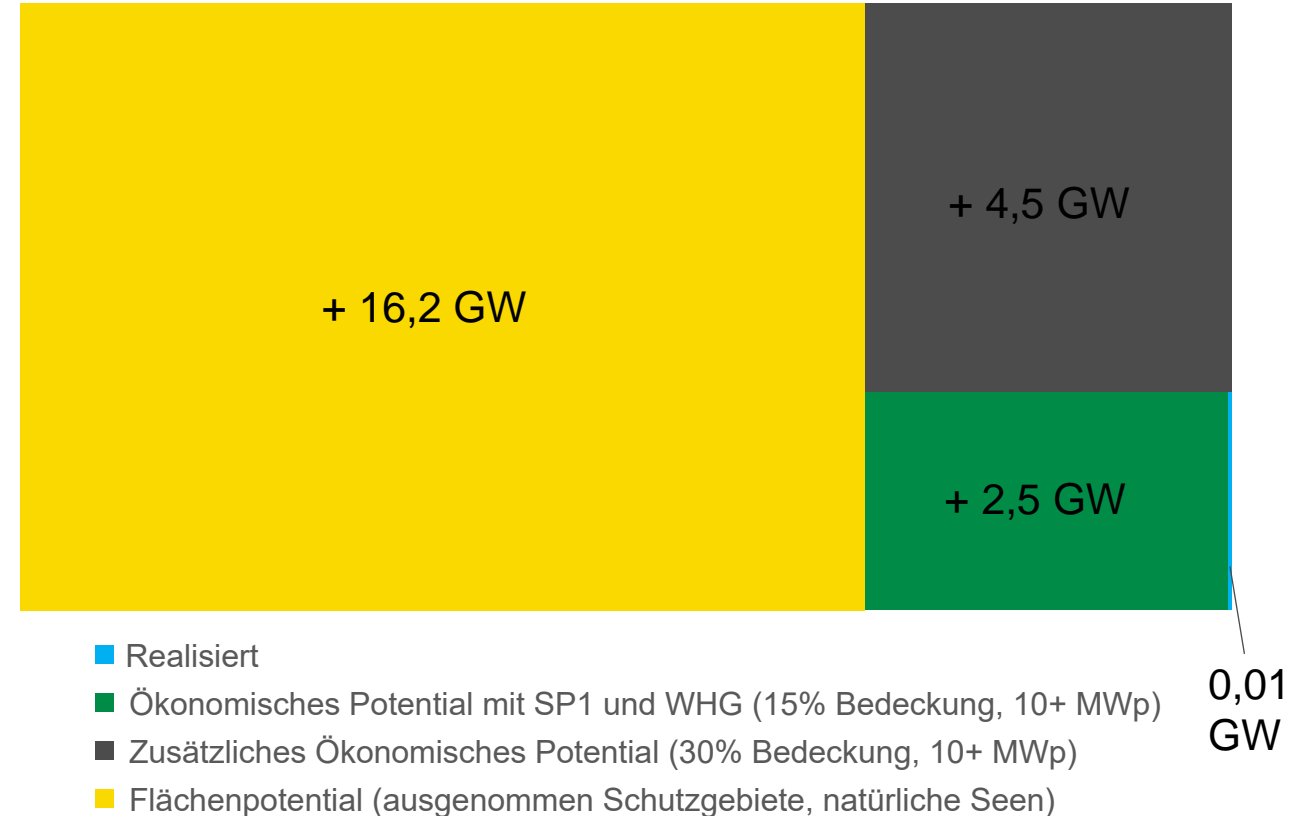


# Deutschland's Potential an schwimmender Photovoltaik

## Das Potential ist ungenutzt!

- Bis 2023 realisiert: 0,01 GWp
- **Ökonomisches Potential von 2,5 GW mit Solarpaket 1**  
unter Wasserhaushaltsgesetz Auflage
  - 15% Bedeckung, 10+ MWp
  - Unrealistisch, das immer 15% genutzt werden würden
- **Ökonomisches Potential von 7 GW**
  - 30% Bedeckung, 10+ MWp
- **Flächenpotential nach Ausschluss von Schutzgebieten + Freizeitnutzung von 25 GW**
  - 469 Seen mit >10 ha

## Visualisierung des FPV Potentials in DE

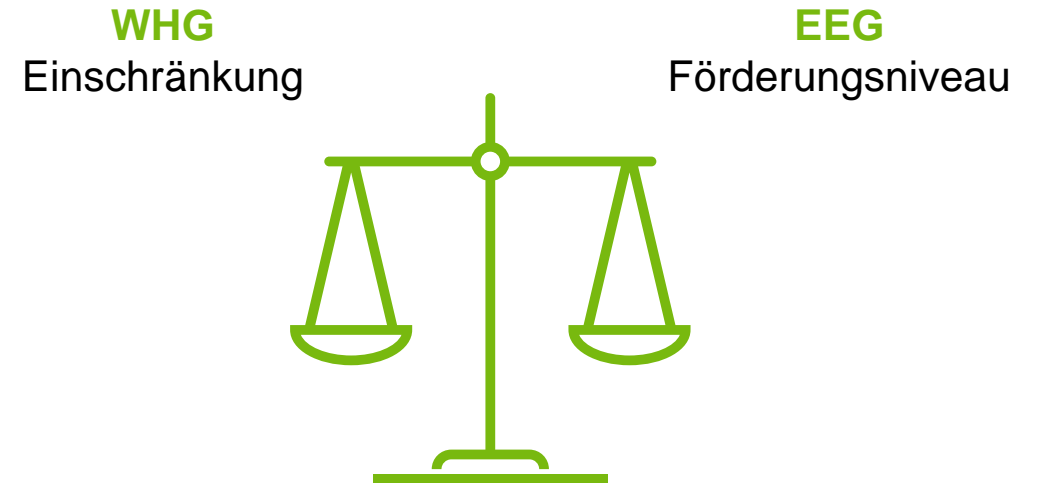




# Wichtigkeit des “PV-Paket 1” für den Ausbau Schwimmender PV

## Sicht eines Systemintegrators

- Die Energiewende benötigt Flächen, um erfolgreich zu sein
  - Schwimmende PV nur auf künstlichen Seen, kein Wettbewerb mit Ökologie und Tourismus
- Das bevorzugte Ausschreibungssegment im PV-Paket 1 ist eine geeignet das Marktsegment schwimmende PV zu beleben
  - Höchstgebot von 95 €/MWh ist volkswirtschaftlich sinnvoll
  - Unterstützt den Business Case Netzeinspeisung adäquat
- Die Reduktion der Einschränkungen hinsichtlich Bedeckungsgrad und Uferabstand ist notwendig
  - 50%-60% Bedeckung und  $\geq 20$  m Uferabstand sind sinnvolle Größen



Je stärker das WHG reguliert, desto höher muss die Förderung im EEG sein





## Zusammenfassung und take-away



Schwimmende PV ist eine erprobte und reife Technologie, wenn sie adäquat geplant und gebaut wird.



Schwimmende PV kann eine Win-Win Situation für den Klimaschutz und die Biodiversität sein. Das hohe Regulationsniveau in DE sollte hinterfragt werden.



Insbesondere der CO<sub>2</sub>-intensive Roh- und Baustoffsektor kann mit schwimmender PV seine CO<sub>2</sub> Bilanz verbessern.



Das Solarpaket 1 ist zu begrüßen und geeignet das Marktsegment in Deutschland zu beleben.

Je mehr das WHG einschränkt, desto kleiner und teurer die Kraftwerke, desto höher muss das Förderniveau im EEG sein.





Danke für ihre  
Aufmerksamkeit!

**Christoph Kutter**  
R&D Engineer FPV  
[christoph.kutter@baywa-re.com](mailto:christoph.kutter@baywa-re.com)

**Raphael Kempf**  
Teamleiter Projektentwicklung PV DE  
[raphael.kempf@baywa-re.com](mailto:raphael.kempf@baywa-re.com)

# Copyright

© Copyright BayWa r.e. AG, 2023

The content of this presentation (including text, graphics, photos, tables, logos, etc.) and the presentation itself are protected by copyright. They were created by BayWa r.e. AG independently.

Any dissemination of the presentation and/or content or parts thereof is only permitted with written permission by BayWa r.e. Without written permission of BayWa r.e., this document and/or parts of it must not be passed on, modified, published, translated or reproduced, either by photocopies, or by others – in particular by electronic procedures. This reservation also extends to inclusion in or evaluation by databases. Infringements will be prosecuted.