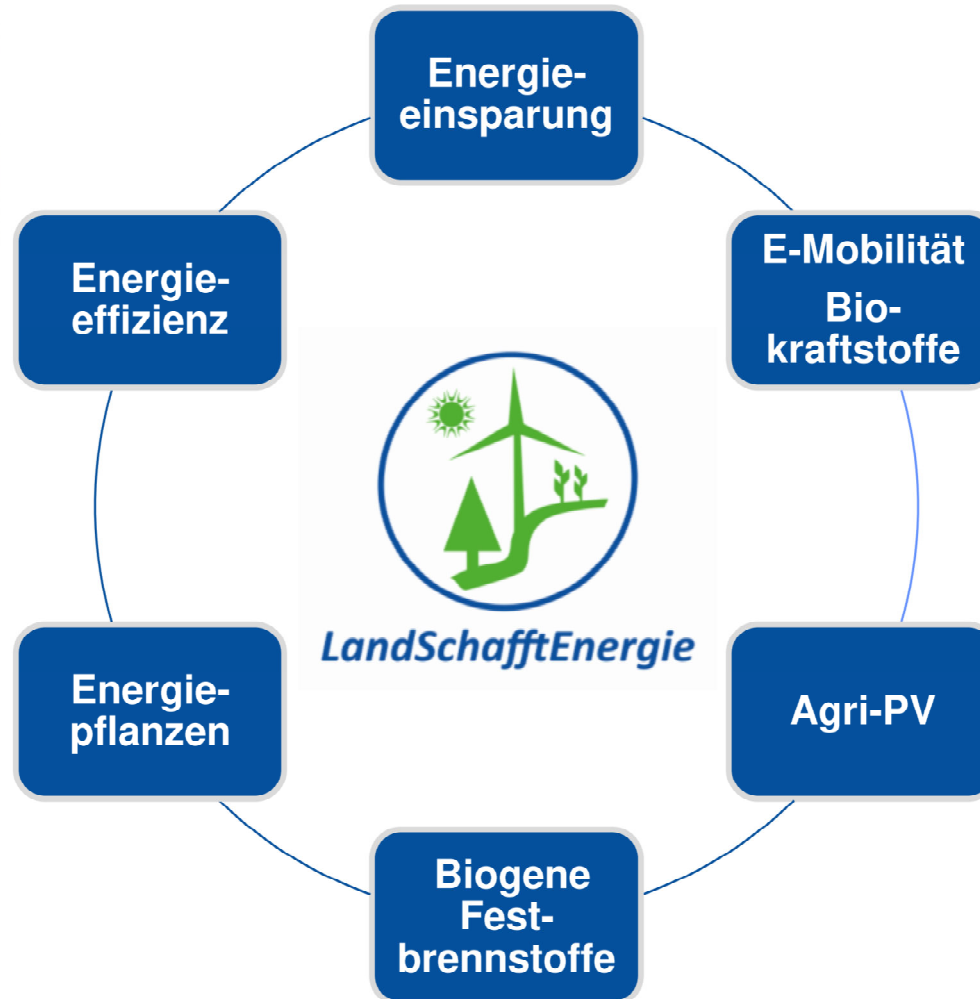




# ***Floating-Photovoltaik – die schwimmende Stromerzeugung***

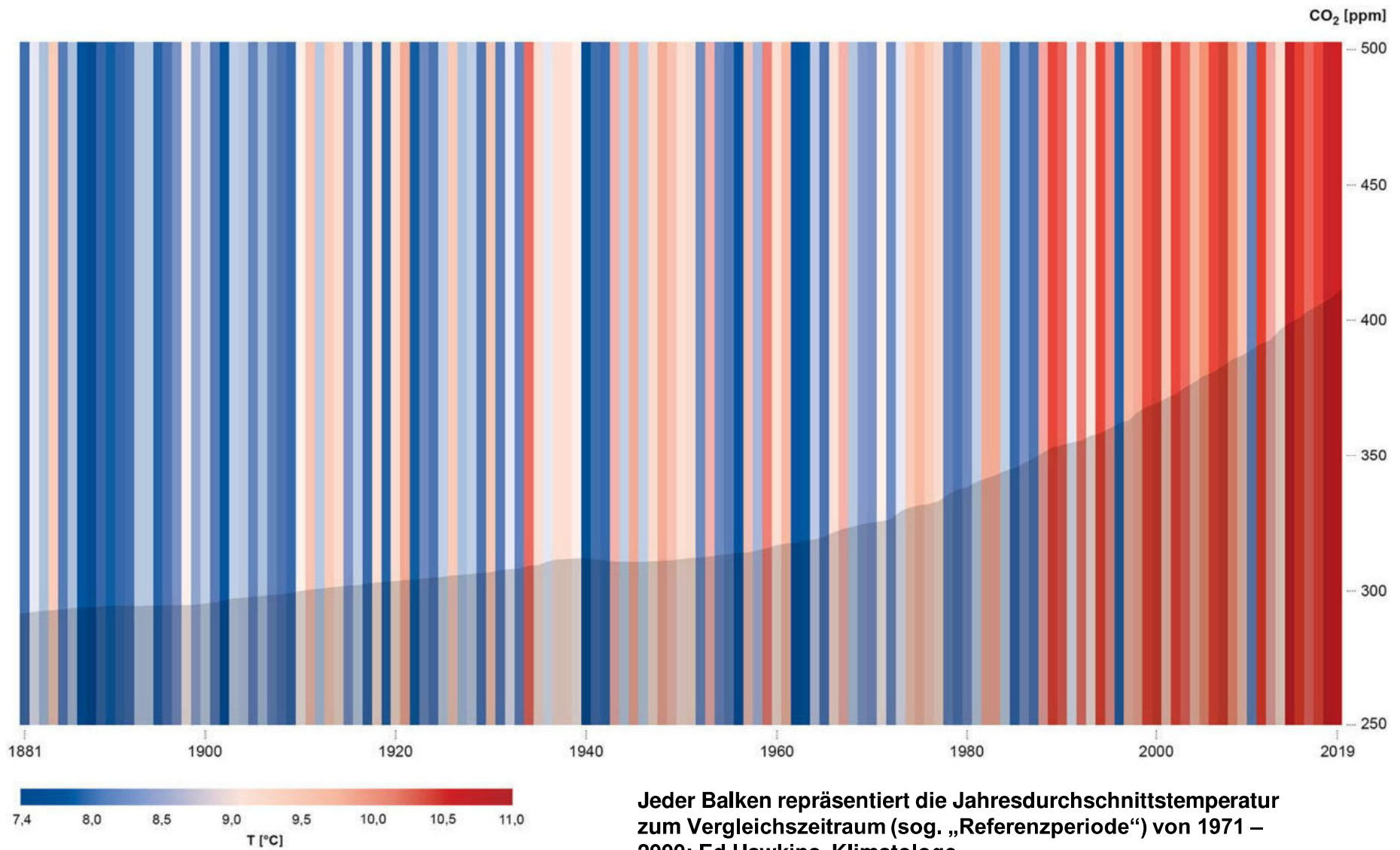
Online-Veranstaltung am 09. März 2022

**Wilhemina Mamerow und Sascha Köhler (BBH Rechtsanwälte)  
Gawan Heintze und Daniel F. Eisel (TFZ)**



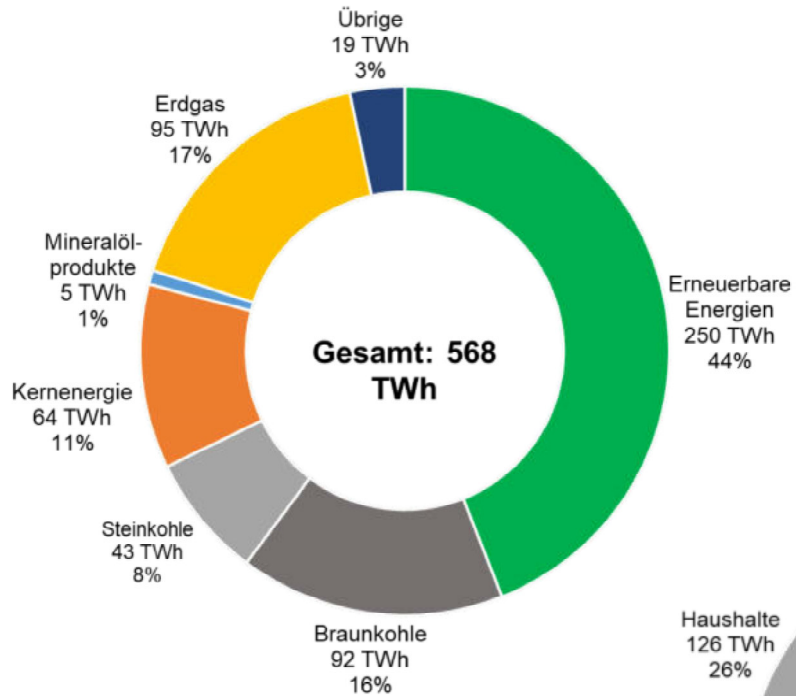
# Klimawandel und Temperatur

## Warming Stripes NRW – Barcode des Klimawandels

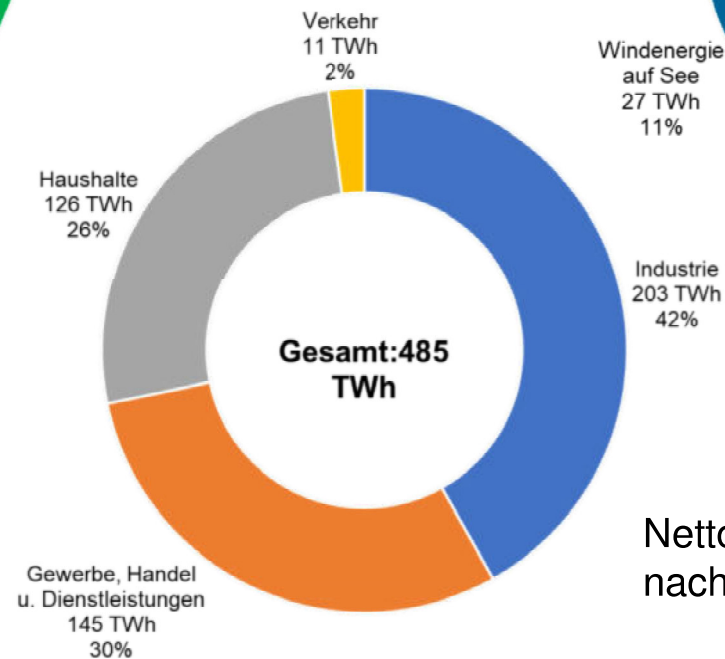
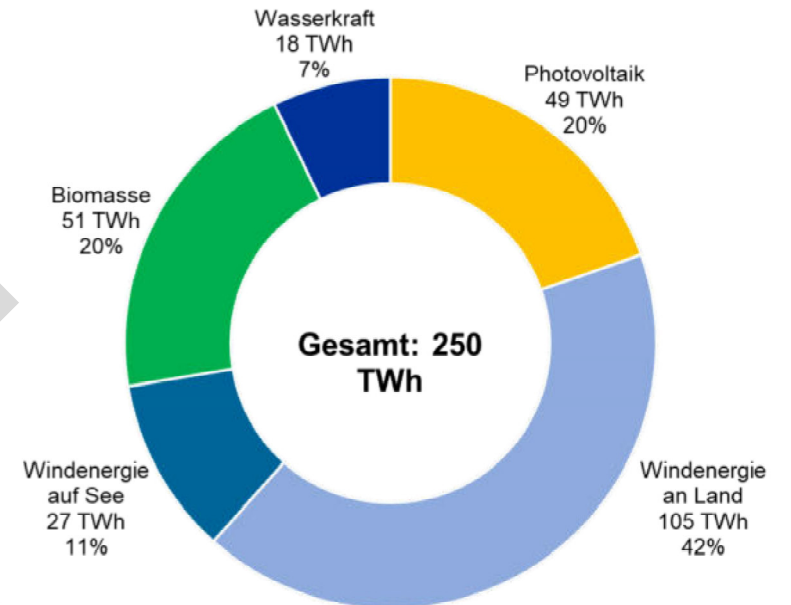


# Bruttostromerzeugung / Nettostromverbrauch DE im Jahr 2020

Bruttostromerzeugung  
nach Sektoren 2020 in TWh



Bruttostromerzeugung  
Erneuerbare Energien 2020 in TWh



Nettostromverbrauch  
nach Sektoren 2020 in TWh

Quelle: AGEE-Stat; Umweltbundesamt



# Entwicklung der Photovoltaik

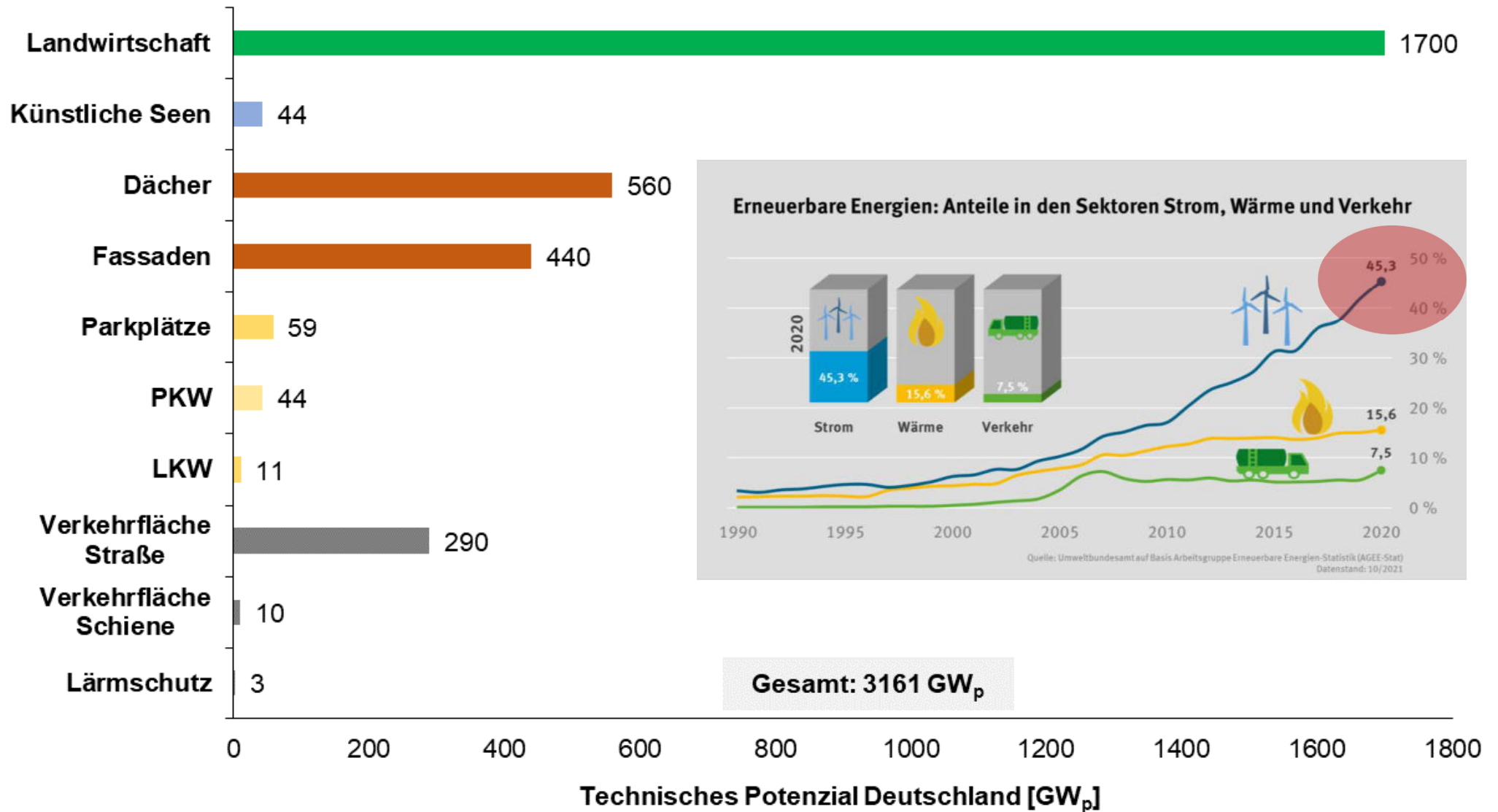
- Die installierte Photovoltaik-Leistung soll um rund 140 auf 200 Gigawatt bis 2030 steigen  
→ angestrebte Klimaneutralität Deutschland bis 2045

## Ausbau Wind und Photovoltaik



Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

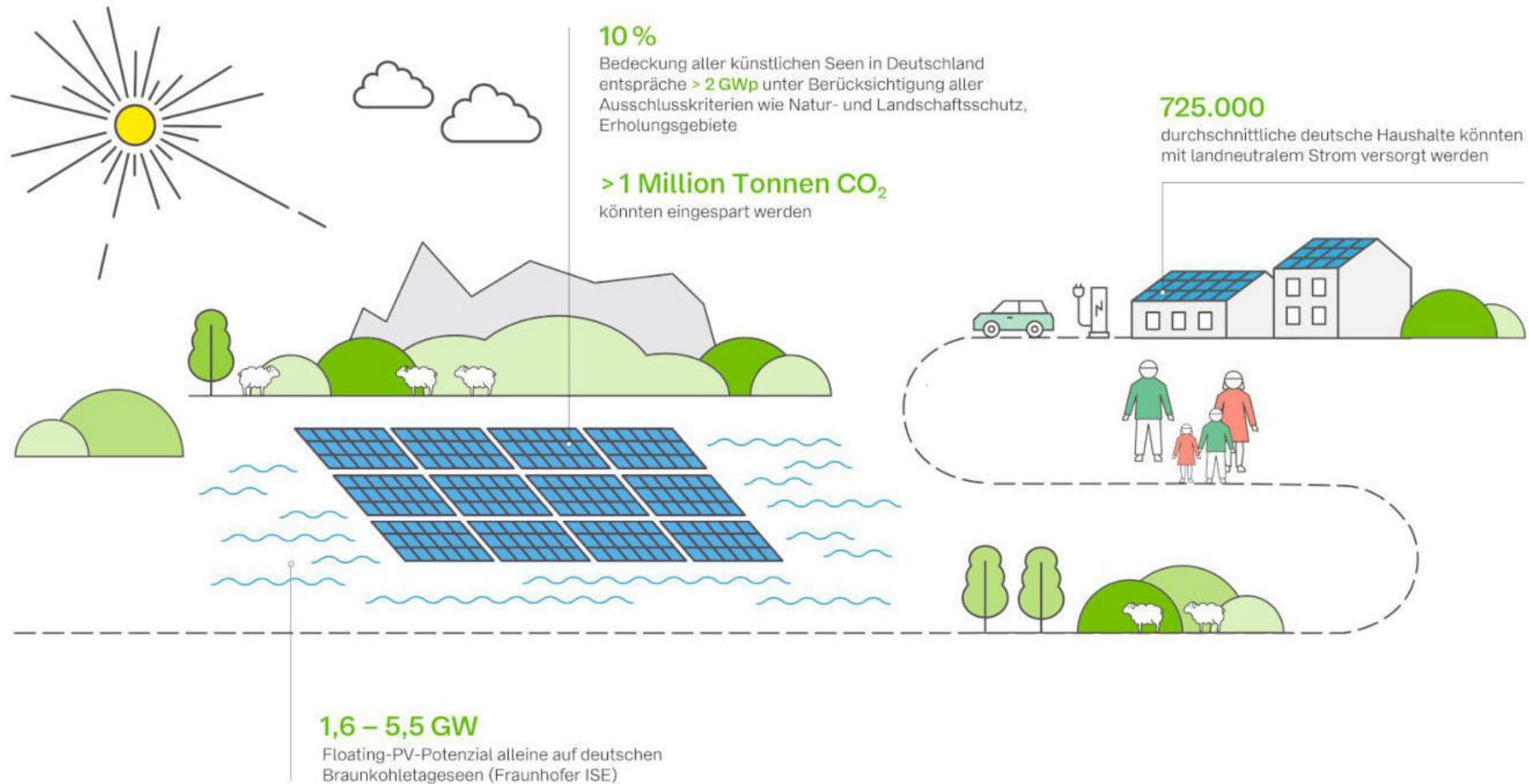
# EE: Anteile nach Sektoren / Potenziale der integrierten PV



Quelle: Fraunhofer ISE; Umweltbundesamt, Datenstand: 10/2021

# Potenziale in Deutschland

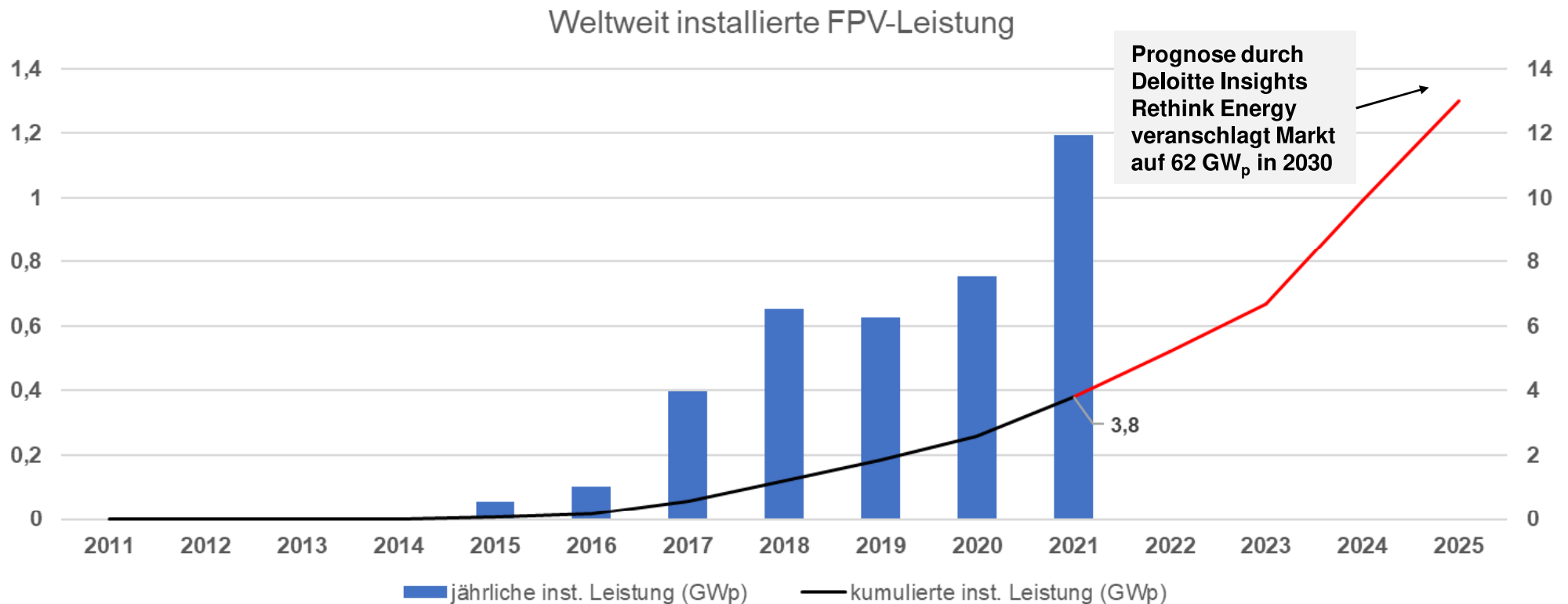
- knapp 500 Tagebauseen mit einer Gesamtfläche von 47.251 Hektar & 725 Bagger- & 354 Kiesseen (Quelle: Fraunhofer ISE)



Quelle: BayWa r.e.

# Status quo weltweiter Anlagen

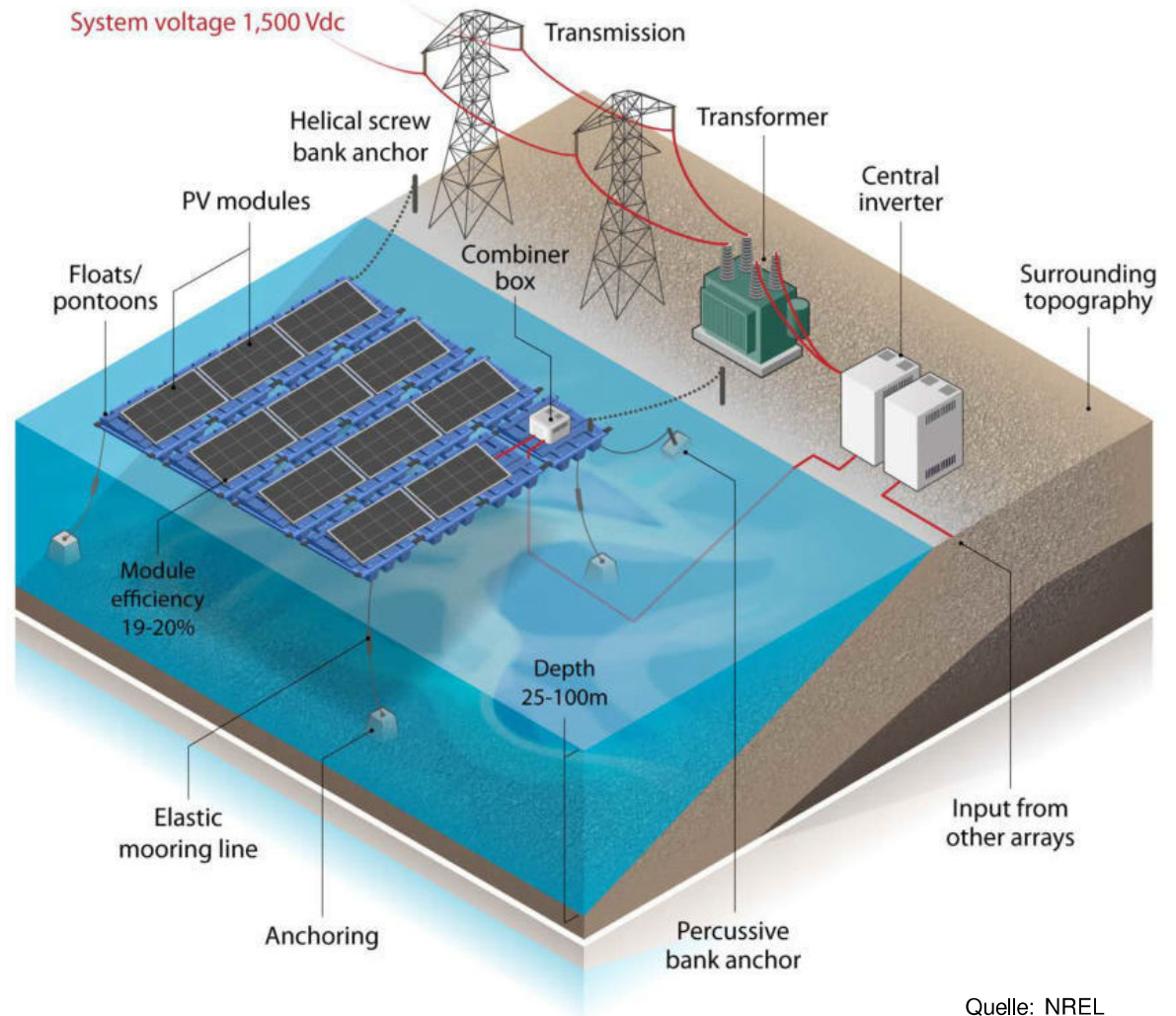
- globales Potenzial: 400 GW<sub>p</sub> (Energy Sector Management Assistance Program, 2019)
- 97 % der FPV-Projekte konzentrieren sich Asien → 18,2 GW<sub>p</sub> in der Pipeline (BloombergNEF, 2021)
- viele Großprojekte (> 15 MW<sub>p</sub>) in Europa (Niederlande, Frankreich, UK)
- in Deutschland derzeit nur Anlagen mit max. 750 kW<sub>p</sub> → **EEG-Vergütung und Eigenverbrauch**; derzeit in Deutschland installierte Leistung etwa 5 MW<sub>p</sub>





# Systemtechnik – Konzept

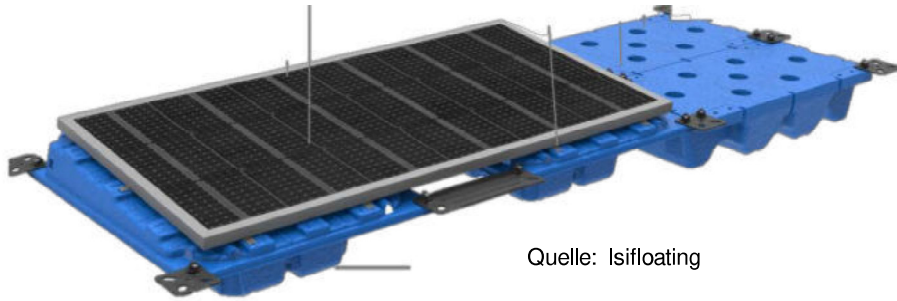
- Schwimmkörper (Pontons): Genügend Auftrieb, Flexibilität gegenüber Wellen, hohe Lebensdauer > 25 Jahre
- Verankerung: Wind, Wellen und variierende Wasserstände
- PV-Module: Verkapselung der Module, Degradation
- Wechselrichter: an Land oder auf dem Wasser positioniert



Quelle: NREL

# Systemtechnik – Unterkonstruktion

## HDPE Schwimmpontons



Quelle: Isifloating

- optimiert für Süd-Ausrichtung
- geringe Windangriffsfläche
- leichte, schnell zu errichtende Struktur
- sehr beständig gegen UV-Strahlung und Salzwasser
- gut recyclingfähig

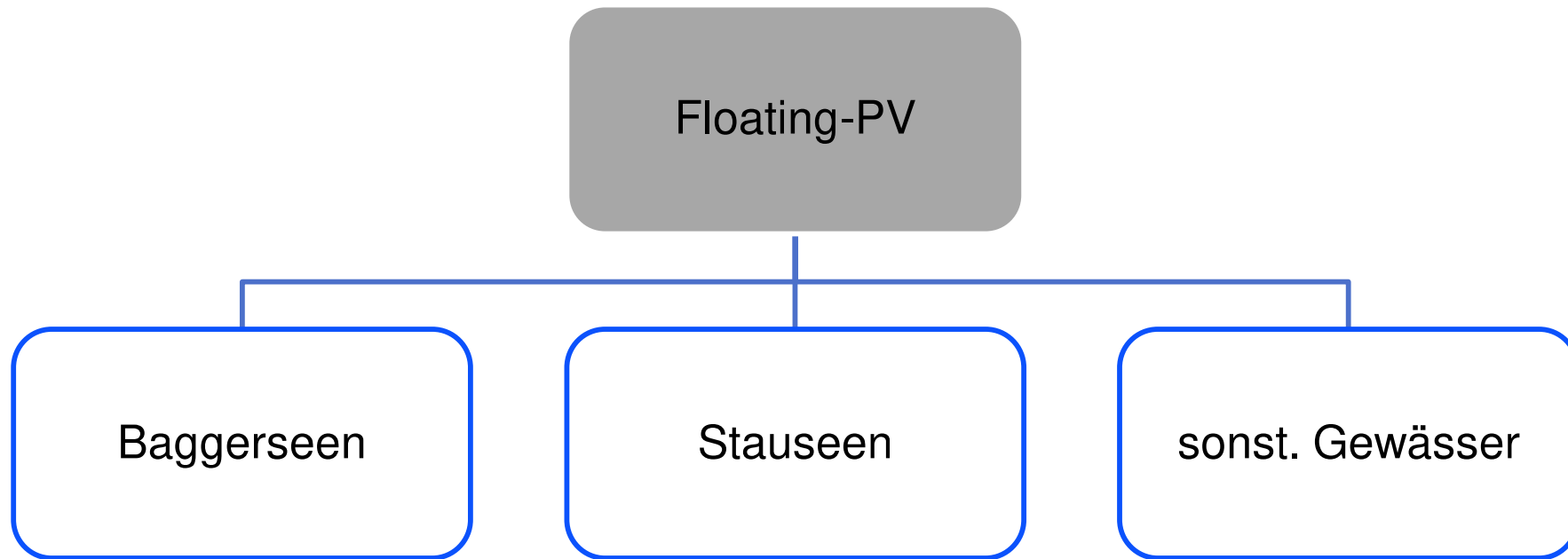
## Stahlkonstruktion



Quelle: Zimmermann PV-Floating

- optimiert für Ost-West-Ausrichtung
- sehr beständige Struktur
- Korrosionsschutz notwendig
- Kamineffekt mit erhöhter Kühlwirkung
- gut recyclingfähig

# Praxisbeispiele Floating-PV





# Praxisbeispiel auf Baggerseen

- **Installation/Fläche:** 2020 auf ca. 0,5 ha
- **Ort:** Dettelbach, Deutschland (Heidelberger Sand und Kies GmbH)
- **Installierte Leistung:** 0,75 MW<sub>p</sub>





# Praxisbeispiel auf Baggerseen

- **Installation/Fläche:** 2020 auf ca. 1 ha
- **Ort:** Nobitz, Deutschland (HEIM-Gruppe; Sand und Kies)
- **Installierte Leistung:** 1,5 MW<sub>p</sub>



Quelle: ZIMMERMANN PV-Floating



# Praxisbeispiel auf Baggerseen

- **Installation/Fläche:** 2022 auf 1,8 ha **in Q.1/2**
- **Ort:** Silbersee III, Haltern, Deutschland (Quarzwerte GmbH)
- **Installierte Leistung:** 3 MW<sub>p</sub> (ca. 5.800 Solarmodule)



Quelle: Wikimedia



# Praxisbeispiel auf Baggerseen

- **Installation/Fläche:** 2020 auf ca. 18,25 ha
- **Ort:** Zwolle, Niederlande
- **Installierte Leistung:** 27,4 MW<sub>p</sub> (ca. 73.000 Solarmodule)



Quelle: BayWa r.e. AG



# Praxisbeispiel auf Stauseen

- **Installation/Fläche:** 2020 auf ca. 0,22 ha
- **Ort/Betreiber:** Schweiz, (Lac de Toules Stausee) Elektrizitätsgesellschaft Forces Motrices du Grand-Saint-Bernard
- **Installierte Leistung:** 0,57 MW<sub>p</sub> (ca. 1.400 bifaziale Solarmodule)



Quelle: Romande Energie



# Praxisbeispiel auf Stauseen

- **Installation/Fläche:** 2021 auf ca. 45 ha
- **Ort/Betreiber:** Malaysia, Sembcorp Industries Ltd.
- **Installierte Leistung:** 60 MW<sub>p</sub>



# Praxisbeispiel auf Stauseen

- **Installation/Fläche:** 2021, k.A.
- **Ort/Betreiber:** Prov. Gyeongsang, Südkorea (Hapcheon Staudamm), Korea Water Resources
- **Installierte Leistung:** 41 MW<sub>p</sub> (ca. 92.000 Solarmodule)





# Praxisbeispiel auf Stauseen

- **Installation/Fläche:** 2017 und 2020, k.A.
- **Ort/Betreiber:** Prov. Cixi, Zhejiang, China (Changhe and Zhouxiang Staudamm), Hangzhou Fengling Electricity
- **Installierte Leistung:** 320 MW<sub>p</sub>



Quelle: KSTAR



# Praxisbeispiel auf sonstigen Gewässern

- **Installation/Fläche:** 2018 auf ca. 1,2 ha
- **Ort:** Kasai, Hyogo Präfektur, Japan (Bewässerungsteich)
- **Installierte Leistung:** 1,26 MW<sub>p</sub> (ca. 3.546 Solarmodule) in Anl. I (665 kW<sub>p</sub>) und II (594 kW<sub>p</sub>)



Quelle: Ciel & Terre International



# Praxisbeispiel auf sonstigen Gewässern

- **Installation/Fläche:** 2021 auf ca. 1,6 ha
- **Ort:** Sonoma County, Kalifornien, USA (Wasserrückhaltebecken)
- **Installierte Leistung:** 1,8 MW<sub>p</sub> (ca. 4.959 Solarmodule)



Quelle: Ciel & Terre International



# Praxisbeispiel auf sonstigen Gewässern

- **Installation/Fläche:** 2020 auf ca. 3,7 ha
- **Ort:** Chaiyi, Taiwan (Kläranlage)
- **Installierte Leistung:** 4,3 MW<sub>p</sub> (ca. 11.484 Solarmodule)

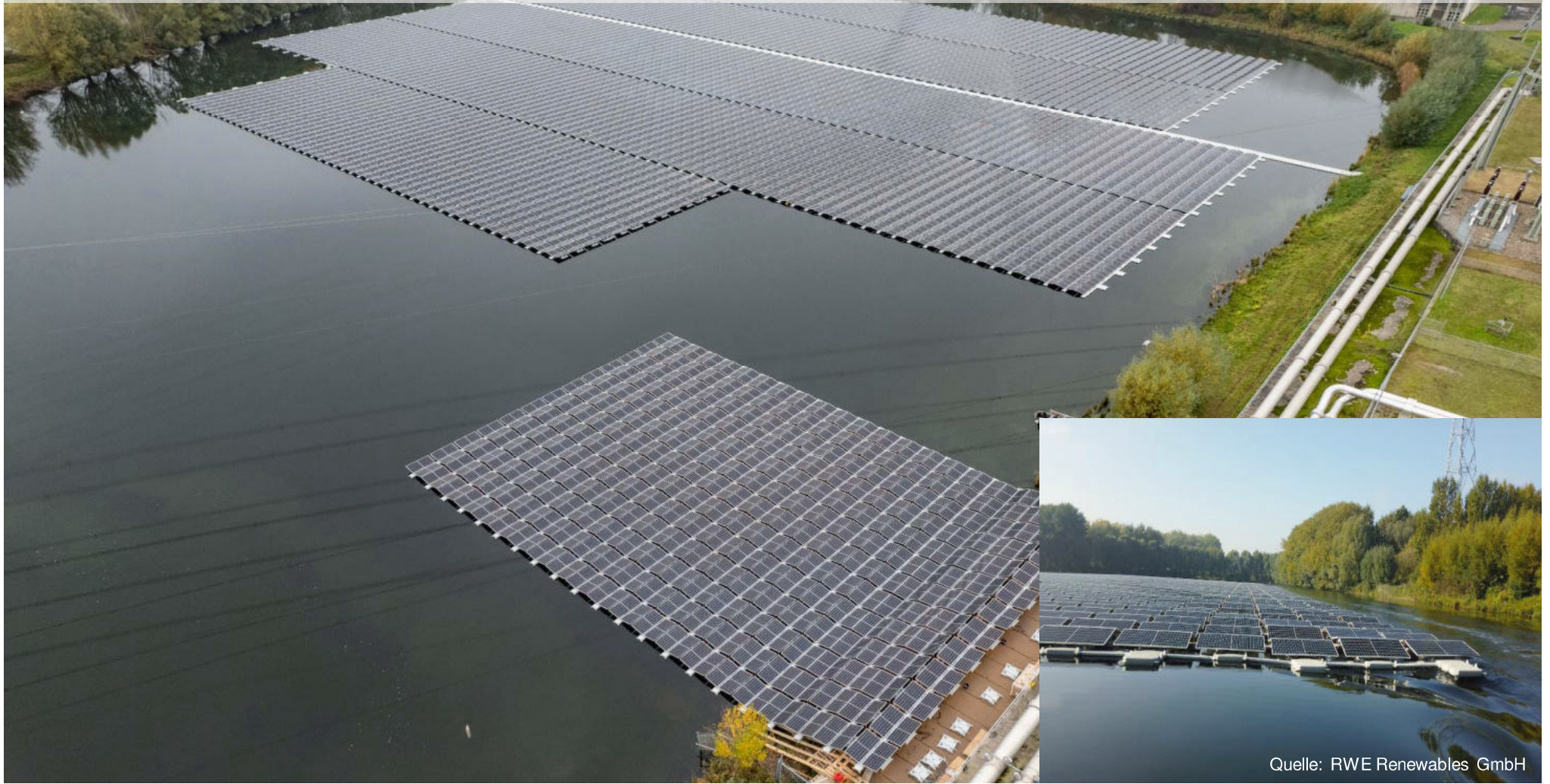


Quelle: Ciel & Terre International



# Praxisbeispiel auf sonstigen Gewässern

- **Installation/Fläche:** 2021 auf ca. 5 ha
- **Ort:** Geertruidenberg, Niederlande (Kühlteich Kohlekraftwerk Amer, RWE)
- **Installierte Leistung:** 6,1 MW<sub>p</sub> (ca. 13.400 Solarmodule)





# Praxisbeispiel auf sonstigen Gewässern

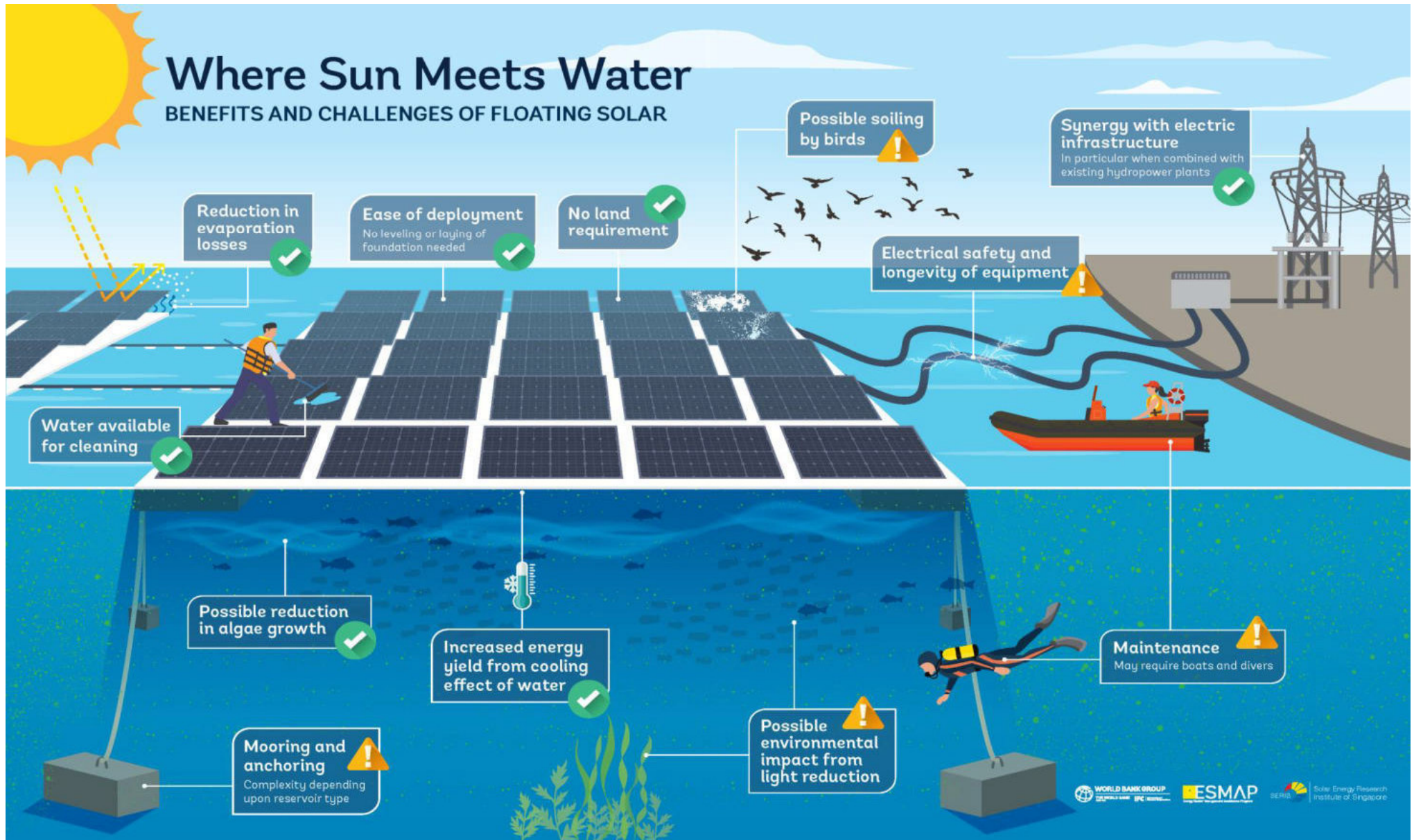
- **Installation/Fläche:** 2019 auf ca. 60 ha
- **Ort:** Bengbu, Prov. Anhui, China (Mienensee)
- **Installierte Leistung:** 70 MW<sub>p</sub> (ca. 195.000 Solarmodule)



Quelle: Ciel & Terre International



# Key Facts

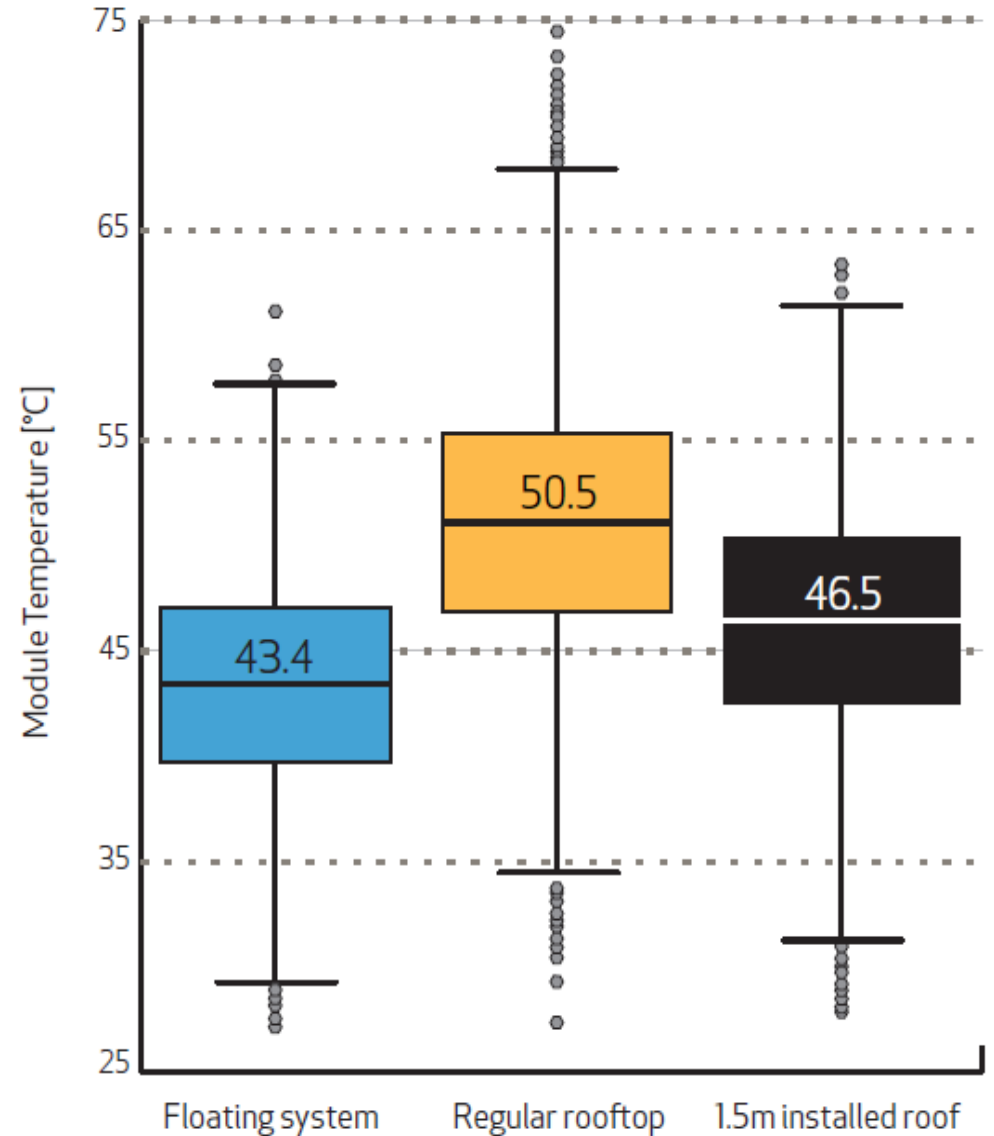




# Vorteile der Technologie



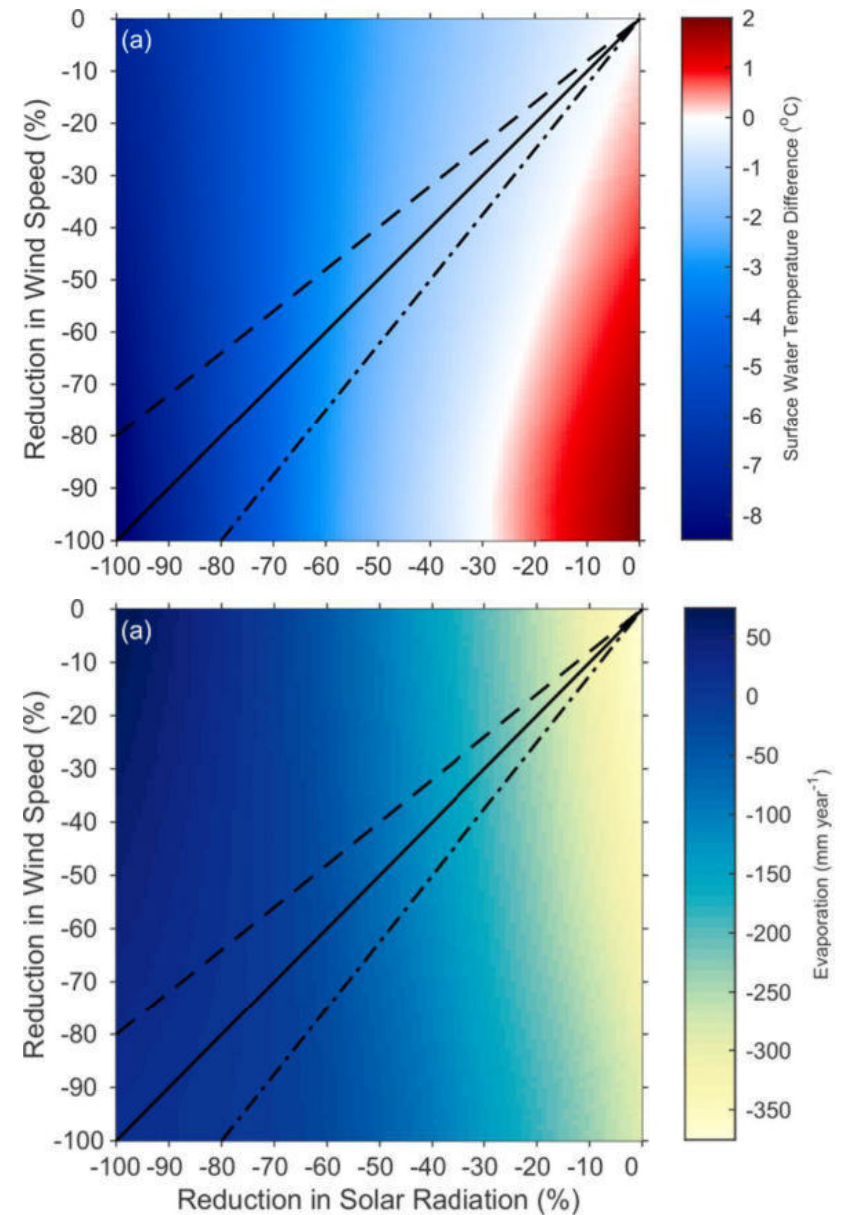
- Vermeidung von Landnutzungskonflikten  
→ Landwirtschaft, Infrastruktur
- Klima-Resilienz des Gewässers
- Floating-PV erreicht eine hohe Flächennutzungseffizienz von ca. 1,2 – 1,3 MW<sub>p</sub>/ha installierte Leistung
- verringerte Modultemperatur durch Kühlungseffekt der Wasserfläche



# Vorteile der Technologie

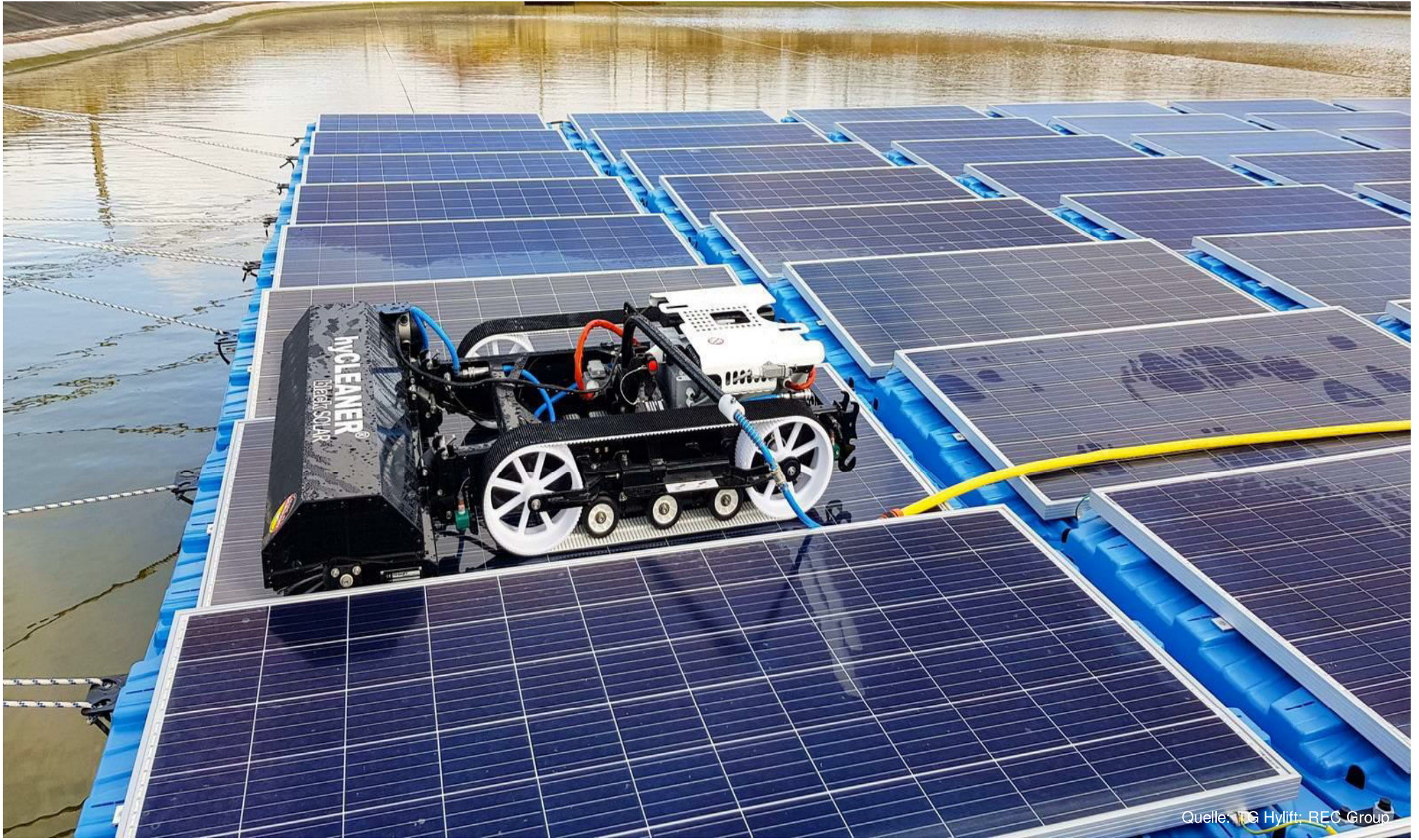


- Ertragssteigerung durch Kühleffekt (5 bis 15 % höhere PR)
- höhere Wärmeverluste, es konnte eine Steigerung des Wärmedurchgangskoeff. von bis zu  $22 \text{ W/m}^2\text{K}$  ermittelt werden (Dörenkämper et al., 2021)
- Einflüsse auf Wassertemperatur und Evaporation können möglich sein





# Vorteile der Technologie

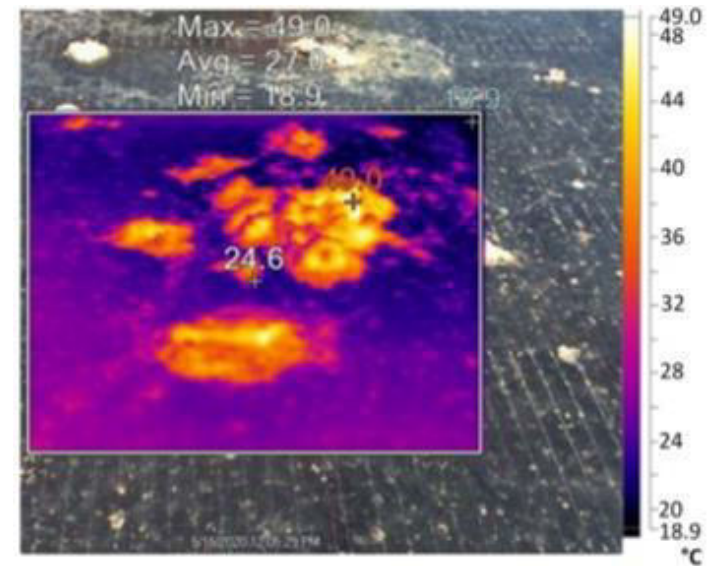
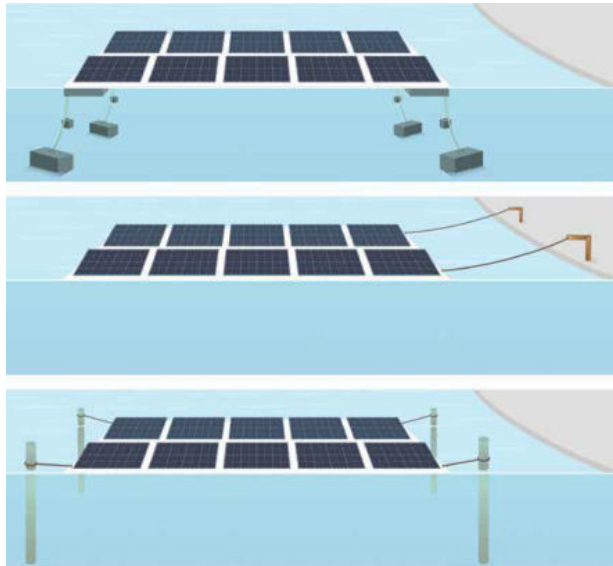


Quelle: TG Hylitt; REC Group



# Nachteile/Herausforderungen der Technologie

- Verankerung der Anlage kann kostenintensiv und aufwendig sein  
→ ca. 30 Halteseile pro installiertem  $MW_p$  (Ziar et al., 2020)
- um 15 – 20 % höhere spez. Investitionskosten (CAPEX) und bis zu 5 % höherer OPEX im Vergleich zu FFA-PV
- mögliche Beeinträchtigung von Leistung und Haltbarkeit durch bspw. Biofouling, Vogelkot, mech. Zugkräfte auf Kabel
- mögliche Einflüsse auf die Gewässerökologie  
(Sauerstoffgehalt, Nährstoffverfügbarkeit, Pflanzenwachstum)



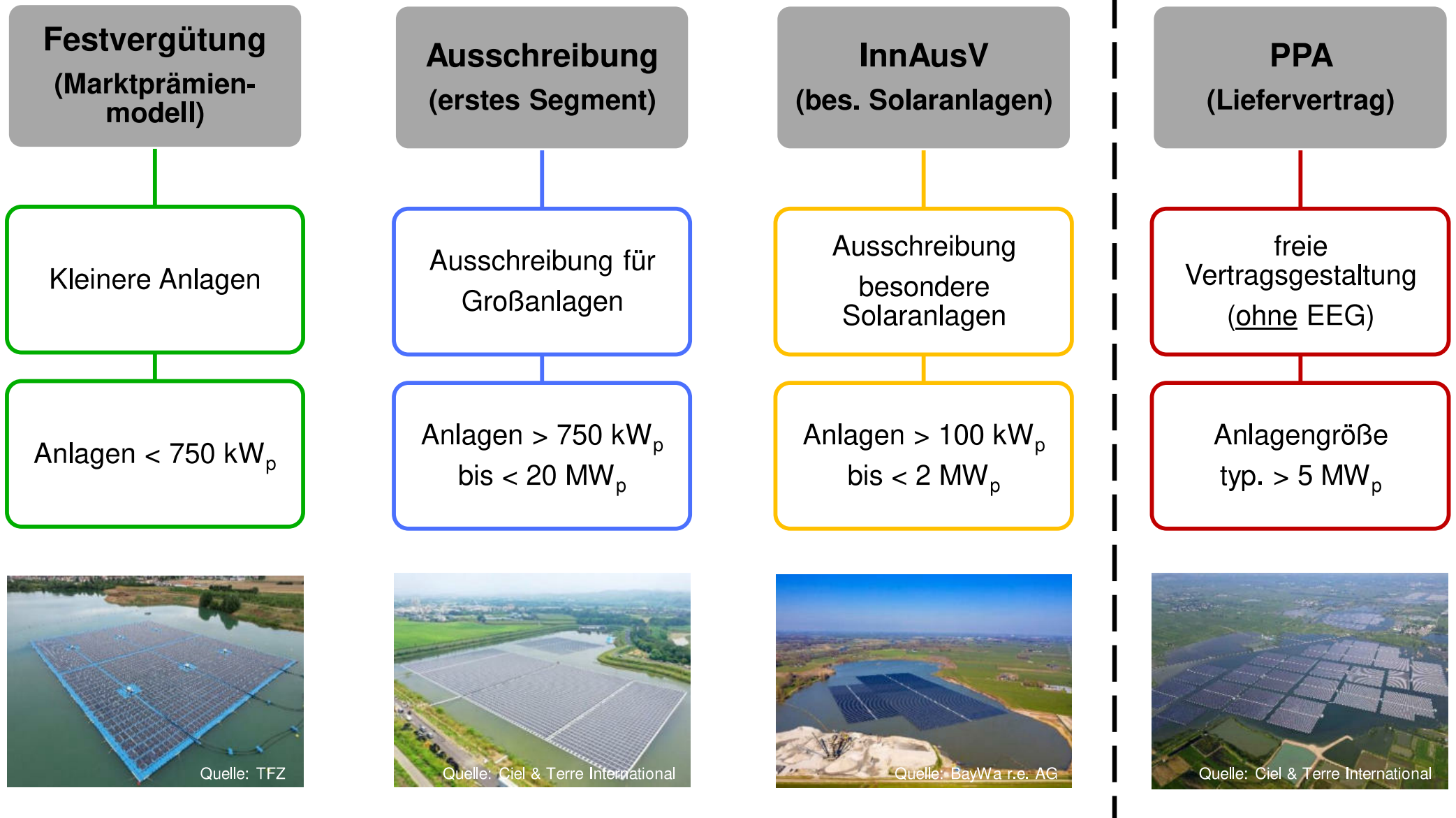


# Mögliche ökologische Auswirkungen

- Wiss. fundierte Untersuchungen der Floating-PV auf die Gewässerökologie und den Artenbestand fehlen bis dato → **Langzeitstudien stehen noch aus**
- reduzierte Einstrahlung und Wassertemperatur → **geringeres Wachstum planktischer Algen mindert das Risiko einer Eutrophierung eines stehenden Gewässers**
- Schwimmkörper könnten für benthische Algen (Bewuchsalgen) und Muscheln als Aufwuchskörper interessant sein → **Nährstoffe können gebunden werden und stehen somit nicht mehr zur Verfügung, Reduzierung der Trophie**
- weniger Windenergie → **mögliche Auswirkungen auf das Schichtungsverhalten und somit den Nährstoffhaushalt**

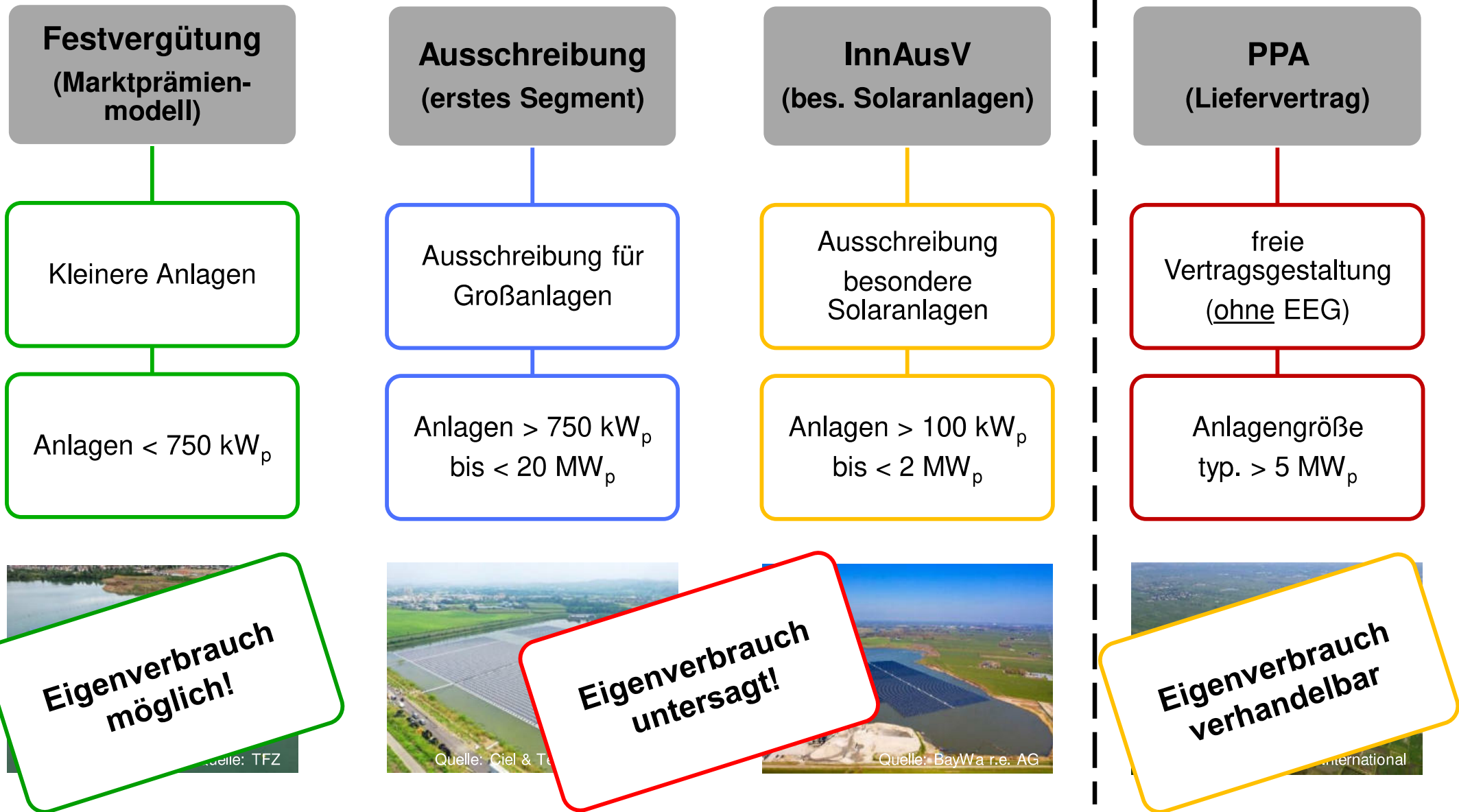


# Erlösoptionen: EEG-Ausschreibungen und förderfreie Anlagen





# Erlösoptionen: EEG-Ausschreibungen und förderfreie Anlagen



# Fazit

---

## Chancen

- geringe Flächenkonkurrenz
- hohe Flächennutzungseffizienz
- Stromkosten können teils deutlich reduziert werden → Eigenverbrauch
- neu Bundesregierung plant die Abschaffung des EEG-Umlage zum 01. Juli 2022
- Floating-PV-Anlagen können durch erweiterte Flächenkulisse (Ref.-Entwurf EEG 2023) an Ausschreibungen des ersten Segments teilhaben
- Klima-Resilienz des Gewässers → Eutrophierung
- geringere Evaporation des Gewässers

## Herausforderungen

- höhere Investitionskosten ggü. PV-FFA
- EEG-Ausschreibungen verbieten Eigenverbrauch → Änderungen EEG 2023?
- Mögliche Einflüsse auf die Gewässerökologie → Zirkulation/Durchmischung
- Akzeptanz in der Bevölkerung → Einbindung von Interessensgruppen und interessierte Bürger





***Floating-PV***  
***Chance für die***  
***Energie- &***  
***Klimawende!***

**Kontakt:**

**Gawan Heintze/Daniel F. Eisel**

Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

Tel.: +49 (0) 9421 300-270

E-Mail: [landschafttnergie@tfz.bayern.de](mailto:landschafttnergie@tfz.bayern.de)