

POTENZIALABSCHÄTZUNG FÜR SCHWIMMENDE PV-KRAFTWERKE AUF BRAUNKOHLE-TAGEBAUSEEN IN DEUTSCHLAND



Konstantin Ilgen

Team *Datenanalyse und Modellierung*

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Online-Fachgespräch: Potenziale von Floating-Solar auf
Lausitzer Bergbauseen

Freiburg, 26.04.2021

konstantin.ilgen@ise.fraunhofer.de

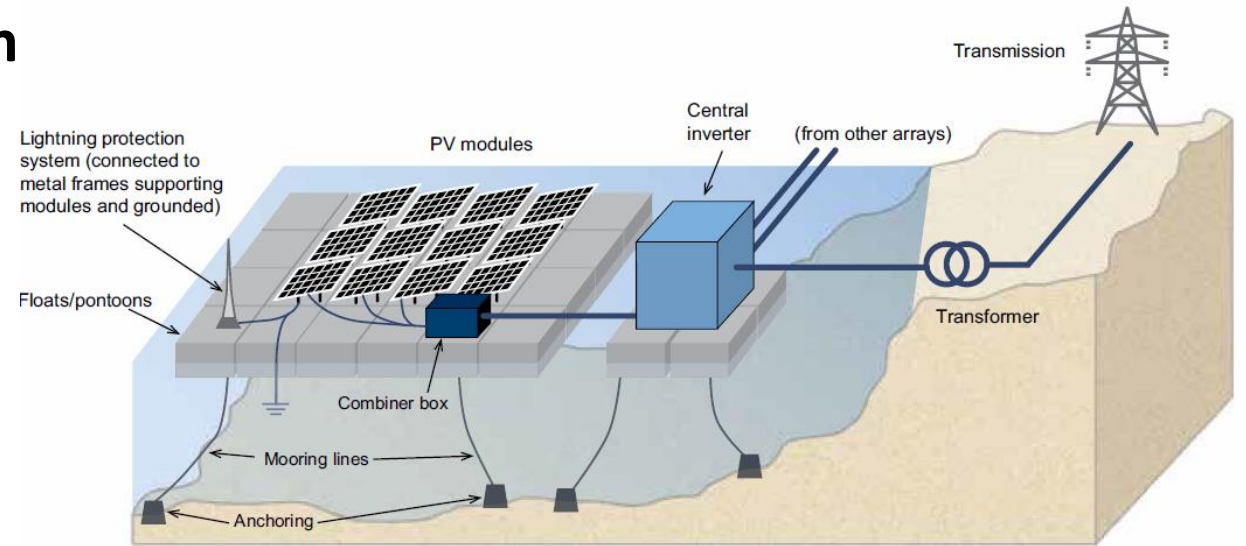
www.ise.fraunhofer.de

GLIEDERUNG

- Aktueller Stand der FPV-Technologie
 - Systemdesign
 - Globaler Überblick und potenzielle Standorte
 - Vor- und Nachteile
 - Kosten im Vergleich zu Freiflächenanlagen
- Potenzialermittlung auf Bergbaufolgeseen
 - Methodik
 - Ergebnisse
- Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Aktueller Forschungsstand: Systemdesign

- Module befinden sich auf einer Unterkonstruktion mit Schwimmvorrichtung
- Verankerung am Ufer oder dem Gewässergrund
 - Verankerung am Gewässergrund meist kostenintensiv
 - Bis zu Tiefen von 150 m
- Wechselrichter direkt auf dem Gewässer



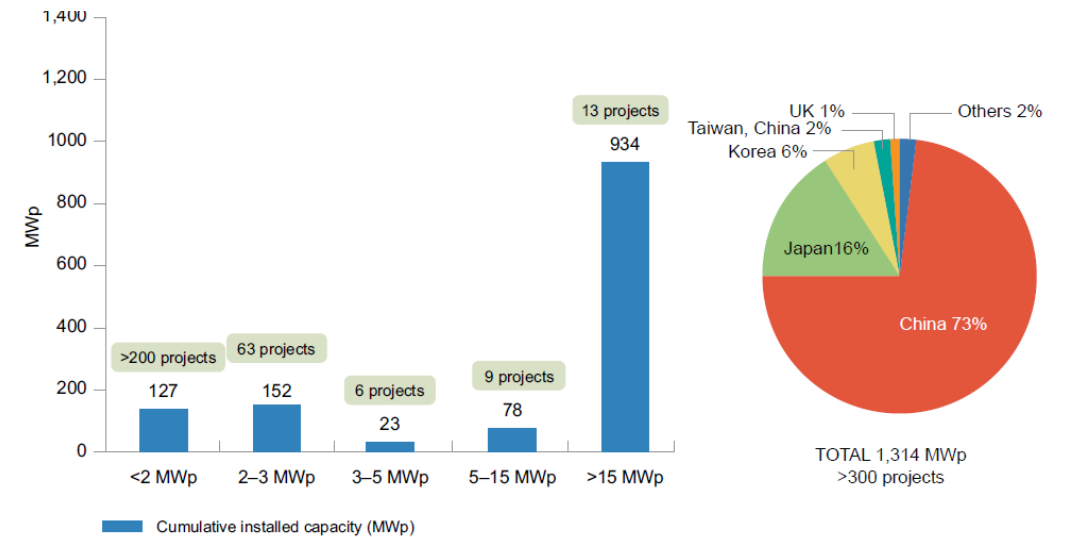
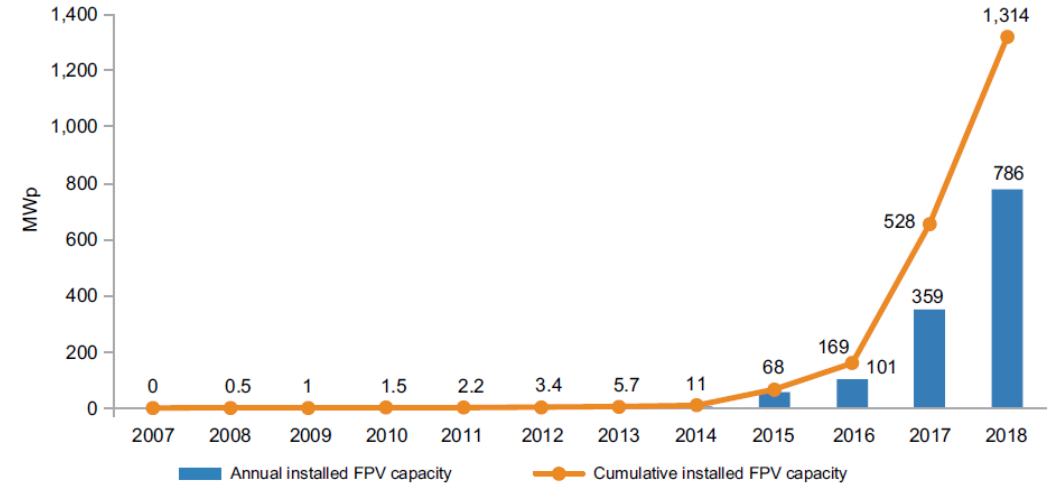
Source: Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS) at the National University of Singapore.



© Ossola GmbH, photo: Jörg Wilhelm

Aktueller Forschungsstand: Globaler Überblick

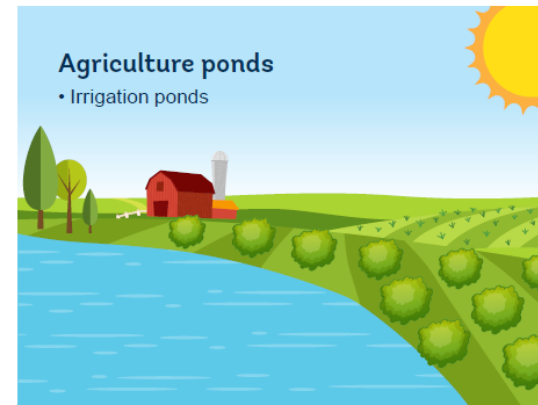
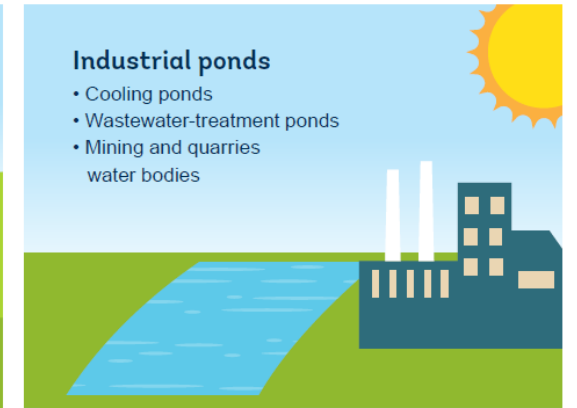
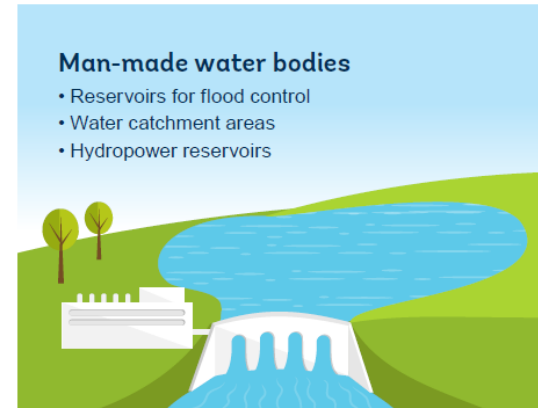
- Globales Potenzial: 400 GWp (ESMAP, 2019)
- Stark ansteigende kumulierte installierte Leistung
- Meisten Projekte befinden sich im asiatischen Raum
 - China für fast $\frac{3}{4}$ der installierten Leistung verantwortlich
- Viele Projekte <2 MWp und nur wenige >15 MWp
 - Kumulierte installierte Leistung der Großprojekte deutlich höher
- Projekte in Europa: z.B. UK, Niederlande, Frankreich,...
- In Deutschland nur Anlagen mit max. 750 kWp → EEG



World Bank Group; Energy Sector Management Assistance Program; Solar Energy Research Institute of Singapore. 2019. *Where Sun Meets Water : Floating Solar Market Report*. World Bank, Washington, DC. © World Bank.

Aktueller Forschungsstand: Potenzielle Standorte

- Herausforderungen:
 - Stark schwankende Wasserspiegel/Tidenhub
 - Biofouling
 - Niedrige pH-Werte
 - Korrosion
 - Starke Strömung



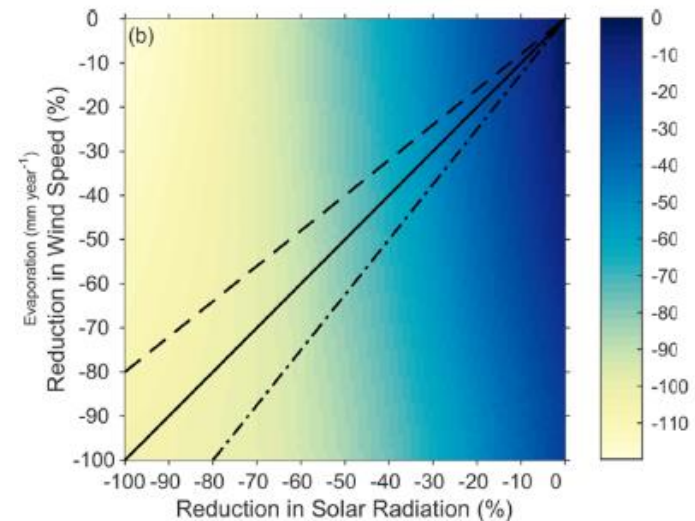
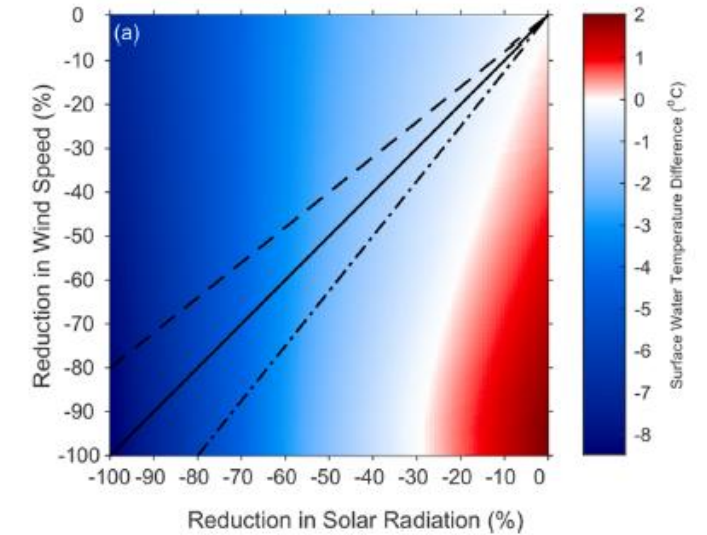
World Bank Group; Energy Sector Management Assistance Program; Solar Energy Research Institute of Singapore. 2019.

Where Sun Meets Water : Floating Solar Market Report. World Bank, Washington, DC. © World Bank.

Aktueller Forschungsstand: Vor- und Nachteile der Technologie

Vorteile

- Günstigere Standortvorbereitung zur Installation der Anlage
- Vermeidung von Landnutzungskonflikten → Landwirtschaft, Infrastruktur, Siedlungsbau
- Verminderung von Algenblüten
- Ertragssteigerung durch Kühleffekt (+5% bis 15 % höhere PR)
- Klimaresilienz des Gewässers



Exley et al., 2021

Aktueller Forschungsstand: Vor- und Nachteile der Technologie

Nachteile

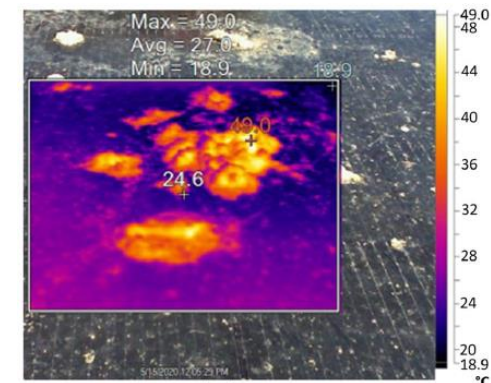
- Geringere Neigungswinkel bei hohen Windlasten
- Verankerung kann kostenintensiv sein
- Bisher noch keine Standardkomponenten → höhere CAPEX
- Haltbarkeit kann beeinflusst werden:
 - Korrosion (offshore), mechanische Zugkräfte auf die Kabel, Biofouling, Vogelkot



(A)



(B)



Ziar et al., 2020

Aktueller Forschungsstand: Projekte

Größte Offshore-FPV Anlage (Sunseap)

Land: Singapur

Fertigstellung: März 2021

Installierte Leistung: 5 MWp

Stromvermarktung: Strom wird an Facebook verkauft



<https://www.sunseap.com/SG/newsroom/2021/sunseap-completes-one-of-worlds-largest-floating-solar-farms-in-johor-straits.html>

FPV-Anlage in Europa (BayWa r.e.)

Land: Niederlande

Fertigstellung: 2019

Installierte Leistung: 14,5 MWp

Stromvermarktung: Versorgung von 4000 Haushalten



<https://www.baywa-re.com/en/news/details/baywa-re-builds-netherlands-biggest-floating-solar-farm/>

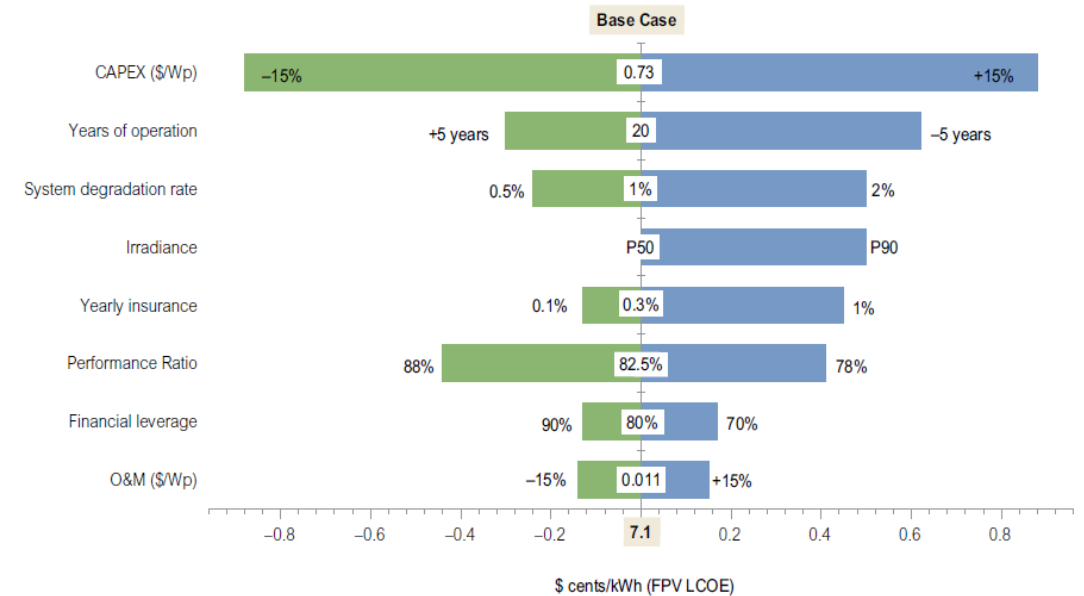
Aktueller Forschungsstand: Kosten im Vergleich zu Freiflächenanlagen

Weltweiter Durchschnitt

- CAPEX: 10 % höher
- OPEX: gleich
- LCOE: 6 % höher

Abschätzung für Deutschland

- CAPEX: 15 % höher
- OPEX: 5 % höher
- LCOE: 10 %-15 % höher



Source: SERIS calculations.

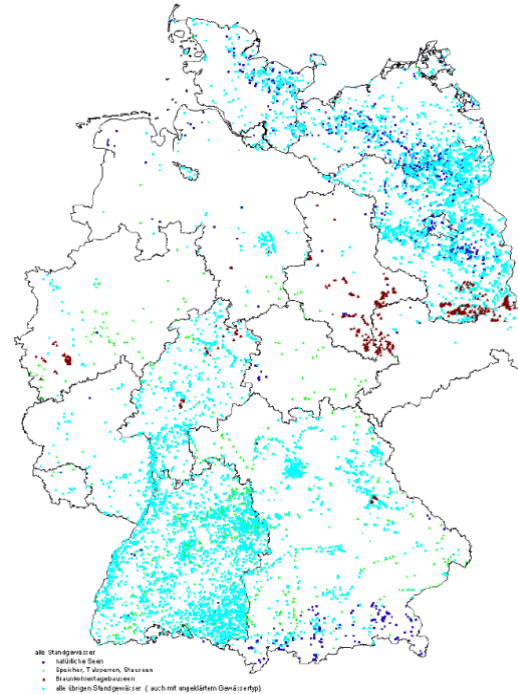
Note: CAPEX = capital expenditure; FPV = floating photovoltaic; LCOE = levelized cost of electricity; O&M = operation and maintenance; \$/Wp = U.S. dollar per watt-peak; \$ cents/kWh = U.S. dollar cents per kilowatt-hour.

Potenzialermittlung auf Bergbaufolgeseeen: Methodik

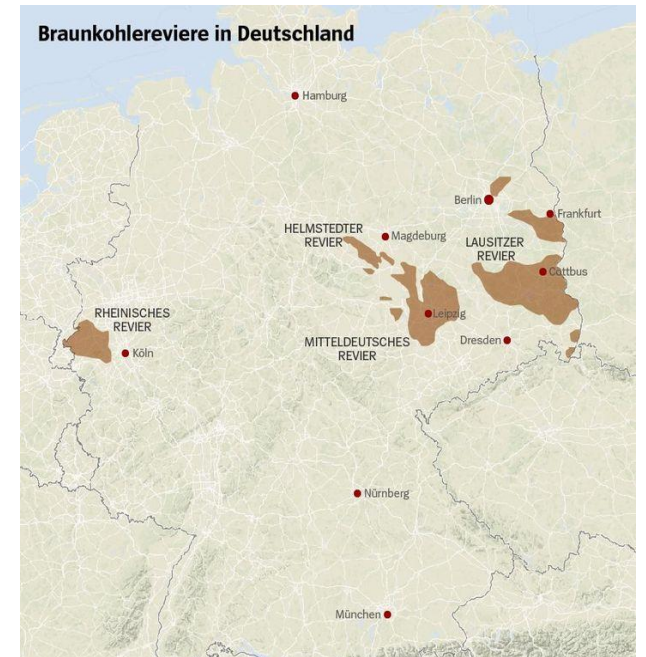
- Potenzialabschätzung → keine GIS-basierte Potenzialanalyse
- Überblick:
 - Literaturrecherche
 - Ermittlung der Flächen- und Häufigkeitsverteilung durch die BTU
 - Datenerhebung
 - Interviews und Fachgespräche
 - Verschiedenste Ansprechpersonen (z.B. Landesämter, Bürgermeister*innen, Planungsverbände, Akteure aus dem Bereich Umwelt- und Gewässerschutz)
 - Ergebnisdarstellung und -bewertung

Potenzialermittlung auf Bergbaufolgeseen: Seenverteilung

- 15.000 – 20.000 Seen in Deutschland >1 ha
- In Brandenburg und Sachsen kombiniert über 200 Braunkohletagebauseen (Datenbank BTU) mit rund 60 % der gesamten Seefläche
 - In Brandenburg eher kleinere Seen
 - In Sachsen größere Seen
- Großteil davon >1 ha
→ hohes wirtschaftliches Potenzial



Rücker, J. / Nixdorf, B. (Hrsg.) 2004, Gewässerreport
Nr. 8, BTUC-AR 3/04, ISSN 1434-6834.



[Spiegel.de](https://www.spiegel.de)

Potenzialermittlung auf Bergbaufolgeseen: Ergebnisse Interviews

- Grundsätzlich großes Interesse an der Technologie
- Kritische Aspekte: konkurrierende Nutzungsformen
 - Tourismus
 - Naturschutz
 - Wasserwirtschaft
- Installation juristisch gesehen komplex
 - FPV sollte als Nutzungsform in Sanierungsrahmenpläne aufgenommen werden
- Seen über 50 ha unterliegen der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)
 - Berichtspflichtig über die Gewässergüte

- Unterschiedliche Eigentumsformen der Seen als Barriere
- FPV sollte frühzeitig in die Diskussion um die Nutzungsformen eingebracht werden
 - Berücksichtigung in Raumordnungsplänen
- Trophieentwicklung der Gewässer muss beachtet werden
- Neben Braunkohletagebauseen eignen sich auch Baggerseen gut für FPV
- Flächenanteil zur Nutzung mit FPV wird auf 3-10 % der Gesamtseenfläche geschätzt

Potenzialermittlung auf Bergbaufolgebeseen: Potenzialdefinition

- Potenzialdefinition
 - Theoretisches Potenzial
 - Technisches Potenzial
 - Wirtschaftliches Potenzial
- Seeflächennutzungseffizienz
 - Liegt in den meisten Studien für FPV zwischen 1,0 und 1,5 MWp/ha
 - Freiflächenanlagen: 0,7 MWp/ha
- Technisches Potenzial auf deutschen Braunkohletagebauseen: **56 GWp**
- Wirtschaftliches Potenzial: **2,74 GWp**



Potenziale der integrierten Photovoltaik in Deutschland, Fraunhofer ISE (2021)

Forschungsbedarf und aktuelle Projekte am ISE

Forschungsbedarf

- Auswirkungen auf die Gewässerökologie und Limnologie
- Sozialverträglichkeit und Erhöhung der FPV-Sichtbarkeit
- Optimierung von Ertragsgutachten (Wellengang, Kühleffekt,...)
- FPV-geeignete Anlagenkomponenten und Prüfverfahren
- Skalierung auf MW-Maßstab
- Optimierung Verankerungslösung für Gewässer mit stark schwankendem Wasserspiegel
- KI-optimierte vorausschauende Wartung (gilt auch für Landanlagen)

Forschungsbedarf und aktuelle Projekte am ISE

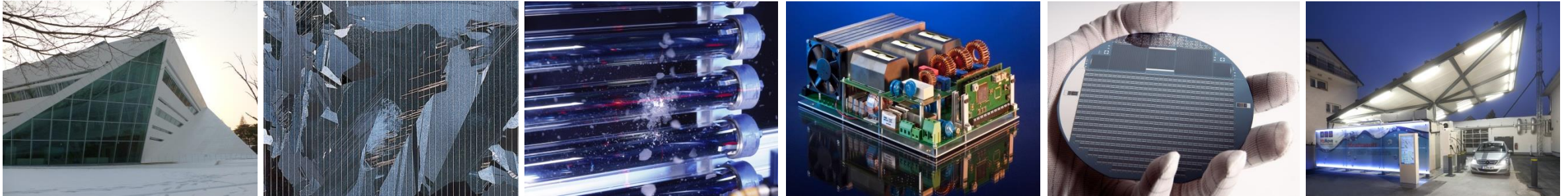
Aktuelle Projekte

- GIS-basierte FPV-Potenzialermittlung für Baggerseen in Baden-Württemberg
- Forschungsprojekt mit Demonstrator-Anlagen in der Lausitz (Genehmigung ausstehend)

Kompetenzen

- Modulentwicklung und Prüfverfahren
- Potenzialstudien, Monitoring, Ertragsgutachten, Wirtschaftlichkeitsstudien
- Prozesse zur Öffentlichkeitsbeteiligung und Genehmigungsverfahren

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Konstantin Ilgen

www.ise.fraunhofer.de

konstantin.ilgen@ise.fraunhofer.de