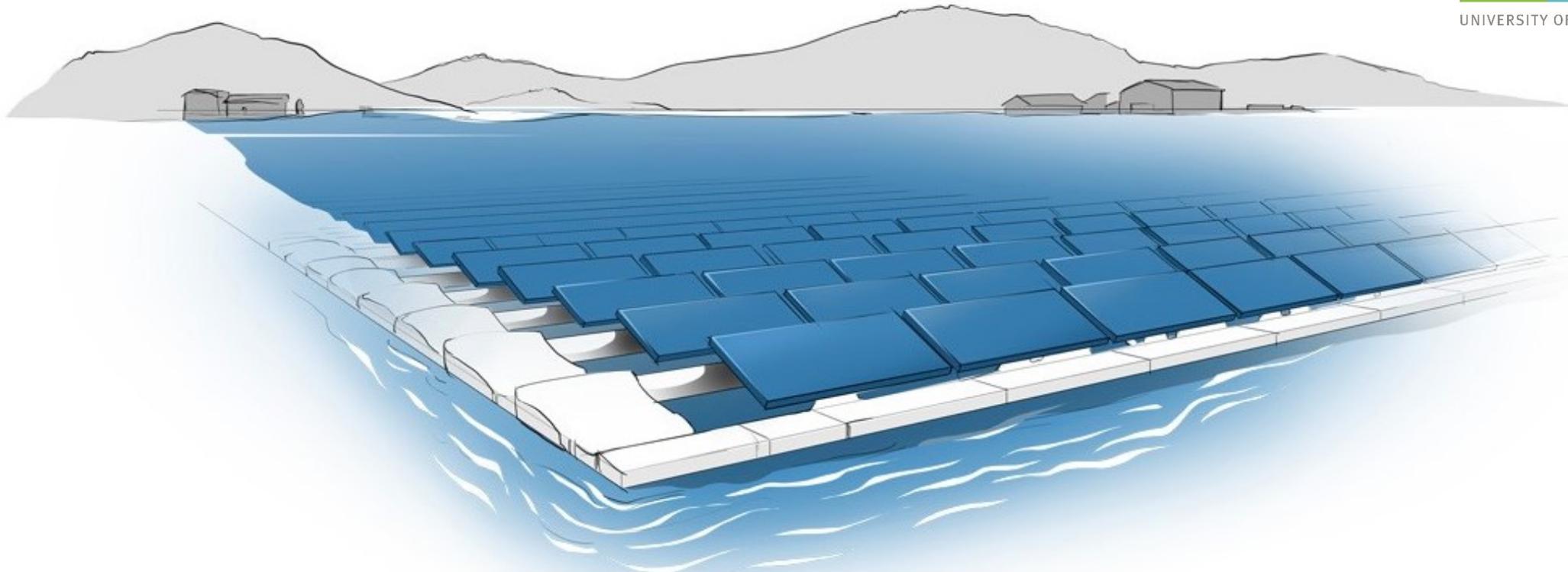


12. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien



Bewertung von Wasserkraftwerksstandorten für die Anwendung schwimmender Photovoltaikanlagen

IEWT 2021

Deniz Aksel, MA

» Ausgangssituation

- Klima- und Energiestrategie #mission2030
- Ausbau in den Sektoren Photovoltaik, Wind & Wasserkraft notwendig (Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018)

→ Massiver Ausbau der Erneuerbaren Energien nötig, um den Anteil am nationalen Stromverbrauch auf 100 % zu erhöhen (bilanziell)

» Problemstellung

- Begrenzte Flächenverfügbarkeit für Photovoltaik (+11 TWh)
- Zubau auf Freiflächen birgt Konfliktpotential
- Innovative Standorte für PV erforderlich

→ Schwimmende Photovoltaik als interessante & innovative Option (hinsichtlich Doppelnutzungskonzepte)

» **Forschungsziel**

- Überblick über Technologie und Installationsmöglichkeiten schwimmender Photovoltaik
- Analyse der Herausforderungen, Probleme und Umwelteinflüsse bei Implementierung der Technologie
- Standortbewertung für beliebige Wasserkraftwerke

» **Forschungsfrage**

- *Welche technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen ergeben sich bei der Implementierung schwimmender Photovoltaik auf ausgewählten Speicherseen und Fließgewässern?*

» **Wissenschaftliche Methodik**

- Systematische Literaturrecherche + Expert:inneninterviews mit Mitarbeitenden eines EVUs

Flächenpotentiale integrierter Photovoltaik

IEWT 2021

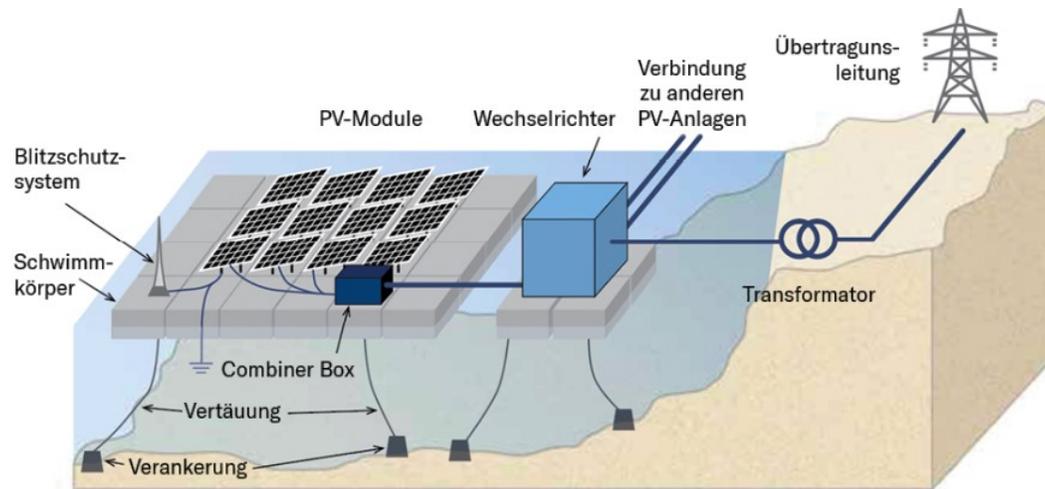


(Quelle: Wirth, 2020, S. 38)

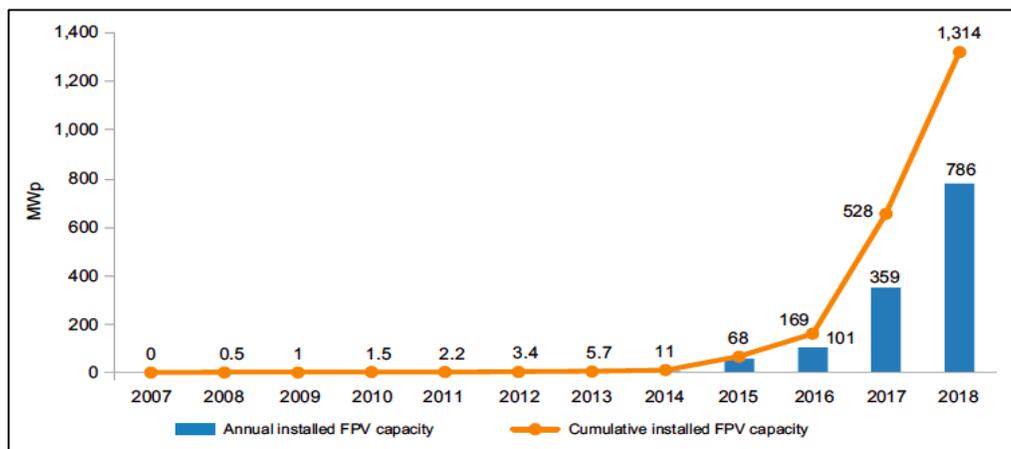
- » Installation der PV auf vorhandenen Flächen
- » Doppelte Nutzung von bereits belegten Flächen
- » Synergieeffekte bei der PV-Integration
- » Freiflächenanlagen führen langfristig zu Akzeptanzproblemen

Schwimmende Photovoltaik am Weltmarkt

IEWT 2021



(Quelle: Juch und Rogoll, 2019)



(Quelle: World Bank Group et al., 2019, S. 17)

- » Technik für eine Standard-Anwendung verfügbar
- » Kaum technologische Herausforderungen
- » Entwicklung am Weltmarkt in den letzten 6 Jahren
- » 1,3 GWp gesamt installierte Leistung (2018)
- » Großteils im asiatischen Raum auf stillen Gewässern

Anwendung auf unterschiedlichen Gewässertypen

IEWT 2021

- » Regionale Unterschiede – Großteil in Asien
- » Weltweit ca. 300 FPV-Anlagen
- » Wenige große Einzelanlagen
- » Stehende Gewässer
- » Pilotanlagen, Demoanlagen, Großanlagen

	Gewässertyp	Standorte	Inbetriebnahme	Leistung [kWp]	Wassertiefe [m]	Spiegelschwankung [m]	Führendes/Beteiligtes Unternehmen
1	Gefluteter Kohletagebau	Huainan, Anhui, China	2017	150.000	k.A.	k.A.	Sungrow Power Supply
		Huainan, Anhui, China	2017	70.000	k.A.	k.A.	Sungrow Power Supply
		Huainan, Anhui, China	2017	40.000	15	k.A.	Sungrow Power Supply
		Huainan, Anhui, China	2016	20.000	k.A.	k.A.	Sungrow Power Supply
		North Yeolla, Südkorea	2018	18.700	k.A.	k.A.	Korea Water Ressources Corp.
2	Industrielles Wasserreservoir	Provinz Savonna, Italien	k.A.	343	k.A.	k.A.	Koine Multimedia, Ciel & Tierre
		Kambodscha	2019	2.800	k.A.	k.A.	Cleantech Solar + Ciel & Tierre
		Yamakura Dam, Ichihara, Japan	2018	13.744	k.A.	k.A.	Kyocera Corporation
3	Künstliches Wasserreservoir	Queen Elisabeth II Reservoir, UK	2016	6.300	18,4	18,4	Ciel & Tierre International
		Godley, UK	2016	2.990	9,9	9,9	Ciel & Tierre International
		Zwolle, Niederlande	2019	14.500	k.A.	k.A.	BayWa + Zimmermann PV-Stahlbau
		Orange, Frankreich	2019	17.000	k.A.	k.A.	Akuo Energy
		Sayreville, New Jersey	2016	4.400	k.A.	k.A.	k.A.
		Kelseyville County, Kalifornien	k.A.	250	k.A.	k.A.	Ciel & Tierre International
4	Stausee/Speichersee	Far Niente Winery, Kalifornien	2008	175	k.A.	k.A.	k.A.
		Alto Rabagao, Portugal	2017	220	90	30	Ciel & Tierre International
		Lac de Toulles, Schweiz	2019	450	k.A.	k.A.	Romande Energie
5	Trinkwasserreservoir	Banja Stausee, Albanien	in Bauphase	2.000	k.A.	k.A.	Statkraft + Ocean Sun
		Ulu Sepri Dam, Malaysien	2016	270	46	17,5	Ciel & Tierre International
6	Bewässerungsreservoir	Jackson County, Colorado	2018	75	k.A.	k.A.	k.A.
		Umenoki, Japan	2015	7.550	6,9	6,9	Ciel & Tierre International
7	Regenwasserreservoir	Sungai Labu, Sepang, Malaysia	2015	108	27	20	k.A.
		Goiias Farm, Brasilien	2017	305	3	2	Ciel & Tierre International
8	Meer	Malediven-Inselgruppe	2018	200	k.A.	k.A.	Swimsol GmbH
9	Kontaminiertes Gewässer	Hafen Rotterdam, Niederlande	k.A.	200	k.A.	k.A.	Wattco, Sunprojects, Sunfloat
10	Wasserkanal-überbauung	Narmada Kanal, Gujarat, Indien	2012	1.000	k.A.	nicht anwendbar	k.A.

(Quelle: Eigene Darstellung; Daten aus World Bank Group et al., 2019, S. 55-74)

» Effekte schwimmender Photovoltaik

- Wasser wirkt kühlend auf die PV-Module -> **Ertragssteigerung**
- Bedeckung der Wasseroberfläche durch PV reduziert **Verdunstung**
- **Doppelnutzung** einer bereits beanspruchten Fläche

» Wirtschaftliche Aspekte

- Investitionskosten schwimmende PV
 - 0,8-1,2 Dollar pro Wp (Quelle: World Bank Group et al., 2019)
- Stromgestehungskosten schwimmende PV
 - 5,2 Eurocent pro kWh (Quelle: International Hydropower Association, 2019)
 - 4,2 bis 8,3 Eurocent pro kWh (Quelle: World Bank Group et al., 2019)
- Stromgestehungskosten klassische PV
 - 3,7-6,8 Eurocent pro kWh für Freiflächenanlagen (Quelle: Kost et al., 2018)
 - 5,1-11,5 Eurocent pro kWh für Aufdächanlagen (Quelle: Kost et al., 2018)

→ **Stromgestehungskosten der schwimmenden PV liegen zwischen Freiflächenanlagen und Aufdächanlagen**

Anwendungsbereich	Vorteile & Synergien
Auswirkungen auf den Betrieb der PV-Anlage	<ul style="list-style-type: none"> ○ Wasser wirkt kühlend auf die Module ○ Gekühlte Module zeigen erhöhte Effizienz, Modulleistung, Wirkungsgrad & Ertrag der PV-Anlage ○ Lokale Speicherung der PV-Erzeugung im Pumpspeicherkraftwerk
Auswirkungen auf die Wasserbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bedeckung der Wasseroberfläche durch PV reduziert Verdunstung ○ Reduktion des Algenwachstums ○ Wassertemperatur wird reduziert
Allgemeine Gesichtspunkte	<ul style="list-style-type: none"> ○ Doppelte Nutzung einer bereits verbrauchten Fläche ○ Wasser lokal verfügbar für die Reinigung der PV-Module ○ Einfache Skalierbarkeit bei der Anwendung geeigneter Pontons

Nachteile

- » Eingriff in Gewässerökologie / Lebensraum
- » Unterkonstruktion und Verankerung kostenintensiv
- » Elektronik im Wasser → Betriebssicherheit kritisch
- » Zugang zu Bauteilen bei Defekten

Rechtliche Aspekte bei Anwendung schwimmender Photovoltaik	
Energiewirtschaftsrecht	Schifffahrtsrecht
Elektrizitätswirtschaftsrecht	Raumordnungsrecht
Wasserrecht	Bauordnung/Bebauungsplan
Gewässerschutz	Baugenehmigung
Naturschutzrecht	Flächenwidmung
Umweltschutz	Nutzungsrecht für Gewässer
Fischereirecht	Grundstückseigentum/ Grundstückspacht

(Quelle: Eigene Darstellung; Inhalte aus Telefonkonferenzen)

Standortbewertung für schwimmende Photovoltaik

IEWT 2021

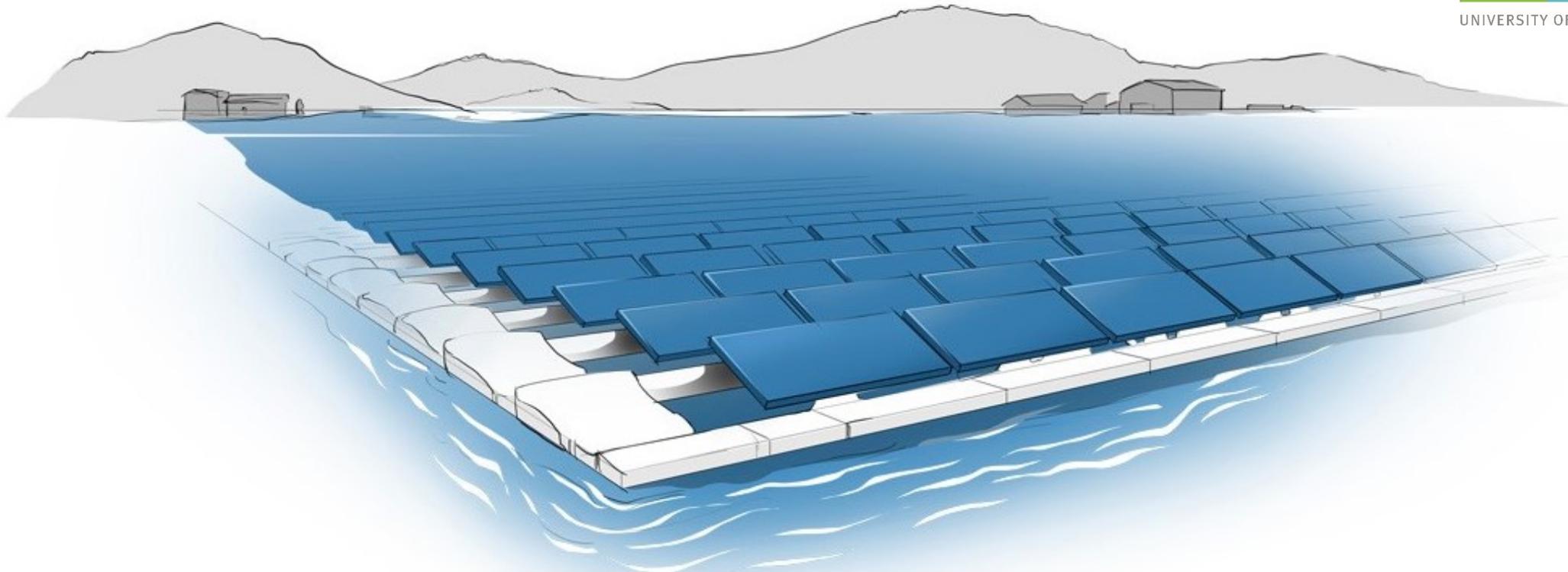
Standortbewertung	Herausforderungen + Hindernisse	
Technischer Aspekt	<ul style="list-style-type: none"> ○ Treibgut im Gewässer ○ Wasserspiegelschwankung ○ Wassertiefe ○ Wellengang ○ Fließgeschwindigkeit ○ Revisionsarbeiten ○ Stauraumentleerungen 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Unterkonstruktion ○ Verankerung ○ Einfluss in das Gewässer ○ Wettereinflüsse ○ Wartungsintervall ○ Betriebssicherheit ○ Netzzugang
Rechtlicher Aspekt	<ul style="list-style-type: none"> ○ Wasserrecht ○ Naturschutzrecht ○ Gewässerschutz ○ Umweltschutz ○ Energiewirtschaftsrecht ○ Elektrizitätswirtschaftsrecht ○ Grundstückseigentum 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Grundstückspacht ○ Bauordnung ○ Baugenehmigung ○ Raumordnungsrecht ○ Flächenwidmung ○ Fischereirecht ○ Schifffahrtsrecht
Wirtschaftlicher Aspekt	<ul style="list-style-type: none"> ○ Solarstrahlung ○ Investitionskosten ○ Kosten für Unterkonstruktion & Verankerungssystem ○ Stromnutzung vor Ort 	

(Quelle: Eigene Darstellung; Inhalte aus Literaturarbeit und Telefonkonferenzen)

- » Schwimmende Photovoltaik → weltweit eingeführte Technik
 - » Anfangsphase der Umsetzung in Europa
 - » Flächen vieler Wasserkraftwerke in Besitz von EVU
 - » Eignung auf Speicherseen und Wasserreservoirs im alpinen Raum
 - » Eignung für Kleinwasserkraftwerksbetreiber
 - » Nachhaltige Steigerung der regionalen Wertschöpfung
- Weiterer Forschungsbedarf:
- » Wechselwirkungen zwischen Wasser und Photovoltaik ungewiss
 - » Rechtliche Untersuchung im Detail
 - » Einfluss der schwimmenden PV auf Ökosystem im Gewässer

- » **Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018.** Mission 2030: Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Strategiepapier. Wien
- » **International Hydropower Association, 2019.** Webinar for IHA members v.4 with audio: Equipping hydropower with solar PV. [online]. [Zugriff am 22.11.2019] Verfügbar unter: <https://de.scribd.com/presentation/446622246/Webinar-for-IHA-members-v-4-with-audio>
- » **Juch, N., und M. Rogoll, 2019.** Floating PV: Schwimmende Photovoltaikanlage als neuer Trend?. In: Rödl & Partner: Erneuerbare Energien: Erfahrungen und Trends weltweit. Ausgabe Februar 2019. S. 8-10
- » **Kost, Ch., et al., 2018.** Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
- » **Steinhüser, A., 2020.** Schwimmende Photovoltaik. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. [online]. Freiburg [Zugriff am 17.02.2020] Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/schwimmende-photovoltaik-fpv.html>
- » **Wirth, H., 2020.** Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Leitfaden über Photovoltaik. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
- » **World Bank Group, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) und Solar Energy Research Institute of Singapore (SERIS), 2019.** Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report. Washington DC: World Bank

12. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien



Bewertung von Wasserkraftwerksstandorten für die Anwendung schwimmender Photovoltaikanlagen

IEWT 2021

Deniz Aksel, MA