

Studiengang Umweltwissenschaften  
FernUniversität in Hagen

**Zusammenfassung der Masterarbeit „Floating Photovoltaik  
Systeme – die Lösung für die weltweite Energiewende?“**

Vorgelegt von: Patrick Schmidt-Bräkling  
Amberger Str. 32  
81679 München  
E-Mail: [pschbrae@mailbox.org](mailto:pschbrae@mailbox.org)  
Matrikelnummer: 8754322

**Einleitung des Themas:**

Ziel meiner Masterarbeit war es, sowohl die technischen Möglichkeiten und Herausforderungen als auch die rechtliche und wirtschaftliche Machbarkeit von schwimmenden Photovoltaikanlagen mit Fokus auf Deutschland und Spanien zu analysieren. Nur wenn die wirtschaftliche Machbarkeit vorliegt, können schwimmende Photovoltaikanlagen zukünftig einen signifikanten Beitrag für die weltweite Energiewende und den Umweltschutz leisten.

Schwimmende Photovoltaikanlagen können, insbesondere in Ländern mit hoher Bevölkerungsdichte und damit einhergehender konkurrierender Nutzung der verfügbaren Flächen, völlig neue Möglichkeiten für den Ausbau der solaren Erzeugungskapazität eröffnen. Per Ende 2018 waren weltweit 1,3 Gigawatt an schwimmenden Photovoltaikanlagen installiert, davon wurden über 60% allein im Jahr 2018 installiert. Die Vorteile gegenüber fest installierten Photovoltaiksystemen, von denen per Ende 2018 weltweit mit 480 GW ein Vielfaches installiert waren, sind zahlreich.

Als innovative Hybridlösung, das heißt bei einem Einsatz schwimmender Photovoltaik zusammen mit Wasserkraftwerken, gibt es gleich mehrere Vorteile gegenüber an Land installierten Anlagen. Die wesentlichsten Vorteile sind geringere Pachtkosten, die Nutzung der bereits bestehenden Stromübertragungsinfrastruktur und eine höhere Energieausbeute durch die Kühlwirkung des Wassers. Das Potential der schwimmenden Photovoltaik ist riesig. Wenn auf 25% der Fläche aller Süßwasserreservoirs der Welt schwimmende Photovoltaikanlagen eingesetzt würden, könnten so etwa 8.000 Terawattstunden pro Jahr erzeugt werden und damit etwa dreimal so viel Strom wie alle aktuell installierten Wasserkraftwerke der Welt erzeugen. Der zusätzliche Energieertrag beträgt von in den Niederlanden im Betrieb befindlichen Anlagen etwa 2,5%, in wärmeren Regionen kann diese je nach Einsatzort und Konfiguration auch weit höher liegen.

Weltweit verdunstet mehr Wasser, als von Menschen genutzt wird. Zum Schutz der Umwelt und der Artenvielfalt können schwimmende Photovoltaikanlagen in sonnenreichen Regionen zu einer signifikant höheren Verfügbarkeit des Rohstoffs Wassers führen und damit nebenbei auch einen positiven Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Betriebs der Wasserkraftwerke leisten. In besonders heißen und vom Klimawandel stark betroffenen Regionen (wie zum Beispiel auf der iberischen Halbinsel) ist dies ein sehr wichtiger Nebeneffekt, denn bis zu 80% der Verdunstung kann damit vermieden werden.

Im Vergleich zur ausgereiften und bei allen relevanten Stakeholdern bekannten Technologie sowie dem tragfähigen Geschäftsmodell von an Land installierten PV-Anlagen steckt der Ausbau der schwimmenden Photovoltaikanlagen jedoch aktuell noch in den Kinderschuhen. Ein Durchbruch ist, trotz einer im Vergleich zur Photovoltaik an Land oder auf Dächern bisher noch nicht vorhandenen massenhaften Erfolgsgeschichte, dennoch sehr realistisch. Schwimmende Photovoltaikanlagen sind keine neue Technologie sondern stellen lediglich eine andere Nutzung der vorhandenen Technologie dar. Der Einsatz auf anderweitig nicht genutzten Wasserflächen hat ein Flächenpotential eröffnet, das den starken weltweiten Ausbau sowohl aus rein wirtschaftlichen als auch aus Gründen des Umweltschutzes sinnvoll erscheinen lässt. Prognosen sehen

für schwimmende Photovoltaiksysteme ein weltweites Potential im Terawattbereich.

Aktuelle Praxisbeispiele: Auf den unten stehenden Fotos ist eine „Installationsrampe“ des Projekts Bomhofsplas in den Niederlanden zu sehen. Die zusammengesetzten Solargestelle wurden sukzessive von Elektrobooten auf das Gewässer gezogen und verankert, pro Tag konnten so bis zu 1 MWp mit durchschnittlich 60 Mitarbeitern installiert werden. Die Errichtung erfolgt fast CO<sub>2</sub>-neutral, da auf der Baustelle ausschließlich Elektro-Baugeräte, Elektroboote sowie Elektrowerkzeuge eingesetzt werden. Diese werden über den ersten Teil des Solarparks und eine 600kW-Batterie vor Ort aufgeladen (siehe unteres Foto).



In Deutschland ist bisher eine 750kWp große schwimmende Photovoltaikanlage, in Rechen, Baden-Württemberg, auf einer Kiesabbaugrube installiert. Diese kann als Referenz für den weiteren Ausbau dieser Art der Energienutzung in Deutschland genutzt werden.



### Forschungsfragen:

- Welche technischen Gegebenheiten unterscheiden schwimmende Photovoltaikanlagen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen und welche technischen Herausforderungen bestehen aktuell noch bei dieser neuen Technologie?
- Ist ein flächendeckender Ausbau von schwimmenden Photovoltaikanlagen aus rechtlicher Perspektive in Deutschland und Spanien zulässig?
- Welche Kostenunterschiede bestehen zwischen Freiflächen-Photovoltaikanlagen und schwimmenden Photovoltaikanlagen?
- Wie stellt sich der business case einer schwimmenden Photovoltaikanlage im Vergleich zu einer an Land fest installierten Freiflächen-Photovoltaikanlage dar und kann diese Energieform wirtschaftlich mit anderen Energieformen konkurrieren?
- Welche Rahmenbedingungen sind notwendig, um das immense Ausbaupotential der schwimmenden Photovoltaik in Deutschland und Spanien heben zu können?

## **Vorgehensweise/Methodik:**

Als Mitarbeiter der BayWa r.e. renewable energy GmbH, eines deutschen Projektentwicklers für erneuerbare Energien, der seit Anfang 2020 in Europa führend im Bereich schwimmende Photovoltaik ist, habe ich durch intensiven und direkten Austausch mit der Fachabteilung einen aktuellen und praxisnahen Einblick erhalten können. Neben vereinzelt vorhandener Fachliteratur habe ich Handbücher der Weltbank, aktuelle wissenschaftliche und journalistische Fachartikel, Rechtsgutachten einer Anwaltskanzlei in Spanien sowie Fachwebinars als Quellen herangezogen.

Anhand der oben genannten Forschungsfragen habe ich die Masterarbeit strukturiert und mithilfe von Beispielen erläutert.

## **Ergebnis:**

71% der Erde sind durch Wasser bedeckt. Um die Bedürfnisse einer steigenden Weltbevölkerung nach Energie befriedigen zu können, ist die Nutzung eines Teils dieser Fläche zur Erzeugung von Energie daher nur selbstverständlich. Schwimmende Photovoltaikanlagen werden zukünftig eine wichtige Säule der Energieversorgung zu 100% erneuerbaren Energien weltweit darstellen. Dort, wo zusätzliche erneuerbare Energieanlagen aufgrund verschiedenster rechtlicher oder umwelttechnischer Hemmnisse nicht installiert werden können, sind schwimmende Photovoltaikanlagen eine landneutrale Lösung, da sie an für die Bevölkerung und die Landwirtschaft nicht konkurrierenden Orten installiert werden können. Insbesondere in Zeiten, wo Flächenkonkurrenz der Erneuerbaren Energien in dicht besiedelten Ländern ein immer höheres Konfliktpotenzial birgt, kann diese innovative Art der Energieerzeugung einen immensen Beitrag leisten. Mit dem weiterwachsenden technischen Fortschritt der „herkömmlichen“ Photovoltaiktechnologie werden auch für die schwimmende Photovoltaik die Systemkosten weiter sinken. Aktuell weisen schwimmende Photovoltaikanlagen etwa 12% höhere Stromgestehungskosten (LCOE) als an Land installierte PV-Anlagen auf. Der flächendeckende Ausbau von schwimmenden Photovoltaikanlagen ist daher nicht eine Frage des Ob,

sondern des Wann. Schwimmende Photovoltaikanlagen sind eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zu an Land installierten Anlagen und können als „nächste Ausbaustufe“ der Photovoltaik bezeichnet werden, da hierfür Flächen genutzt werden können, die bisher unbenutzt sind. Die Errichtungsgeschwindigkeit ist bereits jetzt über 50% höher als bei an Land installierten großen Freiflächenanlagen. Darüber hinaus können positive Nebeneffekte, wie die Verminderung der Verdunstung in von Dürre bedrohten Weltregionen wie zum Beispiel der Iberischen Halbinsel, einen positiven Beitrag zum Umwelt- und Artenschutz leisten. Für die Vermeidung der Verdunstung in Klimahotspots ist ein Einsatz auch aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll und hat ein immenses Potential, insbesondere für Bewässerungssysteme von Agrarflächen aber auch als hybride Ergänzung zu Wasserkraftwerken. Der Einsatz im off-shore Bereich wird technologisch noch erprobt, könnte aber bei Überwindung der bestehenden rechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen aufgrund der weitaus mehr verfügbaren Salzwasserflächen ein noch größeres Potential bieten als für Anlagen auf Süßwasser.

**Schlagworte:**

Schwimmende Photovoltaikanlagen, Floating PV, Spanien

**Einverständnis:**

Ich bin damit einverstanden, dass diese Zusammenfassung nach erfolgreicher Beendigung des Studiums auf der infernum-Homepage zur Verfügung gestellt wird.

München, 22.04.2020.