


Literaturstudie & Modellierung zu FPV-Anlagen

 Kurze Zusammenfassung der durch die LUBW beauftragten Studien

1 Hintergrund

Schwimmende Photovoltaikanlagen (Floating Photovoltaik-Anlagen, FPV-Anlagen) auf Bagger- oder Tagebau-Restseen stellen eine vergleichsweise konfliktarme und schnell umsetzbare Variante der Nutzung erneuerbarer Energien dar. Durch die Anlagen werden keine landwirtschaftlichen oder naturschutzfachlich wertvolle Flächen verbaut. Für die Betreiber von Baggerseen sind FPV-Anlagen eine deutliche Aufwertung der während der Auskiesung kaum anderweitig nutzbaren Gewässeroberfläche. Die Nutzung des vor Ort erzeugten Stroms ist für den Eigenbedarf eines Kieswerkes finanziell und hinsichtlich der CO₂-Bilanz attraktiv. Im Vergleich zur Freiflächen-Photovoltaik sind die Innovationskosten aber auch die Stromausbeute höher.

Hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen von FPV-Anlagen ist der Kenntnisstand aktuell sehr begrenzt. Nach

den derzeitigen rechtlichen Vorgaben (WHG § 36, Abs. 3) sind FPV-Anlagen beschränkt auf 15 % der Oberfläche von künstlichen Gewässern. Vom Ufer ist ein Mindestabstand von 40 m vorgegeben.

Die derzeitigen gesetzlichen Einschränkungen und Unsicherheiten auf Seiten der genehmigenden Behörden waren Motivation, vorhandenes Wissen zu sammeln und auszuwerten. Zudem wurden Modellrechnungen in Auftrag gegeben, mit denen eine bessere Abschätzung der Auswirkungen von FPV-Anlagen möglich ist. Die Ergebnisse von Literaturstudie und Modellierungen sind im Folgenden kurz zusammengefasst.



2 Literaturstudie: Ökologische Auswirkungen von FPV-Anlagen

Um einen Überblick über bereits publizierte Fachbeiträge zu den ökologischen Auswirkungen von FPV-Anlagen und darüber hinaus auch zu Pressebeiträgen z.B. zu Havarien zu erlangen, wurde in Abstimmung zwischen dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) ein Katalog von möglichen Themen erstellt. Anhand des erstellten Kataloges wurde durch HYDRA – Institut für angewandte Hydrobiologie – umfassend in Fachpublikationen, Presseberichten und Internetseiten recherchiert. Insgesamt konnte die Literaturstudie nur verhältnismäßig wenige Veröffentlichungen finden, die sich mit den Auswirkungen von FPV-Anlagen auseinandersetzen.

Verschiedene Veröffentlichungen befassen sich mit der veränderten Strahlungsbilanz unter den schwimmenden Photovoltaikanlagen. Die Strahlung unter den untersuchten FPV-Anlagen war vor allem im kurzwelligen Bereich stark reduziert, langwellige Strahlung kann durch Wärmeabstrahlung der Solarmodule sogar ansteigen. Infolge der veränderten Lichtverhältnisse unter den Anlagen konnte eine Verringerung der Photosynthese und in der Folge ein geringerer Sauerstoffgehalt beobachtet werden. Das Ausmaß in dem die Photosynthese verringert wurde, war in den veröffentlichten Beobachtungen abhängig vom Grad der Bedeckung. Eine deutliche Hemmung des Algenwachstums wurde bei einer Bedeckung von 40 % beobach-

tet. Die zeitlichen Verläufe der Temperatur in Gewässern mit einer FPV-Nutzung änderte sich bei allen zitierten Veröffentlichungen in ähnlicher Weise: Der Wasserkörper unter FPV-Anlagen blieb kühler, die Erwärmung des Gewässers im Frühjahr wurde verzögert. Zu den Auswirkungen dieses veränderten Temperaturregimes gab es in den Publikationen keine gesicherten Erkenntnisse.

Zu den Interaktionen zwischen Tierwelt und den Anlagen gibt es verschiedene Berichte. So werden FPV-Anlagen von Vögeln als Ruhe- und Nistplatz angenommen. Durch Vogelkot können die Anlagen aber derartig verschmutzt werden, dass bis zu 10 % Leistungseinbußen auftreten. Verschiedene Tiere verwechseln die FPV-Oberflächen mit der Wasseroberfläche, wodurch es zu Kollisionen kommen kann. Bei wassersuchenden Insekten kann diese Verwechslung zu einer Eiablage auf die Solarmodule führen.

Von Fischen werden die Anlagen gerne als Unterstand genutzt, die teilweise Bedeckung von Aquakulturen brachte fallweise eine deutliche Steigerung des Fisch- bzw. Garnelen-Ertrags.

Havarien von FPV-Anlagen wie Stromunfälle, Brände und Sinken, sind in der Vergangenheit bereits aufgetreten. Schwachpunkte waren offenbar vor allem die Verankerungen der Anlagen, die bei Sturm versagten.

3 Modellstudie zur Folgenabschätzung von FPV-Anlagen mit verschiedenen Bedeckungsgraden

Im Auftrag der LUBW wurden im Rahmen einer umfassenden Modellstudie die Auswirkungen von FPV-Anlagen auf verschiedene Facetten des Ökosystems See untersucht und dokumentiert. Dabei wurde im ersten Schritt der Einfluss der bedeckten Seefläche auf verschiedene meteorologische Größen analysiert. Damit lassen sich die durch die Bedeckung entstehenden Veränderungen im Wärme-, Impuls- und Lichtaustausch zwischen Wasser und Atmosphäre be-

stimmen. Auf dieser Grundlage wurde im nächsten Schritt mit einem Modellsystem der Einfluss der Bedeckung auf die Durchmischungsprozesse, Wassertemperaturen, Primärproduktion, den Sauerstoffhaushalt und die Nährstoffkreisläufe verschiedener Seen untersucht.

Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf folgender Frage: Gibt es eine Schwelle unterhalb derer die Auswirkungen

auf die Lebensgemeinschaften im Gewässer vernachlässigbar sind – einen Bedeckungsgrad den man maximal ausreizen kann, ohne das ökologische Potential drastisch zu verringern?

Vor diesem Hintergrund wurden durch Kobus & Partner die Prozesse in einem See durch 3D-Modellierungen nachgebildet. Die Dimensionen und die Morphologie des simulierten Sees wurden so gewählt, dass sie einem realen See entsprechen, zu dem seitens des Instituts für Seenforschung der LUBW Messreihen über mehrere Jahre vorliegen. Durch den Vergleich von real gemessenen Parametern mit den modellierten Daten konnte die Zuverlässigkeit des Modells überprüft werden. Mit dem validierten Modell wurden dann Bedeckungen der Oberfläche von 10 %, 15 %, 25 %, 35 % und 45 % mit den Wetterdaten von zwei aufeinanderfolgenden Jahren modelliert. Hierbei wurden Wassertemperaturen und temperaturbedingte Schichtung im See, Sauerstoffgehalte und chemische Prozesse wie Rücklösungen aus dem Sediment betrachtet und auch der Einfluss aller Faktoren auf das Wachstum von planktischen Algen berücksichtigt.

Die Modellierungen zeigen, dass mit zunehmender Bedeckung auch die Effekte mehr oder weniger linear zunehmen. Abhängig vom Bedeckungsgrad stellt sich eine langsamere Erwärmung des Sees im Frühjahr, aber auch eine verlangsamte Abkühlung im Herbst und Winter ein. Die

Sprungschicht und somit auch die Grenze zwischen Sauerstoffproduktion in den oberen Wasserschichten und Sauerstoffzehrung in den tieferen Wasserschichten verschiebt sich auch bei 10 % Bedeckung leicht nach oben. Die Zirkulation trat auch bei den geringen Bedeckungen bis 15 % (entsprechend der aktuellen gesetzlichen Obergrenze) im Herbst verzögert auf, dennoch konnte die Zirkulation auch noch bei Bedeckungsgraden von 25 % in den simulierten Zeiträumen erfolgen. Bei 45 % Bedeckung trat in einem modellierten See mit größerer Tiefe keine Zirkulation des modellierten Gewässers mehr auf – ein Zustand der wegen der fehlenden Sauerstoffzufuhr und der möglichen Nährstoffanreicherung in der Tiefe unbedingt zu vermeiden ist.

Die Verringerung der Primärproduktion durch planktische Algen ist bei Bedeckungsgraden von 10 und 15 % eher vernachlässigbar. Bei einem Bedeckungsgrad von 45 % fällt die Primärproduktion in der Modellierung um ca. 50 % bis 60 % ab. In Summe lässt sich aus den Modellierungen der Schluss ziehen, dass die derzeitige Obergrenze von 15 % der Oberfläche auf der ökologisch „sicheren“ Seite liegt. Die Modellierungen legen nahe, dass auch mittlere Bedeckungsgrade von 25 % weitgehend tolerabel wären, während bei den höheren Bedeckungsgraden die Wahrscheinlichkeit erhöht ist, dass (abhängig von Seemorphologie und Wetter) die wichtige Durchmischung eines Sees ausbleiben kann. Hier wären Einzelfallbetrachtungen nötig.

4 Fazit

Literaturstudie und Modellierungen stehen bezüglich der physikalischen Effekte und der Auswirkungen auf das Phytoplankton im Einklang. Die grundsätzliche Übereinstimmung von realen Beobachtungen und modellierten Effekten und die hohe Validität des Modells lassen erwarten, dass die modellierten Prozesse die zu erwartende Realität gut abbilden. Die Prozesse im Gewässer betreffend, sind die derzeitigen gesetzlichen Vorgaben, insbesondere die Beschränkung auf 15 % der Gewässeroberfläche geeignet, um die Auswirkungen von FPV-Anlagen gering zu halten.

Gemäß den Modellierungen wären Bedeckungsgrade bis 25 % aus gewässerökologischer Sicht tolerabel. Die Auswirkungen von FPV-Anlagen auf die Tierwelt, lassen sich mit dem vorhandenen Wissen nicht abschließend beurteilen. Kollisionen von Wasservögeln oder Fledermäusen infolge einer Verwechslung mit der Wasseroberfläche sind nur vereinzelt berichtet bzw. ohne Beleg als mögliche Gefahr genannt.

HERAUSGEBER LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.de

REDAKTION LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Institut für Seenforschung

BEZUG www.lubw.baden-wuerttemberg.de

STAND August 2023, 1. Auflage