



Hintergrund

Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstraße 110
53179 Bonn

Pressesprecher: Dr. Sören Dürr
Stellvertretung: Ruth Birkhölzer

Telefon: 0228 8491-4444
E-Mail: presse@bfn.de
Internet: www.bfn.de
Twitter: [@bfn_de](https://twitter.com/bfn_de)
Facebook: [@bfn.de](https://facebook.com/bfn.de)

Erneuerbare Energien

Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf Natur und Landschaft

Bonn, Leipzig, 06. September 2024: Als schwimmende PV-Anlagen (oder „Floating-PV-Anlagen“) werden auf Wasserflächen betriebene Photovoltaikanlagen bezeichnet, wobei die Anlagen am Gewässergrund, Ufer oder an angrenzenden Strukturen verankert sind. Bis Juni 2023 waren in Deutschland nur etwas mehr als zehn dieser Anlagen gebaut, fast ausschließlich auf Baggerseen in aktiver Auskiesung.

Diese Form der Stromproduktion ist relativ neu und die Auswirkungen auf Natur und Landschaft sind bisher kaum erforscht. Seit dem Jahr 2000 sind alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, die ökologische Funktionsfähigkeit ihrer Gewässer zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Den angestrebten guten oder sehr guten ökologischen Zustand bzw. Potenzial erreichten im Jahr 2021 nur ein Viertel der deutschen Seen. Daher wurde dem Vorsorgeprinzip entsprechend im Wasserhaushaltsgesetz geregelt (§ 36 Absatz 3 WHG), dass schwimmende Solaranlagen nur auf künstlichen und stark veränderten Gewässern erlaubt sind, sie maximal 15 Prozent der Gewässerfläche bedecken dürfen und der Abstand zum Ufer mindestens 40 Meter betragen muss.

Wie viel wissen wir über die Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf Natur und Landschaft?

Bislang fehlt es an wissenschaftlich fundierten Studien. Belastbare Aussagen über negative oder positive Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf Natur und Landschaft sind daher noch nicht möglich.

Die sehr geringe Zahl an international und national publizierten Studien zu den ökologischen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen weist auf erhebliche Erkenntnis- und damit Forschungsdefizite hin. Es gibt weniger als zehn veröffentlichte wissenschaftliche Studien zu Vor-Ort-Untersuchungen an schwimmenden PV-Anlagen. Der Fokus bisheriger Studien lag zudem auf Wirkungen auf die Gewässerqualität wie

zum Beispiel Veränderungen der Wassertemperatur, Licht- und Sauerstoffverhältnisse. Es gibt kaum Untersuchungen bzw. Erkenntnisse zu möglichen Auswirkungen auf Arten und Lebensräume. Hier besteht ein ausgesprochen großer Forschungsbedarf. Hinzu kommt, dass Gewässer oft sehr individuelle Eigenschaften wie Tiefe, Nährstoffverhältnisse etc. aufweisen und daher Ergebnisse von einzelnen Seen nur eingeschränkt übertragbar bzw. verallgemeinerbar sind. Auch zu den Möglichkeiten der Vermeidung bzw. ggf. des Ausgleichs von Beeinträchtigungen durch schwimmende PV-Anlagen besteht großer Forschungsbedarf, dem im Zuge von Genehmigungsverfahren eine hohe praktische Bedeutung zukommt – zum Beispiel für die Umsetzung der Naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung nach § 15 BNatSchG und dem Verschlechterungsverbot nach § 27 WHG.

Wie beeinträchtigen schwimmende PV-Anlagen potenziell Arten und Lebensräume in Seen?

Seen und insbesondere deren Uferbereiche sind komplexe Ökosysteme und Lebensraum für eine Vielzahl an Lebewesen. Seit dem Jahr 2000 sind alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, die ökologische Funktionsfähigkeit ihrer Gewässer zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Wird ein Teil der Wasseroberfläche mit schwimmenden PV-Anlagen überdeckt, kann dies wichtige Prozesse im Ökosystem See verändern, zum Beispiel die Wassertemperatur oder den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt. Wie sich diese Veränderungen oder die Anlage auf Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensräume auswirken, ist bisher noch unklar.

Für schwimmende PV-Anlagen werden Module an Schwimmkörpern auf der Oberfläche von Gewässern angebracht und am Gewässergrund, Ufer oder an angrenzenden Strukturen verankert. Insbesondere, wenn der erzeugte Strom nicht für den Eigenverbrauch gedacht ist, muss zudem weitere Infrastruktur geschaffen werden. Schwimmende PV-Anlagen unterbrechen oder beeinflussen grundsätzliche physikalischen Prozesse wie Strahlungseintrag, Windeinwirkung oder den Austausch von Sauerstoff und Kohlendioxid. Die Prozesse prägen maßgeblich den Charakter eines Sees und damit dessen Ökosystem.

Es wird davon ausgegangen, dass schwimmende PV-Anlagen die folgenden primären Wirkungen auf Seen verursachen:

- Abschirmung des Strahlungseintrages (Licht, Energie)
- Abschirmung gegenüber Windeinwirkungen
- Minderung des Gasaustausches (Grenzschicht Wasser/Luft)
- Mechanische Abschirmung gegenüber Tieren (Anflug, Landung, Emergenz)
- Optische Störwirkung gegenüber Tieren (Vergrämung) oder Attraktivitätserhöhung (Ruheplatz)
- Gefährdung durch Havarie
- Schadstoffabgabe aus der Anlagenkonstruktion, z. B. Mikroplastik

Die potenziellen Folgen dieser Wirkungen auf die Seen sind unter anderem:

- Störung des Strahlungs-/Wärmehaushalts
- Minderung der Photosynthese, Störung von Nahrungsketten
- Folgen für thermische Schichtung und Durchmischung
- Folgen für Sauerstoffhaushalt, Sedimentation, Rücklösung
- Einfluss auf Uferstrukturen (Wellenenergie)
- Lebensraumverlust, Verringerung Nahrungsangebot
- Attraktivitätsminderung oder -steigerung (Landschaftsbild, Lebensraum)

Es ist davon auszugehen, dass viele von schwimmenden PV-Anlagen potenziell ausgehende Wirkungen und Folgen sehr komplex sind, d. h., dass sich Prozesse gegenseitig beeinflussen und überlagern. Diese Veränderung von Prozessen im See kann sich positiv aber auch negativ auf die Arten und Lebensräume im See selbst oder im Umland auswirken.

Aufgrund der vielen potenziellen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf die Gewässerökosysteme ist weitere Forschung unbedingt notwendig.

Könnten großflächige schwimmende PV-Anlagen die Verdunstung verringern und dadurch die Folgen des Klimawandels für unsere Seen abmildern?

Grundsätzlich sind die Wirkungen von schwimmenden PV-Anlagen von den Eigenschaften der Seen selbst (z. B. Tiefe, Nährstoffgehalte) sowie der Ausgestaltung der Anlage abhängig. Die Verdunstung und weitere wichtige Prozesse in Seen werden besonders durch Wind und die Einstrahlung von Sonnenlicht beeinflusst.

Schwimmende PV-Anlagen schirmen Teile der Wasseroberfläche vor diesen Einflüssen ab. Die wenigen Studien dazu deuten darauf hin, dass schwimmende PV-Anlagen die Verdunstung reduzieren könnten. Auch auf die Erwärmung bzw. Abkühlung des Sees dürften die Abschattung und die Veränderung der Windverhältnisse Einfluss haben, zum Beispiel auf die wichtige Durchmischung der Wasserschichten, mit gegebenenfalls nachteiligen Folgen für das natürliche Wirkgefüge des Ökosystems See.

Bisher existieren nur wenige Kurzzeitstudien zu dieser Thematik, weitere Untersuchungen sind für die Beantwortung dieser Frage notwendig. Erste Studien bestätigen den Einfluss von schwimmenden PV-Anlagen auf den Wärmehaushalt von Seen. In Seen gibt es über den Tages- sowie über den Jahresverlauf in der Regel natürliche Temperaturamplituden/-variabilitäten, die durch schwimmende PV-Anlagen vermutlich gedämpft werden. So könnten schwimmende PV-Anlagen je nach Größe und Bedeckungsgrad einerseits im Winter zu mildernden Temperaturen in der obersten Wasserschicht und andererseits im Sommer zu kühleren Temperaturen führen.

Während im Winter und im Sommer ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen der oberen und der unteren Schicht des Sees herrscht, kommt es im Frühling und im Herbst zu einer Durchmischung der verschiedenen Schichten, inklusive des darin

enthaltenen Sauerstoffs und der Nährstoffe. Nährstoffarmes, aber sauerstoffreiches Oberflächenwasser gelangt nach unten, sauerstoffarmes, aber nährstoffreiches Tiefenwasser nach oben. Die abschirmende Wirkung der Anlage könnte, je nach Umfang und in Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften eines Sees, Folgen für die Schichtung und auch die Durchmischung von Seen haben und dadurch für wichtige Funktionen des Ökosystems See.

Erste Studienergebnisse weisen zudem auf eine potenziell verdunstungsreduzierende Wirkung von schwimmenden PV-Anlagen auf Seen hin. Dies könnte insbesondere für Wasserspeicher Vorteile bringen. Welche lokalklimatischen Auswirkungen eine Verdunstungsminderung hätte, ist bisher nicht untersucht (z. B. Verringerung der Kühlung infolge von Verdunstung und Transport latenter Wärme sowie Verringerung der Kondensation im Umfeld).

Warum müssen schwimmende PV-Anlagen mindestens 40 Meter Abstand zum Ufer haben?

Die Hauptlebensräume für Wasserpflanzen und an Wasser gebundene Tierarten wie Biber, Fischotter, Fische, Amphibien, Wasservögel, Libellen und andere Insekten liegen in der Uferzone. Dieser Gewässerbereich zeichnet sich vor allem durch lichtdurchflutete Flachwasserzonen und das Zusammenspiel von Land- und Wasserbiotopen aus. In den Uferzonen herrscht eine hohe natürliche Dynamik, wodurch ihnen eine hohe ökologische Bedeutung zukommt. Die vorsorgeorientierte Vorgabe, 40 Meter Abstand zum Ufer zu halten, soll die Freihaltung des lichtgeprägten Uferbereichs sicherstellen bis entsprechende Forschungsergebnisse vorliegen bzw. eine entsprechende einzelfallspezifische Methodik entwickelt ist.

Der Eintrag von Licht ist insbesondere für Pflanzen, aber auch für Tiere in einem See von großer Bedeutung. Schwimmende PV-Anlagen führen zur teilweisen Abschattung, was für alle auf Photosynthese angewiesenen Organismen zu einer unmittelbaren Betroffenheit führt, insbesondere in dem mehr oder weniger stark von Licht durchfluteten Bereich des Sees, dem sogenannten Litoral (Uferbereich). Für Wasserpflanzen der Flachwasserzone beispielsweise ist eine Verminderung des Lichts ökologisch äußerst kritisch. Wasserpflanzen produzieren nicht nur Sauerstoff, sondern sind auch Rückzugsort, Kinderstube und Nahrung für Fische, Wasserinsekten und -vögel. Sterben sie ab, hat das direkte und indirekte Folgen für alle Nahrungsketten und damit Lebewesen im See.

Aus den genannten Gründen kommt dem Schutz der Uferbereiche eines Gewässers ein besonders hoher ökologischer Stellenwert zu.

Warum gibt es eine Begrenzung des Bedeckungsgrades?

Schwimmende PV-Anlagen können viele für das Gewässer wichtige Prozesse beeinträchtigen, zum Beispiel Strahlungseintrag, Windeinwirkung, Austausch von

Sauerstoff und Kohlendioxid. Es ist derzeit unklar, welches Maß an Bedeckung für ein Gewässer noch ökologisch verträglich ist und ab welchem Grad das Ökosystem Schaden nimmt. Aus diesem Grund wurde im Wasserhaushaltsgesetz vorsorglich ein maximaler Bedeckungsgrad von 15 Prozent festgelegt.

Die 15%-Regel im § 36 WHG begründet sich durch den Vorsorgegrundsatz in der nationalen Wassergesetzgebung und dem Verschlechterungsverbot gemäß § 27 Wasserhaushaltsgesetz. Seit der Verabschiedung der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 ist die Bundesrepublik verpflichtet, die Gewässer in einen guten oder sehr guten Zustand zu bringen. Im Jahr 2021 erreichten nur ca. 25 Prozent der deutschen Seen den angestrebten guten oder sehr guten ökologischen Zustand bzw. Potenzial. Zudem muss die Genehmigung eines Vorhabens verweigert werden, wenn dadurch das Verschlechterungsverbot und das Verbesserungsgebot der EU-Wasserrahmenrichtlinie nicht eingehalten und die Zielerreichung, der gute ökologische Zustand, damit gefährdet wird.

Da es momentan kaum belastbare Untersuchungen zu den Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf die Gewässerqualität und -ökologie gibt, lässt sich derzeit kaum abschätzen, ob schwimmende PV-Anlagen den Zielen eines guten Zustands entgegenstehen. Erst nach ausreichenden wissenschaftlichen Untersuchungen und Belegen ist aus fachlicher Sicht gegebenenfalls eine Anpassung der Regeln im Wasserhaushaltsgesetz möglich und sinnvoll.

Wie hoch ist die ökologische Bedeutung von künstlich geschaffenen Gewässern wie zum Beispiel Baggerseen?

Viele künstliche Gewässer haben einen hohen ökologischen Wert. Im Gegensatz zu den meisten natürlichen Gewässern sind beispielsweise Baggerseen oftmals sehr arm an Nährstoffen und können seltene Lebensraumtypen aufweisen. Auch aktiv betriebene Baggerseen können teilweise bereits Seebereiche haben, an denen der Abbau bereits beendet ist und die eine hohe ökologischer Qualität besitzen. Künstliche Gewässer können sekundäre Lebensräume und Ausbreitungszentren für Tiere und Pflanzen sein, denen andernorts der natürliche Lebensraum entzogen wurde.

Auch künstlichen Gewässern kann eine hohe naturschutzfachliche Bedeutung zukommen. So sind Seen, die aufgrund von historischer Bergbautätigkeit entstanden sind, im Regelfall rekultiviert und naturnah. Zum Beispiel können stillgelegte Baggerseen nährstoffarme bis mäßig nährstoffreiche kalkhaltige Stillgewässer mit Armleuchteralgen sein, die dem in Deutschland sehr seltenen und durch die europäische Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) geschützten Lebensraumtyp 3140 zuzuordnen wären. Leider sind Gewässer künstlichen Ursprungs häufig den Rechtsfolgen der FFH-Richtlinie entzogen, da sie zum Beispiel zum Zeitpunkt der Gebietsmeldung noch nicht als Lebensraumtyp eingestuft waren. Diese künstlichen Seen weisen also Lebensraumqualitäten auf, die bei einem überwiegenden Teil natürlicher Seen heute bereits fehlen. Dadurch haben sie ein hohes ökologisches

Entwicklungspotenzial und ihnen kommt als Sekundärlebensräume eine wichtige Funktion zu. Sie bieten Ausweichmöglichkeiten für Tiere und Pflanzen, denen andernorts der natürliche Lebensraum entzogen wurde und können Ausbreitungszentren für seltene Arten sein.

Sogar wenn Baggerseen an einer Seite noch aktiv betrieben werden und die Wasserqualität dadurch gegebenenfalls beeinträchtigt wird oder andere Störungen wie Lärm oder Staub entstehen, können sich die nicht bewirtschafteten Bereiche bereits ökologisch entwickeln. In der Regel ist für Abbauseen nach Ende des Betriebes die Renaturierung vorgesehen, damit die künstlichen Gewässer ihr ökologisches Potenzial entwickeln können. Der Betrieb von großflächigen schwimmenden PV-Anlagen könnte die Renaturierung beeinträchtigen oder behindern, zumal die Betriebsdauer solcher Anlagen bis zu 30 Jahre beträgt und gegebenenfalls durch ein Repowering noch verlängert wird.

Plant das BfN die Wissenslücken zu den Auswirkungen schwimmender PV-Anlagen zu schließen?

Im ersten Teil des Forschungsvorhabens „Schwimmende PV-Anlagen: Auswirkungen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung)“ wurde eine umfassende Analyse der bereits zu dem Thema veröffentlichten Studien durchgeführt. Dabei wurde unter anderem ein Konzept zur Untersuchung der Auswirkungen von schwimmender PV auf Natur und Landschaft entwickelt. Teile des Konzepts werden nun seit August 2024 in einem zweiten Teilvorhaben mit Hilfe von dreijährigen Vor-Ort-Untersuchungen an verschiedenen Stillgewässern umgesetzt. Neben ausgewählten Parametern der Gewässerqualität, beispielsweise Temperatur, Licht- und Sauerstoffverhältnisse, werden auch die Auswirkungen der schwimmenden PV-Anlagen auf relevante Artengruppen wie Phyto- und Zooplankton, Vögel und Fledermäuse untersucht.

Weiterführende Informationen

BfN-Positionspapier „Eckpunkte für einen naturverträglichen Ausbau der Solarenergie: <https://www.bfn.de/publikationen/positionspapier/eckpunkte-fuer-einen-naturvertraeglichen-ausbau-der-solarenergie>

Endbericht 1. Teilvorhaben: <https://www.bfn.de/publikationen/bfn-schriften/bfn-schriften-685-schwimmende-pv-anlagen-auswirkungen-auf-arten>

Projektsteckbrief 2. Teilvorhaben: <https://www.bfn.de/projektsteckbriefe/schwimmende-pv-anlagen-und-ihre-auswirkungen-auf-natur-und-landschaft>