

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE

ANALYSE DES POTENZIALS VON FLOATING-PV-ANLAGEN AUF BAGGERSEEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Auftraggeber: Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. (ISTE)

Bearbeitung: Fraunhofer ISE, Gruppe Photovoltaische
Kraftwerke

Inhalt

1	Ausgangslage und Zielsetzung	3
2	Datenbasis und methodisches Vorgehen	5
3	Berechnung des potenziellen Stromertrags	7
4	Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag	8
5	Hinweis zur Interpretation	21
	Literaturverzeichnis	22

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Im Auftrag des Industrieverbandes Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. (ISTE) wurde eine Potenzialanalyse zu Floating-Photovoltaikanlagen (FPV) auf Baggerseen in Baden-Württemberg durchgeführt. Ziel ist hierbei, das nutzbare Flächen- und Leistungspotenzial für FPV-Belegungsgrade der Wasserfläche von 15 %, 25 %, 30 %, und 40 % zu analysieren. 15 % entspricht den aktuellen gesetzlichen Auflagen für FPV in Deutschland, ebenso wie ein Mindestuferabstand der Anlagen von 40 m und eine Beschränkung der Installation auf künstliche oder erheblich veränderte Gewässer. Die Rahmenbedingungen sind in § 36 des Wasserhaushaltsgesetzes festgelegt [WHG § 36]. In der vorliegenden Potenzialanalyse wird der vorgeschriebene Mindestabstand zum Ufer nicht berücksichtigt. Dies liegt darin begründet, dass in drei der vier untersuchten Szenarien (25 %, 30 % und 40 % Flächenbelegung) die derzeit gültige Obergrenze von 15 % überschritten wird. Die Aufnahme dieser Szenarien dient der Untersuchung möglicher Entwicklungspfade, falls sich die rechtlichen Rahmenbedingungen in Zukunft ändern sollten. Unter dieser Annahme erscheint es plausibel, dass auch der Mindestabstand zum Ufer neu geregelt wird. Zudem würde die Einhaltung des 40-m-Abstands bei hohen Belegungsraten, insbesondere in kleineren oder länglich geformten Seen, die technisch nutzbare Fläche stark einschränken, sodass die Szenarien nicht vergleichbar abbildbar wären.

Die Untersuchung wurde in zwei getrennten Analysen durchgeführt: Analyse 1 beschränkt sich auf „aktive“ Baggerseen, d. h. Gewässer, in denen zum aktuellen Zeitpunkt entweder ein kommerzieller Tagebau-Betrieb stattfindet, zeitweise stattfindet oder die Wiederaufnahme des Betriebs geplant ist. Analyse 2 umfasst alle in Baden-Württemberg vorhandenen Baggerseen, also bspw. auch Gewässer, in denen kein Betrieb mehr vorgesehen ist und Renaturierung stattfindet.

Zudem werden in der Analyse die zwei üblichsten FPV-Systemvarianten betrachtet: Anlagen mit südausgerichteten Modulen und Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung.

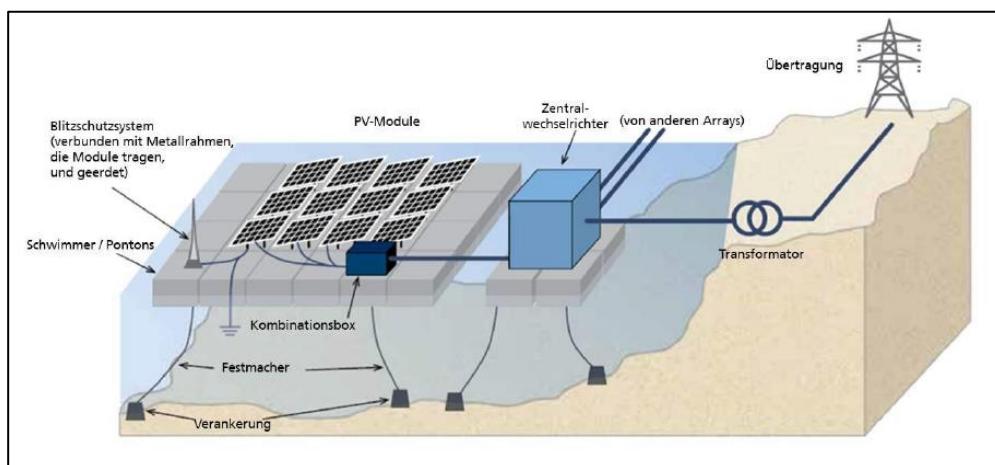


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer FPV-Anlage. Quelle: World Bank, ESMAP, SERIS, abgedruckt in: Baltins et al., „Floating PV: Ein Leitfaden für Deutschland“, Fraunhofer ISE, 2025, S. 19.



Abbildung 2: FPV-Anlage mit Ost-West-Aufständierung. Quelle: Zimmermann PV-Stahlbau, abgedruckt in: Baltins et al., „Floating PV: Ein Leitfaden für Deutschland“, Fraunhofer ISE, 2025, S. 19.

Bei FPV-Anlagen wird häufig zwischen einer Südausrichtung und einer Ost-West-Ausrichtung der Modulreihen unterschieden. Anlagen mit Südausrichtung sind so installiert, dass sie zur Mittagszeit die maximale Sonneneinstrahlung erhalten. Dies führt zu einem insgesamt hohen Jahresartrag, allerdings ist das Erzeugungsprofil durch eine deutliche Leistungsspitze zur Mittagszeit geprägt. Die Stromproduktion verteilt sich dadurch weniger gleichmäßig über den Tag. Demgegenüber werden bei Ost-West-ausgerichteten Anlagen die Modulreihen abwechselnd nach Osten und Westen ausgerichtet. Dadurch wird die Sonneneinstrahlung gleichmäßiger über den Tag verteilt, was zu einem flacheren und stetigeren Erzeugungsprofil führt. Ein weiterer Vorteil dieser Ausrichtung ist, dass der Verschattungseinfluss zwischen den Modulreihen geringer ausfällt und somit auf gleicher Fläche mehr Module installiert, werden können. Zudem reduziert diese Ausrichtung den Lichteintrag ins Gewässer stärker, was potenziell größere Auswirkungen auf das Gewässerökosystem haben, kann [Baltins et al. 2025, S. 19ff.].

2 Datenbasis und methodisches Vorgehen

Datenbasis und methodisches Vorgehen

Die Analyse basiert auf einem Tageabbaudatensatz, der seitens des ISTE weitergeleitet wurde. Ursprünglicher Datengeber ist das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB 2023). Dieser Datensatz enthält 4.667 Flächen in Baden-Württemberg, die potenziell als Gewässer oder Abbaubereich ausgewiesen sind. Zur Eingrenzung auf relevante Standorte für FPV wurden die Daten zunächst in QGIS gefiltert. Dadurch ergaben sich 623 Flächen, die als „Tagebau nass“ bzw. „Tagebau nass und trocken“ klassifiziert sind. Nach Verschneidung mit OpenStreetMap (OSM)-Gewässerdaten resultieren daraus insgesamt 923 einzelne Baggerseen. Die in diesem Schritt wieder gestiegene Anzahl Untersuchungsflächen ergibt sich durch Abbaugebiete, in denen mehrere Seen liegen. Abbildung 3 zeigt beispielhaft, wie sich aus einer Tagebaufläche insgesamt sechs einzelne Seen ergeben.



Abbildung 3: Beispiel eines Abbaugebiets mit mehreren individuellen Seen

Nutzungskategorie

Es wurden für Analyse 1 nur Flächen berücksichtigt, die laut Spalte „ABSIT“, als „in Betrieb“, „zeitweise in Betrieb“ oder in „Wiederaufnahme geplant“ geführt wurden. Dies wurde mit folgendem Filter durchgeführt:

("ABSIT" IN ('in Betrieb', 'Wiederaufnahme geplant', 'zeitweise in Betrieb'))

Abbauart

Es wurden ausschließlich Flächen berücksichtigt, bei denen es sich laut Spalte „GEWART“ um „Tagebau nass“ oder „Tagebau nass und trocken“ handelt. Die restlichen Flächen wurden ausgeschlossen. Somit wird die Flächenauswahl auf potenzielle Gewässerflächen beschränkt.

Dies wurde mit folgendem Filter durchgeführt:

„GEWART“ IN ('Trockenbau nass', 'Trockenbau nass und trocken')

Der resultierende gefilterte Datensatz enthält Flächenpolygone, die zumindest teilweise über eine Tagebau-relevante Gewässerfläche verfügen. Um die Genauigkeit der Analyse zu erhöhen, werden innerhalb dieser Flächen die tatsächlichen Gewässerareale ermittelt, und nicht-Gewässerflächen, die Teil des Gesamtpolygons (bspw. ein gesamtes Firmengelände) sind, werden entfernt. Hierfür wurde zusätzlich ein OSM-Datensatz herangezogen. Mit Hilfe des Vektorlayer-Überlagerungstools „Verschneidung“ wurde eine Schnittanalyse durchgeführt, bei der nur die Flächen beibehalten wurden, die sich mit OSM-Wasserflächen überlappen.

Datenbasis und methodisches Vorgehen

Größenfilter

Die Wirtschaftlichkeit von FPV-Installation und -Anlagenbetrieb steigt durch ökonomische Skalierungseffekte mit steigender Anlagengröße. FPV-Anlagen, die über weniger als 1 Hektar Fläche verfügen, sind voraussichtlich im Rahmen der erwartbaren Lebensdauer von 25 – 30 Jahren im Vergleich mit anderen Stromquellen nicht wirtschaftlich betreibbar. Um die theoretische Analyse nicht mit in Realität unattraktiven Kleinanlagen zu verzerrn, wurden nur Gewässer mit einer verfügbaren FPV-Installationsfläche ≥ 1 Ha in Betracht gezogen. Die verfügbare Installationsfläche hängt vom gewählten Belegungsgrad (15% - 40%) ab. Somit kommen bei einer Belegungsfläche von 40 % mehr Gewässer in Frage, die bei geringeren Belegungsflächen wie bspw. im 15 %-Szenario keine 1 Ha Installationsfläche mehr aufweisen. Dies wurde mit folgendem Filter durchgeführt:

„Flaeche_ha“>=1

Nach Anwendung dieser Filterkriterien verbleiben, je nach Belegungsszenario, bis zu 122 aktive Baggerseen in Baden-Württemberg für die weitere Betrachtung. Unter Einbeziehung aller Baggerseen kommen 372 Gewässer in Betracht, deren Abbaustatus als „Abbau ruht“, „in Betrieb“, „stillgelegt“, „Wiederaufnahme geplant“, „zeitweise in Betrieb“ oder „Zusammenlegung“ ausgewiesen ist.

3 Berechnung des potenziellen Stromertrags

Berechnung des potenziellen Stromertrags

Für alle relevanten Standorte wurde der potenzielle Stromertrag mit Hilfe eines automatisierten R-Skripts berechnet, das auf das Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) der Europäischen Kommission (Joint Research Center) über die offizielle API zugreift [vgl. JRC, 2024]. Die Berechnungen basieren auf den aktuellen verfügbaren Datensätzen und berücksichtigen standortspezifische sowie anlagenspezifische Parameter. Für jede betrachtete Systemvariante (Südausrichtung bzw. Ost-West-Ausrichtung) wurden die Erträge mit den folgenden Parametern berechnet:

- **Südausrichtung:** 12° Neigungswinkel, 0° Azimut
- **Ost-West-Ausrichtung:** 12° Neigung, 90° Azimut
- **Systemverlust:** pauschal 16%
- **Leistungsdichten:** 1.163 MW_p/ha (Süd), 1.551 MW_p/ha (Ost-West)

Das PVGIS-Modell berücksichtigt bei der Ertragsberechnung folgende Einflussgrößen:

- Standortspezifische jährliche und monatliche Sonneneinstrahlung (Globalstrahlung, direkte und diffuse Anteile), basierend auf Satellitendaten (z.B. SARAH3) oder Reanalyseprodukt (z.B. ERA5)
- Lokale Modultemperatur und Temperaturprofile
- Horizontverschattung (unter Berücksichtigung von Geländehindernissen)
- Ausrichtung und Neigungswinkel der Module
- Systemverluste (z.B. Wechselrichter, Verkabelung, Soiling, Alterung)
- PV-Technologie (z.B. kristalline Silizium-Module)
- Montageart
- Standortspezifische meteorologische Zusatzdaten wie Luftdruck, Wind und Temperatur

Ausgegeben wird der spezifische Jahresertrag in kWh/kW_p. Anschließend erfolgt die Multiplikation mit der jeweiligen Leistungsdichte und die Umrechnung in GWh/ha. Die Ergebnisse werden in einer Geopackage-Datei gespeichert und dienen als Grundlage für die Szenarioanalyse.

Die angesetzten Leistungsdichten basieren auf realistischen Referenzwerten aus aktuellen Planungsdaten und Marktanalysen.

4 Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag

Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag

Auf Basis der berechneten spezifischen Erträge und unter Annahme der jeweiligen Flächenbelegungsgrade wurden die installierbare Leistung und die erwartbaren Jahreserträge für die potenziellen FPV-Standorte ermittelt.

Bei einer angenommenen FPV-Belegung von 15 % der Gesamtfläche, was den aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen in Deutschland laut §36 WHG entspricht, kommen 99 aktive Baggerseen in Frage, mit einer Gesamt-Installationsfläche von 465,3 Ha. Das ergäbe eine installierte Leistung von 541,15 MW_p für südausgerichtete Anlagen und 721,68 MW_p für Ost-West-ausgerichtete Anlagen, und ein erwartbarer Jahresertrag von 648,56 GWh bzw. 1.039,10 GWh. Somit könnte durch FPV-Installation auf Baggerseen 5,82 – 9,32 % der durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung des ehemaligen AKW Neckarwestheim II kompensiert werden [Statista 2022].

Bei einer Erweiterung des Betrachtungsrahmens auf alle Baggerseen ergibt sich bei 15 % Belegung ein Ertrag von bis zu 1.187 GWh (Südausrichtung) bzw. 1.902 GWh (Ost-West-Ausrichtung), was somit 10,65 % bzw. 17,06 % der AKW-Erzeugung entspricht.

Wenn von einer Auflockerung der gesetzlichen Maximal-Belegungsrate auf 40 % ausgegangen wird, ist auf allen Baggerseen Baden-Württembergs ein Installationspotenzial von bis zu 2.911 MW_p (Südausrichtung) bzw. 3.883 MW_p (Ost-West-Ausrichtung) möglich, womit 31,19 % bzw. 49,97 % der AKW-Stromerzeugung erreicht würden.

Eine komplette Übersicht der Analyseergebnisse in Zahlen ist in Tabelle 1 & 2 dargestellt.

Sensitivitätsanalyse zur EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sieht für Seen ≥ 50 ha ein Verschlechterungsverbot vor. In Baden-Württemberg betrifft dies 18 aktive Baggerseen sowie 25 Seen insgesamt (inkl. Stillgelegter). Zur Abschätzung der möglichen Auswirkungen wurden zwei Varianten betrachtet:

- WRRL_drop (Ausschluss): Seen ≥ 50 ha werden in den Szenarien $> 15\%$ Belegung komplett ausgeschlossen.
- WRRL_cap (Deckelung): Seen ≥ 50 ha werden auf eine maximale Belegung von 15% begrenzt.
- Grundlage: Ausgangsszenario ohne Einschränkung

Die Ergebnisse (siehe Tabellen 3 bis 6) zeigen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen:

- WRRL_drop: Das Potenzial sinkt bei aktiven Seen in den 25-40 %-Szenarien um rund 40 %, bei allen Seen um rund 30%.
- WRRL_cap: Die Reduktionen sind geringer und liegen je nach Szenario bei aktiven Seen zwischen -16 % und -25 %, bei allen Seen zwischen -12 % und -18 %.

Damit verdeutlicht die Sensitivitätsanalyse, dass die strikte Anwendung der WRRL einen erheblichen Rückgang des technischen Potenzials nach sich ziehen würde. Die Variante mit Deckelung erlaubt dagegen weiterhin einen wesentlichen Teil der Potenziale zu nutzen.

Zur Veranschaulichung sind in Abbildung 12 die relativen Veränderungen (in %) gegenüber der Baseline dargestellt, während Abbildung 13 die absoluten Unterschiede (MWp, GWh) zeigt.

Ergebnisse: _____ Flächen- _____ und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

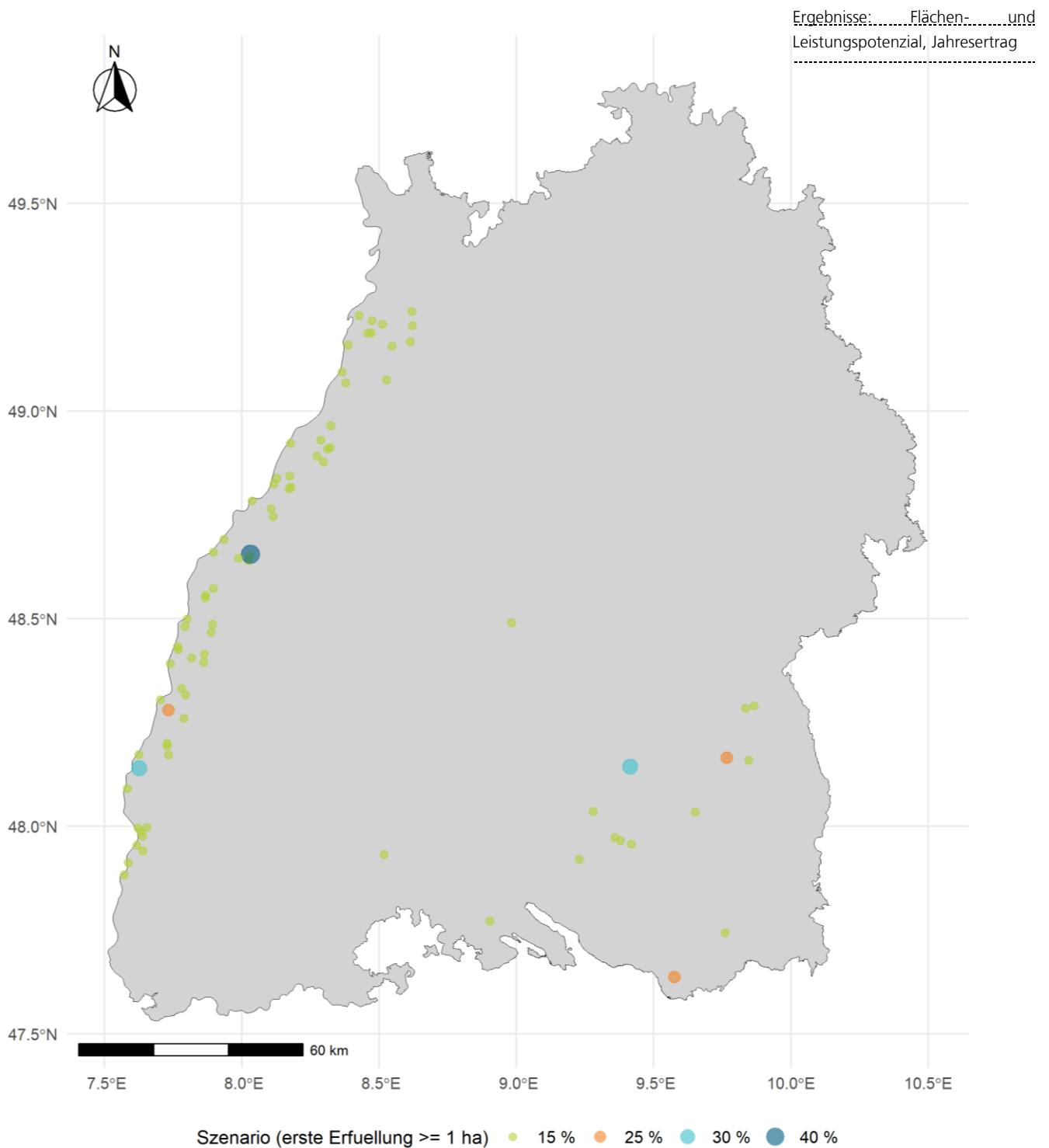


Abbildung 4: Potenzielle FPV-Standorte auf aktiven Baggerseen in Baden-Württemberg. In dieser Darstellung wird jeder Standort nur einmal aufgezeigt entsprechend dem Flächenbelegungsgrad, bei dem zuerst 1 Ha Mindest-Installationsfläche erreicht wird. Je größer der mögliche Belegungsgrad gewählt wird, desto mehr Standorte kommen hinzu, da auch kleinere Gewässer in Betracht gezogen werden können. Die Farbgebung der Punkte verweist auf das jeweils erste zutreffende Nutzungsszenario.

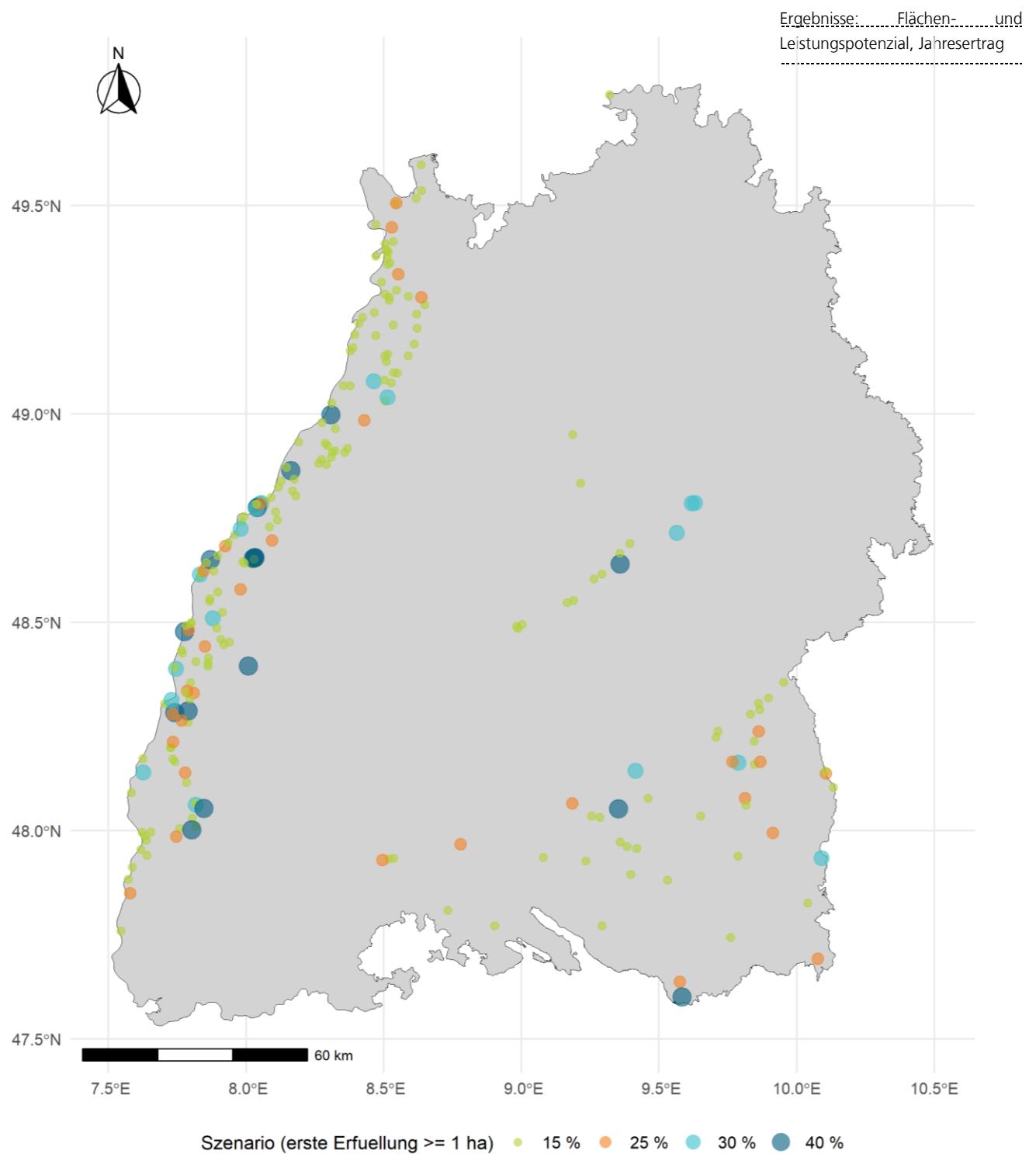


Abbildung 5: Potenzielle FPV-Standorte auf allen Baggerseen in Baden-Württemberg, unabhängig vom Betriebszustand. In dieser Darstellung wird jeder Standort nur einmal aufgezeigt entsprechend dem Flächenbelegungsgrad, bei dem zuerst 1 Ha Mindest-Installationsfläche erreicht wird. Je größer der mögliche Belegungsgrad gewählt wird, desto mehr Standorte kommen hinzu, da auch kleinere Gewässer in Betracht gezogen werden können. Die Farbgebung der Punkte verweist auf das jeweils erste zutreffende Nutzungsszenario.

In Abbildung 6 wird die installierbare Leistung auf **aktiven** Baggerseen in den vier Belegungsszenarien dargestellt:

Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag

■ 40% ■ 30% ■ 25% ■ 15%

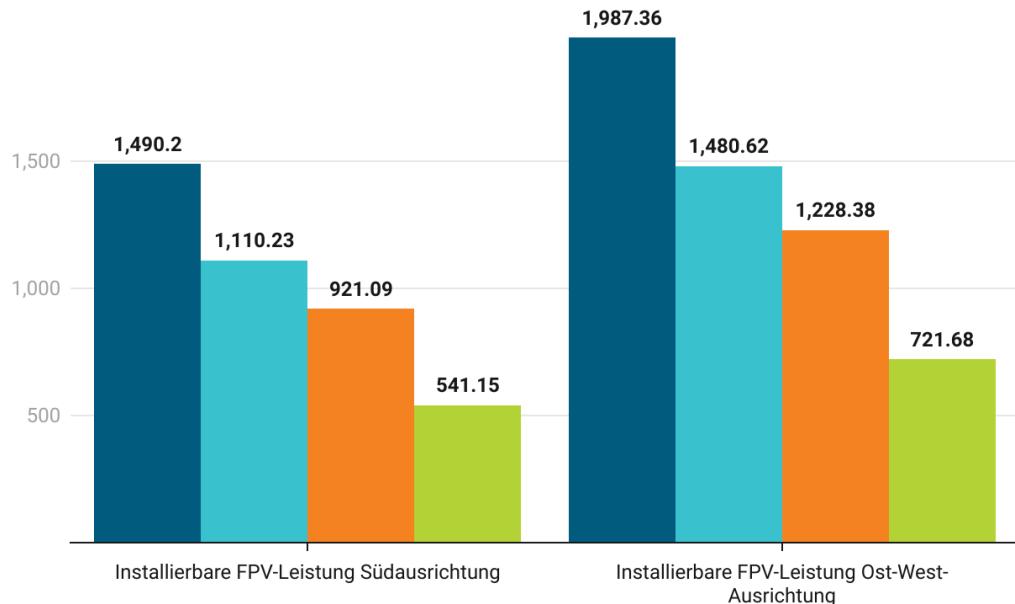


Abbildung 6: Vergleich der installierbaren Leistung in MW_p von FPV-Anlagen auf aktiven Baggerseen in Baden-Württemberg bei Flächenbelegungen von 15 %, 25 %, 30 %, und 40 % und Modulausrichtungen Süd und Ost-West.

In Abbildung 7 wird der jährliche Stromertrag je Szenario und Ausrichtung angezeigt:

■ 40% ■ 30% ■ 25% ■ 15%

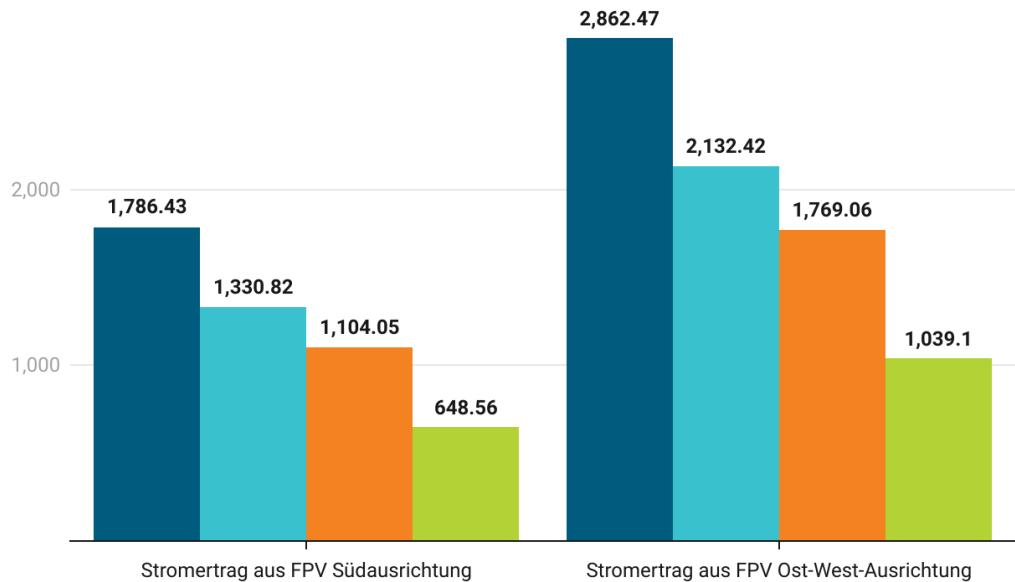


Abbildung 7: Jährlicher Ertrag in GWh aus FPV-Anlagen auf aktiven Baggerseen in Baden-Württemberg, differenziert nach Flächenbelegung und Ausrichtung. Die Berechnung basiert auf spezifischen Erträgen gemäß PVGIS-Daten.

Abbildung 8 zeigt den Ertrag im Vergleich zur Stromproduktion des AKW Neckarwestheim II (11.151 GWh/Jahr).

Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag

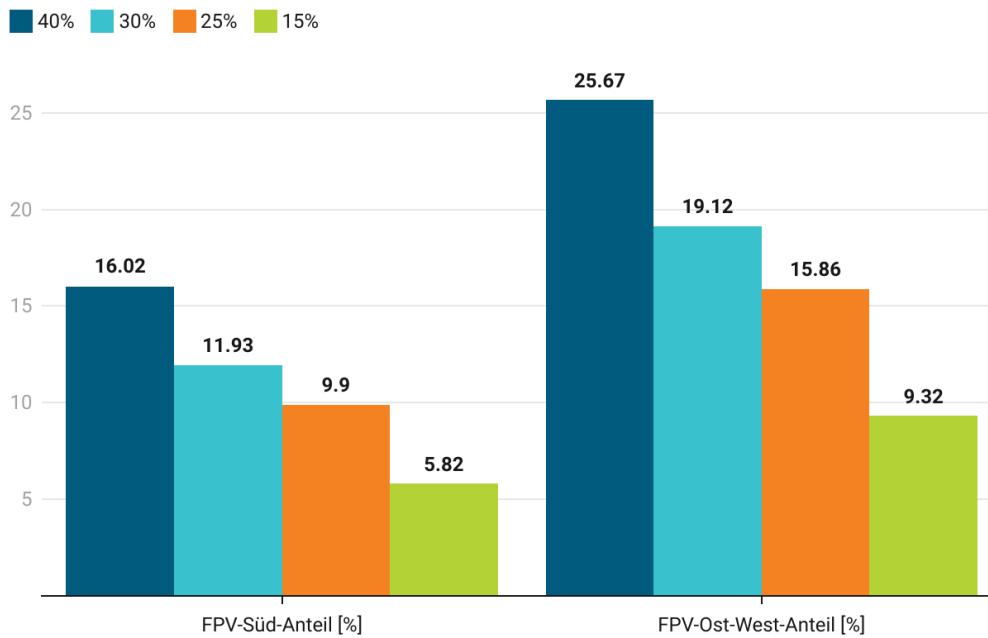


Abbildung 8: Prozentualer Anteil des FPV-Ertrags an der jährlichen Stromproduktion des abgeschalteten Kernkraftwerks Neckarwestheim II (11.151 GWh). Betrachtet werden Anlagen auf aktiven Baggerseen, aufgeteilt in Flächenbelegung (15–40 %) und Modulausrichtung.

In der nachfolgenden Abbildung 9 wird die installierbare Leistung in den vier Belegungsszenarien für **alle** Baggerseen in Baden-Württemberg dargestellt:

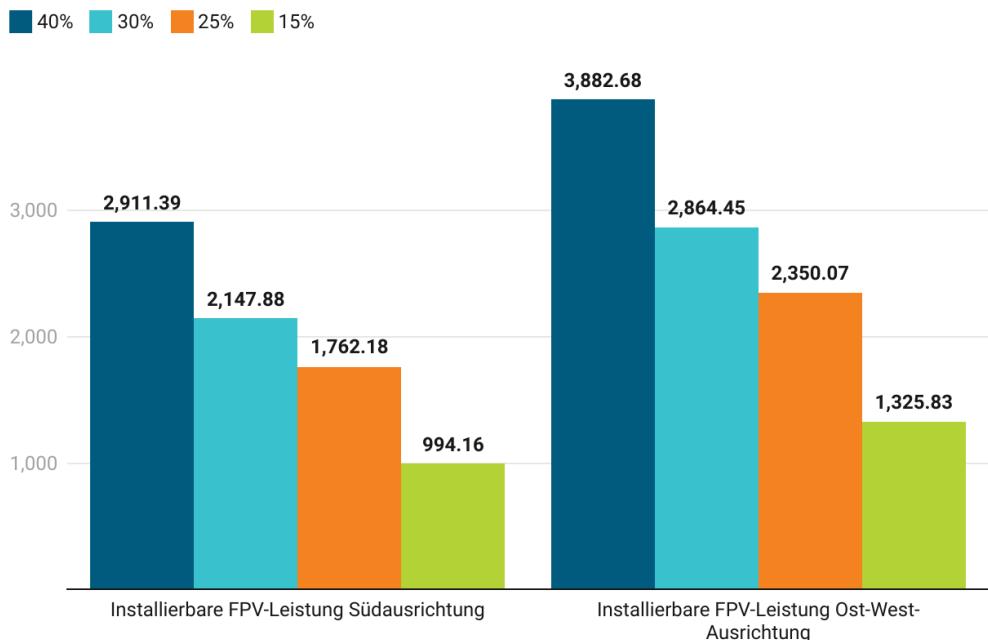


Abbildung 9: Vergleich der installierbaren Leistung in MW_p von FPV-Anlagen auf allen Baggerseen in Baden-Württemberg bei Flächenbelegungen von 15%, 25%, 30%, und 40% und Modulausrichtungen Süd und Ost-West.

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag
.....

In Abbildung 10 wird der jährliche Stromertrag je Szenario und Ausrichtung angezeigt:

40% 30% 25% 15%

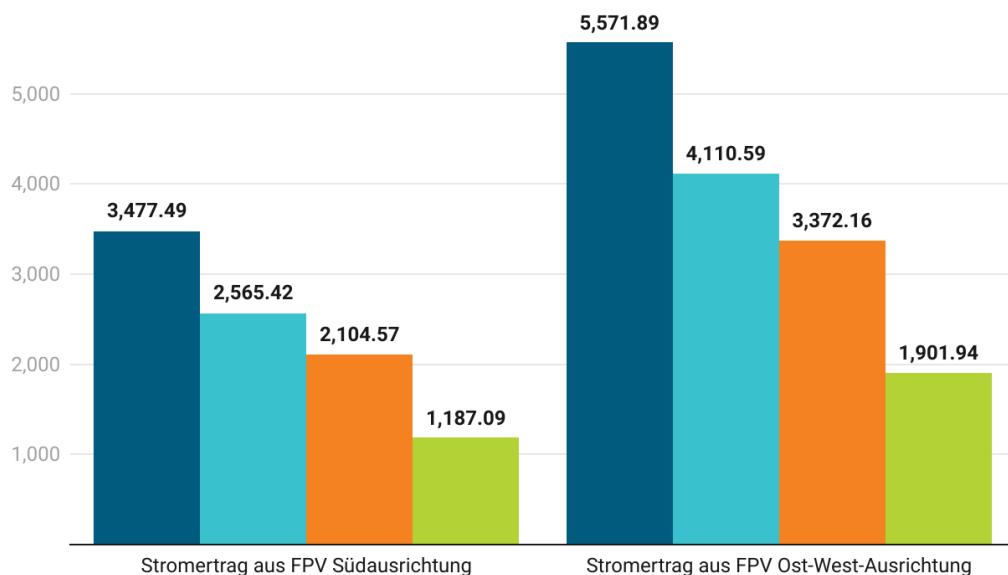


Abbildung 10: Jährlicher Ertrag in GWh aus FPV-Anlagen auf allen Baggerseen in Baden-Württemberg, differenziert nach Flächenbelegung und Ausrichtung. Berechnung basiert auf spezifischen Erträgen gemäß PVGIS-Daten.

In der nachfolgenden Abbildung 11 wird der Ertrag im Vergleich zur Stromproduktion des AKW Neckarwestheim II dargestellt (11.151 GWh/Jahr).

40% 30% 25% 15%

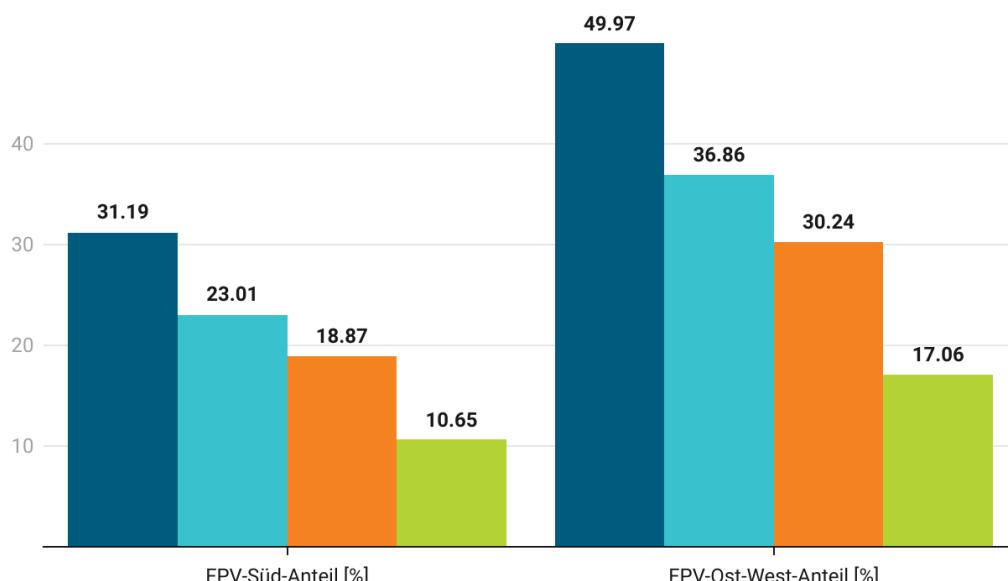


Abbildung 11: Prozentualer Anteil des FPV-Ertrags an der jährlichen Stromproduktion des abgeschalteten Kernkraftwerks Neckarwestheim II (11.151 GWh). Betrachtet werden Anlagen auf allen Baggerseen, aufgeteilt in Flächenbelegung (15–40 %) und Modulausrichtung.

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

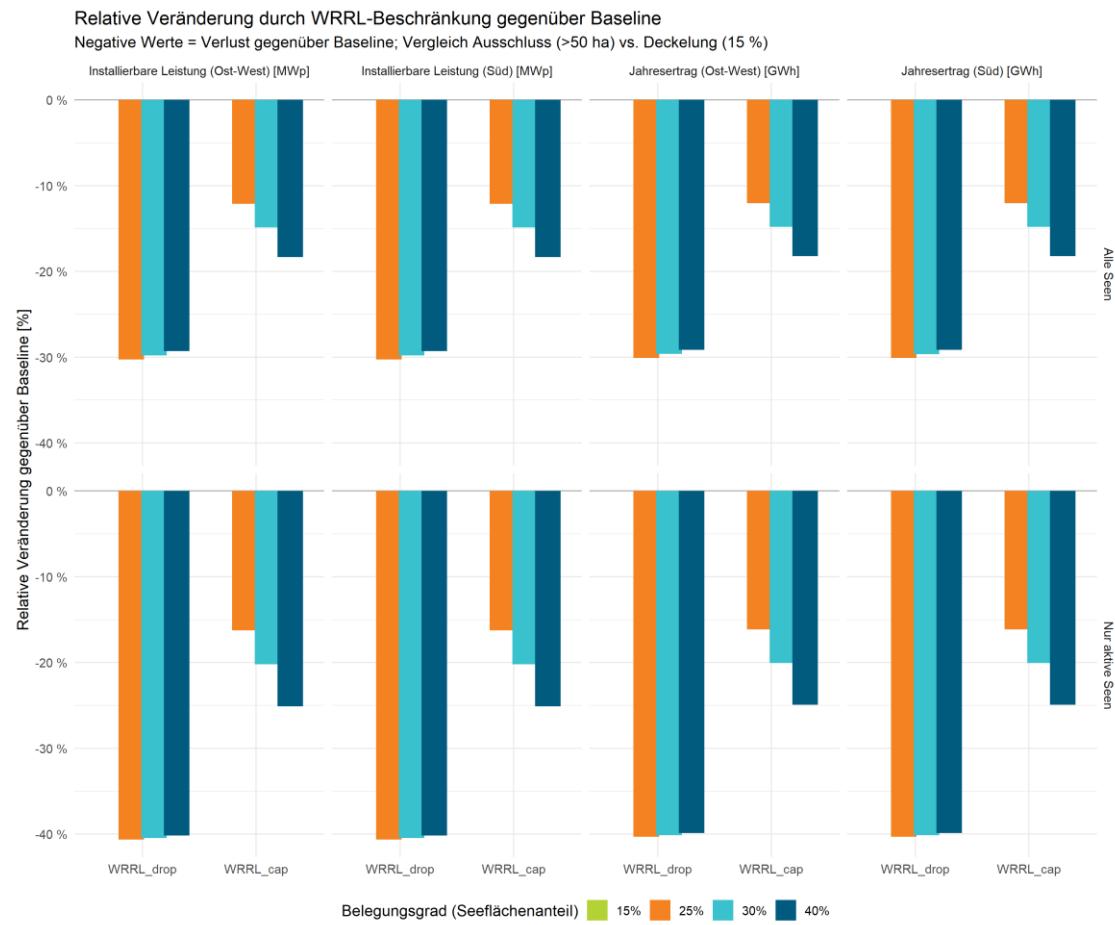


Abbildung 12: Relative Veränderung durch WRRL-Restriktionen gegenüber Baseline (aktive Seen und alle Seen). Dargestellt ist der prozentuale Rückgang installierbarer Leistung und Jahresertrag in den Szenarien 25%, 30% und 40%. Vergleich von Ausschluss großer Seen (> 50 ha, WRRL_drop) mit Deckelung auf 15% Seebelegung (WRRL_cap).

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

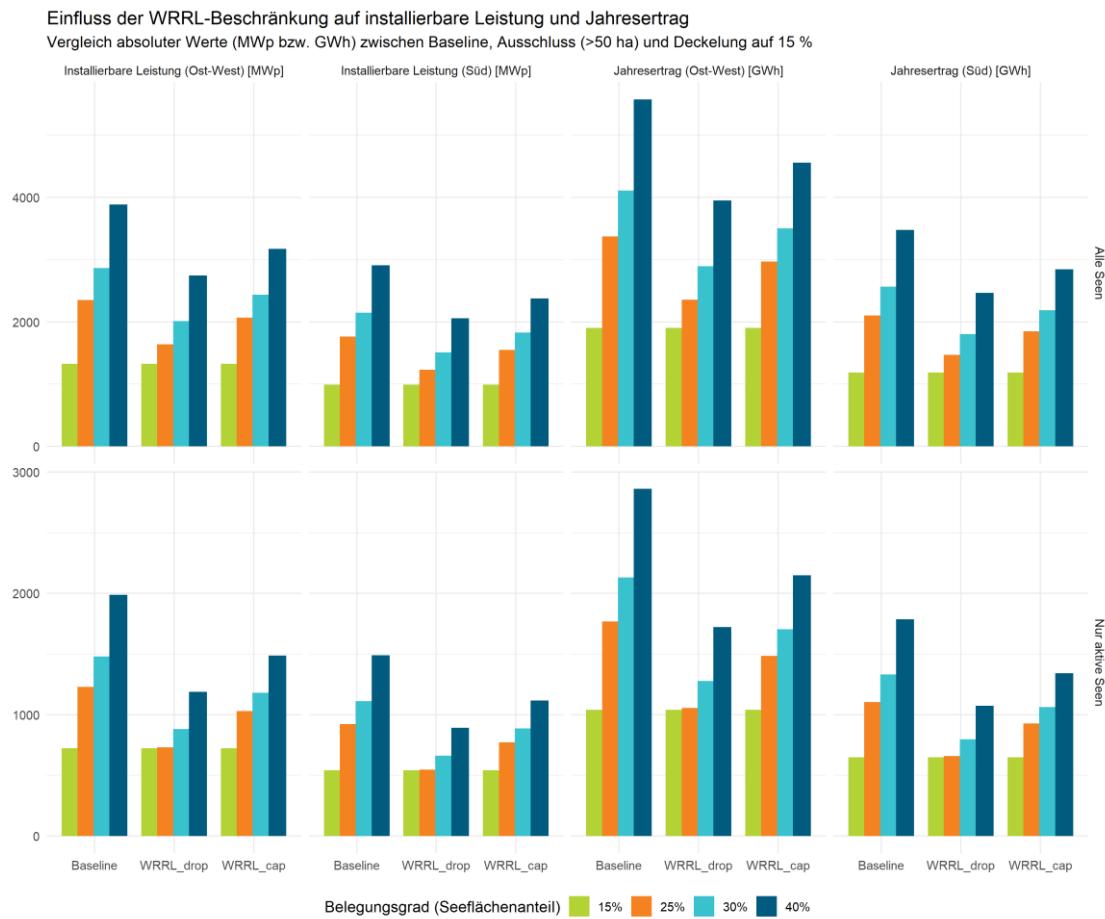


Abbildung 13: Einfluss der WRRL-Restriktionen auf installierbare Leistung und Jahresertrag (aktive Seen und alle Seen). Vergleich der absoluten Werte (MW_p bzw. GWh) zwischen Baseline, Ausschluss (WRRL_drop) und Deckelung (WRRL_cap) in den Szenarien 25%, 30% und 40%.

Tabelle 1: Übersicht der installierbaren Leistung, Stromerträge und relativen Anteile an der Jahresstromproduktion des AKW Neckarwestheim II für aktive Baggerseen in Baden-Württemberg, differenziert nach Belegungsgraden (15-40%) und Modulausrichtung (Süd, Ost-West).

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

Szenario	Anzahl Seen	Fläche [ha]	FPV-Leistung S. [MW _p]	FPV-Leistung O.-W. [MW _p]	Stromertrag S. [GWh]	Stromertrag O.-W. [GWh]	Anteil AKW S. [%]	Anteil AKW O.-W. [%]
40 %	122	1.281	1.490,20	1.987,36	1.786,43	2.862,47	16,02	25,67
30 %	115	954,62	1.110,23	1.480,62	1.330,82	2.132,42	11,93	19,12
25 %	111	791,99	921,09	1.228,38	1.104,05	1.769,06	9,90	15,86
15 %	99	465,3	541,15	721,68	648,56	1.039,10	5,82	9,32

Tabelle 2: Übersicht der installierbaren Leistung, Stromerträge und relativen Anteile an der Jahresstromproduktion des AKW Neckarwestheim II für alle betrachteten Baggerseen in Baden-Württemberg, differenziert nach Belegungsgraden (15 - 40%) und Modulausrichtung (Süd, Ost-West), unabhängig vom Abbaustatus.

Szenario	Anzahl Seen	Fläche [ha]	FPV-Leistung S. [MW _p]	FPV-Leistung O.-W. [MW _p]	Stromertrag S. [GWh]	Stromertrag O.-W. [GWh]	Anteil AKW S. [%]	Anteil AKW O.-W. [%]
40%	372	2.503,34	2.911,39	3.882,68	3.477,49	5.571,89	31,19	49,97
30%	337	1.846,84	2.147,88	2.864,45	2.565,42	4.110,59	23,01	36,86
25%	311	1.515,2	1.762,18	2.350,07	2.104,57	3.372,16	18,87	30,24
15%	242	854,82	994,16	1.325,83	1.187,09	1.901,94	10,65	17,06

Tabelle 3: Ergebnisse für aktive Baggerseen. Vergleich Baseline (ohne WRRL-Beschränkung) und WRRL_drop (Ausschluss Seen ≥ 50 ha bei $> 15\%$ Belegung). Delta_abs ist die Differenz zwischen WRRL_drop und dem Ausgangsszenario; Delta_pct [%] ist die relative Differenz gegenüber dem Ausgangsszenario.

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

Szenario	Parameter	Grundlage	WRRL_drop	Delta_abs	Delta_pct [%]
25 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.228,38	729,37	-499,01	-40,6
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	921,09	546,91	-374,18	-40,6
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	1.769,06	1.055,95	-713,11	-40,3
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.104,05	658,93	-445,12	-40,3
30 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.480,62	881,8	-598,82	-40,4
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.110,23	661,21	-449,02	-40,4
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	2.132,42	1.276,68	-855,73	-40,1
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.330,82	796,67	-534,15	-40,1
40 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.987,36	1.188,94	-798,42	-40,2
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.490,20	891,51	-598,69	-40,2
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	2.862,47	1.721,49	-1.140,98	-39,9
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.786,43	1.074,24	-712,20	-39,9

Tabelle 4: Ergebnisse für alle Baggerseen. Vergleich Baseline (ohne WRRL-Beschränkung) und WRRL_drop (Ausschluss Seen ≥ 50 ha bei $> 15\%$ Belegung). Delta_abs ist die Differenz zwischen WRRL_drop und dem Ausgangsszenario; Delta_pct [%] ist die relative Differenz gegenüber dem Ausgangsszenario.

Ergebnisse: Flächen- und Leistungspotenzial, Jahresertrag

Szenario	Parameter	Grundlage	WRRL_drop	Delta_abs	Delta_pct [%]
25 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	2.350,07	1.639	-711,07	-30,3
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.762,18	1.228,98	-533,19	-30,3
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	3.372,16	2.357,41	-1.014,75	-30,1
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	2.104,57	1.471,05	-633,52	-30,1
30 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	2.864,45	2.11,16	-853,29	-29,8
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	2.147,88	1.508,05	-639,83	-29,8
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	4.110,59	2.892,89	-1.217,70	-29,6
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	2.565,42	1.805,2	-760,22	-29,6
40 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	3.882,68	2.744,97	-1.137,72	-29,3
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	2.911,39	2.058,28	-853,11	-29,3
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	5.571,89	3.948,29	-1.623,60	-29,1
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	3.477,49	2.463,86	-1.013,62	-29,1

Tabelle 5: Ergebnisse für aktive Baggerseen. Vergleich Baseline (ohne WRRL-Beschränkung) und WRRL_cap (Deckelung Seen ≥ 50 ha auf max. 15 % Belegung). Delta_abs ist die Differenz zwischen WRRL_cap und dem Ausgangsszenario; Delta_pct [%] ist die relative Differenz gegenüber dem Ausgangsszenario.

Ergebnisse: Flächen- und
Leistungspotenzial, Jahresertrag

Szenario	Parameter	Grundlage	WRRL_cap	Delta_abs	Delta_pct [%]
25 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.228,38	1.028,78	-199,61	-16,2
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	921,09	771,42	-149,67	-16,2
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	1.769,06	1.483,82	-285,24	-16,1
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.104,05	926	-178,05	-16,1
30 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.480,62	1.181,21	-299,41	-20,2
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.110,23	885,72	-224,51	-20,2
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	2.132,42	1.704,55	-427,87	-20,1
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.330,82	1.063,75	-267,07	-20,1
40 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	1.987,36	1.488,35	-499,01	-25,1
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.490,20	1.116,02	-374,18	-25,1
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	2.862,47	2.149,36	-713,11	-24,9
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	1.786,43	1.341,31	-445,12	-24,9

Tabelle 6: Ergebnisse für aktive Baggerseen. Vergleich Baseline (ohne WRRL-Beschränkung) und WRRL_cap (Deckelung Seen ≥ 50 ha auf max. 15 % Belegung). Delta_abs ist die Differenz zwischen WRRL_cap und dem Ausgangsszenario; Delta_pct [%] ist die relative Differenz gegenüber dem Ausgangsszenario.

[Hinweis zur Interpretation](#)

Szenario	Parameter	Grundlage	WRRL_cap	Delta_abs	Delta_pct [%]
25 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	2.350,07	2065,64	-284,43	-12,1
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	1.762,18	1.548,9	-213,28	-12,1
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	3.372,16	2.966,26	-405,9	-12
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	2.104,57	1.851,16	-253,41	-12
30 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	2.864,45	2.864,45	-2.437,81	-14,9
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	2.147,88	1.827,96	-319,91	-14,9
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	4.110,59	3.501,74	-608,85	-14,8
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	2.565,42	2.185,31	-380,11	-14,8
40 %	Installierbare Leistung (Ost-West) [MW _p]	3.882,68	3.171,61	-711,07	-18,3
	Installierbare Leistung (Süd) [MW _p]	2.911,39	2.378,2	-533,19	-18,3
	Jahresertrag (Ost-West) [GWh]	5.571,89	4.557,14	-1.014,75	-18,2
	Jahresertrag (Süd) [GWh]	3.477,49	2.843,97	-633,52	-18,2

5 Hinweis zur Interpretation

Die dargestellten Werte sind unter optimalen Bedingungen ermittelte Potenzialwerte. Einschränkungen durch Genehmigungen, ökologische Kriterien, Nutzungskonflikte oder technische Randbedingungen vor Ort, z. B. Netzanschlusskapazitäten, sind nicht mit einbezogen.

Literaturverzeichnis

Baltins, K., Ilgen, K., Götz, S., Graef, A., Heimsath, A., Rößner, J.-V., Wieland, S. & H. Wirth (2025): „FLOATING PV: Ein Leitfaden für Deutschland“, 2025, Fraunhofer ISE.

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG). § 36 (Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern). In der Fassung des Art. 12 des Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor vom 20. Juli 2022, BGBI. I Nr. 28, S. 1237.

Zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 19. Dezember 2022, BGBI. I Nr. 87, S. 2479, m.W.v. 1. Januar 2023. <https://www.buzer.de/36_WHG.htm> [Zugriff: 05.08.2025].

Joint Research Centre (JRC), European Comission (2024): Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) – User Manual. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en> [Zugriff: 05.08.2025].

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) (2023): LGRB-BW ROH: Übertägige Rohstoffgewinnung (Flächen). <<https://meta.lgrb-bw.de/geonetwork/srv/de/main.home?uuid=778afda4-9c1e-44c2-bb9ba53aed84748c>> [Zugriff: 20.08.2025].

Regierungspräsidium Baden-Württemberg (o. D.): Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Online verfügbar unter: <<https://rp.baden-wuerttemberg.de/themen/wasserboden/wrrl/>> [Zugriff: 18.09.2025].

Statista (2022): Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke* in Deutschland in den Jahren 2020 und 2021. Zuletzt bearbeitet am 05. Mai 2025. <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77115/umfrage/stromerzeugung-der-kernkraftwerke-in-deutschland-2009/>> [Zugriff: 05.08.2025].