

Ergebnisse der Wasserkraftpotenzialermittlung in Baden-Württemberg

Im Rahmen der landesweiten Untersuchung des Aus- und Neubaupotenzials der Wasserkraft bis 1 000 kW in Baden-Württemberg wurden mehr als 17 500 Standorte analysiert. Dabei wurden in die Berechnungen gewässer- und fischökologische Grundlagen einbezogen und zwei Szenarien gebildet. Das Ergebnis zeigt, dass in allen Teilräumen des Landes das Ausbaupotenzial an bestehenden Wasserkraftanlagen weitaus größer als das Neubaupotenzial an nicht genutzten Standorten ist. Darüber hinaus wird die bereits intensive Nutzung der Wasserkraft in Baden-Württemberg bestätigt.

Johannes Reiss, Andreas Becker und Stephan Heimerl

1 Ausgangssituation

Derzeit werden in Baden-Württemberg rund 1 700 Laufwasserkraftwerke betrieben. Zusammen verfügen sie über ein Jahresarbeitsvermögen von rund 4,9 TWh/a. Bei Grenzkraftwerken am Rhein ist hierbei nur der Baden-Württemberg zurechenbare Anteil berücksichtigt. 66 Anlagen weisen eine Leistung von mehr als 1 000 kW auf und tragen zu knapp 90 % zur Stromerzeugung aus Wasserkraft in Baden-Württemberg bei.

Nach dem Willen der baden-württembergischen Landesregierung soll die Wasserkraft auch in Zukunft eine bedeutende Rolle unter den erneuerbaren Energien spielen. Zugleich verfolgt Baden-Württemberg im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie das Ziel, die Flusswasserkörper des Landes in einen guten ökologischen Zustand bzw. in ein gutes ökologisches Potenzial zu versetzen.

Daher wurden die Potenziale der Wasserkraft mit einer Leistung bis 1 000 kW in sechs Studien zu den Bearbeitungsgebieten Baden-Württembergs ermittelt. Die ermittelten Potenziale mussten mit den Bewirtschaftungszielen der EG-Wasserrahmenrichtlinie vereinbar sein. Betrachtet wurden bestehende Wasserkraftanlagen und energetisch nicht genutzte Querbauwerke. Da die Inanspruchnahme frei fließender Gewässerstrecken für die Nutzung der Wasserkraft in aller Regel nicht mit den Bewirtschaftungszielen vereinbar ist, wurden keine theoretischen Linienpotenziale ermittelt.

Kompakt

- Für das Aus- und Neubaupotenzial der Wasserkraft in Baden-Württemberg wurden mehr als 17 500 Standorte analysiert.
- Das Ergebnis bestätigt die bereits intensive Nutzung der Wasserkraft in Baden-Württemberg.
- Dennoch sind nennenswerte Beiträge für einen ökologisch verträglichen Ausbau der regenerativen Stromerzeugung aus Wasserkraft möglich.

2 Datengrundlagen und Methoden

Die Methode der Potenzialermittlung wurde zunächst 2009/2010 im Einzugsgebiet des Neckars entwickelt [1]. Von 2012 bis 2015 wurden die Bearbeitungsgebiete Donau, Alpenrhein/Bodensee, Hochrhein, Oberrhein und Main bearbeitet [7]-[11]. 2016 erfolgte schließlich eine Neuberechnung der Potenziale für das Bearbeitungsgebiet Neckar [12], um methodische Weiterentwicklungen zu berücksichtigen, die sich in den anderen Gebieten ergeben hatten, insbesondere die systematische Berücksichtigung der Belange von Fischschutz und Fischabstieg. Damit lag eine einheitliche Betrachtung für das gesamte Bundesland vor.

2.1 Datengrundlagen

Als Grundlage der Potenzialermittlung für Standorte bis 1 000 kW wurden umfangreiche Daten aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Gewässerökologie und Energiewirtschaft erhoben und aufbereitet.

2.1.1 Daten der Wasserwirtschaft

Standorte

Potenziale wurden nur an einer bestehenden Querverbauung in den Fließgewässern ermittelt. Diese sind in Baden-Württemberg in der Datenbank des Anlagenkatasters Wasserbau (AKWB) mit ihrer räumlichen Lage und zahlreichen Metadaten erfasst. Potenziale wurden an bestehenden Wasserkraftanlagen sowie an nicht energetisch genutzten Regelungsbauwerken und Sohlenbauwerken, nicht aber an fischpassierbaren Sohlenrampen ermittelt. Die Daten des AKWB wurden landesweit durch Begehung der wasserbaulichen Anlagen im Gelände überprüft, wobei insbesondere die Parameter Wasserspiegeldifferenz am Bauwerk sowie die Durchwanderbarkeit für Fische und wirbellose Tiere kontrolliert und ggf. aktualisiert wurden.

Insgesamt wurden mehr als 17 500 Standorte analysiert, deren Verteilung in **Tabelle 1** wiedergegeben ist. Der Datensatz der Wasserkraftanlagen enthält sowohl Anlagen, die aktuell genutzt werden, als auch stillgelegte Standorte.

Parallel zu den Geländearbeiten erfolgte bei den unteren Wasserbehörden die Erfassung von Informationen über die rechtliche Gestattung der Wasserkraftanlagen sowie ihre technische Ausrüstung.

Erhoben wurden die Datierung der wasserrechtlichen Zulassung und Befristung, soweit es sich nicht um ein unbefristetes Recht handelte, sowie Auflagen zu Bau, Betrieb und Dotation von Anlagen zu Fischaufstieg und Fischabstieg sowie zur Abgabe eines Mindestabflusses bei Ausleitungskraftwerken. Die erhobenen technischen Daten umfassten vor allem die genehmigte Nettofallhöhe, Alter, Anzahl, Typ und Schluckvermögen der Wasserkraftmaschinen sowie Typ, Anordnung und Dimensionierung der Rechenanlage. Aus den Geländearbeiten und den Informationen der Wasserbehörden wurde abgeleitet, ob eine Wasserkraftanlage „in Betrieb“, „außer Betrieb, stillgelegt“ oder „außer Betrieb, betriebsbereit“ war.

Hydrologie

Wesentliche Grundlage der Potenzialermittlung waren der mittlere Abfluss MQ und der mittlere jährliche Niedrigwasserabfluss MNQ für jeden Standort. Diese wurden unter Verwendung eines geografischen Informationssystems aus den regionalisierten Abfluss-Kennwerten Baden-Württemberg errechnet.

2.1.2 Energiewirtschaftliche Daten

Zur Abschätzung des in Baden-Württemberg von Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW nach EEG eingespeisten Stroms sowie zur Plausibilisierung der technischen und wasserrechtlichen Daten wurden die öffentlich zugänglichen Daten über Wasserkraftanlagen ausgewertet, die nach dem EEG vergütet werden. Für die Jahre 2007 bis 2013 wurden mehr als 90 % der EEG-Anlagen sicher einer im AKWB geführten Wasserkraftanlage zugeordnet.

2.2 Methoden – ökologische Szenarien

Die Betrachtung der ökologischen Szenarien hatte zum Ziel, Arbeitswerte für ökologische Abflüsse zu ermitteln, die standardisiert in eine flussgebietsbezogene Bilanzierung der Potenzialberechnung von Standorten einfließen können. Die auf diese

Weise ermittelten Werte dürfen aber keinesfalls als belastbare Angaben für die einzelnen Standorte betrachtet werden. In jedem Fall sind die Standorte daher einer näheren Betrachtung, in der Regel einer Detailstudie zu unterziehen, um realisierbare Abflüsse für einen Anlagenbetrieb ermitteln zu können.

In der standardisierten Betrachtung wurden zwei Ansätze zur Herleitung der ökologischen Szenarien herangezogen: Für das Szenario 1 wurden ökologische Abflüsse Q_{min} ausschließlich nach dem im Wasserkrafterlass Baden-Württembergs [2] genannten Orientierungswert von 1/3 MNQ für Ausleitungskraftwerke berechnet. Für Flusskraftwerke wurden hier 1/6 MNQ veranschlagt. Im differenzierteren Szenario 2 wurden in Anlehnung an das im Wasserkrafterlass vorgeschriebene zweistufige Verfahren zusätzlich spezifische fischökologische Anforderungen in standardisierter Weise berücksichtigt. So wurden an jedem Standort ein Sockelwert von 0,2 m³/s für den Betrieb der Fischaufstiegsanlage und 0,1 m³/s für den Betrieb eines Rechen-Bypass-Systems (Q_{Bypass}) angenommen. Darüber hinaus gehende ökologische Abflüsse waren abhängig von den Rahmenbedingungen des Standorts, indem folgende berechnungsrelevante Informationen über eine GIS-Auswertung ermittelt wurden:

- Migrationsbedarf der Fischfauna [3],
- Aal-Einzugsgebiet gemäß Aalbewirtschaftungsplan [4],
- historische Verbreitungsgebiete ausgewählter, besonders anspruchsvoller Fischarten [5]: Lachs (in den Bearbeitungsgebieten Hochrhein, Oberrhein, Neckar, Main), Seeforelle (Bodensee-EZG), Huchen und Streber (Donau).

Dabei galten für die einzelnen Arten folgende erhöhte Anforderungen für Ausleitungskraftwerke:

- Für Lachs und Seeforelle ein Q_{min} von 3/4 MNQ und Sockelwerte von 0,5 m³/s (Lachs) bzw. 0,55 m³/s (Seeforelle) sowie ein Q_{Bypass} von 0,2 m³/s,
- für den Huchen ein Sockelwert von 0,5 m³/s für Q_{min} ,
- im historischen Verbreitungsgebiet des Strebers wurden keine Ausbaupotenziale für Ausleitungskraftwerke berechnet.

Für Standorte innerhalb des Aal-Einzugsgebiets wurde ein zusätzliches Rechen-Bypass-System mit 0,1 m³/s rechnerisch berücksichtigt, für Standorte innerhalb des hohen Migrations-

Tabelle 1: Analysierte Standorte in Baden-Württemberg im Zuge der Untersuchungen (Quelle: [7]-[12])

	Sohlenbauwerke	Regelungsbauwerk	Wasserkraftanlagen
Alpenrhein/Bodensee	495	178	139
Hochrhein	1 570	334	196
Oberrhein	4 769	1 506	634
Neckar	3 278	1 179	854
Main	360	156	95
Donau	1 018	415	352
Baden-Württemberg	11 490	3 768	2 270

bedarfs eine zweite Fischaufstiegsanlage am Krafthaus mit 0,2 m³/s.

Bei Flusskraftwerken wurde von 1/6 MNQ zur Dotation der Fischaufstiegsanlage ausgegangen, wobei auch die oben genannten Sockelwerte galten.

In wenigen Sonderfällen wurde von den beschriebenen Regeln abgewichen.

Detaillierte Zusammenstellungen, Herleitungen und Begründungen der Berechnungsregeln für ökologische Abflüsse sind in den jeweiligen Berichten aufgeführt [7]-[12].

2.3 Methoden – Berechnung der Potenziale

Zur Ermittlung der Wasserkraftpotenziale an bestehenden Wasserkraftanlagen sowie an Standorten mit bislang nicht genutzten Regelungs- und Sohlenbauwerken wurde eine EDV-basierte systematische und standardisierte Methodik entwickelt.

Für jeden Standort wurde aus dem zur Verfügung stehenden Gefälle und dem mittleren Abfluss MQ unter der Annahme Ausbaugrad $f_A = 1$ vereinfacht das theoretische Potenzial errechnet. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage wurde hierbei auf der Basis von Erfahrungswerten vereinfachend zu 81,5 % angenommen.

War an einem Standort bereits eine Wasserkraftanlage installiert, ging die Anlage nur dann in die weitere Betrachtung ein, wenn sich mindestens ein zusätzliches technisches Potenzial von 8 kW errechnete. Andernfalls ging die Anlage mit ihrer aktuellen Leistung in die Ermittlung des Potenzials für das jeweilige Einzugsgebiet ein. Hierbei war auch der Betriebsstatus der Anlage zu berücksichtigen, da ein erheblicher Anteil aktuell nicht betrieben wird.

Im nächsten Schritt erfolgte für jeden Standort eine erste Abschätzung von Jahresarbeit und finanziellem Ertrag unter Verwendung der Vergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009, um eine Vergleichbarkeit zwischen allen Teilstudien zu gewährleisten. Hierbei wurde ein Ansatz verfolgt, nach dem sich aus dem Verhältnis von mittlerem Niedrigwasserabfluss MNQ sowie mittlerem Abfluss MQ und damit der Gleichmäßigkeit des Wasserdargebots an einem Standort eine Abschätzung

für die Jahresvolllaststunden einer Wasserkraftanlage herleiten lässt. Es erfolgte kein Abzug ökologischer Abflüsse. Parallel dazu wurden aus Erfahrungswerten Schätzungen für die Investitionen getroffen, die zur Realisierung des zusätzlichen technischen Potenzials am einzelnen Standort notwendig wären.

Aus dem Verhältnis von Investition zu Jahresertrag errechnete sich eine vereinfachte Amortisationszeit, die als erstes Maß für die Wirtschaftlichkeit der Standorte diente. Betrug die vereinfachte Amortisationszeit mindestens 35 Jahre, schied ein Standort als voraussichtlich unwirtschaftlich aus der weiteren Betrachtung aus.

Für alle anderen Standorte wurde im nächsten Schritt das zusätzliche technisch-ökonomisch-ökologische Potenzial unter Berücksichtigung der ökologischen Abflüsse ermittelt. Dies wirkte sich dabei sowohl auf die am einzelnen Standort erzielbare Leistung als auch auf das potenzielle Jahresarbeitsvermögen aus. Die Berechnung erfolgte parallel unter Verwendung der ökologischen Abflüsse nach den Szenarien 1 und 2.

Abschließend erfolgte eine vereinfachte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Standorte unter Annahme eines langjährigen Kalkulationszinssatzes von 3 % und einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 35 Jahren. In diesem Schritt gingen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung damit sowohl Kapital- als auch Betriebskosten ein. Am Ende des Prozesses stand für jeden Standort ein Wert für die dynamischen Stromgestehungskosten in Euro pro Kilowattstunde Strom. Alle Standorte wurden in eine von vier Wirtschaftlichkeitsklassen eingeordnet, die sich an Mischvergütungssätzen nach EEG 2009 orientieren.

Das verwendete Verfahren zur Ermittlung der Wasserkraftpotenziale nutzt eine Vielzahl von Daten zu den zahlreichen Standorten. Dennoch kann die Ermittlung der Potenziale und Wirtschaftlichkeit an einzelnen Standorten zu wesentlichen Abweichungen von den realen Verhältnissen führen. Diese werden aber aufgrund der hohen Anzahl von Einzelstandorten bei der Zusammenfassung der Ergebnisse auf Gewässerebene bzw. für Teileinzugsgebiete und das gesamte Untersuchungsgebiet erfahrungsgemäß ausgeglichen.

Tabelle 2: Verteilung der Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW nach Leistung und Bearbeitungsgebiet (Quelle: [7]-[12])

Bearbeitungsgebiet	Leistung [kW]							Summe
	≤8	>8-20	>20-50	>50-100	>100-250	>250-500	>500-1 000	
Alpenrhein-Bodensee (2014)	17	29	24	14	15	10	4	113
Hochrhein (2014)	14	17	32	29	22	24	6	144
Oberrhein (2015)	71	92	119	73	43	26	12	436
Neckar (2016)	84	216	136	101	89	37	20	683
Main (2015)	13	9	10	11	6	3	0	52
Donau (2013)	38	84	78	44	19	16	5	284
Baden-Württemberg	237	447	399	272	194	116	47	1 712

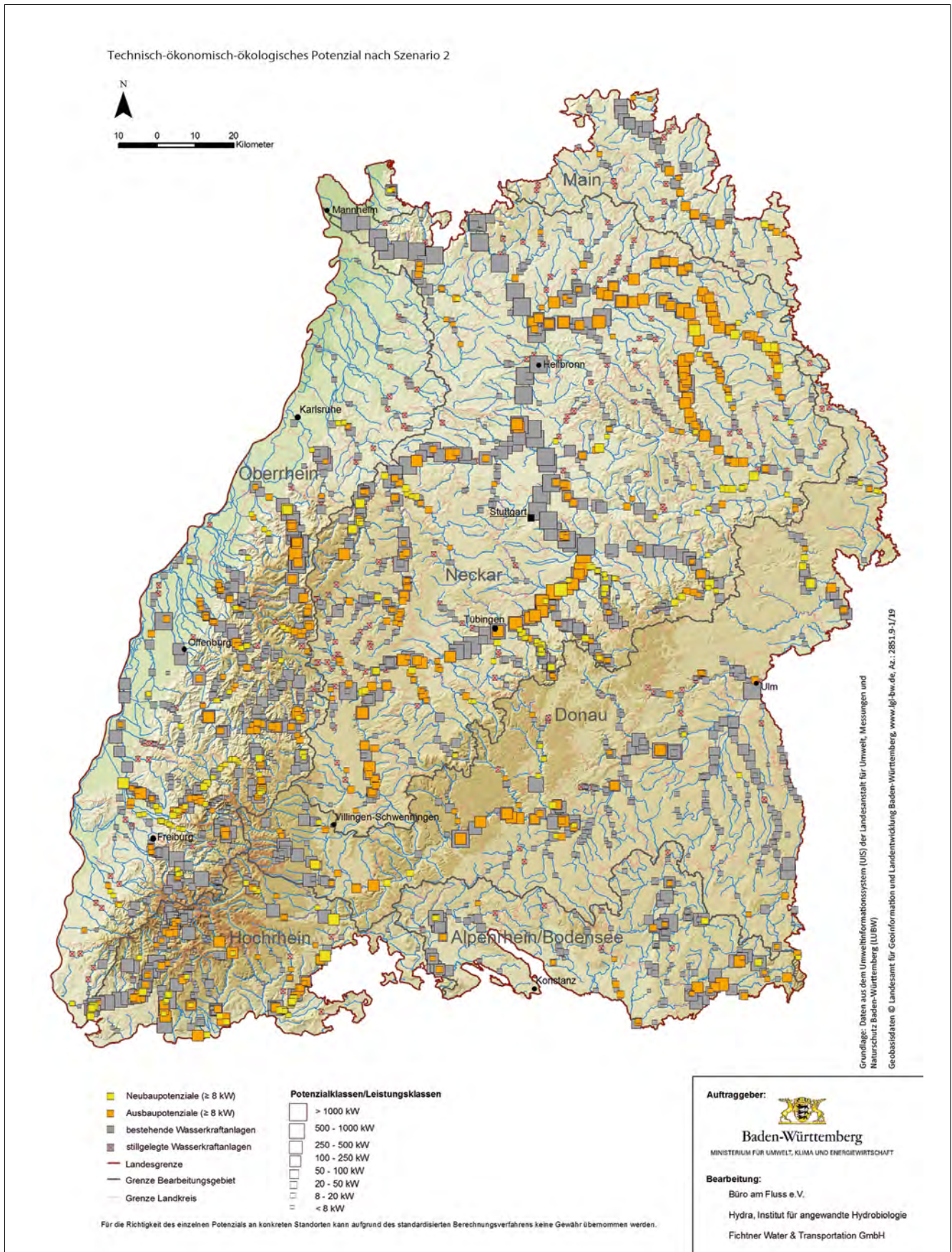


Bild 1: Wasserkraft in Baden-Württemberg: Bestehende Anlagen und potenzielle Standorte (technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial nach Szenario 2)

3 Ergebnisse

3.1 Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW in Baden-Württemberg

Unter den ca. 2 250 Wasserkraftstandorten des AKWB werden aktuell ca. 1 700 Anlagen zur Nutzung der Wasserkraft betrieben. 419 Standorte des AKWB sind stillgelegt, 55 Standorte gelten als betriebsfähig, werden aber aktuell nicht betrieben. Aufgrund von Stilllegung, Reaktivierung und Neubau unterliegen die Zahlen geringfügigen Schwankungen.

In **Tabelle 2** ist die Verteilung der baden-württembergischen Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW nach Bearbeitungsgebiet und Leistungsklasse aufgeschlüsselt.

Aus der Annahme, dass nur ein geringer Teil des in Anlagen bis 1 000 kW erzeugten Stroms nicht nach EEG vergütet bzw. selbst verbraucht wird, folgt, dass die rund 1 700 Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW Leistung in Baden-Württemberg jährlich rund 550 GWh/a Strom erzeugen, was ca. 11,5% der Stromerzeugung aus Wasserkraft im Land Baden-Württemberg entspricht.

3.2 Ökologische Szenarien und betroffene Standorte

An rund einem Drittel der untersuchten Standorte ist das natürliche Wasserdargebot so gering, dass in der Anwendung des Szenarios 2 der Sockelwert von 0,2 m³/s angesetzt wurde. Knapp 750 Standorte befinden sich an Gewässern mit einem hohen Migrationsbedarf der Fischfauna. Die meisten der 358 Standorte, an denen die besonderen Anforderungen des atlantischen Lachses berücksichtigt wurden, liegen im Bearbeitungsgebiet Oberrhein. 204 untersuchte Standorte, praktisch immer energetisch genutzt, liegen im Geltungsbereich des Aal-Bewirtschaftungsplans.

An vielen bestehenden Kraftwerken müssen voraussichtlich zusätzliche Maßnahmen im Hinblick auf Durchgängigkeit und Mindestabfluss ergriffen werden, um die Bewirtschaftungsziele erreichen zu können.

3.3 Potenziale

An rund der Hälfte der 17 500 Querbauwerke des Landes Baden-Württemberg wurde kein Potenzial zur Nutzung der Wasserkraft ermittelt, weil

- es sich um fischpassierbare Querbauwerke handelt,
- sie in Ausleitungsstrecken liegen,
- die Nettofallhöhe unter 0,3 m liegt oder
- ihr theoretisches Potenzial unter 8 kW liegt.

Die mehrstufige Ermittlung von Aus- bzw. Neubaupotenzialen erfolgte somit an insgesamt 9 348 Standorten. Hierbei konnte an 655 Standorten der Neubau einer Wasserkraftanlage mit einem Potenzial von mindestens 8 kW erwogen werden, an 582 bestehenden Wasserkraftanlagen wurde ein zusätzliches Ausbaupotenzial von mindestens 8 kW ermittelt.

In **Bild 1** (nur Szenario 2) und **Tabelle 3** sind die Ergebnisse der Potenzialermittlung für die Bearbeitungsgebiete und das Land Baden-Württemberg für beide Szenarien (Sz) 1 und 2 zusammengestellt.

Landesweit ergibt sich nach Szenario 1 eine zusätzliche Jahresarbeit von ca. 210 GWh/a, unter Berücksichtigung der Anforderungen des Szenario 2 beträgt die zusätzliche Jahresarbeit ca. 140 GWh/a. Nur ein kleiner Teil der ermittelten Potenziale erweist sich als betriebswirtschaftlich attraktiv.

4 Interpretation und Ausblick

Die landesweite Untersuchung des Aus- und Neubaupotenzials der Wasserkraft bis 1 000 kW unterstreicht die bereits intensive Nutzung der Wasserkraft in Baden-Württemberg. Landesweit bestehen praktisch keine Querbauwerke mit einem ungenutzten Wasserkraftpotenzial >100 kW mehr. In allen Teilräumen des Landes ist daher das Ausbaupotenzial an bestehenden Wasserkraftanlagen weitaus größer als das Neubaupotenzial an nicht genutzten Standorten.

Tabelle 3: Verteilung der ermittelten Aus- und Neubaupotenziale W_{zus} (zusätzliche Jahresarbeit in MWh/a) auf die Teilräume des Landes Baden-Württemberg (Quelle: [7]-[12])

	Neubau		Ausbau		Summe	
	$W_{\text{zus}} \text{ Sz1}$	$W_{\text{zus}} \text{ Sz2}$	$W_{\text{zus}} \text{ Sz1}$	$W_{\text{zus}} \text{ Sz2}$	$W_{\text{zus}} \text{ Sz1}$	$W_{\text{zus}} \text{ Sz2}$
Alpenrhein/Bodensee	1 779	1 013	8 717	4 000	10 496	5 013
Hochrhein	6 811	5 522	21 148	10 945	27 959	16 467
Oberrhein	12 801	6 799	41 692	17 914	54 493	24 713
Neckar	19 365	14 453	80 500	63 256	99 865	77 709
Main	782	502	3 092	1 822	3 874	2 324
Donau	2 699	2 025	12 397	9 911	15 096	11 396
Baden-Württemberg	44 237	30 314	167 546	107 848	211 783	138 162

Die durch das Land Baden-Württemberg umzusetzenden Bewirtschaftungsziele für Oberflächengewässer wurden erstmals landesweit in einheitlicher Weise in den beiden Szenarien 1 und 2 berücksichtigt, hierunter auch die Anforderungen von Fischschutz und Fischabstieg. Sie schränken den weiteren Ausbau der Wasserkraft deutlich ein. Dies zeigt sich im Vergleich der beiden Szenarien 1 und 2 besonders in den Teilgebieten des Landes, in denen die ökologischen Ansprüche von Wanderfischarten, wie Lachs, Seeforelle und Aal, berücksichtigt werden müssen. Die Anforderung des baden-württembergischen Wasserkrafterlasses, dass der in Ausleitungsstrecken zu belassende Mindestabfluss die Durchwanderbarkeit und die Funktion des Gewässers als Lebensraum ermöglichen muss, schließt an vielen mittleren und kleineren Gewässern einen weiteren Ausbau bestehender Ausleitungskraftwerke praktisch aus, soweit dieser nicht z. B. durch die Installation eines Mindestwasserkraftwerkes mit einer Verbesserung der Mindestabflusssituation verbunden werden kann.

Dennoch können aus ökologischer und technischer Sicht zahlreiche genutzte Standorte eine Leistungssteigerung bei gleichzeitiger Verbesserung des ökologischen Zustands an der Anlage erfahren. Diesem durchaus bedeutenden Potenzial setzten die betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen insbesondere bei leistungsschwächeren Standorten jedoch enge Grenzen.

Autoren

Johannes Reiss

Büro am Fluss e.V.
Schillerstraße 27
73240 Wendlingen am Neckar
johannes.reiss@buero-am-fluss.de

Andreas Becker

HYDRA Wiesloch
Am Leimengraben 84
69169 Wiesloch
a.becker@hydra-institute.com

Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Fichtner Water & Transportation GmbH
Sarweystr. 3
70191 Stuttgart
stephan.heimerl@fwt.fichtner.de

Literatur

- [1] Heimerl, S.; Dußling, U.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2011.
- [2] Umweltministerium; Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum; Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.): Gemeinsame Verwaltungsvorschrift zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung; Kriterien für die Zulassung von Wasserkraftanlagen bis 1 000 kW. In: GABl. vom 28. Februar 2007, S. 105 ff.
- [3] Dußling, U.: Erarbeitung und Pflege von GIS-Grundlagen für fischfaunistisch relevante Fließgewässer in Baden-Württemberg – Erstellung digitaler Fließgewässerkarten „Migrationsbedarf der Fischfauna“ und „fischzönotische Grundaprägungen“. Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2005.
- [4] Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Aalbewirtschaftungsplan – Flussgebietseinheit Rhein. 2008.
- [5] Dußling, U.: Fischfaunistische Referenzen für die Fließgewässerbewertung in Baden-Württemberg gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (FischRef BW 1.1). 2006.
- [6] Fischseuchenverordnung i. d. F. vom 24.11.2008. In: BGBl. I, S. 2 315. Zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 14.12.2012. In: BGBl. I, S. 2 697.
- [7] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im Einzugsgebiet der Donau in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015.
- [8] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1000 kW im Einzugsgebiet des Hochrheins in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015.
- [9] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Bodensees unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- [10] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Oberrheins unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015.
- [11] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Mains unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015.
- [12] Heimerl, S.; Becker, A.; Reiss, J.: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1 000 kW im baden-württembergischen Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele (Aktualisierung 2016). Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2017.



Weitere Empfehlungen aus
www.springerprofessional.de:

🔍 Potenzial Wasserkraft

Schwarzwälder, K.; Abo-El-Wafa, H.; Rutschmann, P.: FiTHydro-Projekt untersucht Auswirkungen von Wasserkraft auf die Fließgewässerökologie. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 06/2017. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017. www.springerprofessional.de/link/12457662

Fehrmann, Chr.: Wasserkraft und Nachhaltigkeit. In: Nachhaltigkeit in Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Wiesbaden: Springer VS, 2017. www.springerprofessional.de/link/11996022

Johannes Reiss, Andreas Becker and Stephan Heimerl **Determination of the hydropower potential in Baden-Württemberg, Germany**

Within the framework of a survey in Baden-Württemberg, Germany, to receive the hydropower expansion potential as well as the potential for new hydropower plants up to 1 000 kW in Baden-Württemberg, more than 17 500 sites were analysed. The calculations included water and fish ecological basics and two scenarios were developed. The result shows that in all parts of the state the expansion potential of existing hydropower plants is far greater than the new potential of unused sites. In addition, the already intensive use of hydropower in Baden-Württemberg is confirmed.