

Nikolaus Bauer, Albert Ruprecht und Stephan Heimerl

Ermittlung des Wasserkraftpotenzials an Wasserkraftanlagenstandorten mit einer Leistung über 1 MW in Deutschland

Die Wasserkraft gilt in der Bundesrepublik Deutschland als relativ gut ausgebaut, da an den meisten potenziellen Standorten mit einer Leistung >1 MW bereits Wasserkraftwerke installiert sind. Die vorliegende Untersuchung zeigt jedoch, dass alleine an den bestehenden Laufwasserkraftwerken dieser Leistungsgruppe noch ein bedeutendes Ausbaupotenzial vorhanden ist. Dieses Potenzial kann insbesondere durch Modernisierung und Ausbau dieser bestehenden Kraftwerksstandorte genutzt werden.

1 Potenzialermittlung an Laufwasserkraftanlagen mit $P > 1$ MW

In der Bundesrepublik Deutschland existieren zurzeit (Stand März 2010) 406 in das deutsche Stromnetz einspeisende Laufwasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung >1 MW. Anhand einer installierten Leistung von 3,4 GW wird so ein Regelarbeitsvermögen von 17,45 TWh erzeugt.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wurde auf der Grundlage einer für ganz Deutschland einheitlichen Methode das zusätzlich ausbaubare Wasserkraftpotenzial als Ausgangsbasis für

eine deutsche Ausbaustrategie ermittelt [1]. Eine Teilaufgabe dabei war die Betrachtung der größeren Laufwasserkraftwerke, auf die nachfolgend näher eingegangen werden soll.

Zur Ermittlung des zusätzlich ausbaubaren Wasserkraftpotenzials an Standorten der großen Wasserkraft wurde die Standortmethode angewendet. Dabei wird vor allem das zusätzliche Potenzial durch die Modernisierung und den Ausbau bestehender Kraftwerke berücksichtigt. Das Potenzial lässt sich dabei durch drei wesentliche Teilpotenziale beschreiben:

- das Potenzial durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades,

- das Potenzial durch Erhöhung des Ausbaugrades,
 - das Potenzial durch Stauzielerhöhung.
- In den folgenden Kapiteln wird primär das Vorgehen zur Ermittlung des Ausbaupotenzials durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades und des Ausbaugrades beschrieben.

Nicht abschließend konnte das zusätzliche Potenzial durch Erhöhung des Stauzieles berücksichtigt werden, da hierzu eine detaillierte Betrachtung der komplexen Verhältnisse vor Ort jeder einzelnen Anlage notwendig gewesen wäre und dies daher nur grundsätzlich abgeschätzt werden konnte (s. Kapitel 7).

Für die an Grenzflüssen gelegenen Kraftwerke erfolgte die Berücksichtigung des Potenzials nur entsprechend des Deutschland vertragsrechtlich zustehenden Anteiles.

Bei Ausleitungskraftwerken wurde das zusätzliche Potenzial in einem ersten Schritt ohne die Berücksichtigung der Abgabe eines zusätzlichen Mindestabflusses berechnet, da dieser nur vereinzelt bekannt war. In einem zweiten Schritt wurde die notwendige Reduktion des ermittelten zusätzlich nutzbaren Potenzials durch Mindestabflüsse näher betrachtet und abgeschätzt.

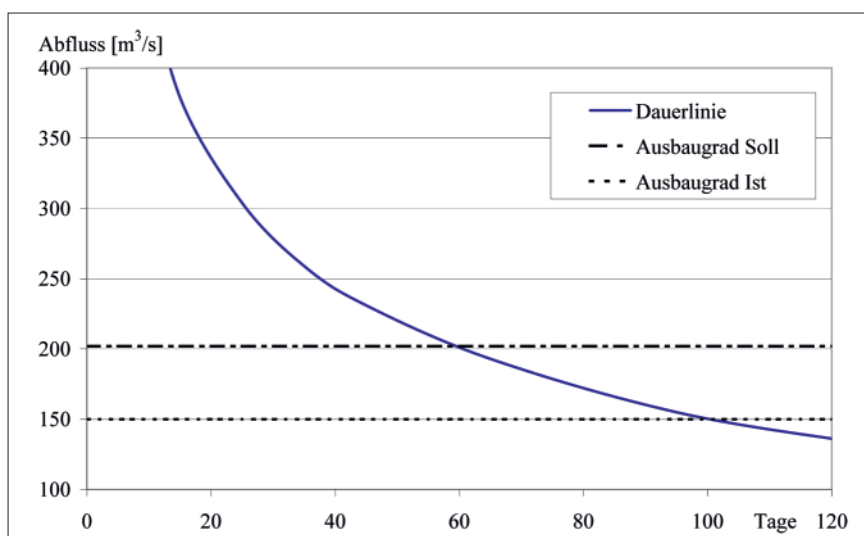


Bild 1: Exemplarischer Ausschnitt einer Dauerlinie und mit Ausbaugraden eines fiktiven Kraftwerkes

2 Datengrundlage

Die Ermittlung des ausbaubaren Potenzials von bestehenden und potenziellen

Standorten ist nur auf der Grundlage einer guten und verlässlichen Datenbasis möglich. Da das Vorgehen zur Abschätzung des Potenzials anhand der Verwendung eines einheitlichen und nachvollziehbaren Verfahrens unter Anwendung von Grundlagendaten erfolgen sollte, wurden soweit möglich einheitlich erstellte und frei zugängliche Basisdaten verwendet.

Als gewässerkundliche Daten wurden für die Potenzialermittlung die Dauerlinien und mittleren Abflüsse der entsprechenden Flüsse verwendet. Als Quelle dienen fast ausschließlich die jeweiligen Ausgaben des Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuches, in denen diese Angaben für eine Vielzahl von Pegeln an deutschen Gewässern verzeichnet sind. Die Verwendung der langjährigen Mittelwerte garantiert eine Unabhängigkeit der Potenzialermittlung von temporären Schwankungen der Abflüsse.

Die Ermittlung des Ausbaupotenzials basiert des Weiteren insbesondere auf den Hauptdaten der jeweiligen Wasserkraftanlagen. Ohne Informationen über die mittlere gewonnene Jahresarbeit, die Nennfallhöhe, den Nenndurchfluss und die Nennleistung der Turbinen kann keine Abschätzung des derzeit genutzten und des nutzbaren Potenzials erfolgen. Die verwendeten Daten sollten dabei eine hohe Aktualität aufweisen. Die Erhebung

der Kraftwerksdaten erfolgte primär anhand eines den Kraftwerksbetreibern zugesendeten Erhebungsbogens, wobei bereits die Ermittlung der Betreiber privater Anlagen und deren Kontaktdaten einen hohen Rechercheaufwand erforderte. Die Basis für diese Datenerhebung bildeten die von Heimerl und Giesecke [2] ermittelten Daten.

Die mittels der erhobenen Daten der Betreiber weiterentwickelte Datenbank enthält alle für die Potenzialermittlung entscheidenden Daten der einzelnen Kraftwerke sowie je nach Vollständigkeit der Erhebungsbögen weitere kraftwerkspezifische Daten, die zu weiteren Beurteilungen verwendet werden können.

3 Potenzialdefinition

Das Ausbaupotenzial der Wasserkraft beschreibt die Möglichkeit, die Wasserkraft in einem bestimmten Gebiet weiter auszubauen. Es wird zwischen verschiedenen Potenzialbegriffen, wie beispielsweise Linienpotenzial (theoretisches Potenzial), technisch nutzbares Potenzial oder wirtschaftlich nutzbares Potenzial unterschieden.

Das hier untersuchte Ausbaupotenzial stellt die Differenz zwischen einem unter bestimmten Rahmenbedingungen tech-

nisch nutzbaren Potenzial und der in bereits existierenden Anlagen gewonnenen Energie dar.

Ausgehend von dem theoretisch nutzbaren Potenzial des jeweiligen Kraftwerkstandortes werden durch die Verwendung eines Anlagenwirkungsgrades die Restriktionen hin zum technisch nutzbaren Potenzial berücksichtigt. Die Definition eines anzustrebenden Ausbaugrades beinhaltet weitere Restriktionen.

Ob schließlich der Ausbau der Anlagen zur Nutzung des zusätzlichen Potenzials tatsächlich wirtschaftlich möglich ist, hängt von den jeweiligen Randbedingungen ab und muss anlagen- bzw. standortspezifisch untersucht werden. Eine derartige vertiefte Betrachtung konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfolgen.

4 Methodik

4.1 Potenzial durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades

Der Anlagenwirkungsgrad beschreibt das Verhältnis der durch das Kraftwerk genutzten Leistung und der theoretisch verfügbaren Leistung am Kraftwerkstandort. Er setzt sich aus den verschiedenen Teilwirkungsgraden der einzelnen Anlagenkomponenten zusammen und beinhaltet somit jegliche in der Anlage auftretenden Verluste.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieser Anlagenwirkungsgrad maßgeblich vom Alter der Anlage abhängig ist. So sinkt zum einen der Wirkungsgrad einer Anlage mit zunehmendem Alter, da beispielsweise Oberflächen rauer werden oder Leckwassermengen durch sich ausweitende Turbinenspalte zunehmen. Gleichzeitig gilt es zum anderen zu berücksichtigen, dass sich auch bei der seit langem eingeführten Wasserkrafttechnik der Nutzungsgrad am jeweiligen Standort durch technische Weiterentwicklungen erhöhen lässt. Hierbei gilt die Faustregel, dass sich der Anlagengesamtwirkungsgrad infolge technischer Weiterentwicklungen im 10-Jahres-Abstand um 1 % erhöht [3].

Die theoretisch verfügbare Leistung ist die durch Fallhöhe und Durchfluss der Anlage definierte hydraulische Leistung, aus der man durch die Multiplikation mit der Einsatzdauer die theoretisch verfügbare Energie bzw. Arbeit erhält.

Das tatsächlich nutzbare Potenzial bzw. die Energie des Kraftwerkes entspricht der

Tab. 1: Empirisch ermitteltes Ausbaupotenzial bestehender Wasserkraftanlagen P > 1 MW (Stand März 2010)

Bundesland	Anzahl Wasserkraftanlagen	bestehendes RAV E_a [GWh]	zusätzlich nutzbares RAV					
			ΔE_{η} [GWh]	Anteil [%]	E_o [GWh]	Anteil [%]	E_{gewinn} [GWh]	Anteil [%]
BY	219	11 388,6	667,3	59,51	704,0	49,29	1 371,3	53,78
BW	67	4 072,9	72,9	6,50	498,6	34,91	571,5	22,42
NW	41	328,3	41,1	3,66	10,1	0,71	51,2	2,01
RP	24	973,2	279,5	24,92	89,0	6,23	368,5	14,45
NI	15	265,5	34,1	3,04	65,0	4,55	99,1	3,89
SN	11	74,9	9,8	0,88	4,5	0,32	14,4	0,56
HE	11	225,1	9,4	0,84	27,2	1,91	36,6	1,44
TH	6	34,6	3,1	0,27	0,8	0,05	3,8	0,15
SL	4	74,3	0,9	0,08	18,1	1,26	19,0	0,74
ST	4	23,1	1,9	0,17	10,5	0,73	12,4	0,49
SH	2	5,0	0,5	0,05	0,3	0,02	0,9	0,03
BB	1	4,1	0,1	0,01	0,0	0,00	0,1	0,00
MV	1	2,2	0,7	0,06	0,2	0,01	0,9	0,03
Summe	406	17 471,8	1 121,37	100,00	1 428,3	100,00	2 549,6	100,00

in das Stromnetz eingespeisten elektrischen Energie. Da des Weiteren bei vielen Anlagen die Nennleistung der Turbinen, die der höchsten Dauerleistung der Turbinen an der Turbinenwelle entspricht, bekannt ist, konnte auf deren Basis der Anlagenwirkungsgrad berechnet werden.

Der für jede Anlage ermittelte Anlagenwirkungsgrad wurde anschließend mit einem auf Erfahrungswerten basierenden Soll-Wert verglichen. Liegt der detektierte Anlagenwirkungsgrad unter diesem Soll-Wert, wird anhand der bekannten Anlagenkenndaten (Fallhöhe und Nenndurchfluss) und dem Soll-Wirkungsgrad eine neue Leistung des Kraftwerkes bestimmt. Die damit neue gewinnbare Energie nach der Wirkungsgradverbesserung wird über die Volllaststunden berechnet, die das Kraftwerk ohne Wirkungsgradverbesserung geleistet hat. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass sowohl der zeitliche Verlauf von Fallhöhe und Durchfluss als auch das Regelverhalten der existierenden Anlage durch die Verwendung der Ist-Volllaststundenzahl mit berücksichtigt wird.

Unter Umständen könnte eine weitere Verbesserung über den durchschnittlichen Soll-Wirkungsgrad hinaus erfolgen, indem beispielsweise ein einfach reguliertes Francislaufrad durch ein doppelt reguliertes Kaplanlaufrad ersetzt wird und sich so das Teillastverhalten der Anlage verbessert.

Die Differenz zwischen der alten und neuen Jahresarbeit stellt somit das Verbesserungspotenzial dar.

4.2 Potenzial durch Erhöhung des Ausbaugrades

Der Ausbaugrad eines Kraftwerkes wurde in dieser Studie anhand des Ausbaudurchflusses und der langjährigen Dauerlinien der jeweiligen Gewässer ermittelt. Anhand dieser Dauerlinien können Überschreitungstage abgelesen werden, also die Anzahl von Tagen, an denen der Abfluss des Flusses den Ausbaudurchfluss des Kraftwerkes übersteigt. Liegt der Wert der bestehenden Anlage dabei unter einem definierten Soll-Wert für die betrachtete Anlage, kann das Kraftwerk weiter ausgebaut und dadurch mehr Energie gewonnen werden. Das Vorgehen zur Ermittlung des zusätzlichen Potenzials durch eine Erhöhung des Ausbaugrades erfolgte einzeln für jedes Kraftwerk. Dabei musste bei einigen Anlagen mit unzureichender Datenbasis die Annahme getroffen wer-

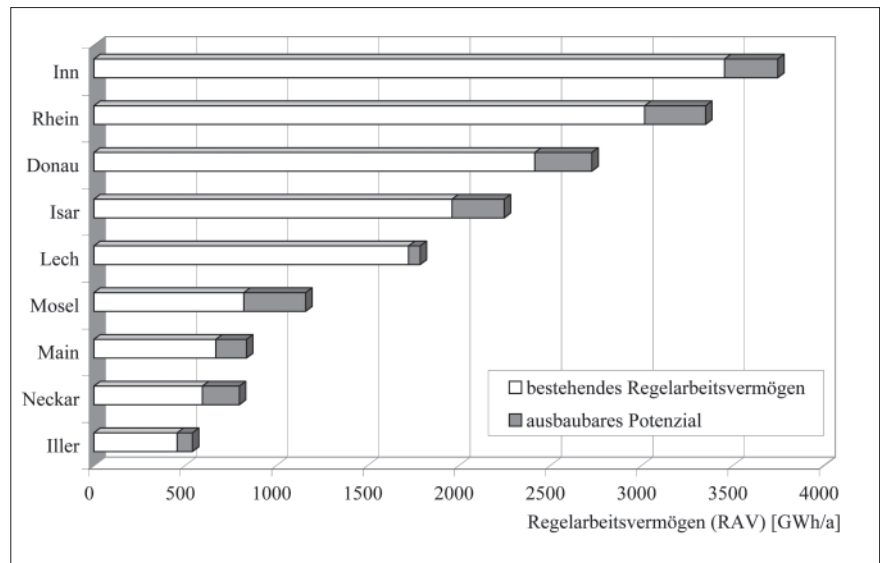


Bild 2: Regelarbeitsvermögen sowie empirisch ermitteltes, zusätzlich ausbaubares Potenzial an neun großen Flüssen

den, dass der Ausbaudurchfluss dem bekannten Nenndurchfluss entspricht.

Das **Bild 1** zeigt beispielhaft einen Ausschnitt einer Dauerlinie sowie den Ausbaugrad eines Kraftwerkes vor und nach der Erhöhung des Ausbaugrades. Die zusätzlich erzeugbare Energie ergibt sich dabei aus dem zusätzlich nutzbaren Abfluss sowie der zugehörigen Fallhöhe während der entsprechenden Überschreitungstage.

Bei der Berechnung des zusätzlich gewinnbaren Regelarbeitsvermögens wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die zusätzliche Energie von einer zusätzlichen Turbine gewonnen wird, die in der entsprechenden Zeit unter Volllast und bei einem konstanten optimalen Soll-Wirkungsgrad arbeitet.

Grundsätzlich sind bei der Realisierung die Auswirkungen auf die Durchgängigkeit, d. h. die auf- und abwärtsgerichtete Fischwanderung einschließlich des Mindestwasserabflusses standortspezifisch zu untersuchen und ggf. zu kompensieren. Dabei kann der Einsatz von Dotierturbinen am Wehr sinnvoll sein, um einen Teil des erforderlichen Mindestwasserabflusses energetisch zu nutzen.

5 Ergebnisse

5.1 Potenzial durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades

Das Potenzial durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades wurde entsprechend der vorgestellten Methode ermittelt. Der

Soll-Anlagenwirkungsgrad wurde basierend auf Erfahrungswerten mit $\eta_{\text{soll}} = 0,85$ angenommen. Dieser Soll-Wert entspricht einem mittleren Wirkungsgrad, der sich über den gesamten Betriebsbereich der Anlage ergibt. Er entspricht dem heutigen Stand der Technik von Turbinen, Generatoren und weiteren Anlagenkomponenten bei größeren Anlagen sowie einer entsprechend optimierten Gestaltung der Strömungsführung entlang der Wasserwege. Dabei stellt dieser Soll-Wert eine eher konservative Annahme dar, da größere Anlagen in der Regel mehrere Turbinen besitzen und durch eine entsprechende Einsatzoptimierung der einzelnen Turbinen dieser Wert noch spürbar überschritten werden kann.

Die **Tabelle 1** zeigt das ermittelte zusätzliche Potenzial ΔE_{η} sowie dessen Anteil am gesamten zusätzlich gewinnbaren Regelarbeitsvermögen anhand einer Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades für die einzelnen Bundesländer.

In Bayern ist das zusätzlich gewinnbare Regelarbeitsvermögen mit 667 GWh am größten. Es folgt Rheinland-Pfalz mit 279 GWh vor Baden-Württemberg mit 73 GWh. Das geringste zusätzlich gewinnbare Regelarbeitsvermögen weist das Bundesland Brandenburg mit 0,1 GWh auf. In der Summe ergibt sich für Deutschland durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades ein zusätzlich gewinnbares Regelarbeitsvermögen von rund 1 120 GWh, was einer Erhöhung gegenüber dem bereits genutzten Potenzial um 6,4 % entspricht.

5.2 Potenzial durch Erhöhung des Ausbaugrades

Es zeigt sich, dass der Ausbaugrad vor allem älterer Anlagen deutlich unter dem heute üblichen Ausbaugrad liegt und damit eine weitere Erhöhung der Energieausbeute möglich ist.

Bei neuen Anlagen ist es heute üblich, einen Ausbaugrad mindestens zwischen 50 und 60 Überschreitungstagen vorzunehmen. Manche Kraftwerke werden sogar bis zu einem Wert von 30 Überschreitungstagen ausgelegt. Dies ist wirtschaftlich jedoch oft nur möglich, wenn die Dauerlinie des Flusses einen sehr flachen Verlauf aufweist. Basierend auf einem konservativem Ansatz wurde die Anzahl der Überschreitungstage der auszubauenden Standorte mit $t_{\text{soil}} = 60$ Tagen angesetzt. Die Tabelle 1 zeigt das auf diese Weise ermittelte Ausbaupotenzial ΔE_Q sowie dessen Anteil am gesamten Potenzial durch Erhöhung des Ausbaugrades für die einzelnen Bundesländer.

Das größte zusätzlich gewinnbare Regelarbeitsvermögen ist mit 704 GWh in Bayern verfügbar. Es folgen mit 499 GWh Baden-Württemberg und mit 89 GWh Rheinland-Pfalz. In Brandenburg ist kein zusätzlicher Energiegewinn durch Erhöhung des Ausbaugrades möglich. Insgesamt kann man davon ausgehen, dass durch eine Erhöhung des Ausbaugrades eine Steigerung des Regelarbeitsvermögens um ca. 1 428 GWh realisierbar ist, was einer Zunahme der gewonnenen Energie um ca. 8,2 % entspricht.

5.3 Gesamtes zusätzlich gewinnbares Potenzial

Für die Bundesrepublik Deutschland beträgt das berechnete zusätzliche Gesamtpotenzial 2 550 GWh (Tabelle 1), im Vergleich zum derzeitigen Stand bedeutet dies eine Erhöhung der durch Laufwasserkraft gewonnenen Energie um fast 15 %. Mit 1 371 GWh ist das zusätzliche Potenzial in Bayern am höchsten, es folgen Baden-Württemberg mit 572 GWh und Rheinland-Pfalz mit 368 GWh. Mehr als 90 % des Ausbaupotenzials stehen somit in diesen drei Bundesländern zur Verfügung.

Der Großteil des verfügbaren Ausbaupotenzials konzentriert sich dabei ebenso wie das bereits genutzte Potenzial auf neun große Flüsse. An Rhein, Donau und Mosel beträgt das Potenzial durch Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades und des Ausbaugrades fast 1 000 GWh, weitere 1 000 GWh sind an Inn, Isar, Neckar, Main, Iller und

Lech zu gewinnen. In der Summe sind an diesen Flüssen fast 80 % des gesamten zusätzlich gewinnbaren Potenzials lokalisiert. **Bild 2** zeigt das Regelarbeitsvermögen sowie das empirisch ermittelte zusätzlich ausbaubare Potenzial dieser neun Flüsse.

6 Bedeutung von ökologischen Abflüssen

Bei Ausleitungskraftwerken ist in der Regel ein Mindestabfluss ökologisch notwendig und entsprechend vorgeschrieben, so dass ein Teil des Abflusses in das ursprüngliche Flussbett abgegeben wird und nicht in den Turbinen genutzt werden kann.

Die Abschätzung der Potenzialreduktion durch einen Mindestabfluss erfolgte für alle in dieser Studie detektierten Ausleitungskraftwerke in einer vereinfachten Form. So wurde unter der Verwendung des durch Erhöhung des Ausbaugrades verwendeten zusätzlichen Durchflusses und der Annahme eines pauschalen Mindestabflusses von 10 % des ermittelten zusätzlichen Durchflusses der Verlust des Ausbaupotenzials zu 60 GWh errechnet. Im Vergleich zum zusätzlichen Gesamtpotenzial von 2 550 GWh ist dieser Wert sehr gering (2,35 %).

Der Potenzialreduktion kann gesteuert werden, indem der meist über ein Wehr in das ursprüngliche Flussbett abgegebene Mindestabfluss beispielsweise durch eine Dotierturbine energetisch genutzt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die zur Verfügung stehende Fallhöhe üblicherweise spürbar geringer als die Fallhöhe des Kraftwerkes ist. Da hierzu ebenfalls keine Daten zur Verfügung standen, wurde angenommen, dass noch 20 bis 50 % der Fallhöhe für die Dotierturbine zur Verfügung stehen würden. Der damit verbleibende Verlust des ausbaubaren Potenzials beträgt 48 bis 30 GWh (1,9 bis 1,2 %).

Entsprechend der derzeitigen Praxis sollte die Leitströmung von Fischaufstiegsanlagen bei Wasserkraftanlagen an großen Gewässern ca. 1 % des Turbinendurchflusses betragen [4]. Teilweise kann dieser Abflussanteil durch kleine Turbinen genutzt werden. Die entstehende Potenzialreduktion wurde daher vereinfachend mit 1 % des Potenzials durch Erhöhung des Ausbaugrades abgeschätzt, wobei eventuelle Abweichungen durch die konservative Annahme des Anlagenwir-

kungsgrades zu $\eta_a = 0,85$ im weitesten Sinn mit berücksichtigt wurden. Des Weiteren wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass durch die Mindestwasserabgaben auch die Dotationsabflüsse für notwendige Fischaufstiegsanlagen ausreichend abgedeckt sind.

7 Leistungserhöhung durch Stauerhöhung

Das Potenzial durch Erhöhung des Stauzieles konnte im Rahmen dieser Studie nicht im Detail ermittelt werden, da hierzu eine spezifische Betrachtung der komplexen Verhältnisse jeder einzelnen Anlage hinsichtlich Topographie sowie technischen und umweltrelevanten Möglichkeiten notwendig gewesen wäre. Auch müsste jeweils überprüft werden, inwieweit die Gefahr besteht, dass das jeweilige Oberliegerkraftwerk eingestaut und damit dort die Energieausbeute reduziert würde.

Eine allgemeinere Analyse der für die Wasserkraft in Deutschland bedeutendsten Flüsse und Flussabschnitte zeigte, dass ausgehend von einer Stauwurzelsverschiebung um 1 km eine Stauzielerhöhung in Höhe von ca. 10 bis 20 % der Fallhöhe realisiert werden kann. An der Donau folgt beispielsweise aus der durchschnittlichen Fallhöhe der Kraftwerke von 6 m und einem mittleren Gefälle von 0,7 m/km eine mittlere Stauzielerhöhung um 0,7 m. Dies entspricht 12 % der durchschnittlichen Fallhöhe der Kraftwerke im deutschen Teil der Donau. Bei einer Stauziel-erhöhung um 10 bis 20 % erreicht man entsprechend auch eine Erhöhung des Regelarbeitsvermögens um 10 bis 20 %.

Die Realisierung einer Stauerhöhung kann aber sicherlich nur für ca. 5 bis 10 % der Anlagen realisiert werden. Entsprechend würde sich die gesamte Energieausbeute um 0,5 bis 2 % steigern lassen.

8 Derzeit nicht genutzte Standorte

Der Neubau von Laufwasserkraftanlagen kann sowohl an frei fließenden Flussstrecken als auch an bestehenden Querbauwerken erfolgen. Der Eingriff in die bestehenden Gegebenheiten des Flusses ist dabei bei Neubauten an bestehenden Querbauwerken als geringer einzuschätzen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die meisten existierenden Querbauwerke, die ein Leis-

tungspotenzial von über 1 MW aufweisen, bereits mit einem Kraftwerk ausgestattet sind. Nach einer Studie aus dem Jahre 2009 können in Bayern noch 94,2 GWh durch den Bau von Anlagen an sieben bereits bestehenden Querbauwerken gewonnen werden [5]; ein Teil hiervon wird mittlerweile bereits der Realisierung zugeführt. Der Neubau von Anlagen größer 1 MW an bestehenden Querbauwerken in den anderen Bundesländern ist dagegen als sehr gering einzuschätzen. Man kann also maximal von einem Zubau an bestehenden Querbauwerken von 100 bis 120 GWh ausgehen.

Der überwiegende Teil der potenziell für große Wasserkraftanlagen geeigneten Gewässer ist bereits weitgehend ausgebaut. Dennoch existieren einige frei fließende Gewässerabschnitte, an denen eine Nutzung durch Neubauten grundsätzlich möglich wäre. Als Beispiel sollen hier genannt werden:

- Eine im Jahr 2009 in Bayern durchgeführte Studie ermittelte acht zusätzliche Standorte für einen Neubau von Wasserkraftanlagen. Die erzielbare Jahresarbeit wurde zu 247,2 GWh abgeschätzt [5].
- Auch am Rhein unterhalb des Kraftwerkes Iffezheim bestehen vier potenzielle Standorte, eine grobe Abschätzung ergibt hier ein zusätzlich ausbaubares Potenzial von ca. 1 850 GWh.

Es muss explizit daraufhingewiesen werden, dass im Rahmen dieser Studie eine Bewertung dieser potenziellen Neubaumaßnahmen nicht erfolgte, zumal diese Standorte derzeit als überwiegend nicht genehmigungsfähig angesehen werden [1].

9 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch eine konsequente Erhöhung

des Anlagenwirkungsgrades und des Ausbaugrades die Energieausbeute bei bereits existierenden Anlagen größer 1 MW um ca. 2 500 GWh (15 %) steigerbar erscheint. Die Umsetzung dieses Potenzials kann alleine durch Maßnahmen an vorhandenen Standorten erfolgen, wenn die wirtschaftlichen Randbedingungen dies zulassen.

Das durch Anlagenverbesserungen zusätzlich generierbare Potenzial von 1 120 GWh hat prinzipiell keinen Einfluss auf die Gewässerökologie. Das Potenzial durch Erhöhung des Ausbaugrades beträgt 1 430 GWh, wobei hier die ökologischen Auswirkungen jeweils standortspezifisch zu überprüfen sind.

Autoren

Dipl.-Ing. Nikolaus Bauer
Dr.-Ing. Albert Ruprecht

Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 10
70550 Stuttgart
bauer@ihs.uni-stuttgart.de
ruprecht@ihs.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Fichtner GmbH & Co. KG
Sarweystraße 3, 70191 Stuttgart
Stephan.Heimerl@Fichtner.de

Literatur

- [1] Anderer, P.; Dumont, U.; Heimerl, S.; Ruprecht, A. und Wolf-Schumann, U.: Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 9, S. 12.
- [2] Heimerl, S.; Giesecke, J.: Wasserkraftanteil an der elektrischen Stromerzeugung in Deutschland 2003. In: WasserWirtschaft 94 (2004), Heft 10, S. 28-40.
- [3] Giesecke, J.; Mosonyi, E.; Heimerl, S.: Wasserkraftanlagen – Planung, Bau und Betrieb. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2009.
- [4] DWA (Hrsg.): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. In: DWA-Merkblätter (2010), DWA-M 509 Entwurf.
- [5] E.ON; BEW (Hrsg.): Potenzialstudie – Ausbaupotenziale Wasserkraft in Bayern. Bericht aus der Sicht der beiden großen Betreiber von Wasserkraftanlagen in Bayern, 2009.

Nikolaus Bauer, Albert Ruprecht and Stephan Heimerl

Potential Analysis of Hydropower Sites larger 1 MW in Germany

In Germany, hydro power is considered to be well developed, because at most of the promising sites with a rated power larger than 1 MW, hydro power plants are already installed. However, this paper shows that only regarding to river power plants with a rated power larger than 1 MW, a considerable potential of additionally producible energy is available. This potential can be used in particular by means of modernisation and upgrading of existing power plants.

Николаус Бауер, Альберт Рупрехт и Штефан Хаймерль

Определение гидроэнергетического потенциала в местах расположения гидроэнергетических сооружений мощностью выше 1 мегаватт в Германии

Считается, что гидроэнергетика относительно хорошо развита в Федеративной Республике Германия, так как в большинстве мест потенциального расположения гидроэлектростанций мощностью более 1 мегаватт таковые уже построены. Однако, данное исследование показывает, что только на уже существующих гидроэлектростанциях на незарегулированном стоке данной группы мощности имеется весьма значительный потенциал расширения. Этот потенциал может быть использован в особенности благодаря модернизации и совершенствованию этих уже имеющихся электростанций.

Anzeigenschluss

für Heft 10 / 2010 ist der 09.09.2010 | für Heft 11 / 2010 ist der 06.10.2010