

Pia Anderer

# Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland und Europa

Die EU-Staaten haben sich verpflichtet, gemeinsam bis zum Jahr 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch von derzeit 10 auf 20 % zu erhöhen. Die Stromerzeugung aus regenerativen Quellen wird dazu einen wesentlichen Beitrag leisten. Obschon der Ausbau der Wasserkraftnutzung in einigen europäischen Ländern relativ weit fortgeschritten ist, sind nennenswerte, zusätzlich ausbaubare Potenziale vorhanden. Bei der zukünftigen Stromversorgung wird die Wasserkraft darüber hinaus wegen ihrer Grundlast- und Speicherfähigkeit eine wichtige Rolle spielen.

## 1 Einführung

Die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien ist erklärtes Ziel der EU-Mitgliedstaaten. Da die natürlichen Gegebenheiten für die Länder jedoch sehr unterschiedlich sind, wurde von jedem Land ein eigener Nationaler Aktionsplan Erneuerbare Energien (NREAP) erstellt, in dem verbindliche Zielwerte und die entsprechenden Fahrpläne für den Ausbau der verschiedenen erneuerbaren Ressourcen bis 2020 festgelegt sind.

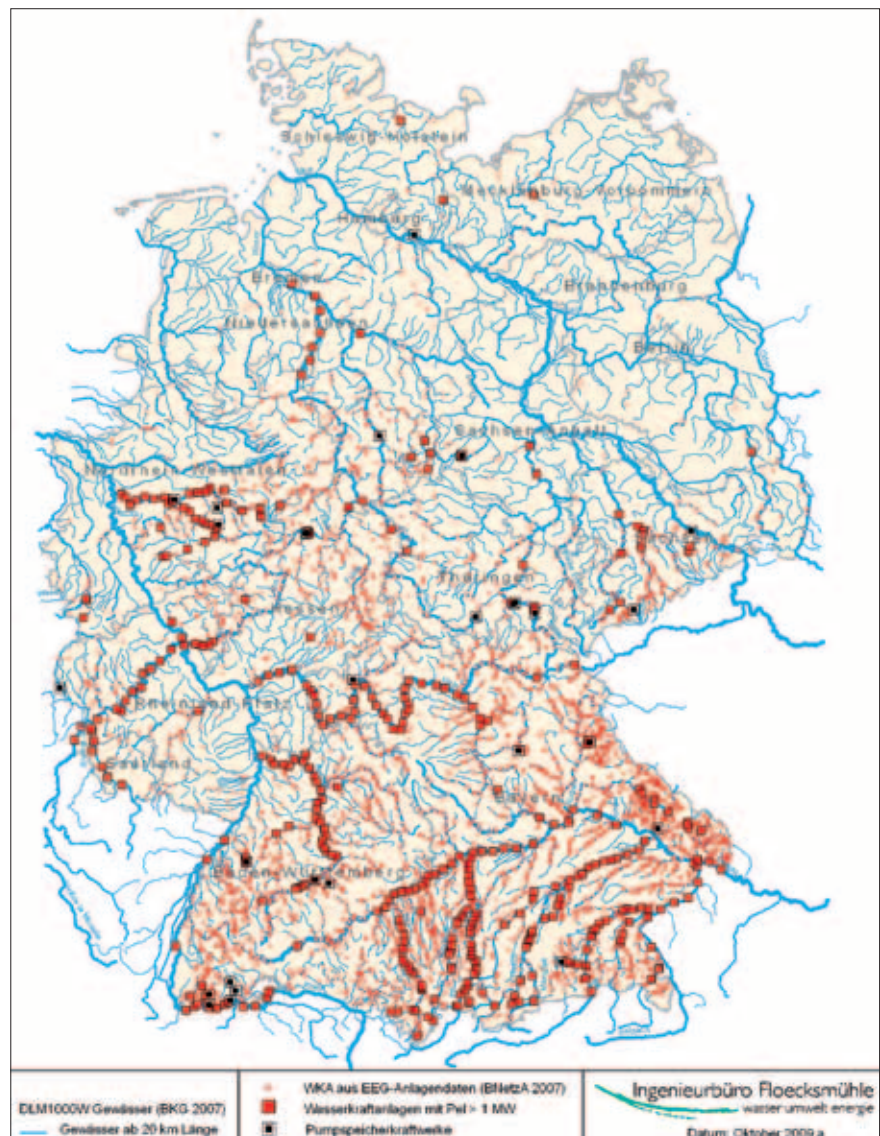
Mehrere EU-Staaten haben ihre Planungen durch umfassende Studien, insbesondere auch zur Wasserkraftnutzung untermauern lassen [1]. Das zusätzlich ausbaubare Wasserkraftpotenzial für Deutschland wurde im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMU) ermittelt ([2] bis [5]).

## 2 Aktuelle Wasserkraftnutzung

### Deutschland

In Deutschland sind aktuell 7 400 Wasserkraftanlagen (WKA) in Betrieb [3]. Von diesen erhielten in den letzten Jahren etwa 6 500 WKA eine Vergütung nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG). Hinzu kommen etwa 150 WKA der Leistung  $\geq 1$  MW, die keine Vergütung nach EEG erhalten und schätzungsweise 750 Anlagen, die allein für den Eigenbedarf produzieren.

**Bild 1** zeigt deutlich die Konzentration der Wasserkraftanlagen in den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg,



**Bild 1:** Bestand der genutzten Wasserkraftanlagen in Deutschland [3] (DLM1000W: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)



### 3 Das zusätzlich ausbaubare Wasserkraftpotenzial

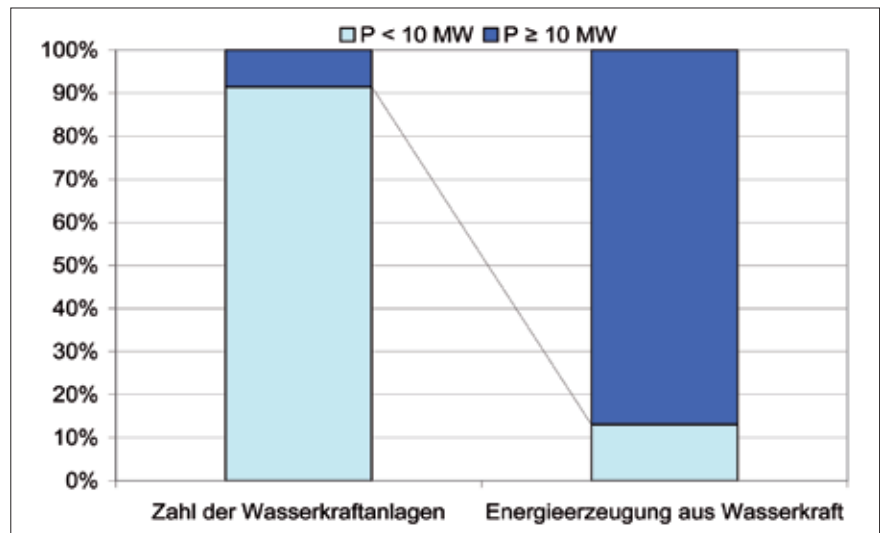
#### Deutschland

Die Studie zum Wasserkraftpotenzial in Deutschland ([2] bis [5]) hatte zum Ziel, das zusätzlich ausbaubare Potenzial auf der Grundlage einer flächendeckenden, nachvollziehbaren Methode zu ermitteln. Es wurde ausgehend vom theoretischen Linienpotenzial, unter Berücksichtigung der Hydrologie, der Fließverluste in den Gewässern und der Wirkungsgradverluste der Maschinen ein technisch nutzbares Gesamtpotenzial bei Komplettinstau aller Gewässer von 37,7 TWh bestimmt. Dieser Wert verringert sich durch Abzug des bereits genutzten Potenzials (20,9 TWh) auf 16,8 TWh. Hierin enthalten ist ein relativ großer Anteil von 10,8 TWh, der das technische Potenzial größerer freier Fließstrecken in Rhein, Elbe, Oder und Donau umfasst. Ein Zubau von Wasserkraftanlagen erscheint für diese Strecken momentan nicht genehmigungsfähig.

Das technische Potenzial stellt das theoretisch maximal nutzbare Potenzial dar. Es ist das Ergebnis einer rein physikalisch/technischen Untersuchung. Im nächsten Schritt muss bestimmt werden, welcher Anteil dieses theoretischen Wertes tatsächlich genutzt werden kann. Dieser Anteil hängt elementar davon ab, welcher Nutzungsgrad der Gewässer unter Einbeziehung weiterer grundsätzlicher Nutzungskonkurrenzen, wie z. B. Siedlungen oder Hochwasserschutz, gesellschaftlich machbar ist.

Neben der Herleitung des Zubaupotenzials aus dem Linienpotenzial wurde empirisch für die 406 Wasserkraftanlagen der Leistung  $P \geq 1$  MW das zusätzlich nutzbare Potenzial durch Erhöhung von Fallhöhe, Ausbaugrad und Wirkungsgrad sowie das Zubaupotenzial an nicht genutzten großen Querbauwerken untersucht (Standort-Methode). Für diese Anlagengröße liegt das Verbesserungspotenzial durch Erhöhung von Wirkungsgrad und Durchfluss bei etwa 15 % des derzeit genutzten Potenzials.

Mit Hilfe von Linienpotenzial- und Standort-Methode wurde insgesamt ein unter aktuellen ökologischen Rahmenbedingungen zusätzlich ausbaubares Wasserkraftpotenzial von 3 bis 4 TWh ermittelt. Davon sind nahezu 75 % durch Ausbau und Modernisierung von WKA der Leistung  $\geq 1$  MW, also an bestehenden Anlagen zu erzielen. Insgesamt ist somit un-



**Bild 4:** Zahl der WKA und Jahresarbeit für die Leistungsbereiche  $P < 10$  MW und  $P \geq 10$  MW in den EU-27-Staaten

ter heutigen Rahmenbedingungen ein Zubau von 14 bis 19 % des genutzten Potenzials machbar.

#### Europa

Informationen zu den Ausbaupotenzialen in Europa stehen in verschiedenen Länderstudien zur Verfügung [1]. Für den Leistungsbereich  $<10$  MW wurde das zusätzlich nutzbare Wasserkraftpotenzial in den EU-27-Staaten in der SHERPA-Studie [6] ermittelt. Während die Angaben der Studie zur aktuellen Jahresarbeit in den EU-27-Staaten mit denen in den NREAP vergleichbar sind, unterscheiden sich beide Quellen jedoch erheblich bei den Angaben zum gesamten ausbaubaren Potenzial.

Während die SHERPA-Studie ein Zubaupotenzial von 37,7 TWh (EU-27) prognostiziert, entsprechend einem Plus von 90 % im Vergleich zur heutigen Nutzung von 42,7 TWh, liegt der Ausbau, den die EU-27-Staaten in Summe für 2020 in den NREAP festgelegt haben, weit niedriger. Für WKA der Leistung  $<10$  MW wird dort von einem Gesamtausbau von 55 TWh ausgegangen, also einem Zubau von 12,3 TWh oder etwa 29 % (Bild 5).

Ein alle EU-27-Staaten umfassendes Bild wird für den Leistungsbereich  $\geq 10$  MW nur in den NREAP veröffentlicht. Dort wird der Ausbau im Jahr 2020 mit 315 TWh angegeben, entsprechend einer zusätzlichen Jahresarbeit von 31 TWh oder 11 % im Vergleich zur aktuellen Nutzung von 284 TWh (Bild 5).

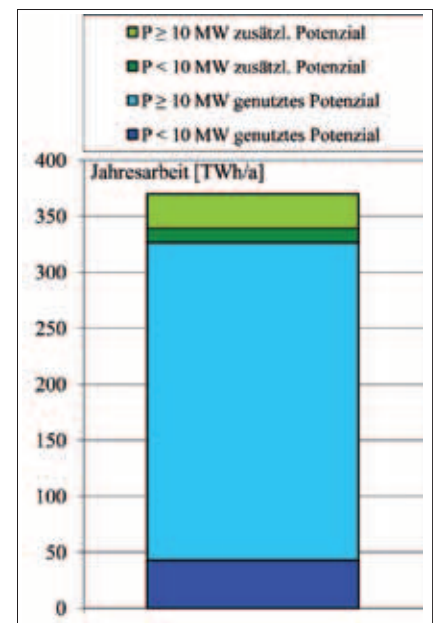
Bei Realisierung des gesamten Zubaupotenzials von 43,3 TWh wird sich die Zahl der derzeit in Betrieb befindlichen

23 000 WKA um schätzungsweise 5 600 erhöhen.

Weitere große Zubaupotenziale wurden für die baltischen Staaten sowie für die Türkei (80 TWh/a [10]) und Norwegen (37 TWh/a [11]) veröffentlicht.

### 4 Speicher

Mit dem zunehmendem Ausbau fluktuierender erneuerbarer Energien wie Windkraft und Photovoltaik werden Stromspeicher als Puffersysteme benötigt. Speicher-



**Bild 5:** Genutztes und zusätzlich ausbaubares Wasserkraftpotenzial in den EU-27-Staaten (Quelle: NREAP)



wasserkraftanlagen stellen heute die größten Speichersysteme dar. Sie basieren auf einer ausgereiften Technologie, sind vergleichsweise kostengünstig, besitzen ein hohes Maß an Verlässlichkeit und eine lange Lebensdauer. Ein Ausbau dieser (Pump-) Speichersysteme ist daher sinnvoll.

Norwegen verfügt mit etwa 84 TWh über 50 % der europäischen Speicherkapazitäten; eine Verdopplung ist nach Ansicht des norwegischen Energieversorgers Statkraft möglich [12]. Die meisten vorhandenen Speicherkraftwerke sind jedoch bisher nicht für einen Wälzbetrieb, d. h. zur Speicherung von überschüssigem Strom, z. B. aus Offshore-Windanlagen in der Nordsee, ausgerüstet. Weitere, relativ große Speicherkapazitäten sind in Schweden (34 TWh), der Schweiz und in Österreich (gesamt 30 TWh) vorhanden. Diese Kapazitäten zusammen würden ausreichen, um z. B. den gesamten, durch Windkraftanlagen in den EU-27-Staaten in 2008 erzeugten Strom von etwa 120 TWh zu speichern.

Die vorhandenen (Pump-) Speicherkraftwerke stellen heute vorwiegend Regenergie zur Stabilisierung der Stromversorgungsnetze zur Verfügung. Bei einem zunehmendem Einsatz als Stromspeicher wird ein Ausbau der Leitungsnetze insbe-

sondere zu den größeren Erzeugungszentren erforderlich.

## 5 Zusammenfassung

Die Technik der Wasserkraftnutzung ist in Deutschland und zahlreichen europäischen Ländern alt bewährt, die Potenziale sind vielerorts schon weitgehend ausgeschöpft. In Deutschland wird in 7 400 Wasserkraftanlagen eine Jahresarbeit von etwa 21 TWh erzeugt. Das entsprach in 2009 ca. 3,3 % des verbrauchten Stroms. Das zusätzlich ausbaubare Potenzial liegt mit 3 bis 4 TWh bei 14 bis 19 %, wobei ein Großteil dieses Potenzials durch Modernisierung bestehender Anlagen realisierbar ist.

In den EU-27-Staaten deckt die Stromerzeugung aus Wasserkraft knapp 10 % des Stromverbrauchs. Mit den nationalen Aktionsplänen zur Nutzung der erneuerbaren Energiequellen (NREAP) haben sich die Staaten dem Ziel verpflichtet, die Wasserkraftnutzung bis 2020 auszubauen und die aktuelle Jahresarbeit von insgesamt 327 TWh um 43,3 TWh oder etwa 13 % zu erhöhen. Weitere große Zubaupotenziale befinden sich in der Türkei, der Schweiz und in Norwegen.

Auch wenn das noch ausbaubare Wasserkraftpotenzial relativ begrenzt ist, so wird die Wasserkraft durch ihre gute Vorhersagbarkeit und durch die Möglichkeit der Nutzung großer Wasserspeicher auch in Zukunft eine wichtige Rolle als erneuerbare Energie spielen.

### Autorin

#### Dipl.-Phys. Pia Anderer

Ingenieurbüro Floecksmühle  
Bachstraße 62-64, 52066 Aachen  
ib@floecksmuehle.com

### Literatur

- [1] Devoldere, K.; Adriaensens, V., Anderer, P., Dumont, U.; Redeker, M.: Hydropower Generation in the Context of the EU WFD. Im Auftrag der EU-Kommission, DG Umwelt, 2011 (noch zu veröffentlichen).
- [2] Anderer, P.; Dumont, U.; Stark, B.; Wolf-Schumann, U.: Vom Linienspotenzial zum technischen Wasserkraftpotenzial – Methode. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 9, S. 17-22.
- [3] Anderer, P.; Dumont, U.; Heimerl, S.; Ruprecht, A.; Wolf-Schumann, U.: Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 9, S. 12-16.
- [4] Bauer, N.; Ruprecht, A.; Heimerl, S.: Ermittlung des Wasserkraftpotenzials an Standorten mit einer Leistung über 1 MW in Deutschland. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 9, S. 23-27.
- [5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Potenzialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland. Berlin, 2011 ([www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47027/4592/](http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47027/4592/)).
- [6] European Small Hydropower Association (Hrsg.): Strategic Study for the Development of Small Hydropower in the European Union (SHERPA). Brüssel, 2006 ([www.esha.be](http://www.esha.be)).
- [7] Anderer, P., Dumont, U., Massmann, E. Keunke, R.: Wasserkraft als erneuerbare Energie. Teilprojekt 2: Aktualisierung des Wissensstandes in Bezug auf wasserrechtliche Regelungen und umgesetzte Maßnahmen an Wasserkraftanlagen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes (Veröffentlichung voraussichtlich Dezember 2011).
- [8] Eurostat (Hrsg.): Yearly Statistics: Veröffentlichung von Informationen in Form von Zeitreihen über die EU-Mitgliedstaaten, die Kandidatenländer sowie Island und Norwegen ([http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main\\_tables](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables)).
- [9] European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E; Hrsg.): Statistical Yearbook 2008. Brüssel, 2009.
- [10] Kohler, B.; Heimerl, S.; Haselsteiner, R.: Planung und Bau von kleinen und mittelgroßen Wasserkraftanlagen in der Türkei. In: WasserWirtschaft 100 (2010), Heft 4, S. 65-67.
- [11] Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE; Hrsg.): NVE Energiestatus 2011 ([www.nve.no](http://www.nve.no)).
- [12] Janzing, B.: Kraft auf Vorrat. In: Neue Energie (2010), Nr. 7, S. 29.

Pia Anderer

### The Hydropower Potential of Germany and of Europe

The EU member states committed themselves to increasing the share of energy from renewable sources in the EU's final energy consumption from 10 to 20 % by 2020. The electricity sector will provide an essential contribution in reaching this goal. Although the use of hydropower is already strongly developed in some European countries, a substantial additional potential is still available. Hydropower will play an important role in future electricity supply because of its base load and storage capacity.

Пия Андерер

### Гидроэнергетический потенциал в Германии и Европе

До 2020 государства ЕС обязались совместно повысить долю возобновляемых видов энергии в конечном потреблении энергии с имеющихся на данный момент с 10 % до 20 %. Производство электроэнергии из регенеративных источников должно внести существенный вклад в решение этой задачи. Несмотря на то, что использование гидроэнергии в некоторых европейских странах находится на относительно продвинутом этапе, тем не менее, еще имеется значительный дополнительный потенциал развития. В будущем гидроэнергия будет играть важную роль в энергообеспечении благодаря способности к аккумуляции и выполнению базисной нагрузки.