Stetiger Anstieg von Strom aus Wasserkraft

Stromgewinnung aus regenerativer Wasserkraft in Deutschland – Überblick

Die Verfasser geben einen Überblick über die Nutzung regenerativer Wasserkraft zur Stromgewinnung von 1976 bis 2005. Die jüngsten Daten haben den Stand Frühjahr 2007. Die Jahresdaten basieren auf Veröffentlichungen des Verbands der Elektrizitätswirtschaft (VDEW, seit Oktober 2007 BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) und des Statistischen Bundesamts (StBA).

Die Qualität der verfügbaren Daten ab 1999 ist nicht befriedigend. In den Erläuterungen – *Textkasten »Wasserkraftnutzung – Arten«* und *»Gesetze und Statistiken«* – werden Einzelheiten der Datenerfassung und mögliche Ursachen von »Daten-Unstimmigkeiten« dargelegt.

Das Thema wird in zwei Aufsätzen behandelt. Der zweite Aufsatz [1] enthält überwiegend eine Prognose über die weitere Entwicklung. Ein »Endpotenzialwert« wird ausgewiesen.

Hauptergebnisse

Die Stromgewinnung aus regenerativer Wasserkraft geschieht überwiegend in Laufwasser- und Speicherkraftwerken. Anfang 2007 betrug deren Leistung rd. 3 960 MW, davon Speicherkraftwerke 350 MW. Die Stromgewinnung aus diesen Anlagen einschließlich der aus natürlichen Zuflüssen in »Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss« (rd. 0,6 TWh/a) beträgt – Stand 2005 und 2006 – als Wert des Regelarbeitsvermögens, gleichbedeutend dem Wert der Erzeugung im Regeljahr [2], rd. 20 TWh. Die Leistung aller Pumpspeicherkraftwerke wird bei der Beurteilung der Möglichkeiten der Nutzung regenerativer Wasserkräfte nicht berücksichtigt (*Textkasten »Wasserkraftnutzung – Arten«*).

Die Verfasser halten Zuwächse von rd. 1 TWh/Jahrzehnt für möglich. Im Jahr 2015 könnte demnach rd. 21 TWh Strom aus Wasserkraft zur Verfügung stehen. Das setzt auskömmliche wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Anlagenbetreiber voraus. Allerdings steht das Umweltrecht/Wasserhaushaltsgesetz dem Bau von Anlagen an bisher nicht genutzten Standorten schwerwiegend entgegen [3;4;5].

Allgemeines

In vielen Studien und Veröffentlichungen wird die regenerative Wasserkraft einerseits und die Stromerzeugung durch »gepumptes Wasser« andererseits – typischerweise in Pumpspeicherkraftwerken – nicht sachdienlich behandelt. Die Stromgewinnung aus gepumptem Wasser kann nicht als regenerative Energie gewertet werden.

Im Vordergrund der Analysen der Möglichkeiten der Stromgewinnung aus regenerativen Energien, so auch bei der Wasserkraft, stehen i. A. »Erzeugungswerte – kWh«, die Kraftwerksleistungen (kW) werden i. d. R., wenn überhaupt, nachrangig behandelt. Diese Vereinfachung blendet das Erfordernis der in jedem Moment notwendigen Gleichheit von Stromverbrauch und Stromerzeugung aus (Gewährleis-

Wasserkraftnutzung – Arten

Unter stromwirtschaftlichen Aspekten werden von jeher die direkte Nutzung der Zuflüsse und die Nutzung von Speicherwasser unterschieden. Speicherwasser kann natürlichen Ursprungs oder gepumptes Wasser sein. In den jüngsten Jahrzehnten ist die Bewertung, ob es sich um »regenerative Wasserkraft« handelt oder nicht, von großer Bedeutung geworden.

Nutzungsarten

A Laufwasserkraftwerke: Die Zuflüsse dienen unmittelbar der Stromerzeugung.

B Schwellbetriebsfähige Laufwasserkraftwerke: Die Zuflüsse werden mit einem geringen Anteil gespeichert, um in Tageszeiten mit hohem Strombedarf (Mittagsspitzen) mit erhöhtem Abfluss und Fallhöhe eine zusätzliche Leistung verfügbar zu machen (24-h-Zyklus).

C Speicherwasserkraftwerke: Natürliche Zuflüsse werden über längere Zeiten gesammelt und in Deutschland i. d. R. vorrangig nach wasserwirtschaftlichen Notwendigkeiten, z. B. zur Gewährleistung der Schiffbarkeit in abflussarmen Zeiten (Edersee für die Weser), zur Stromerzeugung genutzt (Jahreszyklus). Der stromwirtschaftliche Wert der Anlagen ist dadurch gemindert.

D Pumpspeicherkraftwerke ohne natürlichen Zufluss: Gespeichertes Wasser, das durch Pumpen des Wassers in hochgelegene Speicherbecken (Oberbecken) bereitgestellt wird, dient der gezielten Stromerzeugung. Nur derartige Anlagen können in nennenswertem Umfang indirekt Strom »speichern«. Sie sind in der Lage, bei Versorgungsstörungen (Kraftwerksausfälle) besonders schnell einsetzbar zu sein. Ebenso können sie Regelleistung liefern [6a]. Dieser Aspekt hat in jüngster Zeit eine erhebliche Bedeutung für den Ausgleich der fluktuierenden Einspeisungen besonders aus Windenergieanlagen.

E Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss: Diese haben grundsätzlich gleiche Eigenschaften wie die Anlagen D. Sie unterscheiden sich von D dadurch, dass durch ein Gewässer (Bach) Wasser in das Oberbecken fließt. Nur die Stromerzeugung aus dem natürlichen Zufluss kann als regenerative Energie gewertet werden. Dieser überwiegend sehr kleine Anteil an der gesamten Stromerzeugung dieser Anlagen kann nicht sinnvoll mit dem Gesamtleistungswert dieser Kraftwerke in Verbindung gebracht werden.

F Wasserkraftnutzungen im Zuge von Trinkwasserleitungen sowie Kühlwasser- und Brauchwassernutzungen: Wenn es sich um die Ausnutzung natürlicher Gefälle handelt und das Wasser vorher nicht »gepumpt« worden ist, handelt es sich um die Nutzung regenerativer Wasserkräfte entsprechend A. Ansonsten wären diese Anlagen der rationellen Energienutzung als Energierückgewinnungsanlagen zuzuordnen.

G Gezeiten-, Wellen-, Brandungs- und Meeresströmungskraftwerke wären weitere Nutzungen »regenerativer Wasserkräfte«. Diese haben wegen der natürlichen Gegebenheiten Deutschlands (Küstenform, Wassertiefen, Strömungsgegebenheiten usw.) keine Bedeutung [6c].

Dipl.-Ing. ***Eberhard Wagner***, Bensheim;
Prof. Dr. rer. nat. habil. ***Udo Rindelhardt***,
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf.

tung der Sicherheit der Stromversorgung). In dieser Analyse wird der Leistungsbeitrag der Wasserkraft zur gesamten Stromversorgung nur »statistisch« behandelt. Sehr wohl haben Pumpspeicherkraftwerke z. B. beim schnellen Ausgleich von Leistungsschwankungen im Netz eine sehr große Bedeutung. Die ggf. damit verbundene Stromerzeugung geschieht allerdings zum größten Teil durch »gepumptes Wasser« und ist demnach keine Nutzung regenerativer Wasserkraft [6a;6b].

Die jährliche Stromerzeugung aus Wasserkraft ist von den jeweiligen Niederschlägen (Regen, Schnee, Schneeschmelze) abhängig. Besonders bei vieljährigen Betrachtungen (Trend) muss das beachtet werden. Die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert (»Regeljahr« ≙ 100 %) können bis ±25 % betragen. Der Verband der Netzbetreiber (VDN, seit Oktober 2007 BDEW) [7] hat seit Jahrzehnten (bis 2004) den *KEW*-Wert (Koeffizient der Erzeugungsmöglichkeit aus Wasserkraft) ermittelt. Wird ein tatsächlicher Jahres-Erzeugungswert mit dem *KEW*-Wert korrigiert, so ergibt sich das Regelarbeitsvermögen *RAV* [2] (nur dieses wird im weiteren Text als Jahreswert angegeben). Dieser Wert ändert sich entsprechend dem Leistungszubau oder auch Leistungsrückbau. Sind im Verlauf von Jahresreihen größere Datenabweichungen zu erkennen, so ist bei geringen Veränderungen der Kraftwerksleistung eine mangelhafte Datenerhebung eine wahrscheinliche Ursache.

Datenverfügbarkeit

Die Statistiken des StBA und des VDEW unterscheiden die Bereiche:
a) allgemeine Stromversorgung durch Anlagen der EVU (Elektrizitätsversorgungsunternehmen),
b) Stromerzeugung in Bahnanlagen (bis 1999, danach in a),
c) Stromerzeugung in Industrie- und Gewerbeanlagen,
d) Stromeinspeisung aus Fremdanlagen (nur VDEW).

Das Energiestatistikgesetz ließ bisher nur die Erfassung von Anlagen mit Einzelleistungen über 1 MW zu (StBA). Der VDEW hat von jeher auch Anlagen seiner Mitgliedsunternehmen bis 1 MW ermittelt und veröffentlicht.

In den 1970er Jahren wurde, auch ausgelöst durch die »Ölpreiskrisen«, die Notwendigkeit gesehen, die Stromerzeugung der Fremdanlagen (meistens private Kleinanlagen) zu untersuchen. Zahlreiche Studien für das Gebiet der alten Bundesländer waren verfügbar [8]. Erhebungen über die in die Netze der allgemeinen Versorgung einspeisenden Fremdanlagen wurden durch den VDEW für die Jahre 1979 und 1986, dann ab 1988 im Zweijahresturnus, ab 1996 jährlich, durchgeführt [9]. Daten für die Bundesländer wurden letztmals für 1999 veröffentlicht.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) [10] eröffnet nun die Möglichkeit, in dessen Zuständigkeitsbereich ein umfassendes Anlagenregister einzurichten, was aber bis heute nicht realisiert worden ist. Die Verfasser befürworten dieses Register. Für energiepolitisches Handeln ist es unerlässlich. Der zusätzliche Aufwand wäre in Kauf zu nehmen und aus den EEG-Vergütungen zu finanzieren.

Alte Bundesländer – Rückblick

In [8] ist die Wasserkraftnutzung in den alten Bundesländern für die Jahre 1976 bis 1987 umfassend dargestellt. In Verbindung mit seinerzeit zahlreich verfügbaren Studien und konkreten Standortuntersuchungen wurde ein gesamtes technisches Potenzial von 24 TWh und ein Prognosewert über die Höhe der Nutzung für das Jahr 2000 ermittelt – 20 TWh (dieser Wert wurde erst im Jahr 2005 erreicht). Die Wiedervereinigung Deutschlands legt es nunmehr nahe, die Wasserkraftnutzung der neuen Bundesländer in diese Analyse einzubeziehen. 1994 wurde eine, allerdings grobe Gesamtschau für Deutschland vorgenommen [11].

Kraftwerksleistungen

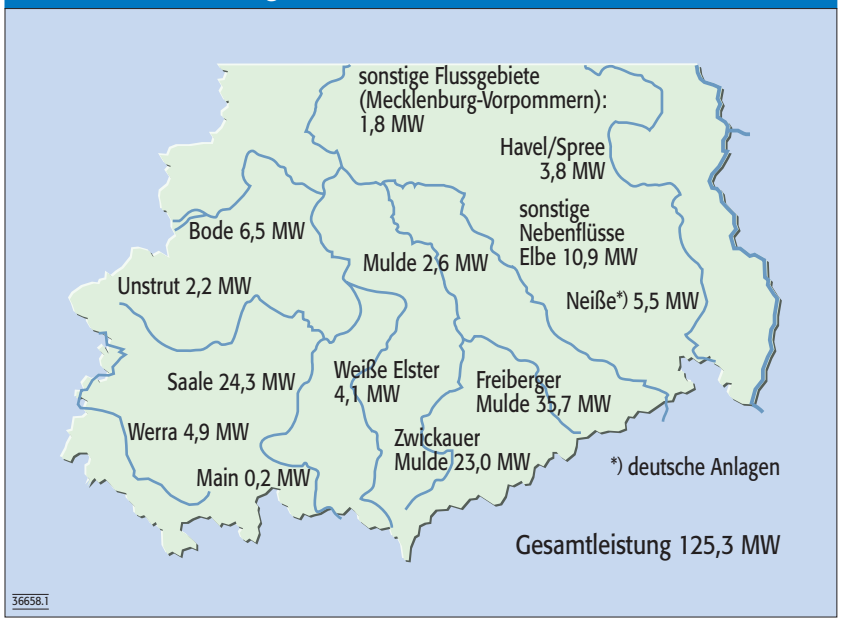

Bild 1. Kraftwerksleistungen in den Flussgebieten der neuen Bundesländer, Stand 2005

Tafel 1

Jahr		Leistungsklassen in kW bis 50	>50 bis 100	>100 bis 500	>500 bis 1 000	>1 000	Summen
2000	Anzahl	210	47	158	46	20	481
	Leistung MW	4,3	3,1	41,3	30,2	38,0	117,0
2005	Anzahl	258	55	180	49	20	562
	Leistung MW	5,2	3,5	45,6	32,0	39,2	125,5

Tafel 1. Wasserkraftwerke in den neuen Bundesländern; Jahre 2000 und 2005

Neue Bundesländer

Eine erste zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung der Wasserkraftnutzung in den neuen Bundesländern wurde im Jahr 2001 gegeben [12]. Die Entwicklung lässt drei Phasen erkennen. Während der ersten Phase (etwa 1900 – 1945) wurde ein nur relativ kleiner Teil der vorhanden (mehrere zehntausend) Wasserkraftanlagen zur Stromerzeugung umgebaut (vorher mechanische Antriebe für z. B. Getreidemühlen). So dienten von den im Jahr 1928 in Sachsen erfassten 1 984 Turbinen lediglich 130 Turbinen ausschließlich der Stromerzeugung. Ähnlich war die Situation in den anderen Ländern. In Sachsen-Anhalt wurden im Jahr 1946 nur 36 von 211 Anlagen mit Leistungen >10 kW zur Stromerzeugung genutzt. Zwischen 1925 und 1945 wurden dann in Sachsen und Thüringen größere Kraftwerke errichtet. In Thüringen entstand mit der Saale-Kaskade der – abgesehen von den neuen Pumpspeicherkraftwerken – noch heute bedeutendste Wasserkraftkomplex im Gebiet der neuen Bundesländer.

In der zweiten Phase – 1945 bis 1990 – kam es zu einem starken Rückgang der Wasserkraftnutzung. Ursache war vor allem die auf Groß-

Tafel 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		1976 GWh	1977 GWh	1978 GWh	1979 GWh	1980 GWh	1981 GWh	1982 GWh	1983 GWh	1984 GWh	1985 GWh	1986 GWh
A	**VDEW:** allgemeine Elektrizitätsversorgung 2)											
A1	Laufwasserkraftwerke	9 807	12 414	13 280	13 429	13 909	14 232	14 051	13 440	13 512	12 694	13 418
A2	Speicherwasserkraftwerke	439	678	675	651	745	805	676	605	624	471	553
A3	Pumpspeicherkraftwerke aus Naturzufluss	322	572	561	591	586	631	664	557	464	397	573
B	Fremdeinspeisungen bis 1 MW 3) 11)				731							682
C	Fremdeinspeisungen ab 1 MW 3)											117
D	Industrieeigenanlagen 5)	1 147	1 349	1 440	1 334	1 276	1 467	1 446	1 337	1 255	1 250	1 232
E	Bahnkraftwerke 6)	739	921	962	978	940	954	964	907	868	831	912
F	andere Eigenanlagen 4)	1 200	1 200	1 200	500	1 200	1 200	1 200	1 056	1 100	1 100	300
G	Summen A bis F	13 654	17 134	18 118	18 214	18 656	19 289	19 001	17 902	17 823	16 743	17 787
H	*KEW* 1) %	82	107	107	107	109	114	110	103	101	92	99
I	Regelarbeitsvermögen (*RAV*) GWh/a	16 651	16 013	16 933	17 022	17 116	16 920	17 274	17 381	17 647	18 199	17 967
K	**StBA:** Wasserkraft insgesamt brutto 12)	14 051	17 586	18 496	18 526	18 651	19 958	19 645	18 933	18 470	17 614	18 544
L	PSW: Erzeugung aus Pumpwasser (VDEW)	1 403	1 262	1 397	1 455	1 212	1 789	1 642	1 931	1 689	1 974	1 777
M	regenerative Wasserkraft, Zeilen K – L	12 648	16 324	17 099	17 071	17 439	18 169	18 003	17 002	16 781	15 640	16 767
H	*KEW* 1) %	82	107	107	107	109	114	110	103	101	92	99
N	Regelarbeitsvermögen (*RAV*) GWh/a	15 424	15 256	15 980	15 954	15 999	15 938	16 366	16 507	16 615	17 000	16 936

		R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
		1991 GWh	1992 GWh	1993 GWh	1994 GWh	1995 GWh	1996 GWh	1997 GWh	1998 GWh	1999 GWh	2000 GWh	2001 GWh
A	**VDEW:** allgemeine Elektrizitätsversorgung 2)	8)								10)	8) 13)	
A1	Laufwasserkraftwerke	11 863	13 989	14 195	14 904	15 481	13 873	13 330	13 991	15 914	k. D.	k. D.
A2	Speicherwasserkraftwerke	471	598	637	630	722	477	464	588	1 374	k. D.	k. D.
A3	Pumpspeicherkraftwerke aus Naturzufluss	473	567	455	694	809	478	499	552	in A2	k. D.	k. D.
B	Fremdeinspeisungen bis 1 MW 3) 11)		774		995		1 038	1 095	1 236	1 333	1 828	5 100
C	Fremdeinspeisungen ab 1 MW 3)		225		276		285	376	427	457	wegen EEG	
D	Industrieeigenanlagen 5)	1 117	1 262	1 162	1 029	1 080	1 041	1 004	762	695	wegen EEG	
E	Bahnkraftwerke 6)	778	872	1 036	1 112	1 103	1 043	950	1 004	1 166	1 292	0
F	andere Eigenanlagen 4)	830		1 010		1 339				0	0	0
G	Summen A bis F	15 532	18 287	18 495	19 640	20 534	18 235	17 718	18 560	20 939	21 683	23 490
H	*KEW* 1) %	83	99	100	105	110	97	94	96	111	123	121
I	Regelarbeitsvermögen (*RAV*) GWh/a	18 713	18 472	18 495	18 705	18 667	18 799	18 849	19 333	18 864	17 628	19 413
K	**StBA:** Wasserkraft insgesamt brutto 12)	18 462	21 114	21 465	22 461	24 216	21 667	20 898	21 233	23 329	25 962	23 175
L	PSW: Erzeugung aus Pumpwasser (VDEW)	3 587	3 623	3 540	3 667	4 151	4 042	3 953	3 613	3 800	4 000	4 000
M	regenerative Wasserkraft, Zeilen K – L	14 875	17 491	17 925	18 794	20 065	17 625	16 945	17 620	19 529	21 962	19 175
H	*KEW* 1) %	83	99	100	105	110	97	94	96	111	123	121
N	Regelarbeitsvermögen (*RAV*) GWh/a	17 922	17 668	17 925	17 899	18 241	18 170	18 027	18 354	17 594	17 855	15 847

1) *KEW*: VDN-Werte, 1990 rückwirkend korrigiert; ab 2005 werden vom VDN keine Werte veröffentlicht
2) Daten bis 1993 Bruttowerte; ab 1994 Nettowerte; siehe Text
3) VDEW-Erhebungen bis 1999, freie Felder keine Erhebungen
4) Schätzungen/Ergänzungen auch zu Zeilen B und C [8]
5) Bergbau- und Gewerbeanlagen
6) Bahnanlagen (ohne PSW Langenprozelten); ab 2000/2001 in Zeile A
7) ab 1990 Deutschland insgesamt
8) Stromeinspeisungsgesetz ab 1.1.1991; EEG ab 1.4.2000; EEG-Novelle ab 1.8.2002
9) PSW Goldisthal 1 060 MW, Inbetriebnahme 2003, relevant für Zeile L
10) ab 1999 Gesamtdaten von VDEW unsicher
11) ab 2001: Summen Zeilen B, C und D, Anlagen, die EEG-Vergütungen erhalten
12) StBA: Statistisches Bundesamt
13) ab 2000: Zeile G nicht als Summe aus Zeilen A bis F errechenbar
rote Werte: Verfasser-Schätzung k. D.: keine Daten vorhanden

Tafel 2. Strom aus regenerativer Wasserkraft aus Anlagen der EVU und anderer von 1976 bis 2005

kraftwerke fixierte Energiepolitik (Braunkohlenutzung) sowie der Rückgang der privat geführten Kleinunternehmen. Zwischen 1960 und 1990 kam es zu einem Rückgang der verfügbaren Kapazität von 120 auf 44 MW. Auch der Neubau einiger Anlagen (15 MW) konnte dies nicht kompensieren.

In der ditten Phase – nach 1990 – wurden vor allem in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt erfolgreich Förderprogramme, vorrangig zur Reaktivierung der stillgelegten Anlagen, aufgelegt. Dabei waren viele Eigentums- und Wasserrechte zu klären. Ab 1994 führten diese Programme zu einer deutlichen Steigerung der Stromerzeugung aus Wasserkraft.

Entgegen den Planungen bis zum Jahr 1945 wurde der wasserreichste Fluss Elbe – aufgrund der Teilung Deutschlands – nicht zur Großschifffahrtsstraße mit Wasserkraftnutzung ausgebaut. Dies steht im Gegensatz zur Situation der Elbe in Tschechien.

Der weit überwiegende Teil der Wasserkraftnutzung in den neuen Bundesländern befindet sich an den Nebenflüssen der Elbe (Gebiete der Saale, Mulde und Havel-Spree). Nur rd. 10 % aller Anlagen befinden sich an der Neiße [13] und anderen kleineren Flussgebieten. Nur wenige Anlagen erreichen Leistungen von mehr als 1 MW.

Die statistische Erfassung von kleinen Anlagen stößt auf Schwierigkeiten. In Ermangelung offizieller Statistiken können nur Angaben von Verbänden, von den Netzbetreibern sowie Angaben zu staatlich geförderten Anlagen genutzt und abgeglichen werden. In *Bild 1* sind die Anlagenleistungen für die Flussgebiete dargestellt [14]. Es zeigt deutlich die Konzentration der Anlagen in den Mittelgebirgen.

In *Tafel 1* ist die Entwicklung der Kraftwerke nach Leistungsklassen für die Jahre 2000 und 2005 dargestellt. Die Anlagenzahl stieg dabei um rd. 17 %, die Leistung, wegen des hohen Anteils kleiner Anlagen, nur um 7 %.

Strom aus Wasserkraft in Deutschland von 1976 bis 2005

Tafel 2 zeigt das Stromaufkommen aus regenerativer Wasserkraft für diese Zeitspanne. Die Daten (VDEW) bis 1987 sind mit einigen Zusammenfassungen [8] entnommen worden. Die Daten ab 1988 beruhen ebenfalls auf Erfassungen des VDEW. Nachrichtlich werden die Daten des StBA genannt (geringerer Detaillierungsgrad als VDEW). Die Werte wurden aus den Veröffentlichungen »zahlenmäßig« übernommen, ohne die Klassierung »Brutto«, »Netto« oder »Einspeisung« zu bewerten oder gar eine Umrechnung aus Gründen der Vergleichbarkeit vorzunehmen. Die Verfasser haben die Erkenntnis gewonnen, dass von jeher immer »nur« Erzeugungswerte gemeldet worden sind, die ab den Oberspannungsklemmen der Kraftwerkhaupttransformatoren gemessen und dem Netz zur Verfügung stehen (kommerziell wirksame Strommengen). Insoweit sind alle »Statistikwerte« begrifflich als »Nettowerte« anzusehen. Bedenklich erscheint die Rückrechnung (Vermutung) von Brutto- in Nettowerte mit einer Differenz von 1,5 %, wenn dadurch die »Nettowerte« nochmals »verringert« werden.

Die Gesamtsummen zeigen bei Berücksichtigung des Einflusses von Nass- und Trockenjahren (*KEW*-Wert) nur bedingt einen stetigen Verlauf (*Bild 2*). Im Wissen, dass in den jüngsten Jahren so gut wie keine bedeutenden Neubauten oder bedeutenden Erneuerungen von Anlagen stattgefunden haben, weist der Verlauf des Regelarbeitsvermögens auf Mängel der veröffentlichten Daten hin. Das gilt auch für Daten des StBA.

Eine Ursache der Datenunsicherheit kann durch das EEG verursacht sein – s. a. *Textkasten »Gesetze und Statistiken«*. Möglich könnten Doppelzählungen bei den VDEW-Daten in Verbindung mit den EEG-Einspeisungen vorhanden sein. Eine Addition der Einzelwerte ab dem Jahr 2000 zu gesamten jährlichen Einspeisewerten führt zu unplausiblen Werten. Andererseits müssen die Daten der vom VDN [7] ermittelten EEG-Einspeisungen für die Jahre 2004 und 2005 verlässlich sein. Diese dienen der Entgeltabrechnung und der rein rechnerischen Verteilung der EEG-Strommengen an alle Stromverteilungsunternehmen.

Eine graphische Umsetzung der jährlichen Gesamteinspeisungen und des Regelarbeitsvermögens (Berücksichtigung des *KEW*-Wertes) zeigt *Bild 2* für die VDEW-Daten. Die Ausgleichsgerade verdeutlicht die Zweckmäßigkeit der Normierung. Sie macht die wasserkraftreichen und wasserkraftarmen Jahre kenntlich und weist auf Unvollkommenheiten der Datenerfassung hin. Für das Jahr 2005 ergibt sich eine Strommenge von rd. 20 TWh. In den zurückliegenden drei Jahrzehnten ist ein durchschnittlicher Anstieg der Einspeisung von rd. 1 TWh/Jahrzehnt erkennbar. Die Stromgewinnung von 1 TWh setzt

N	O	P	Q
1987 GWh	1988 GWh	1989 GWh	1990 GWh
			7)
14 969	14 555	13 314	12 862
702	757	643	521
600	640	370	466
	781		715
	195		232
1 338	1 344	1 296	1 151
957	855	789	754
930		940	
19 496	19 127	17 352	16 701
111	106	95	92
17 564	18 044	18 265	18 153
20 587	20 714	19 145	18 366
1 975	2 380	2 470	3 575
18 612	18 334	16 675	14 791
111	106	95	92
16 768	17 296	17 553	16 077

AC	AD	AE	AF
2002 GWh	2003 GWh	2004 GWh	2005 GWh
8)	9)		
19 683	15 197	17 150	16 082
k. D.	k. D.	k. D.	k. D.
1 022	1 022	650	650
5 200	4 100	4 616	4 953
weitgehend in Zeile B enthalten			
weitgehend in Zeile B enthalten			
0	0	0	0
0	0	0	0
24 072	18 784	21 409	20 530
124	93	104	102
19 413	20 198	20 586	20 127
24 737	21 040	24 127	23 513
4 000	4 500	5 500	5 500
20 737	16 540	18 627	18 013
124	93	104	102
16 723	17 785	17 911	17 660

Gesetze und Statistiken

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) [10], Inkraftsetzung am 1.4.2000 (Rumpfjahr), hat eine bedeutsame Änderung der Bedingungen für die Einspeisungen von Strom aus Wasserkraftanlagen mit sich gebracht. Nun wird auch Strom, der vorher für den Eigenbedarf z. B. von Gewerbebetrieben nach dem Stromeinspeisungsgesetz (StrEG) [10] nicht vergütungsfähig war, für die betriebswirtschaftlich attraktive Vergütungsregelung interessant. Zusätzlich gilt die Vergütungsregelung auch für EVU-Anlagen bis zu einer Leistung von 5 MW. Das EEG in der novellierten Fassung, in Kraft seit 1.8.2004, sieht nun auch Vergütungsregelungen für bedeutsam erneuerte oder neue Wasserkraftanlagen bis zu einer Leistung von 150 MW vor.
Die Ausweitung des Anwendungsbereichs des EEG und weitere Neuregelungen haben Konsequenzen für die »Statistik in Jahresreihen« der genannten Erfassungsbereiche mit sich gebracht: Wegen der hohen EEG-Vergütungen ist zu unterstellen, dass Industrieanlagen, Fremdanlagen und EVU-Anlagen in das EEG-Vergütungsvolumen zunehmend übergehen werden, damit werden diese durch VDN [7] erfasst (*Tafel 2*, ab 2004 deutlich erkennbar). Dieser Trend zeigt sich für Fremdanlagen bereits seit der Einführung des StrEG.
Als Folge dieser Entwicklung ist weiter anzunehmen, dass zunehmend besonders Anlagen kleiner Leistung, die früher nicht erfasst worden sind, nun in der Statistik »auftauchen«, es sich dabei aber meist nicht um Neubauten handelt.
Die Anlagen der Deutschen Bahn werden ab 1999/2000 gemeinsam mit den EVU-Anlagen ausgewiesen.
Durch das Wechseln der Erfassungsbereiche können durch »Doppelzählungen« die Gesamtergebnisse nachteilig beeinflusst werden. Das heißt, es werden ggf. zu hohe Erzeugungswerte ausgewiesen. Ein Indiz für gewisse Unsicherheiten zeigen die Daten des VDEW ab etwa dem Jahr 2000 (*Tafel 2*), in Verbindung mit der Ermittlung des Regelarbeitsvermögens. Zur Bewertung der Daten ist anzuführen, dass eine Erzeugung von 100 GWh/a einer Wasserkraftleistung von rd. 20 MW entspricht, die für einen Standort nur bei großen Flüssen möglich ist.
Dem Vernehmen nach hat die Liberalisierung des Strommarkts (1998) die Bereitschaft vermindert, sich an (nicht amtlichen) statistischen Erhebungen zu beteiligen [9, Heft 7/2004]. Eine Besserung erscheint in Sicht.

bei einer Ausnutzungsdauer (Quotient aus Erzeugung und Leistung) von 5 000 h/a eine Kraftwerksleistung von 200 MW voraus. Das ergibt einen durchschnittlichen Zubau von rd. 20 MW/a. Das ist ein sehr bescheidener Wert. Hierbei werden die wirtschaftlichen und genehmigungsrechtlichen Probleme auch des weiteren Neubaus von Wasserkraftanlagen deutlich. Es ist möglich, dass sich der Zubautrend gleichermaßen fortsetzt. Bis zum Jahr 2015 könnte dann eine Stromgewinnung von 21 TWh/a machbar sein. Zur quantitativen Beurteilung der Entwicklung, auch bezüglich des Beitrags großer und kleiner Anlagen, siehe [6b].

Tafel 3 gibt einen Überblick über die Anlagen und die Stromgewinnung aus Laufwasser- und Speicherkraftwerken (ohne Pumpspeicherkraftwerke) in den Bundesländern mit Aktualisierungen bis 2007. Die Daten für Anlagen >1 MW sind von [4] übernommen und aufgrund von weiteren Recherchen für einige Anlagen korrigiert und ergänzt worden. Die Daten für die Anlagen bis zu einer Leistung von 1 MW stammen aus Veröffentlichungen der Bundesländer und Abgleichungen mit den Detailerhebungen des VDEW für kleine EVU-Anlagen und Fremdanlagen [9 für 1999].

Tafel 3 weist für Anlagen >1 MW aus: In 405 Kraftwerken mit einer Leistung von 3 428 MM wird eine Erzeugung von 17 297 GWh/a erreicht. Die ermittelte Ausnutzungsdauer gibt Hinweise auf die generellen Möglichkeiten der Wassernutzung in den Bundesländern und ggf. Hinweise auf Unplausibilitäten bezüglich der Leistungs- und Erzeugungswerte.

Die ermittelten 6 884 Anlagen, mit Einzelleistungen bis 1 MW, erreichen mit einer Gesamtleistung von 531 MW eine Erzeugung von 2 285 GWh. Die Ausnutzungsdauern lassen für diesen Anlagenbereich unstimmige Datensätze vermuten, z. B. Baden-Württemberg gegenüber Bayern.

Insgesamt standen Anfang 2007 7 289 Laufwasser- und Speicherkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 3 959 MW und einer Erzeugung von 19 582 GWh zur Verfügung.

Zur Erzeugung sind außerdem rd. 600 GWh aus den natürlichen Zuflüssen in »Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zufluss« hinzuzurechnen. Dieser Erzeugungswert ergibt sich als Mittelwert (*KEW* korrigiert) aus den Einspeisungen gemäß *Tafel 2*, Zeile A3. Bis 1990 waren dies rd. 500 GWh. Mit den Anlagen der neuen Bundesländer (Bleiloch und Hohenwarte 1) erhöht sich dieser Jahreswert um durchschnittlich rd. 100 GWh.

Hinweis

Ein Aufsatz mit Analysen zum Wasserkraftpotenzial in Deutschland mit den Besonderheiten in den alten und neuen Bundesländern wird

Stromerzeugung in WKA

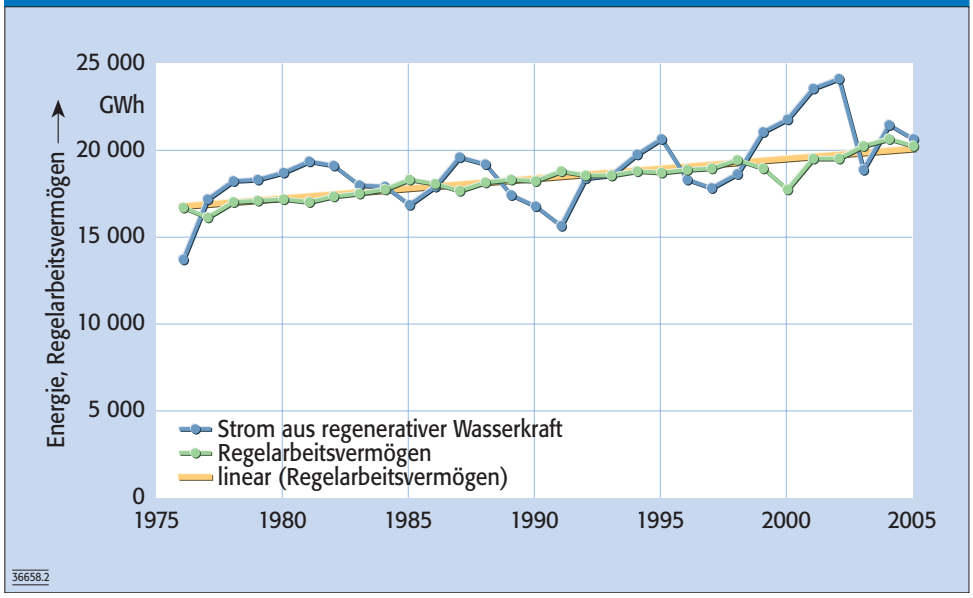

Bild 2. Strom aus regenerativer Wasserkraft (VDEW-Daten) und Regelarbeitsvermögen

Tafel 3

Länder	Anlagen größer 1 MW				Anlagen bis 1 MW				alle Anlagen			
	Anzahl	Leistung MW	*RAV* 1) GWh/a	*T* 2) h/a	Anzahl	Leistung MW	*RAV* 1) GWh/a	*T* 2) h/a	Anzahl	Leistung MW	*RAV* 1) GWh/a	*T* 2) h/a
Baden-Württ.	62	650	3 830	5 896	1 200	100	400	4 000	1 262	750	4 230	5 643
Bayern	225	2 234	11 424	5 114	4 024	201	1 041	5 179	4 249	2 435	12 465	5 119
Berlin	0				0				0			
Brandenburg	1	1	4	4 100	34	3	11	3 438	35	4	15	3 595
Bremen	0				0				0			
Hamburg	0				1		0		1		0	
Hessen	13	63	269	4 256	390	35	120	3 429	403	98	389	3 961
Mecklenb.-Vorp.	1	1	2	2 000	24	1	3	2 308	25	2	5	2 167
Niedersachsen	10	46	163	3 516	244	31	100	3 226	254	77	263	3 400
Nordrh.-Westf.	43	152	402	2 635	300	50	200	4 000	343	202	602	2 972
Rheinl.-Pfalz	24	227	982	4 327	148	11	30	2 727	172	238	1 012	4 253
Saarland	4	15	74	5 089	19	15	60	4 000	23	30	134	4 537
Sachsen	11	18	75	4 071	283	57	225	3 947	294	75	300	3 977
Sachsen-Anhalt	4	8	33	4 125	30	8	32	4 103	34	16	65	4 114
Schlesw.-Holst.	2	3	5	1 563	17	1	1	1 125	19	4	6	1 475
Thüringen	5	10	35	3 531	170	18	62	3 483	175	28	97	3 500
Deutschland	405	3 428	17 297	5 045	6 884	531	2 285	4 304	7 289	3 959	19 582	4 946

1) *RAV* Regelarbeitsvermögen 2) *T* Ausnutzungsdauer

Tafel 3. Laufwasser- und Speicherkraftwerke in Deutschland; Anfang 2007

in der nächsten **ew**-Ausgabe veröffentlicht [1].

LITERATUR

[1] *Wagner, E.; Rindelhardt, U.*: Stromgewinnung aus regenerativer Wasserkraft – Potenzialanalyse. Veröffentlichung vorgesehen in ew, Jg. 107 (2008), H. 1-2.

[2] Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3 Wasserkraft, 6. Ausgabe, 1992. VDEW/VWEW, Frankfurt (Main).

[3] *Heimerl, S.*: Wasserkraft in Deutschland – Bedeutung, Struktur und rechtliche Rahmenbedingungen. ew, Jg. 104 (2005), H. 16, S. 30 – 35.
Wasserkraft in Deutschland – Wasserrahmenrichtlinie und Zukunftsaussichten. ew, Jg. 104 (2005), H. 17-18, S. 58 – 61.

[4] *Giesecke, J.; Heimerl, S.*: Wasserkraftanteil an der elektrischen Stromerzeugung in Deutschland. Wasserwirtschaft, H. 7–8/1999; Fortschreibung dto. 10/2004.

[5] Fichtner GmbH & Co KG; Auftraggeber BMWA: Die Wettbewerbsfähigkeit von großen Laufwasserkraftwerken im liberalisierten deutschen Strommarkt. Proj.-Nr. 45/02, November 2003.

[6] www.energie-fakten.de:
a) Inwiefern haben Pumpspeicherkraftwerke eine Bedeutung für die Sicherheit der Stromversorgung?
b) Wird künftig mehr oder weniger Strom aus Wasserkraft erzeugt?
c) Ist das Meer eine unerschöpfliche Energiequelle?

[7] Verband der Netzbetreiber VDN e. V. beim VDEW, Berlin (seit Oktober 2007 BDEW). *Wegner, B.*: Persönliche Mitteilungen. Internet.

[8] *Wagner, E.*: Wasserkraftnutzung und Wasserkraftpotential in der Bundesrepublik Deutschland, Erkenntnisstand 1989. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 88 (1989), H. 11, S. 635 – 646.

[9] *Wagner, E.*: Elektrizitätswirtschaft, Hefte 24/1987 bis 2000; *Böhmer, T.*: ew, Hefte 7/2002 und 2003; Hefte 10/2004 und 2005; *Kiesel, F.*: dto. Hefte 10/2006 und 26/2006.

[10] Gesetz über den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG), in Kraft ab 1.4.2000; dann Novellierungen: 29.3.2000, 1.8.2004, 1.12.2006. Das EEG hat das »Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz – StrEG)«, in Kraft ab 1.1.1991, ersetzt.

[11] Bundesministerium für Wirtschaft: Energieeinsparung und erneuerbare Energien. BMWi-Dokumentation Nr. 361, 1994.

[12] *Rindelhardt, U.*: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Ostdeutschland. ew, Jg. 100 (2001), H. 25, S. 30 – 39.

[13] *Rindelhardt, U., Grzelak, K.*: Kleinwasserkraftnutzung am Grenzfluss Lausitzer Neiße. ew, Jg. 102 (2003), H. 22, S. 58 – 60.

[14] *Rindelhardt, U.*: Wasserkraftnutzung in Ostdeutschland. Wasserwirtschaft 6/2007.

(36658)

exerhardw@t-online.de

u.rindelhardt@fzd.de

Bereits sehr hohe Potenzialausnutzung

Stromgewinnung aus regenerativer Wasserkraft – Potenzialanalyse

Die Nutzung regenerativer Wasserkraft zur Stromgewinnung in Deutschland von 1976 bis 2005 wird in [1] im Überblick beschrieben.

Im Folgenden analysieren die Verfasser das Wasserkraftpotenzial in Deutschland. Dabei werden die Besonderheiten in den alten und in den neuen Bundesländern dargelegt.

Hauptergebnisse

Das Potenzial der Wasserkraft in Deutschland wurde in den letzten einhundert Jahren mehrfach bewertet. Nachvollziehbare Bewertungen aus jüngerer Zeit ergeben weitgehend einheitlich ein technisch nutzbares Potenzial von 25,5 TWh. Dieses ist gegenwärtig zu 78 % ausgenutzt. Gelegentlich noch zu findende Potenzialangaben von 30 TWh und mehr sind nicht belegbar.

Eine zusätzliche und maximal mögliche jährliche Stromgewinnung durch Neubau, Erweiterung und Erneuerung von Anlagen wird von den Bundesländern derzeit mit rd. 2,4 TWh angenommen. Damit würde sich eine Stromgewinnung von insgesamt rd. 22 TWh ergeben.

Alle genannten Potenzial- und Erzeugungswerte sind Werte für das »Normaljahr« bzw. das »Regelvermögen« (*RAV*).

Wasserkraftpotenzial der alten Bundesländer

Die Analyse der Nutzung erneuerbarer Wasserkraft, weitgehend aller seinerzeit bekannten Anlagen, ergab für das Jahr 1987 eine Erzeugung von rd. 17,6 TWh. Die Leistung der Laufwasser- und Speicherwasserkraftwerke (ohne Pumpspeicherkraftwerke) betrug rd. 3 520 MW; die Anlagenanzahl rd. 6 300. Mit diesen Daten und der Kenntnis konkreter Standortvorplanungen sowie seinerzeit aktuell vieler verfügbarer Studien [2] wurde das technische Wasserkraftpotenzial der alten Bundesländer mit rd. 24 TWh bestimmt.

Wasserkraftpotenzial der neuen Bundesländer

Das größte Wasserkraftpotenzial der neuen Bundesländer hat der Fluss Elbe. Dies wurde unter unterschiedlichen Voraussetzungen wiederholt untersucht, z. B. [3;4], und liegt bei rd. 1 TWh. Seine Erschließung ist jedoch nur bei gleichzeitigem Ausbau der Elbe zu einer leistungsfähigen Binnenwasserstraße denkbar. Das Ziel der Bundesregierung und der betroffenen Bundesländer besteht heute allerdings nur in der Gewährleistung einer Abladetiefe zwischen Dresden und Geesthacht von nur 1,6 m an 345 Tagen. Eine Nutzung des Wasserkraftpotenzials der Elbe ist damit derzeit auszuschließen.

Die nutzbaren Wasserkraftressourcen in den neuen Bundesländern konzentrieren sich auf die großen Nebenflüsse der Elbe, Mulde und Saale (links-elbisch) und Havel mit Spree (rechts-elbisch) [4]. Wegen der bestehenden hydrologischen Verhältnisse handelt es sich ausschließlich um Kleinwasserkraftwerke, nur wenige Anlagen überschreiten die Leistung von 1 MW. In *Tafel 1* werden die Ergebnisse verschiedener Potenzialstudien für die neuen Bundesländer zusammengefasst und mit dem ausgebautem Potenzial des Jahres 2005 und dem Erwartungspotenzial des Jahres 2010 verglichen [5;6;8]. Um 1990 wurde für Berlin ein Potenzial von 4 GWh ermittelt [6].

Das technische Potenzial der neuen Bundesländer (ohne Elbe) wird – bemerkenswert übereinstimmend – mit rd. 1 TWh angegeben. In den Studien schwanken die Beiträge der einzelnen Bundesländer allerdings erheblich. Eine erste Abschätzung von *Frackmann* [6] aus dem Jahr 1993 wird noch in jüngster Zeit häufig zitiert, z. B. [7]. Diese steht jedoch im Widerspruch zu den tatsächlichen Entwicklungen und Ergebnissen anderer Studien [8]. Nach Einschätzung der Verfasser sind die in der letzten Spalte von *Tafel 1* angegebenen Länderpotenziale (Gesamtpotenzial 998 GWh) am treffendsten.

Tafel 1

	2005 GWh/a	2010 1) GWh/a	*Puchta* u. a. [5] GWh/a	*Frackmann* [6] GWh/a	*Rindelhardt* [8] GWh/a
Brandenburg	15	23	52	101	90
Mecklenburg-Vorp.	5	6	20	45	18
Sachsen	300	350	320	320	450
Sachsen-Anhalt	65	80	326	362	200
Thüringen 2)	180	190	396	414	240
neue Bundesländer	565	649	1 114	1 242	998

1) Erwartetes genutztes Potenzial nach Verfasserrecherchen.
2) Die Werte für Thüringen enthalten die Erzeugung aus natürlichen Zuflüssen in Pumpspeicherkraftwerken an der Saale, durchschnittlich rd. 100 GWh/a.

Tafel 1. Wasserkraftpotenziale der neuen Bundesländer; nicht berücksichtigt sind die Potenziale der Flüsse Elbe und Oder

Dipl.-Ing. ***Eberhard Wagner***, Bensheim;
Prof. Dr. rer. nat. habil. ***Udo Rindelhardt***,
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf.

Wasserkraftpotenzial alte und neue Bundesländer

In *Tafel 2* werden, aufbauend auf dem Bestand (Spalte C), in den Spalten E und G die zusätzlichen Möglichkeiten der Stromgewinnung dargelegt. Spalte E enthält die von den Bundesländern benannte mögliche zusätzliche Stromerzeugung von 2,4 TWh, bezeichnet als »Zubau 1« [1]. Konkrete Standorte dazu sind allerdings nicht bekannt. Der Bestand (Spalte C) + »Zubau 1« ergibt eine mögliche zukünftige Gesamtstromerzeugung (ohne Pumpspeicherkraftwerke) von rd. 22 TWh (Spalte F).

Ausgehend von den Untersuchungen [2;8], die weitgehend auf der Ermittlung von vorhandenen und möglichen Standorten, vor allem größerer Anlagen, fußen, wurde ein »Zubau 2« (Spalte G) ermittelt. »Zubau 2« berücksichtigt auch Standorte, die sich aus flussbaulichen Notwendigkeiten (Flusssohleneintiefung) und aus Gründen des Schiffsverkehrs als volkswirtschaftlich sinnvoll anbieten, derzeit aber nur eine geringe Verwirklichungschance haben. Dabei wird davon ausgegangen, dass diese Potenziale nicht im »Zubau 1« enthalten sind.

Die Zusammenfassung des Anlagenbestands und der zusätzlichen Potenziale ergibt das wahrscheinliche Gesamtpotenzial von rd. 24,9 TWh (Spalte H). Dieser Wert erhöht sich noch um rd. 0,6 TWh aus der Wasserkraftnutzung aus natürlichen Zuflüssen der »Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss«. Eine Übersicht über die Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss zeigt *Tafel 3*. Potenziale für die Flüsse Elbe und Oder sind nicht berücksichtigt.

Gegenüberstellung von Potenzialuntersuchungen

Im Folgenden wird eine Gegenüberstellung einiger Untersuchungen zur Nutzung der Wasserkraft in Deutschland gegeben. Dies, um die Qualität der Ergebnisse der vorgestellten Analyse zu werten.

(A) Der »Fachausschuss für Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft im Reichsverband der Deutschen Wasserwirtschaft – Mitteilungen Nr. 37« hat 1935 die Broschüre »Wasserkraftnutzung eine nationale Aufgabe – Ein Beitrag zur Erschließung heimischer Kraftquellen« herausgegeben. Titel und Anspruch dieser Untersuchung passen grundsätzlich zur derzeitigen wieder (nach den Ölpreiskrisen der 1970er Jahre) aufkommenden allgemeinen Diskussion über die Nutzung heimischer Energieressourcen, nun auch in Verbindung mit der Klimadiskussion. Unter EU-Aspekten hat diese Veröffentlichung durchaus Bedeutung. Leider nennt die Broschüre keine Bearbeiter und gibt nur wenige Hinweise auf wasserkraftwirtschaftliche Kriterien zur Bestimmung der Flusspotenziale.

Aus dieser Untersuchung lässt sich für das Gebiet der Bundesre-

Tafel 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
Länder	Anlagenbestand [1]				Zubau 1 3)	insges. 1 4)	Zubau 2 5)	insges. 2 6)
	Anzahl	Leistung MW	1) *RAV* GWh/a	2) *T* h/a	*RAV* GWh/a	*RAV* GWh/a	*RAV* GWh/a	*RAV* GWh/a
Baden-Württ.	1 262	750	4 230	5 643	800	5 030	1 000	6 030
Bayern	4 249	2 435	12 465	5 119	1 300	13 765	1 000	14 765
Berlin	0				4	4	0	4
Brandenburg	35	4	15	3 595	8	23	67	90
Bremen	0				38	38	0	38
Hamburg	1		0		1	1	0	1
Hessen	403	98	389	3 961	100	489	15	504
Mecklenb.-Vorp.	25	2	5	2 167	1	6	12	18
Niedersachsen	254	77	263	3 400	30	293	500	793
Nordrh.-Westf.	343	202	602	2 972	60	662	50	712
Rheinl.-Pfalz	172	238	1 012	4 253	14	1 026	0	1 026
Saarland	23	30	134	4 537	1	135	0	135
Sachsen	294	75	300	3 977	50	350	100	450
Sachs.-Anhalt	34	16	65	4 114	15	80	120	200
Schlesw.-Holst.	19	4	6	1 475	0	6	32	38
Thüringen	175	28	97	3 500	10	107	30	137
Deutschland	7 289	3 959	19 582	4 946	2 432	22 014	2 926	24 940

1) *RAV*: Regelarbeitsvermögen 2) *T*: Ausnutzungsdauer 3) »Zubau 1«: Möglicher Zubau nach Verlautbarungen der Länder.
4) Möglicher Gesamtausbau 1 einschließlich Verlautbarungen der Länder; Summen Spalten D + E.
5) »Zubau 2«: Zusätzlicher Zubau gemäß Verfasserrecherchen, über »Zubau 1« hinausgehend.
6) Möglicher Gesamtausbau 2 gemäß Verfasserrecherchen; Summen Spalten F + G.

Tafel 2. Laufwasser- und Speicherwasserkraftwerke in Deutschland; Stand 2007 und Potenziale; Potenziale enthalten keine Erzeugung aus natürlichen Zuflüssen in Pumpspeicherkraftwerken

Tafel 3

Betreiber/Kraftwerk		Erzeugung GWh/a
Schluchseewerk AG	Häusern	334 (alle)
	Witznau	–
	Waldshut	–
	Säckingen	–
EnBW	Schwarzenbachwerk	50
Vattenfall	Bleiloch	110 (alle)
	Hohenwarte I	–
Stadtwerke München	Leitzachwerk I	60
	Leitzachwerk II	25
Summe		579

Tafel 3. Pumpspeicherkraftwerke (PSW) mit natürlichem Zufluss, Erzeugung aus natürlichem Zufluss; Stand 2007; alle nicht genannten PSW mit natürlichem Zufluss – ältere Statistiken – arbeiten nur noch als reine Speicherwasserkraftwerke Quelle: Internet, Betreiber-Auskünfte, BDEW-Statistiken

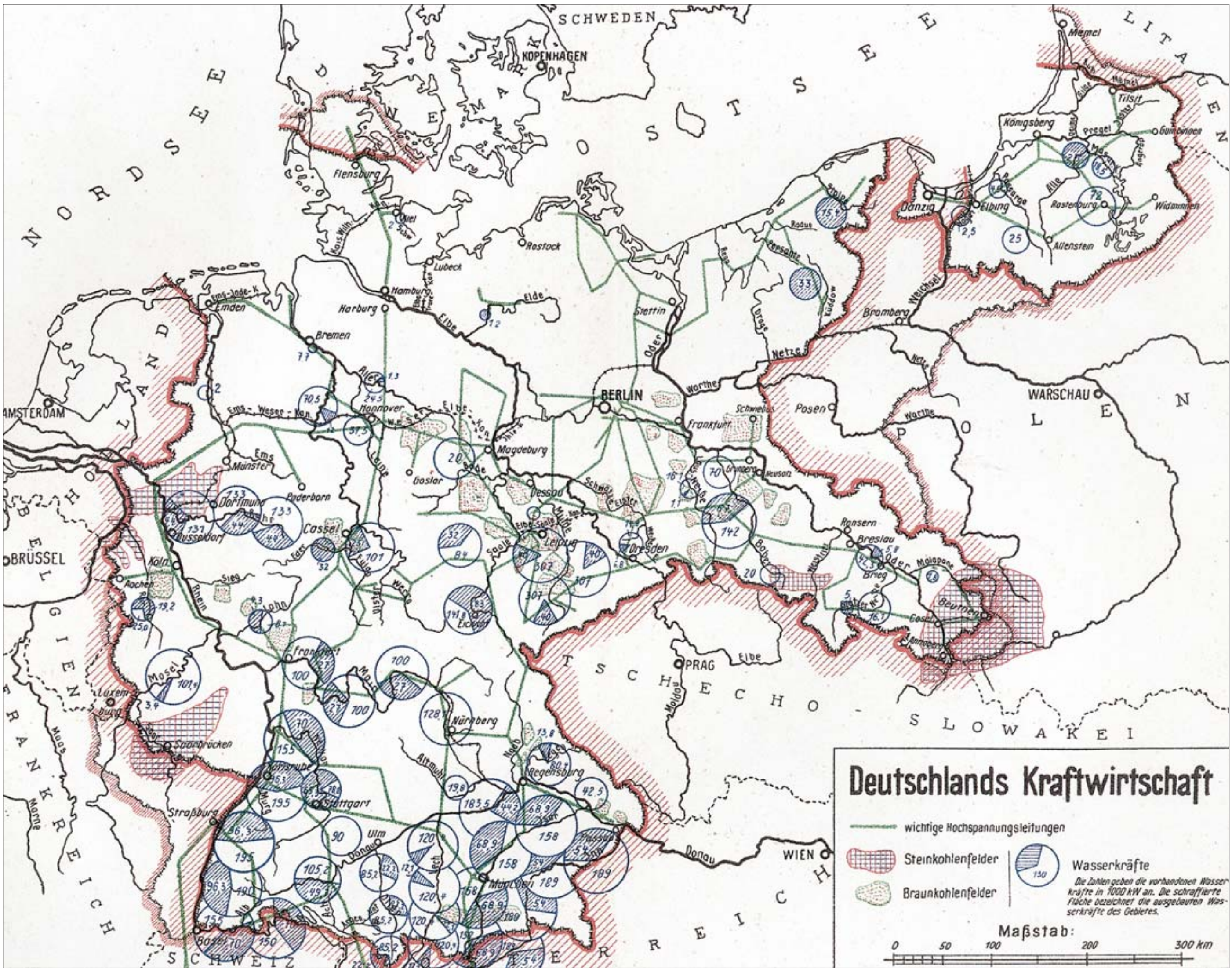

Bild 1. Wasserkraftpotenzial in Deutschland; Untersuchung im Jahr 1935; ergänzende Angaben s. Text

publik Deutschland eine Gesamtleistung von rd. 6 200 MW mit einer Erzeugung von rd. 30 TWh ableiten. Für die Elbe wird in der Untersuchung auffälligerweise kein Potenzial angegeben, ebenso für die Oder. Der sehr große Gesamtleistungswert deutet auf den Ansatz eines Vollausbaus aller Gewässer hin. Aus heutiger Sicht scheinen die Leistungswerte für die Gebiete Ruhr (200 MW), Weser-Ems (380 MW) und die links-elbischen Gewässer (875 MW) viel zu groß bestimmt worden zu sein.

Bei Berücksichtigung der Nutzung des Oberrheins (deutsch-französische Kraftwerke), in der Untersuchung nicht erkennbar, und Annahme plausibler Leistungswerte, ergeben sich die Potenzialdaten zu rd. 5 400 MW und 26 TWh (*Bild 1*).

(B) Die Kernforschungsanstalt (KFA) Jülich ging 1982 [9] davon aus, dass in den alten Bundesländern eine Wasserkraftanlagenleistung von rd. 4 500 MW mit einer durchschnittlichen Jahreserzeugung von 23 TWh – wohl in großen Anlagen – vorhanden sei. Mit Bezug auf »Verlautbarungen« des Bundesverbands Deutscher Wasserkraftwerke (Kleinkraftwerke, überwiegend Anlagen deutlich kleiner als 1 MW), wurde das Potenzial dieser kleinen Anlagen auf rd. 10 TWh geschätzt. Daraus ergab sich ein Gesamtpotenzial von 30 bis 35 TWh für die alten Bundesländer. Ein möglicher Leistungswert wurde nicht genannt.

Die Autoren der KFA-Studie distanzierten sich später von den Werten für die kleinen Anlagen. Dieser Wert wird jedoch mitunter noch heute als Potenzial der kleinen Wasserkraft zitiert.

(C) Die Untersuchung [2], mit Hinweisen auch zu (B) und weiterer Studien, kam mit dem Stand 1989 für die alten Bundesländer auf ein Potenzial von rd. 24 TWh, mit einer Leistung (Laufwasser- und Speicherkraftwerke) von rd. 4 800 MW.

(D) Auf Initiative des Bundeswirtschaftsministeriums wurde im Jahr 1994 durch einen Expertenkreis überschlägig ein Potenzial einschließlich der neuen Bundesländer von rd. 25 TWh ermittelt [10].

(F) Nach den in [8] erstmals zusammenfassend veröffentlichten Potenzialstudien für die neuen Bundesländer besteht dort ein Gesamtpotenzial von rd. 1 TWh. Dieses ergibt sich überwiegend aus kleinen Anlagen.

(G) Die Zusammenführung der Untersuchungen (C) und (F) (Verfasser sind auch die Verfasser dieses Aufsatzes) ergeben einen Potenzialwert von rd. 25 TWh. Dabei bleiben die Potenziale der Elbe, mit rd. 1 TWh, und der Oder unberücksichtigt. Ein aktueller Potenzialwert für die Oder, bei Berücksichtigung als Grenzfluss, ist nicht bekannt. Eine Realisation des Ausbaus beider Ströme ist wenig wahrscheinlich.

(H) In der Fichtner-Studie [11] wird unter Bezug auf [7] das technische Potenzial mit 24,7 TWh angegeben. Ausgehend von einem Anlagenbestand im Jahr 2003 von 2 548 MW (nur Laufwasserkraftwerke >5 MW) wird ein genehmigungsfähiges Zubaupotenzial von 661 MW mit 3 100 GWh genannt. Der Erzeugungswert übertrifft den Wert, der von den Bundesländern angegeben wird (*Tafel 2*, »Zubau 1«) um rd. 700 GWh auffällig deutlich. Für die Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern, die mit Abstand wasserkraftpotenzialreichsten Bundesländer, gibt Fichtner ein genehmigungsfähiges zusätzliches Potenzial (für i. d. R. größere Anlagen, >5 MW) von rd. 830 GWh bzw. rd. 930 GWh an.

Der Vergleich mit den Daten »Zubau 1« zeigt für Baden-Württemberg annähernd gleiche Werte. Für Bayern übertrifft das »offiziell« genannte Zubaupotenzial (1 300 gegen 930 GWh) allerdings deutlich den Wert von Fichtner. Einen Ausbau der Salzach mit rd. 350 GWh beurteilt Fichtner als nicht genehmigungsfähig, was sich wohl auch mit der Sicht des Freistaats Bayern deckt. Der zusätzliche für möglich gehaltene Zubau (Differenz rd. 370 GWh) wird sich deshalb aus Anlagen mit Leistungen <5 MW ergeben.

Im »Zubau 2« (*Tafel 2*) ist eine Wasserkraftnutzung der Salzach eingerechnet. Dieser wird von den Verfassern langfristig als wahrscheinlicher beurteilt als die Nutzung der Elbe und Oder.

Fichtner urteilt, dass es kaum zu Neubauten an bisher nicht genutzten Standorten kommen wird. Der Zubau wird sich ausschließlich aus der Modernisierung und Erweiterung bestehender Kraftwerke ergeben können. Mit diesen Daten bestätigt Fichtner indirekt auch, dass ein merkbarer Zuwachs von Elektrizität aus Wasserkraft nur durch »neue« große Anlagen (ausschließlich Laufwasserkraftwerke) ermöglicht werden kann [12].

Ergebnis der Analysen der Studien

Der ermittelte Potenzialwert von rd. 25,5 TWh (ohne die Flüsse Elbe und Oder) erweist sich demnach als eine gefestigte Größe. Das »ausbauwürdige Potenzial« (gemäß Definition in [13]) ergibt sich somit zu rd. 5,5 TWh.

Aktuelle Fehlbeurteilungen

Einige im Jahr 2007 veröffentlichte Meinungen und Verlautbarungen in Fachzeitschriften zeigen bemerkenswerte Überbewertungen der Gegebenheiten der regenerativen Wasserkraftnutzung in Deutschland. Beispielsweise:

- Energiewirtschaftliches Gesamtkonzept 2030; Ewi Köln und Eefa Münster vom 20.6.2007, im Auftrag des VDEW. Im Jahr 2030 wird eine Stromerzeugung von 30,7 TWh postuliert.
- Energieseiten 2007 der Solarpraxis AG, Berlin. Das Potenzial wird mit 40 TWh beziffert.
- Jenseits von Kohle und Atom – Memorandum; Solarzeitalter 1/2007. Genannt wird eine mögliche Stromerzeugung von 60 TWh, davon 30 TWh allein aus Kleinanlagen.

In keiner dieser Veröffentlichungen werden plausible Belege der hohen Potenzialwerte angegeben.

Zusammenfassung

Aus den vorbenannten Untersuchungen lässt sich ableiten, dass in Deutschland ein technisches Potenzial regenerativer Wasserkräfte von rd. 25,5 TWh durch Laufwasser- und Speicherkraftwerke einschließlich der Stromgewinnung aus natürlichen Zuflüssen durch »Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss« als Naturressource vorhanden ist. Ein Zubau von derzeit rd. 20 TWh auf rd. 22 TWh erscheint nach den »Beurteilungen« der Bundesländer möglich. Dieser kann wesentlich nur aus größeren Laufwasserkraftwerken resultieren. Realisierungswahrscheinliche Projekte für Speicherkraftwerke oder gar für Pumpspeicherkraftwerke (mit oder ohne natürlichen Zufluss) sind nicht bekannt.

Der Zubau setzt allerdings auskömmliche wirtschaftliche Bedingungen für potenzielle Betreiber voraus. Bedeutsam sind auch die Einflüsse des Wasserrechts und allgemein der Umweltgesetzgebung. Insoweit ist es eher wahrscheinlich, dass eine restriktive Genehmigungspraxis zusätzliche Wasserkraftnutzungen verhindert. Die Nutzung des ermittelten »Endpotenzials« von 25,5 TWh ist dann als ein ideeller Zielwert anzusehen. Derzeit wird dieses »Endpotenzial« zu etwa 78 % genutzt.

LITERATUR

[1] *Wagner, E.; Rindelhardt, U.*: Stromgewinnung aus regenerativer Wasserkraft – Überblick. ew, Jg. 106 (2007), H. 25-26, S. 52 – 57.

[2] *Wagner, E.*: Wasserkraftnutzung und Wasserkraftpotential in der Bundesrepublik Deutschland, Erkenntnisstand 1989. Elektrizitätswirtschaft, Jg. 88 (1989), H. 11, S. 635 – 646.

[3] *Schönbach, A.*: Die Wasserkraft der Elbe. Energietechnik 3(1953).

[4] Wasserkraft: Nutzungsmöglichkeiten der regenerativen Energie Wasserkraft in Sachsen-Anhalt. Studie. MHP Micro Hydro Power, Lauenau, April 1992.

[5] *Puchta, J.; Neidhardt, R.; Hache, R.; Lübke, R.*: Beitrag der Wasserkraft als regenerative Energiequelle zur Energieerzeugung in den neuen Bundesländern. Studie im Auftrag des BMFT, Leipzig, Mai 1993.

[6] *Frackmann, H.*: Potenziale und Initiativen für kleine Wasserkraftwerke in den fünf neuen Ländern. Hidroenergia 93, 4. – 6. Oktober 1993, München, Tagungsband.

[7] *Giesecke, J.; Heimerl, S.*: Wasserkraftanteil an der elektrischen Stromerzeugung in Deutschland. Wasserwirtschaft, H. 7-8/1999; Fortschreibung dto. 10/2004.

[8] *Rindelhardt, U.*: Wasserkraftnutzung in Ostdeutschland. Wasserwirtschaft 6/2007.

[9] KFA Jülich: Jül-Spez-156, Energiediskussion Nr. 6, 1982.

[10] Bundesministerium für Wirtschaft: Energieeinsparung und erneuerbare Energien. BMWi-Dokumentation Nr. 361, 1994.

[11] Fichtner GmbH & Co KG; Auftraggeber BMWA: Die Wettbewerbsfähigkeit von großen Laufwasserkraftwerken im liberalisierten deutschen Strommarkt. Proj.-Nr. 45/02, November 2003.

[12] www.energie-fakten.de: Wird künftig mehr oder weniger Strom aus Wasserkraft erzeugt?

[13] Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3 Wasserkraft, 6. Ausgabe, 1992. VDEW/VWEW, Frankfurt (Main).

(36659)

exerhardw@t-online.de

u.rindelhardt@fzd.de