

Das Wasserkraftpotenzial in Nordrhein-Westfalen

Pia Anderer, Ulrich Dumont,
Robert Kolf

Die Nutzung der Wasserkraft wird in Deutschland als erneuerbare Energiequelle angesehen. Der Wasserkraft wird ein nennenswertes technisch erschließbares Potenzial unterstellt. Ökonomische und ökologische Randbedingungen verringern jedoch das tatsächliche ausbaubare Potenzial erheblich.

1. Einleitung

Wasserkraft wird in Deutschland als die erneuerbare Energiequelle angesehen, deren Potenzial bereits in relativ

hohem Maße ausgeschöpft wird. Hinsichtlich des noch verfügbaren Potenzials gehen Schätzungen vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aus dem Jahre

2000 von einem zusätzlich technisch erschließbaren Potenzial von maximal 30 % aus.

Das tatsächlich ausbaubare Potenzial wird jedoch durch ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen eingeschränkt. Die Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf die Gewässerökologie sind gravierend [1]. Diese zumindest teilweise zu beseitigen, erfordert in der Regel einen zusätzlichen ökonomischen Aufwand und führt zu Einbußen bei der Stromerzeugung.

Vor diesem Hintergrund ist eine realistische Abschätzung des ökologisch verträglichen und ökonomisch machbaren Ausbaus der Wasserkraft gefragt. In der Studie „Querbauwerke und nachhaltige Wasserkraftnutzung in NRW“ wurde das aktuell genutzte, sowie das zusätzlich ausbaubare Wasserkraftpotenzial für NRW auf der Datengrundlage des Querbauwerke Informationssystems QUIS-NRW ermittelt.

2. Bestehende Wasserkraftnutzung

Von den etwa 1.000 im QUIS-NRW [2] erfassten Wasserkraftanlagen (WKA) befinden sich aktuell 38 % in Betrieb. Ein Großteil der Wasserkraftanlagen wurde bei der Datenermittlung für das QUIS-NRW besichtigt. Für etwa 9 % der Anlagen konnte der Betriebszustand nicht ermittelt werden, 53 % der Anlagen sind nicht mehr in Betrieb. Insbesondere an diesen heute nicht mehr genutzten Standorten ist ein zusätzliches Potenzial denkbar. **Bild 1** zeigt die räumliche Verteilung der WKA-Standorte mit einer deutlichen Konzentration in den Mittelgebirgsbereichen von NRW.

Die Ermittlung des Wasserkraftpotenzials erfolgte getrennt für Talsperren und große Stauanlagen [3] sowie für alle anderen Standorte von Querbauwerken.

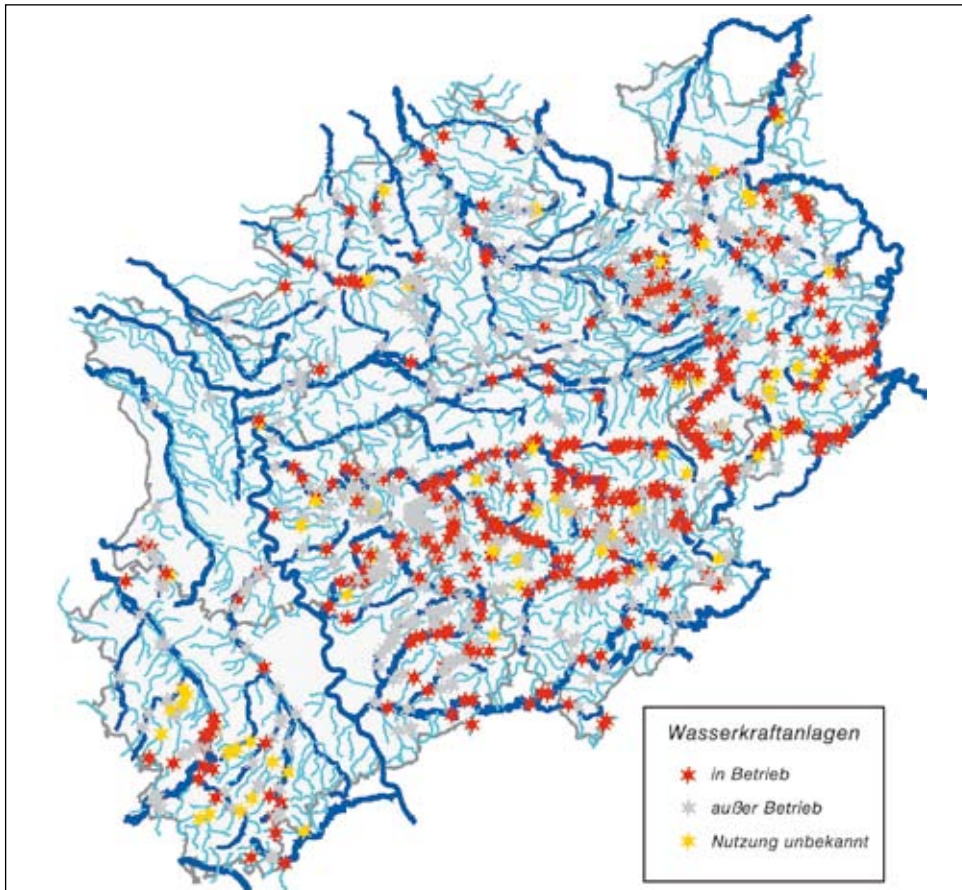


Bild 1: Standorte von Wasserkraftanlagen in NRW, März 2006 [2]

An 43 von insgesamt 88 Talsperren-Standorten in NRW fand Ende 2005 eine Wasserkraftnutzung mit einer Gesamtausbauleistung von etwa 111.400 kW und einer erwarteten Gesamtjahresarbeit von 244 GWh/a statt (Tabelle 1).

Für die restlichen, nicht an Talsperren befindlichen 342 Wasserkraftanlagen konnte für 272 Standorte eine Ausbauleistung von etwa 75.000 kW ermittelt mit einer Jahresarbeit von 300 GWh/a (z. T. abgeschätzt mit 4.000 Volllaststunden im Jahr).

Die gesamte installierte Leistung der Wasserkraftanlagen in NRW beträgt damit aktuell etwa 186.400 kW (Tabelle 1).

Bild 2 zeigt, dass insbesondere die 21 größten WKA (Ausbauleistung $P > 1.000$ kW) mit einem Anteil von 65 % in erheblichem Umfang zur Gesamterzeugung beitragen. Demgegenüber leisten die 181 kleinen WKA mit $P < 100$ kW einen relativ geringen Beitrag von 6,3 %.

Abschätzungen der durch Wasserkraft erzeugten Jahresarbeit aus anderen Quellen liegen etwa 10 % über dem aus QUIS-NRW ermittelten Wert [4, 5] oder zeigen bis zu 28 % niedrigere Werte [6].

3. Zusätzlich ausbaubares Wasserkraftpotenzial

Grundsätzlich steht an jeder Gefällestufe Energie aus Wasserkraft zur Verfügung. Aus technischen, ökonomischen und ökologischen Gründen kann jedoch nicht jedes Potenzial sinnvoll genutzt werden. Aus den 11.651 Querbauwerken, die im QUIS-NRW mit einer Einzugsgebietsgröße $AE \geq 10$ km² verzeichnet sind, wurden diejenigen Standorte ausgewählt, an denen Potenziale verfügbar sind. Während der Analyse wurde unterschieden zwischen

- Technischem Potenzial
- Technisch-ökonomischem Potenzial
- Technisch-ökonomisch-ökologischem Potenzial.

Bei der Ermittlung des noch ausbaubaren Wasserkraftpotenzials wurde der Neubau von Wehren und die Anlage von neuen Ausleitungsstrecken nicht in Betracht gezogen (Verschlechterungsgebot der EG-WRRRL).

Auf Grund der großen Anzahl von begutachtender Standorte erfolgte eine rechnergestützte Vorauswahl mit

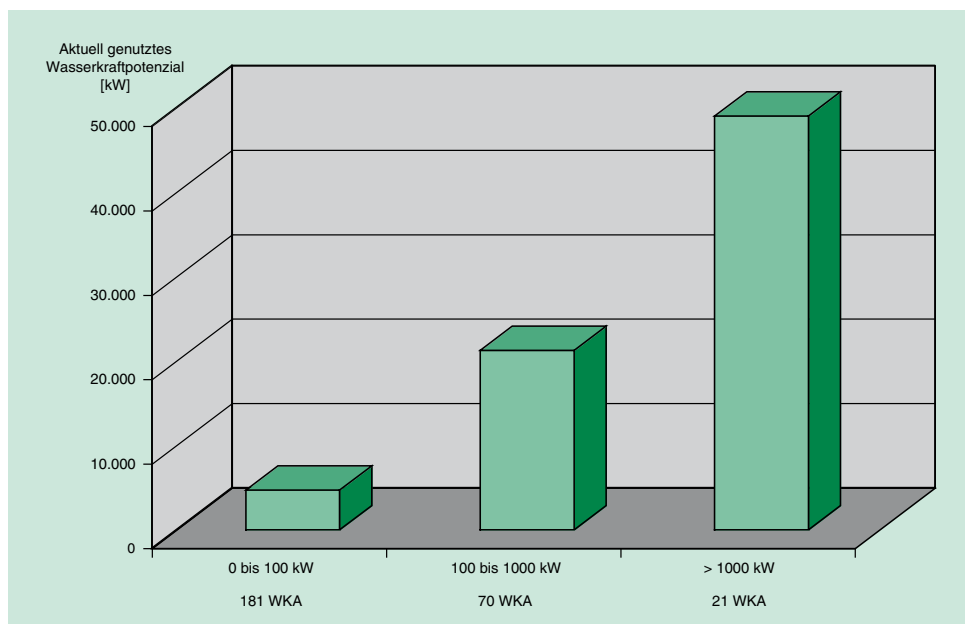


Bild 2: Bestehende Ausbauleistung von 272 Wasserkraftanlagen in NRW nach Größenklassen [2]

einem in der Datenbank QUIS integrierten Berechnungswerkzeug.

3.1. Zusätzliches technisches Wasserkraftpotenzial

Das technische Wasserkraftpotenzial P_{tech} wird definiert durch die generelle technische Verfügbarkeit des Potenzials, d. h. an einem Querbauwerk muss ein ausreichender Abfluss und eine nutzbare Absturzhöhe gegeben sein.

Abgeschätzt wird das technische Potenzial über

$$P_{tech} = 8 \times Q \times H$$

mit

Q [m³/s] mittlerer Abfluss am Standort $Q = MQ$

H [m] Absturzhöhe am Querbauwerk bzw. Fallhöhe an der Wasserkraftanlage.

Der Faktor 8 beinhaltet die Erdbeschleunigung und den mittleren Gesamtwirkungsgrad einer potenziellen Wasserkraftanlage. Er wurde relativ groß gewählt, um in einer ersten Auswahl möglichst keine Standorte zu übergehen, die in den Grenzbereichen der unten angegebenen Kriterien liegen.

Aus den 11.651 Standorten in QUIS wurden diejenigen ausgewählt, an denen keine WKA in Betrieb war und deren Absturzhöhe H_A und Abfluss Q (an Wehr oder WKA) einen bestimmten Mindestwert besitzen:

$H_A \geq 1,00$ m und Abfluss $Q \geq 1$ m³/s.

Tabelle 1: Bestehende Wasserkraftnutzung in NRW, Ende 2005 [2]

	Zahl der WKA mit Stromerzeugung	Installierte Leistung [kW]	Mittlere Jahresarbeit [GWh/a]
WKA an Talsperren und große Stauanlagen	43	111.400	244
WKA an anderen Standorten	272 70*	75.000	300
Summe für NRW	385	186.400	544

* sehr kleine Anlagen, Daten nicht ermittelbar

Somit ergibt sich für die Untersuchung als untere Leistungsgrenze eines Standortes ein technisches Potenzial P_{tech} von 8 kW. Standorte mit WKA wurden nur dann untersucht, wenn die WKA außer Betrieb war oder eine signifikante Steigerung der Potenzialausnutzung auf Grund eines niedrigen Ausbaugrades ($Q_A \leq 0,60 \times MQ$) zu erwarten war.

994 Standorte mit 1.040 potenziellen Wasserkraftanlagen erfüllten die genannten Auswahlkriterien (teilweise sind mehrere WKA an einem Standort möglich, z. B. im Kanal). Für diese Anlagen wurde ein zusätzliches technisches Potenzial von 39.967 kW ermittelt (ohne Talsperren).

Darüber hinaus wurde für alle Talsperren und Stauanlagen in NRW (nach [3]) anhand unterschiedlicher Informationen z. B. aus Betreiberbefragung untersucht, ob Restriktionen gegen eine Wasserkraftnutzung vorliegen und ob ein zusätzliches Potenzial vorhanden ist. Für 6 Talsperren wurde ein zusätzlich nutzbares technisches Potenzial von 1.596 kW mit einer Jahresarbeit von 6,38 GWh/a (4.000 Volllaststunden) abgeschätzt (Tabelle 2).

Eine weitergehende ökonomische Betrachtung wurde für Talsperren nicht vorgenommen, da im Allgemeinen keine Angaben über Staulinien, Zuflussganglinien oder zeitliche Verteilung der Entnahmewassermengen vorlagen.

Eine relevante ökologische Verschlechterung der bestehenden Situation durch eine Wasserkraftanlage ist an den betrachteten Talsperren nicht zu erwarten. Das technische Potenzial entspricht hier somit dem technisch-ökologischen Potenzial (s. Kap. 3.3).

Tabelle 2: Zusätzliches technisches Potenzial

		Zahl potenzieller Wasserkraftanlagen	Potenzielle maximale Leistung [kW]
Zusätzliches technisches Potenzial	Standorte (ohne Talsperren)	1.040	39.967
	Talsperren und Stauanlagen	6	1.596
	Summe	1.046	41.663

Tabelle 3: Zusätzliches technisch-ökonomisches Potenzial

	Zahl potenzieller Anlagenstandorte	Potenzielle maximale Leistung [kW]	Potenzielle Jahresarbeit [GWh/a]
Zusätzliches technisch-ökonomisches Potenzial	327	29.161	131*
* Abschätzung der Jahresarbeit mit 4.500 Volllaststunden			

3.2. Zusätzliches technisch-ökonomisches Wasserkraftpotenzial

Die generelle ökonomische Realisierbarkeit der 1.040 potenziellen Wasserkraftanlagen mit einem technischen Potenzial wurde mit Hilfe des Renditefaktors i geprüft. Dieser wurde bestimmt aus dem Verhältnis von Jahreseinnahmen K_a aus dem Verkauf des erzeugten Stromes zu den überschlägig ermittelten Investitionskosten K_i .

$$i = K_a / K_i \geq 1/35 \quad \text{Renditefaktor für ökonomisches Potenzial}$$

Ein Standort wird in weiten Grenzen als wirtschaftlich interessant angesehen, wenn die Jahreseinnahmen $1/35$ der erforderlichen Investition zur Reaktivierung der Wasserkraftanlage übersteigen. Der Faktor i ist bewusst klein gewählt, damit z. B. Anlagen mit einem hohen Anteil an Eigenkapital oder Eigenleistung berücksichtigt werden können.

Bei der Ermittlung der Jahresarbeit E_a wurden die Volllaststunden mit 4.500 h/a angesetzt. Die jährlichen Einnahmen aus dem Stromverkauf wurden mit Hilfe der Einspeisevergütung entsprechend dem EEG (alter Tarif) berechnet.

$$K_a = P_{\text{tech}} \cdot 4.500 \text{ h/a} \cdot 7,67 \text{ ct / kWh}$$

mit P_{tech} [kW] geschätzte maximale Anlagenleistung.

Unter Berücksichtigung vorhandener Bauteile und durch Ansatz typischer spezifischer Kosten pro kW installierter Leistung konnten die erforderlichen Investitionskosten K_i für die Reaktivierung bzw. den Neubau einer Anlage automatisch mittels eines Softwaretools bestimmt werden.

Von den 1.040 Wasserkraftanlagen mit einem technischen Potenzial besitzen 327 einen Renditefaktor $i \geq 1/35$. Die Summe ihrer potenziellen Leistung beträgt 29.161 kW und stellt das zusätzliche technisch-ökonomische Potenzial in NRW dar (Tabelle 3).

3.3. Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial

Das verfügbare, wirtschaftlich interessante Wasserkraftpotenzial kann nicht immer genutzt werden. Beispielsweise liegen für 107 potenzielle Standorte lokale technische Restriktionen vor (wie z. B. räumlich beeinträchtigte Verhältnisse), sodass kein Platz für ein Krafthaus vorhanden ist oder es bestehen Nutzungen wie z. B. Trinkwasserentnahme, Fischteiche etc.

Mögliche lokale ökologische Restriktionen gegen die Nutzung eines Standortes können u. a. ausgewiesene Schutzgebiete sein, wie z. B. Fauna-Flora-Habitate. Von den potenziellen WKA-Standorten liegen 27 in Schutzgebieten. Hier muss anhand der beabsichtigten Schutzziele eingehend geprüft werden, ob eine Wasserkraftnutzung zulässig ist. Ihr Potenzial wurde vorerst mitgerechnet.

Durch Wasserkraftanlagen verursachte Stau- und Ausleitungsstrecken bedeuten einen Lebensraumverlust für die aquatische Fauna. In NRW wur-

de innerhalb der Studie ein Lebensraumverlust von maximal 25 % der Länge einer Fließgewässerzone (z. B. Forellen- oder Äschenregion) für ein komplettes Einzugsgebiet als zulässig erachtet. Dieser Wert gilt als Interpretation des sprachlichen Begriffs „geringfügig verändert“, der in der EG-WRRL für den guten Zustand verwendet wird.

Auf Basis der Daten zu Stau- und Ausleitungsstrecken, die im QUIS-NRW vorliegen, wurde der Lebensraumverlust für den Ist-Zustand der Gewässer ermittelt. Gleichzeitig wurde untersucht, wie groß maximal der

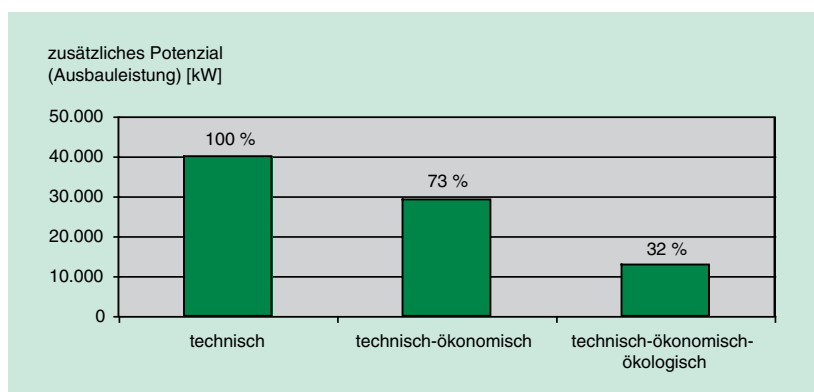


Bild 3: Zusätzlich nutzbares Potenzial (Ausbauleistung) in NRW ohne Talsperren, März 2006 [2]

Tabelle 4: Zusätzliches technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial

	Zahl potenzieller Anlagenstandorte	Potenzielle maximale Leistung [kW]	Potenzielle Jahresarbeit [GWh/a]
Zusätzliches technisch-ökonomisches Potenzial	142	12.903	66,3

Gewinn an freier Fließstrecke wäre, der durch Staulegung an Standorten ohne bestehende Nutzungen und ohne Gefährdung von Ober- bzw. Unterlieger erreichbar wäre.

In Fließgewässerzonen, in denen der Lebensraumverlust 25 % übersteigt und in denen dieser z. B. nicht durch Staulegung kompensiert werden kann, dürfte nur dann das zusätzliche Wasserkraftpotenzial genutzt werden, wenn die Gewässerabschnitte als HMWB (heavily modified water bodies) eingestuft wurden und die flussauf- und flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit unter Berücksichtigung der notwendigen zusätzlichen Anforderungen für diadrome Vorranggebiete wiederhergestellt wird (Beispiel Ruhr). 80 Standorte mussten auf Grund dieser gewässerökologischen Restriktionen für die weitere Potenzialermittlung ausgeschlossen werden.

Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen ergibt sich an 142 Standorten in NRW ein zusätzlich nutzbares Wasserkraftpotenzial mit einer maximalen Leistung von ca. 13 MW. Die Volllaststunden wurden für jeden Standort aus einer Gewässertyp spezifischen Ganglinie ermittelt (Tabelle 4).

Bild 3 zeigt, dass von dem zusätzlichen technischen Wasserkraftpotenzial in NRW unter Berücksichtigung von ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten ca. 32 % nutzbar ist.

Für diese 142 Standorte wurden unter Berücksichtigung von ökologischen Anpassungsmaßnahmen wie Fischaufstiegsanlagen etc. die Stromgestehungskosten K_S an jedem Standort abgeschätzt und in Wirtschaftlichkeitsstufen A bis D eingeteilt.

Bild 4 (oben) zeigt, dass etwa 60 % der potenziellen Jahresarbeit mit den

Tabelle 5: Zuordnung der Wirtschaftlichkeitsstufen zu den Stromgestehungskosten

Wirtschaftlichkeitsstufe	Stromgestehungskosten ct/kWh
A	$K_S < 8,5$
B	$8,5 \leq K_S < 11,0$
C	$11 \leq K_S < 17,5$
D	$K_S > 17,5$

Wirtschaftlichkeitsstufen A und B zu erwirtschaften ist. Dieses Potenzial befindet sich gemäß **Bild 4 (unten)** an ca. 23 % der Standorte.

4. Zusammenfassung

Der aktuelle Stand der Auswertungen aus dem Querbauwerke Informationssystem

Tabelle 6: Genutztes und zusätzlich nutzbares Wasserkraftpotenzial in NRW inkl. Talsperren, März 2006 [2]

	Genutztes Potenzial inkl. Talsperren	Zusätzlich nutzbares Potenzial	
		Standorte (ohne Talsperren) technisch-ökonomisch-ökologisches Potenzial	Talsperren technisch-ökologisches Potenzial
Zahl WKA	385	142	6
Leistung [kW]	186.400	12.903	1.596
Jahresarbeit [GWh/a]	544	66,3	6,4

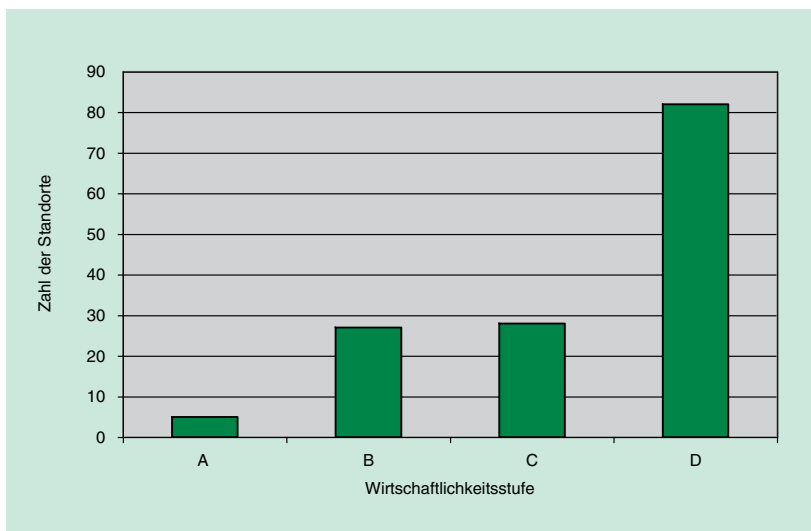
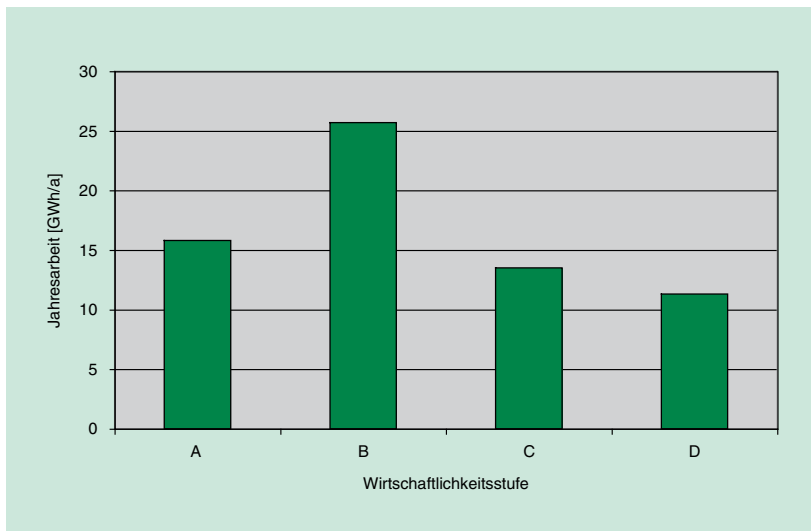


Bild 4: Zusätzliches Wasserkraftpotenzial nach Wirtschaftlichkeitsstufen und Zahl der Standorte – ohne Talsperren, März 2006 [2]

weist für NRW ein zusätzlich ausbaubare-technisch-ökonomisch-ökologisches Wasserkraftpotenzial mit einer Leistung von 12,9 MW und einer Jahresarbeit von 66,3 GWh/a aus. Das technisch-ökologische Potenzial an Talsperren beträgt 1,6 MW und 6,4 GWh/a (**Tabelle 6**).

Dieses als ökologisch ausgewiesene Potenzial kann noch genutzt werden, ohne das Ziel der Gewässersanierung nach EG-WRRL zu gefährden.

Das ökonomische Potenzial umfasst Wasserkraftstandorte, deren Renditefaktor besser ist als 1 : 35, deren Stromgestehungskosten jedoch zum großen Teil wesentlich höher sind als der Einspeisetarif nach EEG. Dabei konnten

allerdings Zuschüsse, Zinsverbilligungen und steuerliche Aspekte sowie Eigenkapital und Eigenleistungen der Betreiber nicht berücksichtigt werden.

Der Stromverbrauch in NRW betrug im Jahr 2000 etwa 137.000 GWh. Gemäß **Tabelle 6** können in NRW insgesamt maximal etwa 610 GWh im Jahr und damit weniger als 0,5 % der erforderlichen Strommenge aus Wasserkraft bereitgestellt werden.

Literatur

- [1] DUMONT, U., ANDERER, P., SCHWEVERS, U. (2005): „Handbuch Querbauwerke“, Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirt-

schaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 213 Seiten (<http://www.munlv.nrw.de/umwelt/wasser/baeche/wehre/index.php>)

- [2] MUNLV (2006): Bericht zur „Studie zur Ermittlung und gewässerökologischen Bewertung von Stauanlagen in den Gewässern von NRW und zur Ausweisung von energetisch angepassten Nutzungsmöglichkeiten“ im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (MUNLV)
- [3] Talsperrenverzeichnis des Landesumweltamtes NRW (1999)
- [4] VDEW (1996): Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke. Die öffentliche Elektrizitätsversorgung 1995. – Frankfurt a. M.
- [5] Energieagentur (2004): Brennpunkt Energie, Magazin der Energieagentur NRW. – Wuppertal
- [6] STAIB, F. (2003): Jahrbuch Erneuerbare Energien. Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg (Hrsg.). – Radebeul

Autoren

Dipl.-Phys. Pia Anderer
Dipl.-Ing. Ulrich Dumont
Ingenieurbüro Floecksmühle
Bachstr. 62 – 64, 52066 Aachen
E-Mail: ib@floecksmuehle.com.

MR a. D. Robert Kolf
ehem. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)
Schwannstraße 3, 40476 Düsseldorf.

In Zusammenarbeit mit Hydrotec, Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen; Büro für Umweltanalytik, Bonn/Essen; Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen.