

## Potenzialstudie

### „Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“



## Bericht

aus Sicht der beiden großen Betreiber

von Wasserkraftanlagen in Bayern

E.ON Wasserkraft GmbH, Landshut  
Bayerische Elektrizitätswerke GmbH, Augsburg

September 2009

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	3
Anlass	3
Wasserkraft und Wasserrahmenrichtlinie	4
Eckpunktepapier Nachhaltige Wasserkraftnutzung an staatlichen Gewässern in Bayern	5
Wasserkraftnutzung in Bayern	6
2 Berichte vergangener Jahre	8
Bericht von 1926	
Bericht von 1950	
Bericht von 1988	
Bericht von 1995	
3 Entwicklung 1995 – 2009	8
4 Wasserkraftpotentiale 2009	9
Vorbemerkungen	9
Neubau an neuen Standorten	14
Neubau an bestehenden Querbauwerken	15
Ausbau von bestehenden Anlagen	15
Prioritäten der Umsetzung	17
5 Ergebnis	17
6 Quellen	20

## 1 Einführung

Im Masterplan<sup>1</sup> „Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“ stellen die beiden großen Wasserkraftbetreiber in Bayern – E.ON Wasserkraft GmbH und Bayerische Elektrizitätswerke GmbH – dar, wie durch eine Erhöhung der Stromerzeugung aus Wasserkraft ein weiterer Beitrag zum Klimaschutz erreicht werden kann. Ebenso trägt die Rhein-Main-Donau AG als Eigentümerin einer Reihe von E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke betriebenen Anlagen die Inhalte des Masterplans mit. Im Folgenden wird der Masterplan „Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“ zusammenfassend dargestellt. Er stellt eine von mehreren Möglichkeiten dar, einen gesunden Ausgleich zwischen den Erfordernissen neuer Umweltgesetzgebung und der Kompensation privatwirtschaftlicher Investitionen zu ermöglichen. Andere Kompensationsmöglichkeiten werden dadurch ausdrücklich weder eingeschränkt noch ersetzt.

### Anlass

Am 22.12.2000 ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie in Kraft getreten. Die Richtlinie schafft einen Ordnungsrahmen für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Sie stellt einen weitgehend neuen Ansatz in der Wasserwirtschaft dar und stellt alle Beteiligten – Politik, Behörden, Gesellschaft, Gewässernutzer und Stakeholder – vor große Herausforderungen. Die neuen Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie machen neue Instrumente notwendig, um die geforderten Verbesserungsmaßnahmen für die Ökologie an bayerischen Flüssen innerhalb der vorgegebenen Fristen fachgerecht, aber auch finanziell umsetzen zu können. Auch die Wasserkraftbetreiber werden einen Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie leisten. Dabei dürfen die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftanlagen und ihr entscheidender Beitrag zum Klimaschutz in Bayern jedoch nicht eingeschränkt werden. Die großen Stauanlagen an den Gewässern 1. Ordnung sind in der Regel Teil einer Flussanierung und leisten einen wesentlichen überregionalen Beitrag im Gesamthochwasserschutzsystem. Dieses Ausbaukonzept hat sich bewährt, da mit den Wasserkraftanlagen neben der Erfüllung wasserwirtschaftlicher und ökologischer Zielsetzungen auch ein wesentlicher Beitrag zur CO<sub>2</sub> – Reduzierung und damit zum Klimaschutz geleistet wird. Damit ist die Wasserkraft der einzige regenerative Energieträger, der einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Zusatznutzen speziell in Bayern leistet. Zukünftige Auflagen und Anforderungen an den Betrieb und Unterhalt der Anlagen müssen daher unter Berücksichtigung dieses volkswirtschaftlichen Zusatznutzens abgewogen werden.

---

<sup>1</sup> Der Begriff „Masterplan“ ist zwischenzeitlich überholt. Aus rein redaktionellen Gründen wird der Begriff im weiteren Text belassen.

Die vorgelegte Potentialstudie „Masterplan Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“ zeigt Maßnahmen auf, die es – im Fall ihrer Genehmigung – den beiden großen bayerischen Wasserkraftbetreibern E.ON Wasserkraft GmbH und Bayerische Elektrizitätswerke GmbH ermöglichen, durch die erweiterte regenerative Energienutzung einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele zu leisten.

## **Wasserkraft und Wasserrahmenrichtlinie**

Jedes menschliche Handeln wirkt sich auf Umwelt und Natur aus. Dabei kommt es in vielen Fällen zu Einwirkungen, die negative Einflüsse auf die den Menschen umgebenden Ökosysteme haben oder haben könnten. Dies gilt für die Schaffung von Wohnraum durch die Ausweisung von Baugebieten und für Infrastrukturprojekte wie Straßen und Bahnlinien genauso, wie für industrielle Nutzungen zur Schaffung von Arbeitsplätzen oder Anlagen zur Energieerzeugung. Als zwei der größten Gewässernutzer in Bayern setzen sich die Wasserkraftbetreiber E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke bereits seit vielen Jahrzehnten kritisch und konstruktiv mit den Auswirkungen der Wasserkraft auf Bayerns Flüsse auseinander. Mit der Errichtung von Fischaufstiegsanlagen und der Renaturierung von Gewässerabschnitten haben sie bereits hohe Investitionen in die Verbesserung des ökologischen Zustands bayerischer Flüsse geleistet – lange bevor die Politik die Notwendigkeit zu solchen Maßnahmen in der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG verankert hat. Zudem erfüllen die Wasserkraftanlagen an den großen bayerischen Flüssen über die Erzeugung CO<sub>2</sub>-freien Stroms hinaus wichtige volkswirtschaftlich und gesellschaftlich notwendige Funktionen, wie die Sicherung der Flusslandschaften durch Sohlstützung oder die Sicherung von Gesundheit und Eigentum der Flussanrainer durch Hochwasserschutz.

Für E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke schließen sich Ökonomie und Ökologie an den Gewässern in Bayern nicht aus – im Gegenteil: an vielen Stellen stehen beide in einem nicht auflösbaren Abhängigkeitsverhältnis zueinander.

Vor diesem Hintergrund stellt die Wasserrahmenrichtlinie einen Meilenstein in der europäischen Umweltgesetzgebung dar. Denn zum ersten Mal wurde in einer europäischen Richtlinie ein Rahmen geschaffen, in dem bestimmte ökonomische Nutzungen anerkannt werden und ggf. Vorrang haben vor der Erreichung eines optimalen Umweltziels. Dies trifft gemäß Richtlinie 2000/60/EG auf die Wasserkraft zu. Nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie müssen ökonomische Nutzungen der Gewässer weiterhin möglich sein und gemäß Erwägung 23 der Richtlinie sogar weiterentwickelt werden. Aus diesem Grund sind Win-Win-Situationen für Ökonomie und Ökologie anzustreben.

Der Masterplan „Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“ ist der Vorschlag der bayerischen Wasserkraftbetreiber E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke, solche Win-Win-Situationen in Bayern in die Praxis umzusetzen.

### **Eckpunktepapier Nachhaltige Wasserkraftnutzung an staatlichen Gewässern in Bayern**

Die Bayerische Staatsregierung hat sich zum Ziel gesetzt, die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Bayern um 10 % im Vergleich zum Referenzjahr 2000 zu erhöhen. Dies entspricht einer Mehrerzeugung von etwa 1.300 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr. Damit könnten 371.000 durchschnittliche Haushalte mit regenerativer Energie versorgt und mehr als eine dreiviertel Million Tonnen CO<sub>2</sub> im Vergleich zum bundesdeutschen Erzeugungsmix eingespart werden. Dies würde ausreichen, um die Privathaushalte in den Großräumen Nürnberg-Fürth-Erlangen und Augsburg mit CO<sub>2</sub>-freiem Strom zu versorgen oder den jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von etwa 250.000 Mittelklassewagen auszugleichen. E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke sind grundsätzlich bereit, die dafür notwendigen Investitionen aufzubringen, soweit sich die vorhandenen Potentiale wirtschaftlich erschließen lassen. Im Gegenzug dürfen die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen diesem Ziel nicht entgegenstehen. Dazu haben die beiden Wasserkraftbetreiber und die Bayerische Staatsregierung – vertreten durch das Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie sowie das Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit – im Jahr 2006 eine Vereinbarung „Nachhaltige Wasserkraftnutzung an staatlichen Gewässern in Bayern – Eckpunktepapier“ unterzeichnet.

Damit liegen mit den großen Wasserkraftunternehmen abgestimmte Eckpunkte und Grundsätze der Staatsregierung für eine nachhaltige Wasserkraftnutzung vor, mit denen sowohl die Wasserkraftnutzung zur regenerativen Stromerzeugung und CO<sub>2</sub>-Einsparung gestärkt sowie die sonstigen, insbesondere wasserwirtschaftlichen Funktionen dieser Anlagen an staatlichen Gewässern in Bayern gesichert, als auch der ökologische Zustand der Gewässer im Sinne europäischer Vorgaben und der Nachhaltigkeit verbessert werden können.

Das Eckpunktepapier gibt ein abgestimmtes Rahmen- und Handlungskonzept mit Zielen, Grundsätzen und Wegen oder strategischen Ansätzen zur Erreichung der vorgenannten Ziele und Aufgaben vor. Dazu geht das Eckpunktepapier auf alle strittigen Fragen ein, die bisher aus der Sicht der Unternehmen im Vollzug Probleme bereitet haben. Dieses Konzept dient damit insbesondere der kohärenten Umsetzung einer mit den unterschiedlichen Zielen und Belangen der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes sowie der bayerischen Klimaschutz- und Energiepolitik abgestimmten nachhaltigen Wasserkraftnutzung, soweit es den Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen betrifft.

Die Stärkung der nachhaltigen Wasserkraftnutzung im Einklang mit den Eckpunkten ist ein wesentlicher Belang des Allgemeinwohls. Die Wasserkraft ist unverzichtbar zur Bedarfsdeckung und Erhöhung des Anteils regenerativer Energien in Bayern und zur Erreichung der CO<sub>2</sub>-Einsparziele.

### **Wasserkraftnutzung in Bayern**

Wasserkraft ist ein Energieträger, der unbestritten viele Vorteile hat: Sie ist emissionsfrei und stets erneuerbar, geprägt von ausgereifter Technik und hohem Wirkungsgrad, importunabhängig und dezentral über das ganze Land verteilt. Sie ist zudem die einzige Erzeugungsart, die gleichermaßen in Grund-, Mittel- und Spitzenlast sowie zur Stromspeicherung und Netzregulierung eingesetzt werden kann. Die Wasserkraft ist Bayerns zweitgrößter Stromerzeuger nach der Kernkraft. Sie hat in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die industrielle Entwicklung Bayerns möglich gemacht. So konnte noch bis in die 60er Jahre über die Hälfte des bayerischen Energiebedarfs aus Wasserkraft gedeckt werden. Heute vermeidet sie 10 Millionen Tonnen klimaschädliches Kohlendioxid pro Jahr und trägt damit maßgeblich zum Klimaschutz in Bayern bei. Sie deckt etwa zwei Drittel der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Bayern ab und stellt damit die Grundlage für Bayerns Vorreiterstellung für einen ökologischen Energiemix dar. In allen Regierungsbezirken und fast allen Landkreisen Bayerns sind die Wasserkraftbetreiber mit Anlagen, die gewartet, instand gehalten und erneuert werden müssen, zudem eine wichtige Stütze der regionalen Wirtschaft. Allein die großen Wasserkraftbetreiber E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke haben in den vergangenen Jahren einen hohen dreistelligen Millionenbetrag in ihre Anlagen investiert und gerade auch in schwierigen Zeiten die bayerischen Bau-, Handwerks- und Dienstleistungsunternehmen unterstützt. Bereits im Bayerischen Landesentwicklungsprogramm von 1974 wurde zudem die Errichtung von Flusskraftwerken in Verbindung mit wasserwirtschaftlichen Aufgaben (z.B. fortschreitender Sohlerosion) oder beim Ausbau von Wasserstraßen als zweckmäßig angesehen.

Der Staustufenbau beendete die fortschreitende Eintiefung der Gewässer und führte zu stabilen Mindestwasserverhältnissen. Dadurch wird ein Absinken des Oberflächenwasser- und Grundwasserspiegels verhindert, was zahlreiche Vorteile für gewässerabhängige Ökosysteme wie Vogelbrutstätten, Auwälder, Moore und Feuchtgebiete mit sich bringt.

Weitere Beiträge zum gesamtgesellschaftlichen Nutzen sind die Reinigung der Flüsse von teilweise giftigem und umweltgefährdendem Wohlstandsmüll, der bereits erläuterte Schutz von Leben, Gesundheit und Eigentum durch die Unterstützung einer gesteuerten Hochwasserabfuhr sowie die Schaffung von zusätzlichen Naturräumen von teilweise internationaler Bedeutung. Ohne die unterstützenden Funktionen der Wasserkraft wären ein sicheres Wohnen an bayerischen Flüssen, die Entwicklung von wunderschönen Naturlandschaften mit ihren Vorteilen für Umwelt und Tourismus sowie eine verlässliche, importunabhängige, dezentrale und klimafreundliche Grundversorgung mit regenerativem Strom in Bayern nicht möglich.

Der Umfang der Wasserkraftnutzung ist aus Abbildung 1 (Quelle LfU) zu ersehen.



Abbildung 1: Wasserkraftwerke in Bayern > 1 MW

Hinweis: In Abbildung 1 sind alle bayerischen Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleistung von mindestens 1 Megawatt (MW) dargestellt. E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke betreiben davon etwa 155 Anlagen, die vor allem an den Flüssen Donau, Inn, Iller, Isar, Lech, Main und Wertach liegen. 58 dieser Anlagen stehen im Eigentum der Rhein-Main-Donau AG. Die vorliegende Potentialstudie konzentriert sich auf diese sieben Flussgebiete und betrachtet nur Anlagen, die E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke betreiben.

## 2 Berichte vergangener Jahre

Die Bedeutung der Wasserkraft für Bayern wurde frühzeitig erkannt und in einer Reihe von Berichten gewürdigt. Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts hat die Abteilung für Wasserkraftausnutzung und Elektrizitätsversorgung im Bayerischen Staatsministerium des Inneren eingehende Untersuchungen über die günstigste Aufteilung der Flussstrecken, die zweckmäßigste Art des Ausbaues und die wirtschaftlichsten Ausbaugrößen durchgeführt. Ergebnis war ein Bericht von 1907. Es folgten 1921 eine Denkschrift über die „Wasserkraftwirtschaft in Bayern“, 1926 ein Generalplan über die „Wasserkraftausnutzung in Bayern“, 1950 ein weiterer „Generalplan der Wasserkräfte in Bayern“ und der „Bericht über den Wasserkraftausbau in Bayern“ der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern von 1988. Der letzte „Bericht über den weiteren Ausbau der Wasserkraftnutzung in Bayern (Wasserkraftreserven)“ stammt vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen aus dem Jahr 1995. Er bildet die Basis für diesen Bericht.

Die in dem Bericht von 1995 genannten Zahlen hinsichtlich der vorhandenen Restpotentiale gelten grundsätzlich nach wie vor. Sie sind in dieser Größenordnung aus derzeitiger Sicht auch wirtschaftlich nutzbar.

Tabelle 1 zeigt, wie der Endausbau der Wasserkraftnutzung in Bayern in den früheren Berichten geschätzt wurde und welches Steigerungspotential dies gegenüber dem Ausbaustand von 2001 bedeutet.

Bericht von	geschätzter möglicher Endausbau in GWh/a	Potential gegenüber Ausbaustand 2001 13.070 GWh/a
1926	14.000	+ 7%
1950	15.330	+ 17%
1988	13.800	+ 6%
1995	14.400	+ 10%

Tabelle 1: Frühere Wasserkraftpotentialschätzungen

## 3 Entwicklung 1995 – 2009

Seit dem Bericht aus dem Jahre 1995 wurde eine Reihe von Maßnahmen zur Steigerung der Wasserkraftnutzung durchgeführt. Es wurden dabei sowohl Anlagen ausgebaut als auch neue Anlagen und Triebwerke zu bestehenden Anlagen hinzugefügt. In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Maßnahmen aufgeführt.



Name	Fluss- gebiet	Inbetrieb- nahme im Jahr	Umbau im Jahr	Regelarbeits- vermögen GWh / a
Hirschaid	Main	1923	2006	24,4
Gottfrieding TW	Isar	2009		26,6
Kesselbach	Isar	1919	2003	1,5
Mühltal	Isar	1924	1996/97	76,0
Oberföhring	Isar	2008		6,5
Jettenbach 2	Inn	2004		30,0
Wasserburg TW	Inn	2009		12,8
Abbach TW	Donau	2000		21,5
<b>Summe</b>				<b>199,3</b>

Tabelle 2: Neu- und Ausbau seit 1995

Die Laufwasserkraftwerke am Inn von Rosenheim bis Stammham werden von der E.ON Wasserkraft GmbH im Lauf des Jahres 2009 an einen neuen Eigentümer abgegeben. Von E.ON Wasserkraft in diesem Flussbereich bereits durchgeführte Maßnahmen wurden in die Betrachtung einbezogen. Auf zukünftige Potentiale an diesen Kraftwerken wird im Weiteren nicht eingegangen, da nur von E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke betriebsgeführte Anlagen betrachtet werden.

## 4 Wasserkraftpotentiale 2009

### 4.1 Vorbemerkungen

Analog zu den Bezeichnungen im Bericht Wasserkraftreserven von 1995 [1] wird folgende Aufteilung der Wasserkraftpotentiale verwendet:

- Neubau an neuen Standorten
- Neubau an bestehenden Querbauwerken
- Ausbau an bestehenden Anlagen
  - Modernisierung: Maßnahmen zur Erhöhung der Ausbauleistung / Jahresarbeit in Betrieb befindlicher Anlagen ohne Änderung des Nutzungsumfanges
  - Nachrüstung: Erweiterung bestehender Anlagen zur Erhöhung der Ausbauleistung / Jahresarbeit durch Vergrößerung des Nutzungsumfanges
- Reaktivierung: Maßnahmen zur Wiederinbetriebnahme stillgelegter Anlagen

Im Rahmen des vorliegenden Berichts wird die Zukunft der Bayerischen Wasserkraftnutzung anhand von ungenutzten bzw. ausbaufähigen Wasserbaupotentialen diskutiert. Zur Ermittlung dieses technischen Potentials wurden bei allen Anlagen

Parameter wie Ausbaugrad und genehmigte Stauziele bzw. Fallhöhen sowie die Durchflussdauerlinien untersucht. Im Folgenden sind die Einzelheiten des Vorgehens erläutert. Die ermittelten Potentiale wurden hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit sowie ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet. Potentiale die technisch oder wirtschaftlich nicht umsetzbar sind, wurden nicht in den vorliegenden Bericht aufgenommen.

#### 4.1.1 Physikalische Grundlagen

Zur Bestimmung des technischen Potentials einer Wasserkraftanlage kann die allgemeine Leistungsformel herangezogen werden:

$$P = \eta \cdot \rho g \cdot Q \cdot H$$

Die Leistung einer Wasserkraftanlage setzt sich zusammen aus der zur Verfügung stehenden Fallhöhe  $H$ , dem Durchfluss  $Q$  und dem Wirkungsgrad  $\eta$  der Wasserkraftanlage. Um das Potential einer Wasserkraftanlage zu steigern, muss man versuchen, einen dieser genannten Faktoren zu erhöhen.

In die oben genannte Formel gehen die einzelnen Faktoren linear ein. Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass diese Faktoren im Verlauf eines Jahres konstant sind. Im Allgemeinen ändern sich die Faktoren über das Jahr, was eine Schwierigkeit bei der Bemessung einer Wasserkraftanlage darstellt. Wasserkraftanlagen werden deshalb mit Hilfe eines Leistungsplans dimensioniert, in den die jahreszeitlichen Schwankungen Eingang finden.

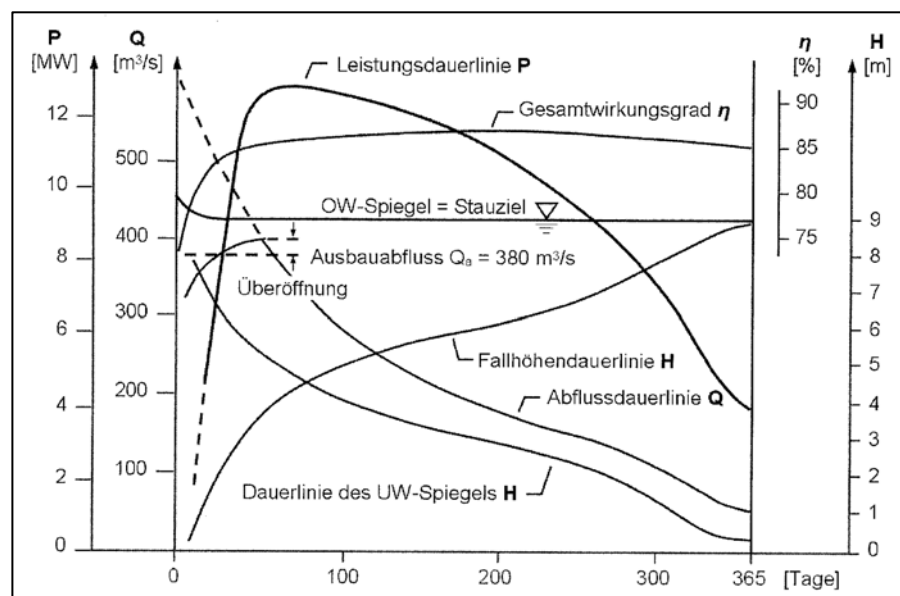


Abbildung 2: Beispiel Leistungsplan einer Niederdruckanlage [6]

In Abbildung 2 ist ein derartiger Leistungsplan exemplarisch dargestellt. Im abgebildeten Plan sind sowohl für die Wasserspiegel des Unterwassers und des Oberwassers als auch für den Durchfluss die Dauerlinien als Überschreitungslinien dargestellt. Da der Durchfluss eines Wasserkraftwerks begrenzt ist, muss im Hochwasserfall der Rest des Wassers über die Entlastungseinrichtungen ungenutzt abgeleitet werden. Über diesen maximalen Durchfluss, dem Ausbaubfluss einer Anlage, kann der Ausbaugrad ermittelt werden. Dieser entspricht der Anzahl der Tage im Jahr, an denen der Volumenstrom des Flusses über dem Ausbaubfluss liegt.

#### **4.1.2 Vorgehen zur Potentialermittlung**

Im Vorfeld des vorliegenden Berichts wurde im Rahmen einer Studie der Ausbaugrad jeder einzelnen Anlage ermittelt. Hierzu wurde in einem ersten Schritt die Abflussdauerlinie, wie sie in Abbildung 3 exemplarisch dargestellt ist, bestimmt. Diese wurde mit dem Ausbaudurchfluss verglichen, der aus der wasserrechtlichen Genehmigung bekannt ist. Durch diesen Vergleich wurde der Ausbaugrad ermittelt, der bei einer gut ausgelegten Anlage zwischen 30 und 60 Überschreitungstagen liegt [6].

Neben dem Durchfluss findet für die Bemessung einer Wasserkraftanlage die Fallhöhe Eingang. Wie in Abbildung 2 zu erkennen ist, verändert sich diese auch im Laufe eines Jahres. Die Ermittlung der Wasserspiegeldauerlinien ist jedoch ungleich schwieriger als die der Abflussdauerlinien, da die Anzahl von Wasserspiegelpegeln im Umfeld von Wasserkraftanlagen wesentlich geringer und die Interpolation dieser Koten wesentlich ungenauer ist. Im Rahmen der Potentialstudie wurde folglich eine konstante mittlere Fließtiefe über das ganze Jahr hinweg angenommen. Da die Potentialstudie nur eine Abschätzung darstellt, kann der dadurch verursachte geringe Fehler hingenommen werden.

Der letzte Einflussfaktor für das Wasserkraftpotential ist der Wirkungsgrad der Anlagen. Im Rahmen der Studie wurde an allen Wasserkraftanlagen der Ausbauwirkungsgrad aus den Ausbauparametern ermittelt und mit dem Sollwirkungsgrad von 80% verglichen. Niedrige Ausbauwirkungsgrade können ein Indiz für einen schlechten Anlagenwirkungsgrad darstellen. Der Ausbauwirkungsgrad wird jedoch maßgeblich vom Betrieb des Kraftwerks beeinflusst. Er stellt daher nur einen mittleren Wirkungsgrad der Anlage dar.

### 4.1.3 Potentialerhöhung durch Verbesserung des Ausbaugrades

Zur Erhöhung der Leistung eines Wasserkraftwerks kann neben der Fallhöhe der Ausbaugrad verbessert werden. Diese zusätzliche Nutzung macht es im Allgemeinen notwendig, dass zu dem bestehenden Wasserkraftwerk eine Turbine im Rahmen eines Kleinwasserkraftwerks gebaut wird.

Zur Bestimmung des erwirtschaftbaren Potentials durch eine Verbesserung des Ausbaugrades wurde in der vorliegenden Studie zuerst der vorhandene Ausbaugrad bestimmt. Danach wurde berechnet, welcher Abfluss einem Ausbaugrad von 60 Überschreitungstagen entspricht. Das zusätzliche Volumen für die Energiegewinnung ergibt sich anschließend durch eine numerische Integration der Abflussdauerlinie, wie sie in Abbildung 3 graphisch dargestellt ist.

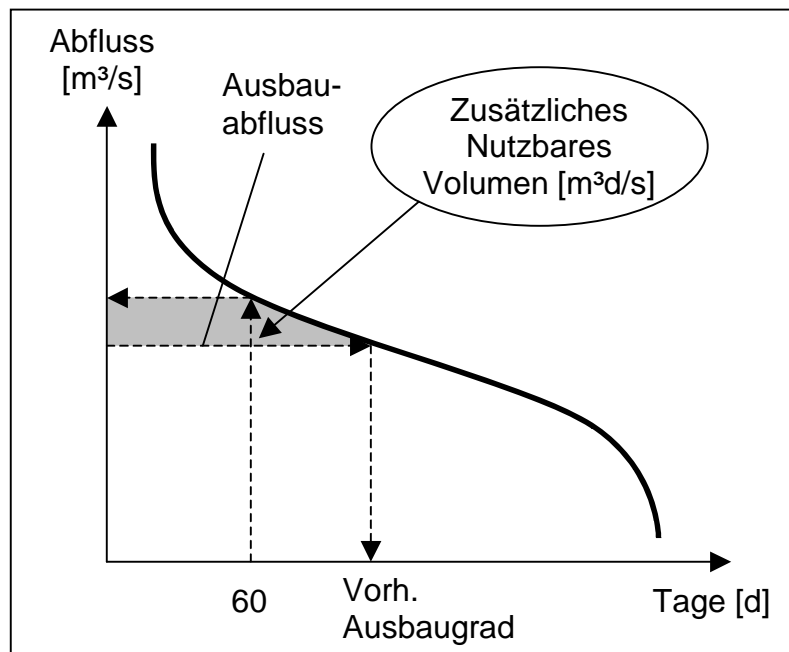


Abbildung 3: Ermittlung des Potentials durch Erhöhung des Ausbaugrades

Das resultierende Potential ergibt sich aus der Multiplikation des Volumens mit der mittleren Fallhöhe und einer mittleren Energieausbeute von 8 kW pro Meter Fallhöhe und Kubikmeter Abfluss. Das ausgewiesene Potential kann durch Zubau von zusätzlichen kleineren Kraftwerken als Dotationskraftwerke für Umgehungsgerinne sowie durch höhere Beaufschlagung des vorhandenen Kraftwerks genutzt werden.

Die konkreten Potentiale aus dieser Maßnahme werden im Kapitel 4.4.2 ab Seite 16 benannt.

#### 4.1.4 Potentialerhöhung durch kurzfristige Stauzielerhöhung

Für den Betrieb einer Wasserkraftanlage werden im Vorfeld der Nutzung die einzuhaltenden Stauziele im Rahmen der wasserrechtlichen Genehmigung festgeschrieben. Im Allgemeinen handelt es sich hierbei im Oberwasser der Anlage um zwei unterschiedliche Höhenkoten

- das einzuhaltende Stauziel  $Z_S$  bei Normalwasserbedingungen und
- das höchste Stauziel  $Z_H$  im Hochwasserfall.

Im Rahmen der Potentialstudie wurde untersucht, wie viel zusätzliche Leistung sich erzielen lässt, wenn das Dauerstauziel von  $Z_S$  auf  $Z_H$  erhöht wird. Durch diese Erhöhung kann bei Normalwasserbedingungen eine erhöhte Fallhöhe ausgenutzt werden. Im Vorfeld eines Hochwassers wird sichergestellt, dass das Oberwasser rechtzeitig auf das Stauziel  $Z_S$  verringert wird, um das notwendige Retentionsvolumen für das Hochwasser zu schaffen. Das beschriebene Vorgehen wurde, außer am Inn, für alle untersuchten Flussgebiete angewendet. Da das Stauziel  $Z_H$  bereits in den Wasserrechtsbescheiden der Anlagen festgeschrieben ist, handelt es sich bei der Stauzielerhöhung auf dieses Stauziel lediglich um eine Modifikation des Betriebs, die zu genehmigen wäre. Es kann im Allgemeinen davon ausgegangen werden, dass sowohl die Anlagen als auch die Stauhaltungsdämme auf dieses Stauziel ausgebaut sind. Es können jedoch vereinzelt geringe Maßnahmen zum Umbau der Wehrverschlüsse notwendig werden.

In Fällen, an denen die Stauwurzel bis zum oberstrom gelegenen Kraftwerk reicht, kann es durch die Stauzielerhöhungen zu einer Verringerung der Fallhöhe des oberstrom liegenden Kraftwerks kommen. In den Potentialberechnungen wurde an allen Standorten die Lage der Stauwurzeln untersucht und die beschriebene Fallhöhenreduzierung der Oberlieger, sofern sie auftritt, berücksichtigt.

Wie beschrieben, wurde am Inn ein anderes Vorgehen gewählt. Da es durch den Betrieb der österreichischen Wasserkraftwerke am Inn zu kurzfristigen Durchflussschwankungen kommt, wurde beabsichtigt, diese durch eine dynamische Stauhaltung auszugleichen. In den Potentialuntersuchungen wurden demnach die Dämme und ihre Abdichtungen näher untersucht. Die Stauziele könnten demnach zeitweise auf die angegebenen Koten angehoben werden, so dass es unterstrom der Innkraftwerke zu einer Vergleichmäßigung des Durchflusses kommt.

Die konkreten Potentiale aus dieser Maßnahme werden im Kapitel 4.4.2 ab Seite 16 benannt.

#### **4.1.5 Potentialsteigerung durch Erhöhung des Wirkungsgrads**

Als dritte Möglichkeit der Potentialsteigerung der einzelnen Anlagen können die Wirkungsgrade von älteren Anlagen erhöht werden, was im Allgemeinen mit hohen Investitionskosten verbunden ist. In der Regel liegen die ermittelten Wirkungsgrade bei den bestehenden Anlagen im Bereich zwischen 80% und 85%. Nur bei vereinzelt Anlagen sind kleinere Wirkungsgrade vorhanden, die in den nächsten Jahren im Rahmen von Modernisierungen bzw. Renovierungen erhöht werden können. Die konkreten Potentiale aus dieser Maßnahme werden im Kapitel 4.4.1 ab Seite 16 benannt. Betrieblich erforderliche und bewusst durchgeführte Steuerungsvorgänge der Anlagen können den mittleren Wirkungsgrad negativ beeinflussen, auch wenn die Anlage höhere Wirkungsgrade erzielen könnte. In diesen Fällen ergibt sich kein Verbesserungspotential.

#### **4.2 Neubau an neuen Standorten**

Wie Abbildung 1 zeigt, sind die großen Flüsse Bayerns weitgehend für die Wasserkraftnutzung ausgebaut. Nur wenige Standorte stehen noch für den Bau neuer großer Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleistung ab rd. 1 MW zur Verfügung.

Mit neuen Anlagen lassen sich i. d. R. jeweils gegenüber Modernisierung und Nachrüstung große Wasserkraftpotentiale erschließen. Auf der anderen Seite hat sich gezeigt, dass die Realisierung solcher Kraftwerke, bedingt durch den Interessenskonflikt zwischen den Vorteilen der Wasserkraft und unvermeidbaren Eingriffen in Natur und Landschaft, immer schwieriger wird.

Die Auswahl der möglichen Kraftwerksstandorte soll regulären Genehmigungsverfahren inklusive der notwendigen umwelt- und naturschutzfachlichen Bewertung nicht vorgreifen. Sie stellt jedoch die Anlagen dar, die aus der Sicht der Wasserkraftbetreiber nach Abwägung aller Vor- und Nachteile – insbesondere vor dem Hintergrund des volkswirtschaftlichen und gesamtgesellschaftlichen Zusatznutzens – realisierbar sein sollten (Tabelle 3).

Anlage	Gewässer	Jahresarbeit GWh / a
Lechsend*	Donau	37,5
Neustadt*	Donau	112,0
Illergries	Iller	19,5
Ausbau der Amper unterhalb Palzing	Isar	19,8
Nutzung der Isar zwischen Oberföhring und Achering	Isar	8,7
Auslauf Walchenseekraftwerk	Isar	15,2
Sandau / Aule	Lech	30,0
Thalhofen	Wertach	4,5
<b>Summe</b>		<b>247,2</b>

\* Übernommen aus dem Bericht über den weiteren Ausbau der Wasserkraftnutzung in Bayern des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (1995)

Tabelle 3: Standorte Neubauprojekte an neuen Standorten

### 4.3 Neubau an bestehenden Querbauwerken

Neben reinen Neubauwerken können bestehende Querbauwerke für eine Wasserkraftnutzung ausgebaut werden. In Tabelle 4 ist das Arbeitsvermögen von potentiellen Kraftwerksstandorten aufgelistet. Auch hier sollen die technisch umsetzbaren Potentiale lediglich genannt sein, ohne regulären Genehmigungsverfahren vorzugreifen.

Anlage	Gewässer	Jahresarbeit GWh / a
Auslaufbauwerk	Illerkanal	3,5
Farchet	Isar	12,8
Baierbrunn	Isar	1,9
Icking	Isar	2,0
Karolinenwehr	Lech	12,0
Lindenau	Lech	28,0
Kissing / Siebenbrunn	Lech	34,0
<b>Summe</b>		<b>94,2</b>

Tabelle 4: Standorte Neubauprojekte an bestehenden Querbauwerken

### 4.4 Ausbau von bestehenden Anlagen

In der theoretischen Beschreibung der Potentialermittlung wurde bereits auf die technischen Möglichkeiten von Potentialerhöhungen an bestehenden Anlagen eingegangen. Um an die vergangenen Berichte anzuschließen, werden diese Möglichkeiten im Folgenden nach den Begriffen Modernisierung, Nachrüstung und Reaktivierung unterteilt.

#### 4.4.1 Modernisierung

Unter Modernisierung versteht man Maßnahmen zur Steigerung der Stromerzeugung bei unverändertem Nutzungsumfang. Dazu bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Modernisierung der Kraftwerkstechnik – im Wesentlichen Turbine und Generator – zur Verbesserung des Wirkungsgrades
- Optimierung der Steuerung

Modernisierungsmaßnahmen erfolgen im bestehenden Kraftwerk ohne Auswirkungen auf Wasserstands- und Abflussverhältnisse. Sie können ohne wasserrechtliches Genehmigungsverfahren erfolgen. In Tabelle 5 sind die kumulierten Modernisierungspotentiale für die jeweiligen Flussgebiete aufgelistet.

	Jahresarbeit GWh / a
Donau	15,0
Iller	2,5
Inn	14,3
Isar	67,7
Lech	4,1
Main	39,8
Wertach	0,7
<b>Summe</b>	<b>144,1</b>

Tabelle 5: Wasserkraftpotentiale durch Modernisierung

#### 4.4.2 Nachrüstung

Als Nachrüstung werden Maßnahmen zur Steigerung der Stromerzeugung mit Veränderungen des Nutzungsumfangs bezeichnet.

Dies sind:

- Verbesserung des Ausbaugrades durch Ersatz vorhandener oder Zubau von neuen Turbinen
- Verbesserung des Ausbaugrades durch eine Durchflusserhöhung
- Vergrößerung der Fallhöhe durch Stauzielanhebung

Nachrüstungsmaßnahmen haben Auswirkungen auf Wasserstands- und Abflussverhältnisse. Sie können nicht ohne wasserrechtliches Genehmigungsverfahren erfolgen.



	Jahresarbeit GWh / a
Donau	167,4
Iller	4,7
Inn	70,0
Isar	44,2
Lech	72,6
Main	189,5
Wertach	2,0
<b>Summe</b>	<b>550,4</b>

Tabelle 6: Wasserkraftpotentiale durch Nachrüstung (Erhöhung des Ausbaugrades sowie Stauzielerhöhungen)

#### 4.4.3 Reaktivierung

Reaktivierungspotentiale werden derzeit keine gesehen.

#### 4.5 Prioritäten der Umsetzung

Alle Maßnahmen des Masterplans „Ausbaupotentiale Wasserkraft in Bayern“ erfordern erhebliche Anstrengungen in ihrer Umsetzung. Dies betrifft Planung, Genehmigung, Finanzierung und Durchführung gleichermaßen. Daher müssen die Maßnahmen nach und nach umgesetzt werden. Dafür ist eine Priorisierung der Vorhaben notwendig, die sich an objektiven Kriterien ausrichten muss. Bezüglich des Ausbaus der Wasserkraft spielen die Gesichtspunkte technische Realisierbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Mehrfachnutzen (z.B. Hochwasserschutz) und Genehmigungsaufwand die maßgebliche Rolle.

### 5 Ergebnis

Die vorgelegte Potentialstudie zeigt, dass es für E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke ein als realisierbar und genehmigungsfähig bewertetes Ausbaupotential der Wasserkraft in Bayern von 1.035 GWh pro Jahr gibt (siehe Tabelle 7). Damit könnten diese beiden Wasserkraftbetreiber zusammen mit der Eigentümergesellschaft einer Reihe von Anlagen – der Rhein-Main-Donau AG – allein rund 80 % der von der Bayerischen Staatsregierung angestrebten Steigerung der Stromerzeugung aus Wasserkraft um 1.300 GWh / a stemmen. Fast 300.000 durchschnittliche Privathaushalte könnten so zusätzlich mit regenerativem Strom versorgt und zusätzliche 610.000 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr eingespart werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die dargestellten Potentiale nach derzeitigem Erkenntnisstand Obergrenzen darstellen. Einzelfälle – zum Beispiel durch der EU-Wasserrahmenrichtlinie geschuldeten Mindererzeugung –

können dazu führen, dass dieses Potential nicht in vollem Umfang ausgeschöpft wird.

Strom aus Wasserkraft war und ist noch heute Grundstein für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung in Bayern. Innerhalb eines intelligenten CO<sub>2</sub>-armen Energiemixes trägt sie die Hauptlast des regenerativen Strompotentials im Freistaat. Von den ersten Ausbauplänen über die derzeit geltenden Landesentwicklungskonzepte bis hin zum Eckpunktepapier haben sich Politik und Gesellschaft stets zur Nutzung und zum Ausbau der Wasserkraft in Bayern bekannt. Dieser Weg war bisher erfolgreich und muss daher konsequent weiterverfolgt werden. Die vorliegende Studie beweist, dass die Wasserkraft in Bayern noch Potentiale hat, um einen weiteren Beitrag zum Klimaschutz und zur regenerativen Stromerzeugung zu leisten. Angesichts der vielen Zusatznutzen der Wasserkraft, die jeder einzelnen Bürgerin und jedem einzelnen Bürger zugute kommen, ist der Ausbau innerhalb der bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen fortzuführen. Als weiterer Nutzen kommt das Angebot der E.ON Wasserkraft GmbH und der Bayerischen Elektrizitätswerke GmbH hinzu, aus den Mehrerlösen durch Potentialhebung zusätzliche Investitionen in die Durchgängigkeit der Flüsse zu leisten.

Der Ausgleich von Ökonomie und Ökologie an Bayerns Flüssen ist Bestandteil der Unternehmensphilosophie von E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke. Beide Unternehmen werden die notwendigen Anstrengungen unternehmen, um alle Potentiale zu heben, die wirtschaftlich darstellbar sind. Dazu ist die Unterstützung von Politik, Behörden und Gesellschaft notwendig. Im Gegenzug unterstützen E.ON Wasserkraft und Bayerische Elektrizitätswerke den Freistaat Bayern und die Gesellschaft bei der Erreichung der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie und des Klimaschutzes.

Die Umsetzung des Masterplans „Ausbaupotentiale der Wasserkraft in Bayern“ wird Beispielcharakter und Beweisfunktion haben, dass Ökonomie und Ökologie an Bayerns Flüssen vereinbar und Win-Win-Situationen für alle Gewässernutzer erreichbar sind.

	<b>Gesamt EWK &amp; BEW</b>	<b>Gesamt EWK &amp; BEW</b>	<b>EWK</b>	<b>EWK</b>	<b>BEW</b>	<b>BEW</b>
	Jahres- arbeit	Anteil bezo- gen auf be- stehende Anlagen	Jahres- arbeit	Anteil bezo- gen auf bestehende EWK- Anlagen	Jahres- arbeit	Anteil bezo- gen auf be- stehende BEW-Anlagen
Wasserkrafterzeugung	GWh / a		GWh / a		GWh / a	
bestehende Anlagen	7.600	100%	6.500	100%	1.100	100%
Potentiale Neubau an neuen Standorten	247	3%	186	3%	62	6%
Potentiale Neubau an bestehenden Quer- kraftwerken	94	1%	91	1%	4	0%
Potentiale Modernisie- rung bestehender Anlagen	144	2%	132	2%	10	1%
Potentiale Nachrü- stung bestehender Anlagen	550	7%	526	8%	25	2%
Potentiale Gesamt	1.035	14%	935	14%	101	9%
<b>gesamtes Wasser- kraftpotential</b>	<b>8.635</b>	114%	<b>7.435</b>	114%	<b>1.201</b>	109%

Tabelle 7: Auswertung der Studie (Kennzahlen)

## 6 Quellen

- [1] Bericht über den weiteren Ausbau der Wasserkraftnutzung in Bayern (Wasserkraftreserven). Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München, November 1995.
- [2] Nachhaltige Wasserkraftnutzung an staatlichen Gewässern in Bayern – Eckpunktepapier. Vereinbarung zwischen dem Bayer. StMUGV, dem Bayer. StMWIVT und der E.ON Wasserkraft, der BEW und den von ihnen vertretenen Wasserkraftunternehmen vom 9.11.2006.
- [3] Bewirtschaftungsplan für die bayerischen Anteile der Flussgebiete Donau und Rhein. StMUG, Entwurf Dezember 2008.
- [4] Maßnahmenprogramm für die bayerischen Anteile der Flussgebiete Donau und Rhein. StMUG, Entwurf Dezember 2008.
- [5] Erneuerbare Energien in Bayern. Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, 2002.
- [6] Wasserbau. Strobl, Zunic, Springer-Verlag 2006.

Dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit vorgelegt im  
Oktober 2009.



**Christof Gattermann**  
Geschäftsführer E.ON Wasserkraft GmbH



**Dr. Frank Pöhler**  
Geschäftsführer Bayerische Elektrizitätswerke GmbH



**Dr. Albrecht Schleich**  
Vorstand Rhein-Main-Donau AG