

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 107 (2015)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Ökonomische Bedeutung der Wasserkraft in Europa und der Schweiz  
**Autor:** Piot, Michel / Mennel, Tim  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941858>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ökonomische Bedeutung der Wasserkraft in Europa und der Schweiz

Michel Piot, Tim Mennel

## Zusammenfassung

Wasserkraft ist eine tragende Säule der europäischen Stromversorgung. Mit einer installierten Leistung von rund 200 GW werden jährlich 600 TWh produziert. Damit trägt sie rund 38 Milliarden Euro pro Jahr zur Bruttowertschöpfung bei und bietet direkt und indirekt 110 000 Arbeitsplätze. Wasserkraft bietet aber noch viel mehr: dank ihrer Flexibilität kann sie einen Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Energien leisten. Sie ist per se umweltfreundlich, hilft gleichzeitig aber auch grosse Mengen an CO<sub>2</sub> einzusparen und die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger zu reduzieren. Nebst der Stromproduktion übernimmt die Wasserkraft multifunktionale Aufgaben, wie die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, Hochwasserschutz

und dient als Erholungsraum. Ein Ausblick bis ins Jahr 2050 zeigt, dass die Wasserkraft in Europa noch ein erhebliches Ausbaupotenzial aufweist, das im Vergleich zu anderen Technologien kostengünstig erschlossen werden kann. Dank einer gesamt-europäisch angelegten Studie konnten erstmals die Bedeutung und die Vorteile der Wasserkraft in Europa technisch, ökonomisch und umweltpolitisch quantifiziert werden. Gegenwärtig steht die Wasserkraft unter politischem Druck: Verschärfte Umweltvorschriften, wie sie derzeit in Europa diskutiert werden, und zusätzliche steuerliche Belastungen erscheinen mit Blick auf die klimapolitischen Ambitionen und die ökonomische Wohlfahrt Europas kontraproduktiv und kurzfristig.

## Résumé

La force hydraulique est un pilier de l'approvisionnement en électricité de l'Europe. Avec une production de 600 TWh et une puissance installée de près de 200 GW, elle contribue à la création de valeur ajoutée brute à hauteur de 38 milliards d'euros par an et représente 110 000 emplois directs et indirects. Mais la force hydraulique a d'autres atouts: grâce à sa flexibilité, elle peut contribuer à compenser les fluctuations liées à la production renouvelable. Particulièrement respectueuse de l'environnement, elle permet aussi d'économiser d'importantes quantités de CO<sub>2</sub> et de réduire la dépendance par rapport à l'importation d'agents énergétiques fossiles. Outre la production d'électricité, la force hydraulique est multifonctionnelle: elle permet de garantir l'approvisionnement en eau potable, contribue à la protection contre les crues et offre

des espaces de détente. Une hypothèse de projection pour l'année 2050 montre que, comparée à d'autres technologies, la filière hydraulique dispose en Europe d'un important potentiel de développement qu'il est possible d'exploiter de manière rentable. Grâce à une étude menée à l'échelle européenne, il a été possible de quantifier pour la première fois l'importance et les avantages en Europe de la force hydraulique des points de vue techniques, économiques et environnementaux. A l'heure actuelle, la force hydraulique est sous pression politique: par rapport aux objectifs ambitieux en matière de politique climatique et au bien-être économique de l'Europe, le durcissement des normes environnementales qui font actuellement débat en Europe ainsi que les charges fiscales supplémentaires semblent contreproductives et trop peu axés sur le long terme.

## 1. Wasserkraft – eine erneuerbare Energiequelle?

Ist Wasserkraft eine erneuerbare Energiequelle? Selbstverständlich, sollte man meinen. Dennoch zeigt ein Blick in Fach- und Pressepublikationen in Europa, dass andere erneuerbare Energieträger, vor allem Wind und Sonne die Debatte dominieren. Bei politischen Reden wird häufig die Zukunft dezentraler erneuerbarer Erzeugung beschworen, so etwa vom damaligen EU-Kommissionspräsidenten Manuel Barroso, der in einer Rede «zur Lage der Union» vor dem Europaparlament 2010 die «Schaffung von Infrastruktur» für Solar- und Windanlagen als eine energiepolitische Priorität bezeichnete.

Die «Erneuerbaren Richtlinie» der EU von 2009 enthalten ausführliche Bestimmungen zu biogenen Energiequellen und setzen eine eigene Biokraftstoffquote. Die neuen Leitlinien zu Beihilfen im Bereich Umwelt und Energie fordern volle Bilanzkreisverantwortung für alle erneuerbaren Anlagen – eine Debatte, welche die Wasserkraft nicht berührt, denn als langjährige Marktteilnehmer erfüllen Wasserkraftwerke diese Anforderungen seit Beginn der Liberalisierung.

Die untergeordnete Rolle der Wasserkraft in der energiepolitischen Debatte in Europa hat nachvollziehbare Gründe: zur Erreichung eines hohen Anteils erneuerbarer Energiequellen an der Gesamt-

stromerzeugung bedarf es in vielen Ländern der Wind- und Solartechnologie. Auf der Basis grosszügiger staatlicher Beihilfen kam es in den vergangenen zwanzig Jahren zu teilweise spektakulärem Wachstum dieser volatilen Energien, deren Eingliederung in das Stromsystem die Energiewirtschaft und -politik vor grosse Herausforderungen stellt. So verständlich die Entwicklung der Debatte erscheinen mag, desto nachteiliger ist die Vernachlässigung der Wasserkraft im Hinblick auf die kosteneffiziente Gestaltung einer klimaschonenden Energiepolitik: Anstelle ein – entgegen landläufiger Meinung – bestehendes Ausbaupotenzial zu nutzen, droht die derzeitig diskutierte Novellierung einer



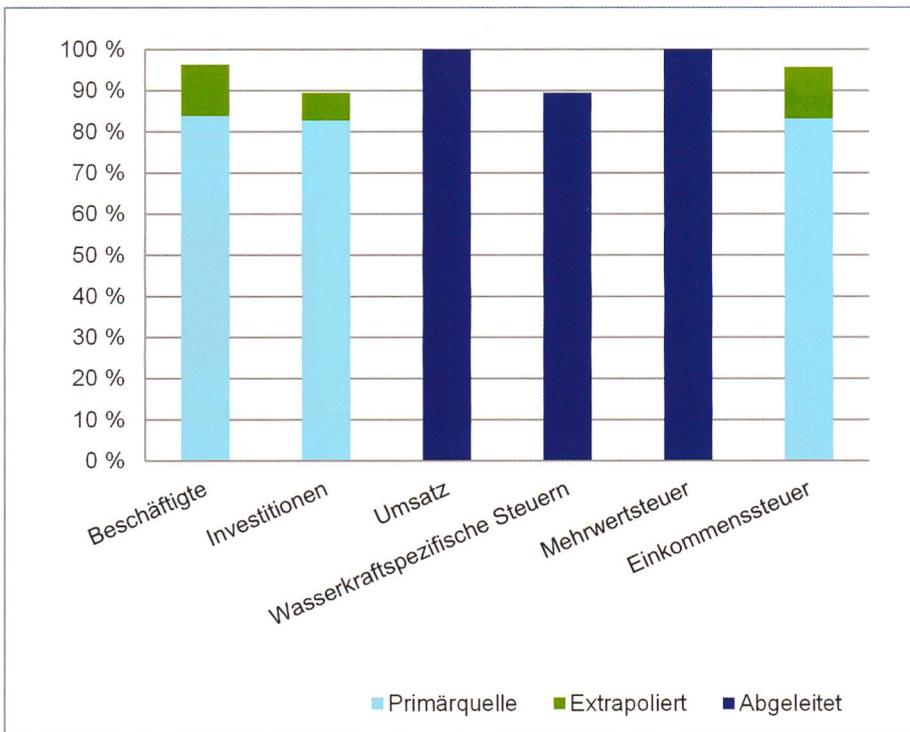


Bild 1. Erfassung zentraler Variablen.

europäischen Wasserrahmenrichtlinie die Stromerzeugung aus Wasserkraft zurückzudrängen. In den in kleinen Zirkeln geführten Diskussionen werden angebliche oder wirkliche ökologische Nachteile von Wasserkraftwerken hervorgehoben, der Beitrag zum Klimaschutz, aber auch zur Wertschöpfung in Europa wird hingegen vernachlässigt. Anders als andere erneuerbare Energien, welche die Endkundenpreise für Strom mit erheblichen Förderkosten belasten, wird die Wasserkraft in vielen Ländern mit hohen Steuern und Abgaben belegt. In Verbindung mit dem in den letzten Jahren zu beobachtenden Preisverfall an den europäischen Strombörsen geraten damit immer mehr Wasserkraftanlagen in eine wirtschaftliche Schiefelage – eine angesichts der heutigen und möglichen zukünftigen Bedeutung dieser Technologie groteske Situation.

Ein Grund für die fehlende Beachtung liegt in der mangelnden Information: Während zahlreiche Studien auf nationaler wie europäischer Ebene die energie- und gesamtwirtschaftliche Rolle der Windkraft und Photovoltaik beleuchten, sind umfassende Veröffentlichungen zur Wasserkraft spärlich und schwer zu finden. Aus diesem Grunde hat ein Konsortium, bestehend aus 19 europäischen Partnern – Energieversorgungsunternehmen, Anlagenhersteller und Fachverbänden – das Beratungsunternehmen DNV GL (unter Beteiligung der École polytechnique fédérale de Lausanne) beauftragt, eine umfassende Studie zu den energie- und gesamtwirt-

schaftlichen Beiträgen der europäischen Wasserkraft zu erstellen. Die Ergebnisse werden in diesem Artikel präsentiert. Darüber hinaus gehen wir genauer auf die Bedeutung der Wasserkraft in der Schweiz und die momentan widrigen Umstände am Markt ein.

## 2. Wasserkraft in Europa

### 2.1 Methodik und Datengrundlage

Die Untersuchungen zum gegenwärtigen Beitrag der Wasserkraft zur Energieversorgung und Wertschöpfung in Europa beruhen auf einer breiten Datengrundlage: Es wurden öffentliche Quellen genutzt, darunter Statistiken von Eurostat, der OECD sowie nationale Statistiken; des Weiteren zahlreiche Studien zur Wasserkraft und zu erneuerbaren Energien im Allgemeinen. Darüber hinaus wurden umfassende Befragungen unter Energieversorgern und Fachverbänden sowie unter den Herstellern von Wasserkrafttechnologie durchgeführt. Ziel war die statistische Darstellung wesentlicher Kernvariablen, um die Beiträge der Wasserkraft im Einzelnen zu erfassen, darunter Erzeugung, Beschäftigung und Steueraufkommen.

Manche der Zielvariablen wurden direkt erfasst; wo die Daten nicht die gesamte Wasserkraftkapazität eines Landes abdeckten, wurde diese extrapoliert. Andere Variablen wurden abgeleitet: so basieren die Werte für die Umsätze aus einer Verknüpfung von erzeugtem Strom und den jeweiligen Strompreisen. Letztlich

wird durch den vorliegenden Datensatz eine hohe Datenabdeckung erreicht: Über 90% der installierten Kapazität in Europa (d.h. der EU-28, Schweiz, Norwegen und Türkei) und 50% des Weltmarkts für Wasserkrafttechnologie.

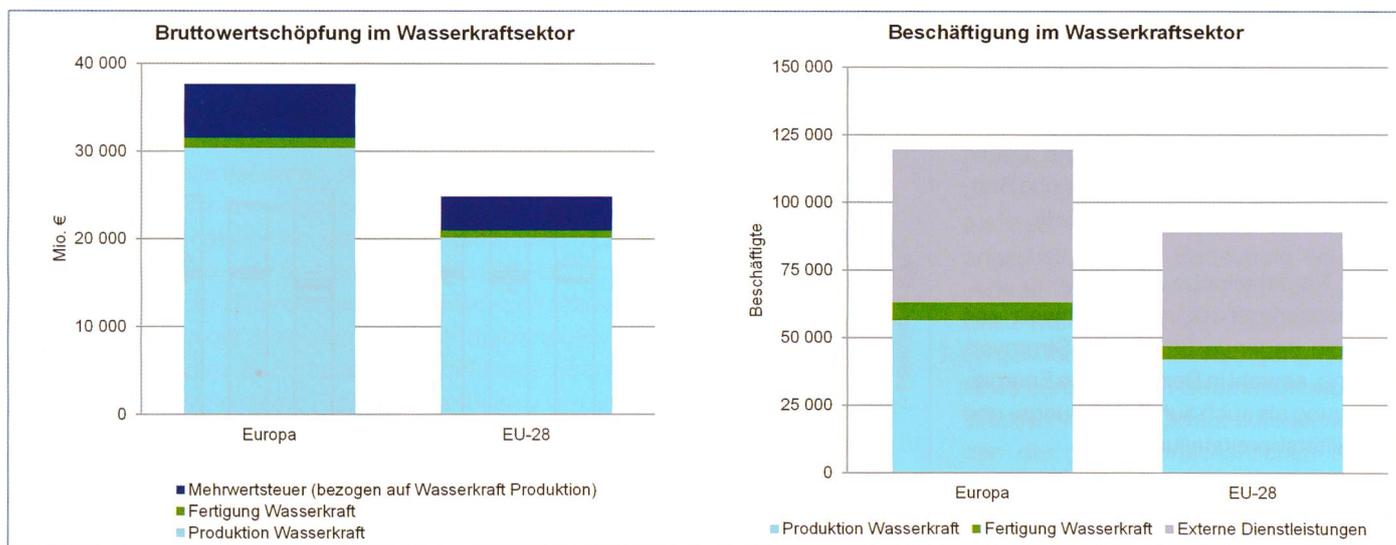
### 2.2 Europa

Wasserkraft wird in Europa seit Jahrhunderten genutzt – und sie gehört auch zu den ersten in Europa genutzten Quellen der Stromerzeugung. Noch heute bilden Wasserkraftwerke einen integralen Bestandteil des Stromsystems – mit einer installierten Kapazität von rund 200 GW werden jährlich rund 600 TWh Strom erzeugt. Damit trägt die Wasserkraft zu rund 17% zur Gesamtstromproduktion bei. Die Nutzung der Wasserkraft ist allerdings an geographische und klimatische Bedingungen geknüpft, und so ist die Erzeugung in einigen Regionen konzentriert: In Skandinavien, dem Alpenraum, der iberischen Halbinsel und der Türkei. In der EU-28 betrug 2013 die Wasserkraft-basierte Erzeugung, 385 TWh, was rund 12% entspricht, in der Schweiz, Norwegen und der Türkei 228 TWh.

Anders als in der öffentlichen Wahrnehmung verankert, wird die Wasserkraft auch weiterhin ausgebaut: Die installierte Kapazität hat seit 2010 um 9% zugenommen (wobei die Türkei daran einen hohen Anteil hat). Wenn die Steigerung auch geringer ausfällt als bei den anderen erneuerbaren Energiequellen, entsprechen der Zunahme doch umfangreiche Investitionen. Diese liegen bezogen auf den Zeitraum 2010 bis 2013 zwischen 10.5 und 17.0 Mrd. EUR jährlich. Hierzu kommen noch Investitionen in Reparatur und Instandhaltung von 3.1 bis 3.7 Mrd. EUR pro Jahr.

Neben diesen direkten Beiträgen zur Stromerzeugung spielt die Wasserkraft auch für das Stromsystem insgesamt eine immer wichtigere Rolle: Mit der Zunahme fluktuierender Einspeisung wächst die Bedeutung von Stromspeichern, welche die dringend benötigte Flexibilität liefern. Gegenwärtig sind wasserbasierte Speicher, also Kraftwerke mit Wasserreservoirs und Pumpspeicher, mit Abstand die bedeutendsten Speicher für Strom. Europa verfügt über eine Reservoirkapazität von etwa 180 TWh, wobei der grösste Teil dieser Kapazität mit 115 TWh in Skandinavien liegt, der Rest befindet sich in den Alpen, ein kleinerer Teil auch in Iberien und der Türkei.

Neben ihrem Beitrag für das Stromsystem leistet die Wasserkraft auch einen bedeutsamen Beitrag zur europäischen Wirtschaftsleistung – dies kann man an



**Bild 2. Bruttowertschöpfung und Beschäftigung durch Wasserkraft in Europa.**

der Wertschöpfung, den Investitionen, den Arbeitsplätzen und auch den Steuereinnahmen festmachen. Dabei betrachten wir sowohl die Rolle der Wasserkraft in der Stromerzeugung als auch die der Anlagenbauer. In *Bild 2* werden die Bruttowertschöpfung<sup>1</sup> und die Beschäftigung des Wasserkraftsektors in Europa und der EU-28 dargestellt. Man erkennt, dass die Wasserkraft rund 38 Mrd. EUR zur Bruttowertschöpfung beiträgt, was in etwa dem Beitrag der europäischen Papierindustrie oder dem Bruttoinlandsprodukt eines Landes wie Slowenien entspricht. Auch die Zahl der Arbeitsplätze ist signifikant: Wie *Bild 2* zeigt, beläuft sich die Zahl der direkt und indirekt Beschäftigten im europäischen Wasserkraftsektor auf rund 110 000 Personen; davon sind rund 50 000 direkt für Stromerzeugungsunternehmen tätig und etwa 7000 bei den Technologieherstellern. Hinzu kommen gemäss Schätzung noch einmal rund 50 000 indirekt Beschäftigte in den Bereichen Instandhaltung und Reparatur, Planung und Beratung.

Die Wasserkraft leistet auch einen bedeutsamen Beitrag zum Klimaschutz: Ersetzt man – in einer hypothetischen Überlegung – den durch Wasserkraft erzeugten Strom durch den europäischen Erzeugungsmix, so erhöhen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen um rund 285 Mt; in der EU-28 sind es 178 Mt oder 13% des Ausstosses im Stromsektor. Trotz des starken Zubaus weiterer erneuerbarer Energiequellen wie der Windenergie trägt die Wasserkraft noch immer mehr als die Hälfte zur erneuerbaren Stromproduktion in Europa bei. Anders als viele andere erneuerbare Energiequellen bezieht die Wasserkraft aber keine Sub-

ventionen – im Gegenteil: rund 37% der Wertschöpfung (in der EU-28: 32%) wird in Form von Steuern und Abgaben an das Gemeinwesen abgeführt. Damit leistet die Wasserkraft auch einen fiskalischen Beitrag für die Bürger Europas.

### 2.3 Multifunktionale Aufgaben der Wasserkraft

Bislang haben wir nur die direkten ökonomischen Wohlfahrtsgewinne der Wasserkraftnutzung betrachtet. Daneben nimmt die Wasserefassung, d.h. die für die Wasserkraft notwendige Flussregulierung und der Bau von Dämmen, auch weitere bedeutende Aufgaben wahr:

- In vielen europäischen Ländern sind Staudämme eine wichtige Voraussetzung für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung und der landwirtschaftlichen Bewässerung; in manchen Ländern, wie Portugal, haben diese Aufgaben sogar Vorrang vor der Stromerzeugung aus den angeschlossenen Wasserkraftwerken.
- Die Flussregulierung ist in vielen Flüssen nicht nur Voraussetzung für die Stromerzeugung auf Basis der Wasserkraft, sie trägt auch zum Hochwasserschutz bei, in manchen Flüssen ist sie zudem zur Gewährleistung der Schifffahrt von grosser Bedeutung.
- Reservoirs von Wasserkraftwerken dienen darüber hinaus oft der Freizeitgestaltung: so etwa in Ungarn, wo sie einen Beitrag zum lokalen Tourismus leisten. In südlichen Ländern werden sie darüber hinaus bei der Brandbekämpfung genutzt.

Das Gutachten geht auf die soge-

nannten multifunktionalen Aufgaben genauer ein und präsentiert eine Reihe von Beispielen, die mit Zahlen und ökonomischen Bewertungen unterlegt sind.

## 3. Wasserkraft in der Schweiz

### 3.1 Ökonomische Aspekte

Das Bundesamt für Energie (BFE) hat im Jahr 2013 einen Bericht zur volkswirtschaftlichen Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz publiziert (*Rütter + Partner et al., 2013*). Basierend auf der Methodik dieses Berichtes haben *Rütter + Partner* im Auftrag von swisselectric eine Vertiefungsstudie zur Wasserkraft in der Schweiz erstellt.

Im Jahr 2013 beschäftigten die Schweizer Grosswasserkraftwerke ausgelöst durch den Bau und Betrieb rund 5600 Mitarbeiter. Die direkte Bruttowertschöpfung lag bei knapp 2 Mrd. CHF. Nimmt man die Kleinwasserkraft noch dazu, dann ergeben sich rund 7000 Beschäftigte respektive 2.5 Mrd. CHF. Damit ist die Arbeitsproduktivität der Wasserkraft wesentlich höher als bei den erneuerbaren Energien insgesamt, was ihre Bedeutung als effiziente Energieproduktionsform unterstreicht.

Für den Bau und die Erneuerung von Anlagen wurde im Jahr 2013 knapp 1 Mrd. CHF ausgegeben, die Ausgaben für den Betrieb wurden auf 2.5 Mrd. CHF geschätzt. Während bei den Bauausgaben die beiden Pumpspeicherkraftwerke Nant de Drance und Linth-Limmern wesentlich zur Höhe beitragen, können die Ausgaben für den Betrieb der Anlagen als in etwa konstant über die Jahre betrachtet

<sup>1</sup> Diese makroökonomische Grösse beschreibt die Wertschöpfung eines Sektors inklusive der Vorleistungen und der Steuerbeiträge.

werden. Nebst der direkten wirtschaftlichen Bedeutung kommt der Wasserkraft zusätzlich auch eine erhebliche indirekte wirtschaftliche Bedeutung zu. So werden indirekt weitere 5500 Beschäftigte gezählt und damit verbunden eine zusätzliche Bruttowertschöpfung von 850 Mio. CHF.

### 3.2 Physikalische Aspekte

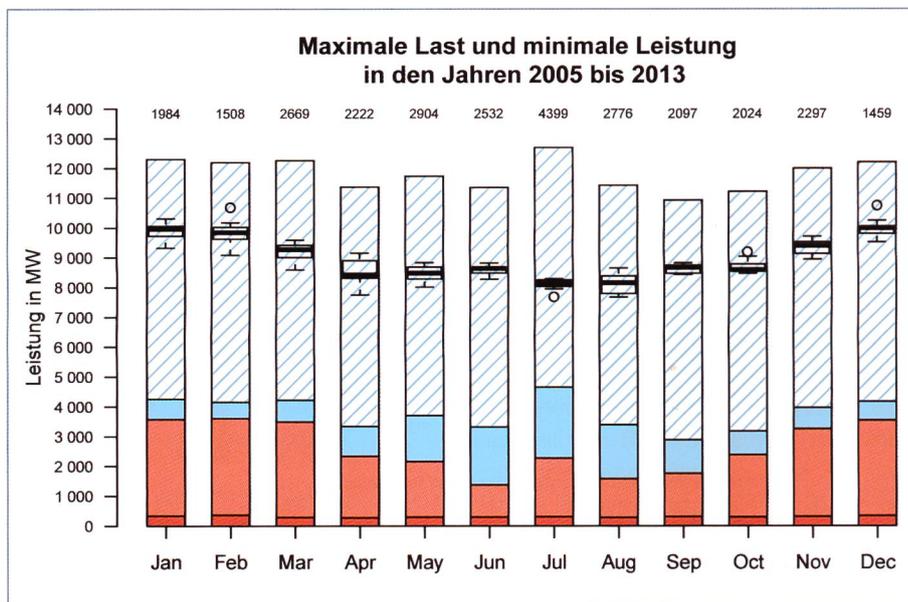
Die Wasserkraft ist in der Schweiz seit jeher die tragende Stütze der Stromversorgung, sowohl in Bezug auf die Energieerzeugung als auch auf die Leistungs- und Flexibilitätsbereitstellung.

#### Energie

Lange Zeit vermochte die Wasserkraft durch Erschliessung geeigneter Potenziale im Gleichschritt die Zunahme des inländischen Verbrauchs zu decken. So standen bereits Ende der 1960er-Jahre rund 30 TWh zur Verfügung. Im Anschluss wurden die Kernkraftwerke Beznau I+II, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt in Betrieb genommen, um der steigenden Nachfrage im Allgemeinen und der Winternachfrage im Speziellen nachkommen zu können. Heute ist die Schweiz über das hydrologische Jahr betrachtet in der Mehrheit der Jahre nach wie vor Nettoexporteur, im Winterhalbjahr ist sie allerdings bereits seit 2003/2004 jährlich auf einen Nettoimport von zwischen 1.5 und 6.9 TWh angewiesen, was bezogen auf den Endverbrauch von rund 31 TWh zwischen 5 bis über 20 Prozent ausmacht. Das Maximum an Importabhängigkeit wurde im hydrologischen Jahr 2005/2006 gemessen, weil auf Grund eines insgesamt kalten und niederschlagsarmen Winterhalbjahres der Index der Erzeugungsmöglichkeiten bei nur 72% lag und damit den tiefsten Wert seit dem Winterhalbjahr 1971/1972 erreichte.

#### Leistung

Obschon bei der Laufwasserkraft die im Februar der Jahre 2005–2013 minimal verfügbare Leistung bei nur 550 MW lag, was rund 15 Prozent der möglichen Leistung entspricht, vermag die Schweiz insbesondere dank der hohen Speicherkraftwerksleistung von 9.5 GW heute in den Wintermonaten ihren Leistungsbedarf grundsätzlich selber zu decken. Bild 3 zeigt die monatlich minimal verfügbare Leistungsreserve der Jahre 2005–2013, als Differenz zwischen der minimal verfügbaren Leistung und der maximalen Nachfrage pro Monat. Dabei wird angenommen, dass von der Speicherkraftwerksleistung jeweils 80 Prozent verfügbar sind.



**Bild 3. Minimale Leistungsreserven in der Schweiz in MW pro Monat (Zahlenwerte oben). Boxplot: maximale Nachfrage der Jahre 2005–2013 pro Monat. Datenquelle: BFE, eigene Darstellung.**

#### Flexibilität

Zur Sicherstellung der notwendigen Flexibilität hat die Schweiz in grosse Pumpspeicherkraftwerke investiert, zuletzt in die neuen Werke Linth-Limmern und Nant de Drance, aber auch in die Erweiterung von Hongrin, so dass die Schweiz nach Inbetriebnahme der neuen Werke eine Pumpenleistung von insgesamt 3.5 GW verfü-

gen wird. Damit vermag sie aktiv auf inner-tägliche und wöchentliche Schwankungen der Residuallast innerhalb der Schweiz zu reagieren, aber auch einen Beitrag zum Ausgleich im europäischen Umfeld zu leisten, nicht zuletzt für Deutschland, was wesentlich zur Sicherung der hohen Versorgungsqualität in Westeuropa beiträgt.

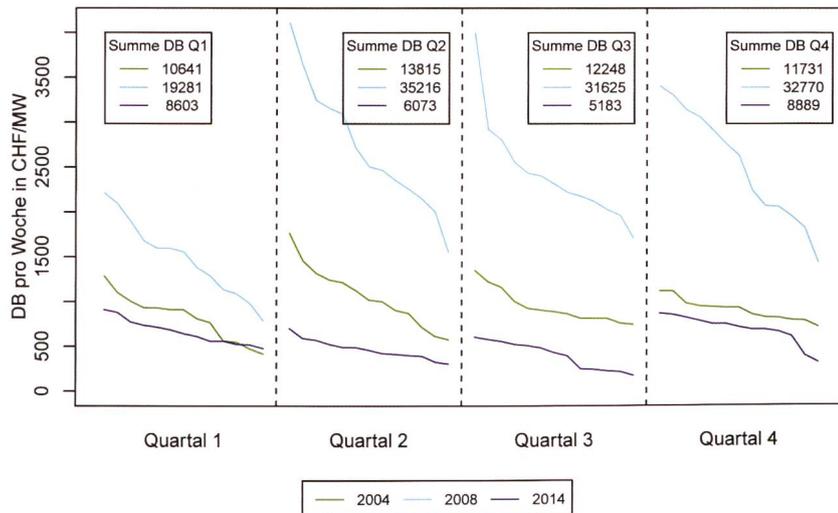
#### Wirtschaftliche Aspekte der Wasserkraft in der Schweiz

Die Wasserkraft stellt eine kostengünstige und umweltfreundliche Stromproduktionsform dar. Da der Bau allerdings kapitalintensiv ist, beeinflussen die Kapitalkosten die Gestehungskosten in beträchtlichem Ausmass. Ein weiterer grosser und mehrheitlich fixer Kostenblock sind die Steuern und Abgaben an die öffentliche Hand, die in der jüngeren Vergangenheit im Schnitt rund 15 CHF/MWh betragen (Filippini, Geissmann, 2014).

Während das gesetzlich fixierte Wasserzinsmaximum von 80 CHF/kW Bruttoleistung im Jahr 2008 in zwei Schritten auf heute 110 CHF/kW erhöht wurde, sind die Strommarktpreise in der gleichen Periode kontinuierlich gesunken. So kostete im Jahr 2008 Bandenergie am Schweizer Markt 118 CHF/MWh, Spitzenenergie, definiert als Durchschnittspreis der Stunden 8 bis 20 Uhr von Montag bis Freitag, 150 CHF/MWh, im Jahr 2014 lagen die Preise noch bei 45 CHF/MWh respektive 55 CHF/MWh. Damit sind die Einnahmen regelrecht eingebrochen, während die Kosten in der Tendenz gestiegen sind, so dass sich die Wirtschaftlichkeit der bestehenden Wasserkraftwerke dramatisch verschlechtert hat (Piot, 2015). Obschon der Bandenergiepreis im Jahr 2004 mit 44 CHF/MWh vergleichbar mit dem Jahr 2014 war, ist die Situation für die Schweizer Speicher- und verstärkt für Pumpspeicherkraftwerke heute ungleich schlechter als vor zehn Jahren. Dies liegt vor allem daran, dass die Spitzenenergie im Jahr 2004 noch bei 59 CHF/MWh lag. Heute hat sich die Differenz zwischen teuren und billigen Stunden deutlich verringert. Bild 4 veranschaulicht dies sehr deutlich, wo sortiert pro Quartal der wöchentliche Deckungsbeitrag eines Megawatts eines Pumpspeicherkraftwerkes für die Jahre 2004, 2008 und 2014 dargestellt ist. Dabei wird angenommen, dass das Pumpspeicherkraftwerk während rund 2200 Stunden pro Jahr turbinert, dies zu den jeweils teuersten 6 Stunden des Tages und auf Grund des Wirkungsgradverlustes zu den billigsten 7.5 Stunden das Wasser wieder in das Oberbecken hochpumpt. Mit zwei Ausnahmen waren die Deckungsbeiträge im Jahr

2004 jeweils höher als im Jahr 2014, wobei die Deckungsbeiträge gemäss diesen Abschätzungen im Sommerhalbjahr höher ausfielen als im Winterhalbjahr, was darauf zurückzuführen ist, dass im Jahr 2004 im Sommer noch eine Preisspitze um die Mittagszeit verzeichnet wurde, in der Nacht die Preise aber aufgrund der geringen Nachfrage bereits tief waren, so dass sich eine hohe Preisdifferenz ergab. Unterdessen ist die Preisspitze weggebrochen und die Nachtstunden sind nicht im gleichen Ausmass billiger geworden. Der Blick auf die aktuellen Börsennotierungen für die Jahresprodukte Band- und Spitzenenergie bis 2021 lassen weder in der Höhe der Bandpreise noch in der Differenz zwischen Band- und Spitzenpreisen eine Verbesserung erwarten, was in der absoluten Höhe der Spitzenpreise die Speicherkraftwerke trifft und in der Differenz die Pumpspeicherkraftwerke. Es erstaunt deshalb nicht, dass die Investitionsentscheide der Projekte Lago Bianco und Grimsel 3 verschoben wurden.

Deckungsbeiträge pro Woche nach Quartalen



**Deckungsbeitrag pro MW installierte Leistung eines Pumpspeicherkraftwerkes.**  
**Datenquelle: EEX, eigene Berechnungen.**

#### Energiestrategie 2050

Die Energiestrategie 2050 des Bundesrates sieht vor, langfristig den energiebedingten Ausfall durch den Ausstieg aus der Kernenergie auf Jahresbasis durch erneuerbare Energien im Inland zu ersetzen. Dazu gehört auch der Ausbau der Produktion aus Wasserkraft um 3.2 TWh. Diese simplifizierte Betrachtung vernachlässigt allerdings in unzulässiger Weise die Charakteristika der einzelnen Produktionstechnologien. Für die Schweiz ist die Sicherstellung der Winterversorgung die zentrale Herausforderung. Optionen gibt es im Wesentlichen drei, die auch in Kombination miteinander auftreten können: Erweiterung der saisonalen Wasserspeicherung durch Staumauererhöhungen oder Erschliessung von neu gebildeten Gletscherseen, Bau von Gaskombikraftwerken in der Schweiz oder Import von Strom. Nicht zielführend sind die Ideen des Bundesrates, der allen voran die inländische Photovoltaik ausbauen will, da diese im Winterhalbjahr nur rund einen Viertel der Energie zu produzieren und damit die jederzeitige sichere Versorgung nicht zu gewährleisten vermag. Auch der Zubau von Wind in der Schweiz und Biomasse sowie das Hoffen auf den Durchbruch bei der Nutzung der Geothermie für den Ersatz für die Energie aus Kernkraftwerken hilft auf Grund der geringen erwarteten Ausbaupotenziale nur wenig. Da der Ausbau der saisonalen Wasserspeicherung kapitalintensiv und vermutlich aus umweltpolitischer Sicht umstritten sein dürfte, ist dieser Ausbau stark risikobehaftet und unsicher. Der Bau von Gaskombikraftwerken in der Schweiz ist auf Grund der aktuellen gesetzlichen Vorgaben nicht realistisch, so dass letztlich nur erhöhte Importe als Alternative übrigbleiben, die im Winterhalbjahr mit grosser Wahrscheinlichkeit zu einem erheblichen Teil aus fossilen Kraftwerken aus nördlichen Ländern stammen werden sowie aus Kernkraftwerken aus westlichen oder östlichen Ländern.

## 4. Zukunft der Wasserkraft

### 4.1 Modellierung und Szenarienannahmen

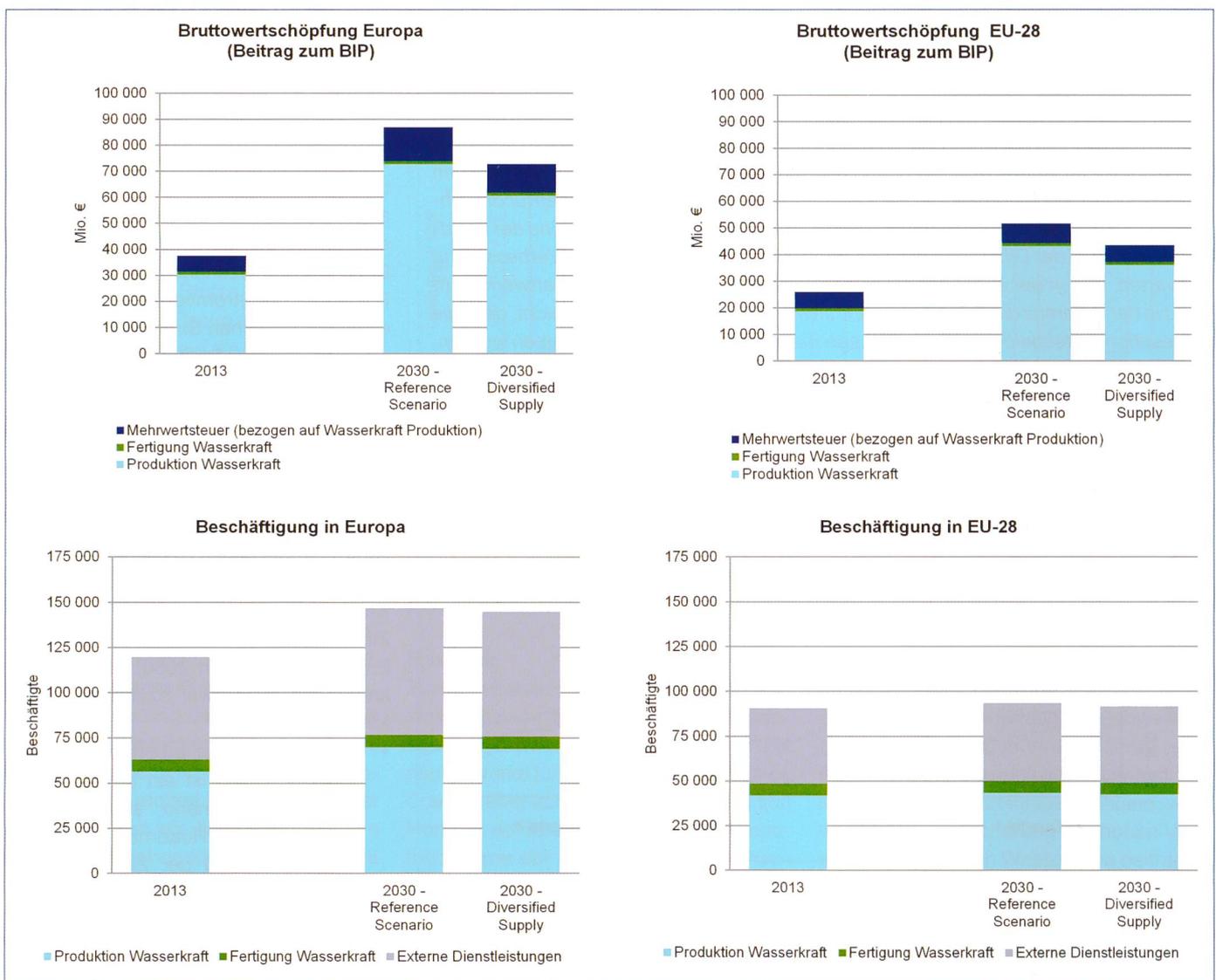
In der DNV GL-Studie wurden – neben den erweiterten Datenanalysen zum Status quo – auch Simulationsrechnungen angestellt, um die Bedeutung der Wasserkraft in der Zukunft zu beleuchten. Dazu wurden Szenarien gebildet, deren Folgen für die Stromversorgung mit Hilfe eines europäischen Strommarktmodells<sup>2</sup> simuliert wurden. Darauf aufbauend wurden die gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen der Wasserkraftnutzung mit einem Input-Output-Modell abgeschätzt. Das Zieljahr war 2030, auf 2050 wurde ein Ausblick genommen.

Die Basis der Annahmen der Wasserkraftstudie bilden Szenarien aus offiziellen Veröffentlichungen der Europäischen Kommission, kombiniert mit nationalen Zielszenarien (im Falle der Schweiz die Energieperspektiven 2050). Die Wasserkraftstudie stellt zwei Szenarien in den Mittelpunkt:

- Szenario «Diversified Supply [Technologies]» – dies ist ein ambitioniertes Klimaschutzszenario aus der EU-Studie «Energy Roadmap 2050», das – entsprechend der Zielvorgaben – eine Dekarbonisierung des EU-Stromsektors von 95% bis 2050 vorsieht, auf der Basis verschiedener Technologien, mit einem hohen Anteil von erneuerbaren Energien (1300 GW installierte Kapazität).
- Szenario «Reference» – dieses entspricht dem gleichnamigen Szenario aus der EU-Studie «Trends to 2050», das auf einer Trendfortschreibung beruht und in dem das Dekarbonisierungsziel der EU für 2050 (Anteil erneuerbarer Energien 1050 GW installierte Kapazität) verfehlt wird, kombiniert mit entsprechend weniger ambitionierten Klimaschutzzielen aus den ergänzenden nationalen Studien.

Entsprechend der Annahmen aus den Studien sind deutlich steigende CO<sub>2</sub>- und Brennstoffpreise unterlegt.

<sup>2</sup> Das Strommarktmodell wurde in der professionellen Software-Umgebung PLEXOS implementiert. Es umfasst sämtliche Länder Europas, einschliesslich des Balkans und bildet Kraftwerkspark und Übertragungsnetz detailliert ab und berechnet sowohl Spotmarktpreise als auch den Dispatch stundenscharf ab; insbesondere ermöglicht es auch die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.



**Bild 4. Simulationsergebnis: Bruttowertschöpfung und Beschäftigung im Jahr 2030.**

Für beide Szenarien wurden anschliessend Variationen des Wasserkraftwerkbestands berechnet<sup>3</sup>: In der Variation «Niedrig» beträgt die installierte Kapazität in Europa im Jahr 2030 262 GW, in der Variation «Hoch» 276 GW; für die EU-28 sind es 171 GW bzw. 184 GW. Die Veränderung wird zur Analyse «induzierter» Effekte genutzt, etwa um den Beitrag der Wasserkraft zur Versorgungssicherheit und Emissionsminderung zu berechnen. Ein höherer Anteil der Wasserkraft am europäischen Kraftwerkspark hat auch Auswirkungen auf die Strompreise – er reduziert sie deutlich. Diese Verringerung der Strompreise wurde der Input-Output-Analyse<sup>4</sup> zugrunde gelegt: Für die zwölf wichtigsten Strommärkte Europas wurde die Rückwirkung einer entsprechenden Strompreis-

senkung auf das Bruttoinlandsprodukt sowie die daraus resultierende Auswirkung auf den Arbeitsmarkt abgeleitet.

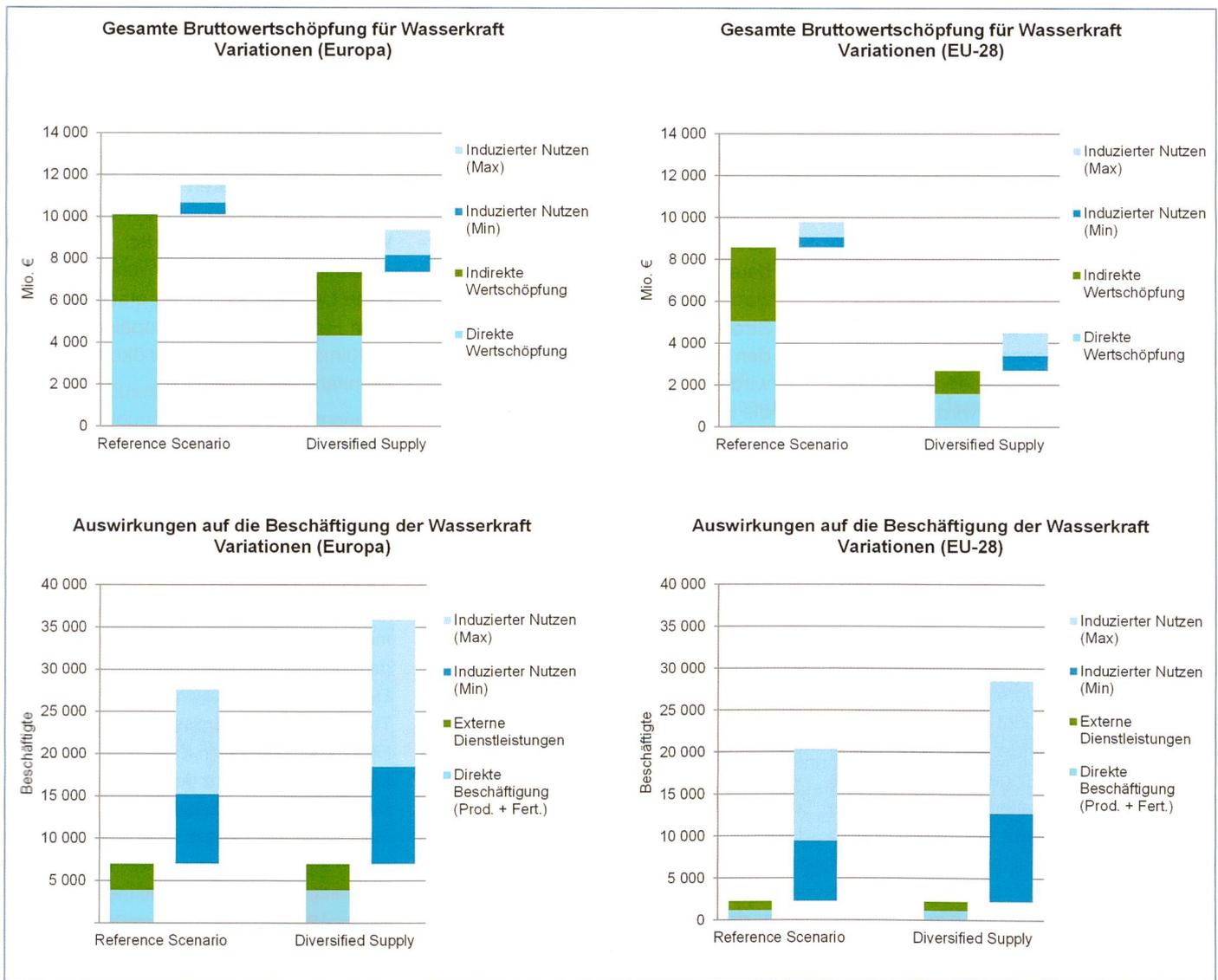
#### 4.2 Resultate

Zunächst gehen wir auf die direkten ökonomischen Effekte ein: Für die beiden Szenarien «Diversified Supply» und «Reference» wurden Bruttowertschöpfung und Beschäftigung für das Jahr 2030 berechnet. Grundlage hierfür waren die Prognose zukünftiger Strompreise und -erzeugung auf Basis des Strommarktmodells sowie eine Trendfortschreibung bei der Herstellung von Wasserkrafttechnologie; ausserdem wurden heutige Mehrwertsteuersätze unterstellt. Die Prognose der Beschäftigung wurde hingegen an den Ausbau der Wasserkraftkapazitäten angelehnt.

Bild 4 zeigt die Ergebnisse. Man erkennt eine enorme Steigerung der europäischen Bruttowertschöpfung gegenüber dem Basisjahr 2013: Im Falle des Szenarios «Reference» verdoppelt sie sich, im Falle des Szenarios «Diversified Supply» liegt sie bei etwa +70%. Dies gilt in ähnlicher Weise für die EU-28. Die Zunahme der Arbeitsplätze hingegen fällt geringer aus: In Europa steigt ihre Zahl um 20 bzw. 17%, in der EU-28 hingegen ist sie vernachlässigbar. Diese Zahlen zeigen, dass die Haupttreiber der Wertschöpfungssteigerung höhere Strompreise und die verbesserte Stromausbeute der Wasserkraftwerke sind; letzteres reflektiert die gestiegene Bedeutung der Wasserspeicher in einem Stromsystem mit erhöhtem Flexibilitätsbedarf.

<sup>3</sup> Die Variationen wurden dabei an die Studien «STREAMMAP» sowie des «Hydro Power Atlas 2013» angelehnt und stellen eine realistische Spannweite möglicher Ausbaupfade dar.

<sup>4</sup> Mit Hilfe der – von Wassily Leontief eingeführten Input-Output-Analyse können die ersten Effekte einer sektoralen Preisänderung berechnet werden, d.h. solche Effekte, bei denen der Kapitalbestand fixiert ist.



**Bild 5. Induzierte Auswirkungen eines höheren Wasserkraftanteils an der europäischen Stromerzeugung 2030.**

Induzierte Effekte wurden mit Hilfe der Variation des Wasserkraftwerkbestands berechnet: So ergibt sich im Vergleich der Variation «Hoch» mit «Niedrig» eine Verminderung der Importe von fossilen Brennstoffen zwischen 514 bzw. 577 PJ<sup>5</sup> (das entspricht 5 bzw. 7%) und eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 25 bis 35 Mt (4 bis 6%). Die Preiseffekte der Variation fallen ebenfalls deutlich aus: im europäischen Durchschnitt liegen die Strompreise bei höherer Wasserkraftkapazität im «Reference»-Szenario um 2% bzw. im «Diversified Supply»-Szenario um 2.7% unterhalb des Falls niedriger Wasserkraftkapazität. Auf nationaler Ebene freilich ist die Variation der Preise wesentlich ausgeprägter: Im Falle des Szenarios «Reference» reicht die Spanne beim Ver-

gleich «Hoch» gegenüber «Niedrig» von +2 bis -9.4%, beim Szenario «Diversified Supply» von +0.5 bis -10.4%.

Eine solche (hypothetische) Verringerung der Strompreise in den meisten europäischen Märkten steigert die Wertschöpfung und Beschäftigung in anderen Sektoren der Volkswirtschaft, wie die Input-Output-Analyse ergibt, deren Ergebnisse in Bild 5 gezeigt werden.

Die Abbildung stellt die direkten Effekte des Vergleichs der Variation «Hoch» und «Niedrig» und die induzierten für die verschiedenen betrachteten volkswirtschaftlichen Grössen für Europa und die EU-28 einander gegenüber. Die direkte Steigerung etwa der Wertschöpfung ergibt sich durch den Wert der zusätzlichen Stromproduktion, die induzierten durch

die Produktivitätssteigerung in den stromverbrauchenden Sektoren der Volkswirtschaft. Man erkennt, dass die induzierte Steigerung der Wertschöpfung nur zwischen 10 und 15% der direkten liegt, die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze hingegen viel stärker ausfallen: Die induzierten Effekte liegen beim zwei- bis fünffachen der direkten. Diese starke Diskrepanz hat zwei Ursachen: Erstens die schon erwähnte verbesserte Nutzung der Wasserkraftanlagen, die zu einer höheren Wertschöpfung führt, nicht aber zu zusätzlichen Arbeitsplätzen in dem Sektor. Zweitens arbeiten in den meisten Sektoren der Volkswirtschaft mehr Mitarbeiter an der Erzeugung der Wertschöpfung als im kapitalintensiven Wasserkraftsektor, so dass eine vergleichsweise geringe Steigerung der Wertschöpfung zu

<sup>5</sup> Die jeweils erstgenannte Zahl bezieht sich auf das Szenario «Reference», die zweite auf das Szenario «Diversified Supply».

einem viel stärkeren Anstieg der Arbeitsplätze führt.

## 5. Schlussfolgerungen und Ausblick

In diesem Artikel haben wir die Bedeutung der Wasserkraft für die europäische Stromversorgung und Volkswirtschaft insgesamt aufgezeigt und mit einer Reihe von statistischen Auswertungen unterlegt. Mit einer an offizielle Energieszenarien der EU und der weiteren betrachteten Länder angelehnten Simulationsrechnung haben wir veranschaulicht, dass diese Bedeutung in Zukunft noch zunehmen wird, vor allem, wenn der Ausbau im Rahmen des Potenzials weiter voranschreitet. Hierzu bedarf es freilich auch eines politischen Willens: In manchen Ländern wird man die hohe Steuerbelastung der Wasserkraft überdenken müssen, die diese in Zeiten niedriger Börsenpreise an die Grenze der Rentabilität bringt, in anderen Ländern sollte man Genehmigungsverfahren für neue Wasserkraftwerke vereinfachen und beschleunigen. Aus Sicht der Autoren gibt es hierfür gute Gründe: Die Europäische Union verfolgt ehrgeizige Klimaschutzziele und setzt dabei vor allem auf erneuerbare Energien; trotz mancher Unterschiede im Detail gilt dies in ähnlicher Weise auch für die europäischen Länder ausserhalb der Union. Die Wasserkraft kann in dreifacher Weise einen wichtigen Beitrag leisten:

- Wasserkraft ist die älteste erneuerbare Energiequelle im Stromsystem, die bei begrenzter Umweltbelastung Strom ohne Treibhausgasemissionen erzeugt.
- Wasserkraft trägt mit ihrer Flexibilität zur Integration fluktuierender erneuerbarer Energiequellen wie Wind- und Solarenergie in das Stromsystem bei. Einige Länder Europas verfügen über grosse Kapazitäten an Kraftwerken mit Wasserreservoirs, die – zusammen

mit Pumpspeichern – die einzigen bislang marktfähigen Stromspeicher darstellen. Bei einer geeigneten Vernetzung des europäischen Stromsystems können diese dazu beitragen, Windflauten und Lastspitzen zu überbrücken.

- Wasserkraft ist eine günstige Energiequelle: Als praktisch einzige erneuerbare Energie trägt die Wasserkraft zum Steueraufkommen bei, anstatt die Stromkunden durch Aufschläge auf den Strompreis zu belasten. In Zukunft wird die Wasserkraft dazu beitragen, die infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien weiter steigenden Strompreise zu begrenzen: Sie kann die Wind- und Solarausbeute durch ihre Speicherfunktion verbessern und die Importe teurer fossiler Brennstoffe, vor allem Gas, verringern. Die Strompreisbegrenzung wird einen Beitrag dazu leisten, industrielle Arbeitsplätze und die damit verbundene Wertschöpfung in Europa zu erhalten.

In der EU-28 sind Bestrebungen im Gange, das Thema Versorgungssicherheit vermehrt grenzüberschreitend durch eine europäische Integration der Strom- und Leistungsmärkte anzugehen, was zu vielversprechenden Synergiepotenzialen führen dürfte. In seinem Weissbuch bekennt sich das Bundeswirtschaftsministerium Deutschlands zudem zur Stärkung des Energy-only-Marktes und damit zu einer ablehnenden Haltung gegenüber der Einführung eines Kapazitätsmechanismus, was bei weiterem Zubau von Wind- und Photovoltaikanlagen zu erhöhter Preisvolatilität an den Strommärkten führen wird. Diese Entwicklungen sind aus Sicht der Wasserkraft positiv zu beurteilen, da damit ihre Stärken wieder vermehrt finanziell abgegolten werden dürften, was angesichts der momentanen Situation drin-

gend notwendig ist. Die Umsetzung dieser in Diskussion stehenden Massnahmen wird noch etliche Jahre beanspruchen, so dass bei weiterhin geringer Stromnachfrage in Europa, tiefen CO<sub>2</sub>-Zertifikatpreisen und hohen Förderbeiträgen an die übrigen erneuerbaren Energien mit einer länger anhaltenden Durststrecke für die Wasserkraft zu rechnen ist. Zusätzliche steuerliche Belastungen und übertriebene Umweltvorschriften erscheinen vor dem Hintergrund der europäischen Ziele im Klimaschutz und seiner ökonomischen Wohlfahrt wenig sinnvoll.

### Literatur

*DNV GL* (2015): The hydropower sector's contribution to a sustainable and prosperous Europe. Studie im Auftrag der European Hydropower Initiative of Hydropower Companies and Associations, Bonn.

*Europäische Kommission* (2011): Energy Roadmap 2050. Kommunikation der Kommission an das Europäische Parlament.

*Europäische Kommission* (2013): EU Energy, Transport and GHG Emission Trends to 2050.

*Filippini, M., Geissmann, T.* (2014): Kostenstruktur und Kosteneffizienz der Schweizer Wasserkraft. Auftrag des BFE, Bern.

*Piot, M.* (2015): Steigende Kosten, sinkende Preise – Wirtschaftlichkeit der bestehenden Wasserkraftwerke. VSE Bulletin, 2/2015.

*Rütter + Partner, Ernst Basler + Partner, Fraunhofer ISI* (2013): Volkswirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz. Auftrag des BFE, Bern.

### Anschrift der Verfasser

Dr. *Michel Piot*

Geschäftsstelle swisselectric, Bern  
michel.piot@swisselectric.ch

Dr. *Tim Mennel*

DNV GL Energy, Market and Policy Development Team, Bonn  
tim.mennel@dnvgl.com