

# Wasserkraft in der Schweiz : gestern, heute, morgen

Autor(en): **Schäppi, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **96 (2005)**

Heft 2

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-857765>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Wasserkraft in der Schweiz – gestern, heute, morgen

Mit 56% der Stromproduktion bildet die Wasserkraft nach wie vor das Rückgrat der schweizerischen Energieerzeugung. In den letzten zehn Jahren wurde die mittlere Produktionserwartung von 33 163 GWh auf rund 34 886 GWh erhöht. Bis 2050 wäre im besten Fall eine maximale Steigerung auf 40 656 GWh möglich. Das sagt eine Studie des Bundesamts für Energie und des Bundesamts für Wasser und Geologie.

■ André Schäppi

Der nachfolgende Beitrag basiert auf Daten und Informationen, die in der Studie «Ausbaupotenzial der Wasserkraft» im November 2004 veröffentlicht wurden. Die Studie gibt nicht nur einen guten Einblick in mögliche Entwicklungen der schweizerischen Wasserkraft bis 2050, sondern beleuchtet gleichzeitig verschiedene Phasen der letzten 50 Jahre. Die Studie kann im Internet unter [www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/7.pdf](http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/7.pdf) heruntergeladen werden.

## Zeithorizont

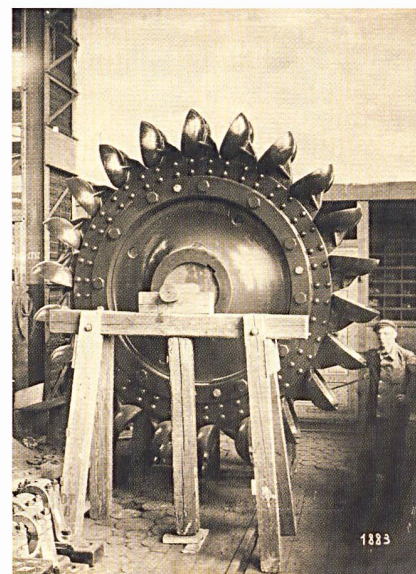
Das Bundesamt für Energie (BFE) überarbeitet regelmässig seine Energieperspektiven. Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Wasserkraft ein wichtiges Standbein der schweizerischen Elektrizitätsversorgung ist. Weil die letzte Schätzung über das Ausbaupotenzial mehr als zehn Jahre zurückliegt, wurde eine Neubeurteilung vorgenommen. Der Zeithorizont umfasst auf jährlicher Basis die Periode bis 2035 und mit gröberer Auflösung die «Vision 2050». In diesem Zusammenhang wurde die Firma Electrowatt-Ekono vom BFE beauftragt, die Studie mit folgenden Zielen durchzuführen: Beschreibung des für die Entwicklung der Wasserkraft in der

### Adresse des Autors

André Schäppi  
Dipl. El. Ing. FH  
Fachjournalist  
Zürichbergstrasse 66  
8044 Zürich  
E-Mail: [cat@communicat.info](mailto:cat@communicat.info)

Schweiz relevanten Umfelds; Quantitative Bestimmung des Ersatz- und Ausbaupotenzials; Aufarbeitung der Informationen zur Weiterverwendung im «Kraftwerkparkmodell»; Strategieüberlegungen zur Erschliessung des Wasserkraftpotenzials.

Die Studie versucht, Schlüsse aus den neuen Tendenzen im technologischen, wirtschaftlichen und umweltmässigen Umfeld für den hydraulischen Kraftwerkpark zu ziehen. Dazu werden die 20 wichtigsten Einflussgrössen (Treiber) auf das Ausbaupotenzial identifiziert. Schliesslich wird das Gesamtpotenzial als Summe des Ausbaupotenzials und der Produktion des bestehenden Kraftwerk-parks unter Berücksichtigung der Restwasserbestimmungen im Gewässerschutzgesetz ermittelt.



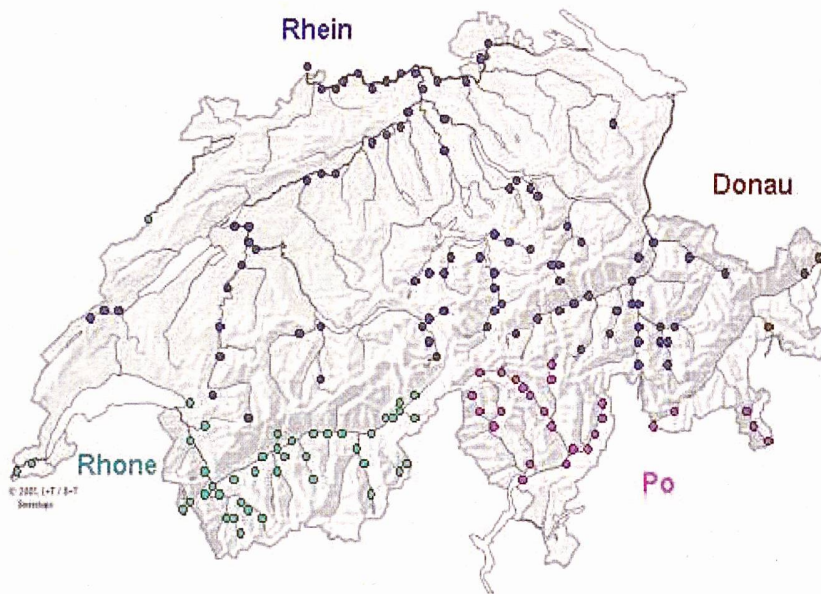
Wasserkraft hat eine über hundert Jahre alte Tradition in der Schweiz: Das erste grosse Flusskraftwerk wurde 1897 in Rheinfelden, die erste Hochdruckanlage, Campocologno, 1903 gebaut. (Quelle VA Tech Hydro)

## Aktueller Stand

Die Wasserkraft ist die einzige namhafte einheimische Energiequelle, die bei der Nutzung keine Rohstoffe verbraucht, CO<sub>2</sub>-neutral ist, keine Abfälle produziert und die Luft nicht verunreinigt. Die Auswirkungen der Wasserkraftnutzung sind überschaubar, was die Umwelt betrifft, und in den allermeisten Fällen auch umweltverträglich.



Mit 56% bildet Wasserkraft das Rückgrat der schweizerischen Energieproduktion. Zudem ist sie die einzige einheimische Energiequelle von Bedeutung. (Quelle KW Birsfelden)



Wasserkraftwerke und Speicherseen sind in der Schweiz vor allem entlang der grossen Flüsse und in den Alpen zu finden. Die Abbildung zeigt die Standorte der Zentralen über 10 MW innerhalb der Flusseinzugsgebiete. (Quelle BFE)

fachbeiträge

Die Schweizer Speicheranlagen sind ein tragender Pfeiler für die kurzfristige Energiebereitstellung und für die Umlagerung der Erzeugung vom Sommer- in das Winterhalbjahr. Die Schweiz hat zudem als zentral eingebettetes Land in Europa eine Scharnierfunktion im Bereich der Stromübertragung und ist vor allem mit seinen Speichermöglichkeiten ein sehr wichtiger Mitspieler im europäischen Netzverbund. Die Wasserkraftnutzung schafft auch viele Arbeitsplätze und liefert über verschiedene Abgaben und Steuern wesentliche Beiträge vor allem an die Berggemeinden und Gebirgskantone.

Aktuell verfügt die Schweiz über 513 Wasserkraftwerke mit einer Leistung von mindestens 300 kW. Mit 36 445 GWh erzeugten sie 2003 rund 56% der gesamten Stromerzeugung. Diese Zentralen verfügen bei einer maximal möglichen Leistung ab Generator von insgesamt 13 268 MW über eine jährliche mittlere Produktionserwartung von 34 886 GWh (ohne Umwälzbetrieb; Pumpenenergie für die Saisonspeicherung nicht abgezogen). Zusätzlich gibt es rund 700 Zentralen mit einer maximal möglichen Leistung unter 300 kW, die insgesamt rund 42 MW Leistung erzeugen. Diese Anlagen haben eine mittlere jährliche Produktionserwartung von rund 190 GWh, was ein wenig mehr als 0,5 % der Wasserkraftproduktion darstellt.

In der Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz werden vier Kraftwerktypen unterschieden: Laufkraftwerke (3 627 MW, 16 430 GWh = 47,1%),

Speicherkraftwerke (7 885 MW, 16 794 GWh = 48,1%), Pumpspeicherkraftwerke (1 440 MW, 1 662 GWh = 4,8%) und reine Umwälzwerke (316 MW). Durch die grosse Kapazität der Speicherkraftwerke wird auch die Bedeutung der Schweiz als Spitzenstromlieferant ersichtlich.

### Entwicklung der Wasserkraft

Die Schweizer Wasserkraft hat sich in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts stark entwickelt. Verschiedene Faktoren wie Standorte, technologische Entwicklungen, ökonomische Rahmenbedingungen und regulatorische Rahmenbedingungen haben diese Entwicklung beeinflusst.

#### 1955 bis 1970

Der intensivste Ausbau der Schweizer Wasserkraft fand in der Periode 1955 bis 1970 statt. Diese Situation wurde durch folgende Treiber begünstigt: starke Zunahme der Stromnachfrage, Vorhandensein interessanter Standorte für den Bau von Wasserkraftanlagen, attraktive ökonomische Rahmenbedingungen mit günstigen Zinsen für die Realisation neuer Wasserkraftwerken, keine reifen und konkurrenzfähigen alternativen Technologien vorhanden, eine Monopolsituation, die es erlaubte, den Konsumenten die Kosten zu überwälzen. In dieser Periode stieg die maximal mögliche Leistung ab

Generator um rund 6 200 MW und die Energieproduktion um rund 15 000 GWh. Wasserkraft deckte in dieser Periode praktisch 100% der Schweizer Stromversorgung ab.

#### 1970 bis 1980

Dieser Zeitraum ist charakterisiert durch ungünstige ökonomische Rahmenbedingungen für Wasserkraftwerke und den gleichzeitigen intensiven Ausbau der Kernkraftwerke. Als Folge davon verlangsamt sich der Ausbau der Wasserkraft sehr stark. Dementsprechend nahm die Leistung nur um rund 1 800 MW zu, was zu einer Erhöhung der Energieproduktion von 1 550 GWh führte.

#### 1980 bis 1990

In diesem Zeitabschnitt erhält die Wasserkraft starke Konkurrenz durch andere Typen von Stromerzeugungsanlagen. Zusätzlich verlangsamt sich das Wachstum der Stromnachfrage, und ökologische Aspekte wie Umweltverträglichkeitsprüfungen erhalten vermehrt Gewicht. Diese Situation brachte die Bautätigkeit bei der Wasserkraft praktisch zum Erliegen. Zwischen 1980 und 1990 stieg die Leistung der Wasserkraftanlagen lediglich um rund 220 MW und die Energieproduktion um rund 940 GWh.

#### 1990 bis 2000

Die Einflussfelder änderten sich in dieser Periode, wobei sich einige dieser Änderungen für die Wasserkraft positiv, andere negativ auswirkten. Folgende Entwicklungen sind erwähnenswert: Beginn der Liberalisierung in Europa und Öffnung der Strommärkte, sinkende Strompreise sowie ein Überangebot an Strom in Europa. Daneben treten Kombikraftwerke als konkurrenzfähige Technologien in Erscheinung. Das Stromnachfragewachstum verlangsamt sich weiter. Zwischen 1990 bis 2000 stieg die Leistung um rund 1 570 MW und die Energieerzeugung um rund 1 600 GWh. Die starke Leistungszunahme resultiert einerseits aus der Inbetriebnahme der zurzeit stillgelegten Anlage Cleuson-Dixence (1 200 MW). Diese wurde gebaut, um Spitzenstrom und Regelenergie auf den neuen Märkten zu verkaufen. Andererseits wurden einige Laufkraftwerke erneuert, was zu einem Leistungs- und Produktionsgewinn führte.

### 2000 bis heute

Diese Periode ist gekennzeichnet durch eine stark verminderte Bautätigkeit und unterscheidet sich gegenüber dem Zeitraum von 1990 bis 2000 durch eine erhöhte Stromnachfrage. Zudem wird das Stromüberangebot langsam abgebaut, die Strompreise steigen. Es bestehen Bestrebungen, die externen Kosten der thermischen Stromerzeugung beispielsweise durch eine CO<sub>2</sub>-Abgabe zu belasten. Diese Änderungen führen zu einer allmählichen Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Wasserkraft.

### Potenzial der Wasserkraft in der Schweiz

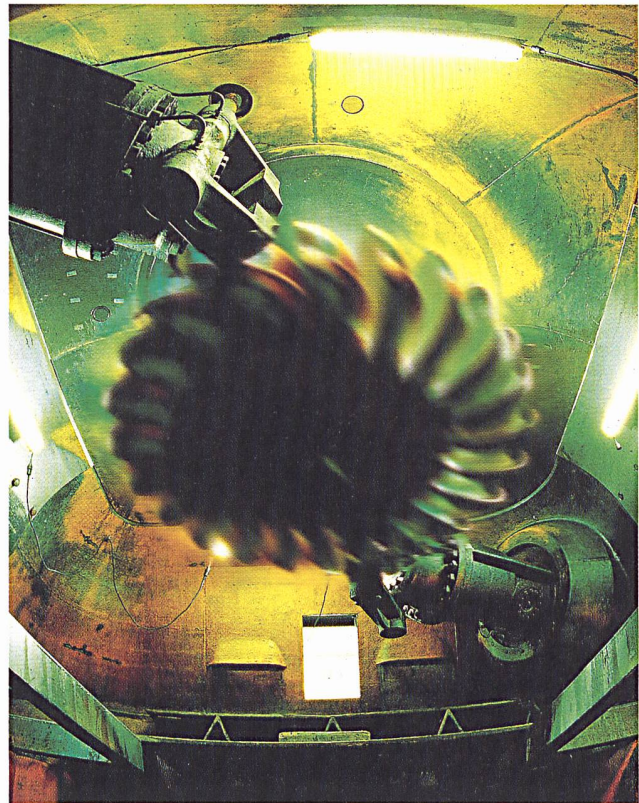
Die Frage nach dem Ausbaupotenzial ist nicht einfach zu beantworten, da schon der Begriff nicht eindeutig ist. Geht man vom totalen theoretischen Potenzial aus, indem man versucht, jeden Wassertropfen, der auf die Schweiz trifft, zu nutzen, so erhält man zwischen 100 000 und 150 000 GWh an Produktionsmöglichkeiten.

### Technisches Ausbaupotenzial

Um eine realitätsnahe Aussage zu machen, wird deshalb in der Studie ein mehrstufiges Verfahren verwendet. Ausgangspunkt ist das technische Ausbaupotenzial. Dieses ergibt sich aufgrund technisch und ökologisch vertretbarer Überlegungen, unabhängig von politischen, umweltpolitischen und finanziellen Aspekten. Das technische Ausbaupotenzial bildet zugleich das maximale Ausbaupotenzial. Durch die Definition von Szenarien und unter Berücksichtigung von zwanzig definierten Treibern, wie zum Beispiel Strompreise, können mögliche Entwicklungen des Ausbaupotenzials bis ins Jahr 2050 aufgezeigt werden. Durch Addition des bestehenden Potenzials erhält man schliesslich das Gesamtpotenzial der Wasserkraft.

Das technische Ausbaupotenzial umfasst vier Kategorien: Bei der ersten Ausbauart, beim Ausrüstungsersatz, wird bei einer bestehenden Anlage eine ältere durch eine neue Ausrüstung ersetzt. Der Ersatz kann entweder eine identische oder eine leicht grössere Maschine sein, oder die Ausbauwassermenge kann sogar erhöht werden. Dank besseren Wirkungsgraden der neuen Maschinen und allenfalls höherer Ausbauwassermenge führt der Ausrüstungsersatz zu höheren Produktionen und Leistungen. Bei der zwei-

Sanierung und Aufwertung kann einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Energieproduktion leisten. Beim Kraftwerk Innertkirchen 1 werden durch Verlustverminderung in einem neuen Parallelstollen sowie durch Anpassungsarbeiten in der Zentrale 50 GWh pro Jahr gewonnen. (Quelle KWO)

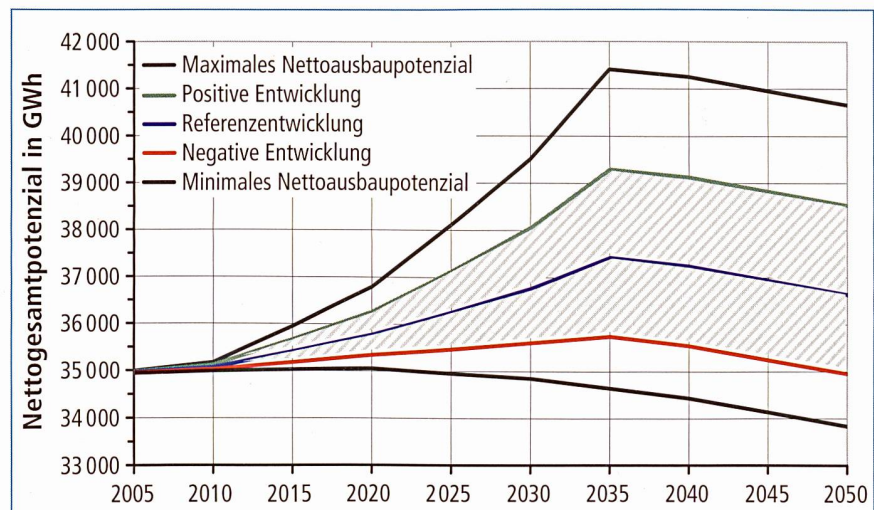


ten Ausbauart geht es um die Erhöhung des Gefälles durch Stauerhöhungen und/oder Ausbaggerungen bei Flusskraftwerken. Die dritte Ausbauart betrifft die Umbauten/Erweiterungen. Die vierte Ausbauart betrifft die Neubauten. Die Summe der vier Ausbauarten führt zu einem technischen

Ausbaupotenzial für die Jahresenergieproduktion von 7570 GWh (davon Winter: 4700 GWh) und zu einem Leistungszuwachs von 3065 MW. Die Erhöhung des Winteranteils der Jahresproduktion wird u. a. durch eine Erhöhung des Stauspiegels in den Stauseen (Freibordreduktion, Talsperrenerhöhung) erreicht. Der Ausbau der Leistung dient dazu, die Wertigkeit des vorhandenen Energiepotenzials zu erhöhen. Dies kann durch die Vergrösserung der installierten Leistung und/oder durch Pumpspeicherung und Umwälzbetrieb erreicht werden. Dieses Potenzial wurde auf mehrere tausend MW geschätzt.

### Bestimmung des Ausbaupotenzials

Generell wurde das Ausbaupotenzial als die Menge an erwarteter zusätzlicher Energie und Leistung definiert, welche in einem bestimmten Jahr zur Verfügung stehen wird, und zwar unter der Annahme, dass ein bestimmtes Szenario eintritt. Die Szenarioplanung und -analyse bedingt eine Interpolation zwischen einer definierten oberen (Maximum) und unteren (Minimum) Grenze. Dabei ist die obere Grenze durch das technische Ausbaupotenzial gegeben. Die untere Grenze kann mit den notwendigen Ausrüstungs-



Entwicklungspotenzial der Schweizer Wasserkraft aufgrund verschiedener Szenarien. (Quelle BFE)

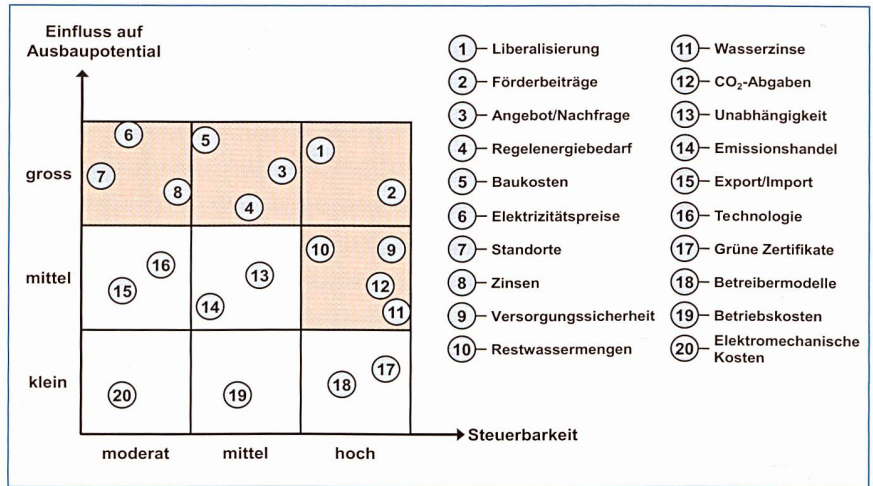
massnahmen ohne die Erhöhung der Ausbaumassmenge charakterisiert werden und beträgt 750 GWh bzw. 330 MW. Mit einer Treiberanalyse und deren Relevanz auf die gewählte Ausbauvariante sowie der Definition von Szenarien kann die zukünftige Entwicklung des Ausbaupotenzials abgeschätzt werden.

In der Studie wurden zwanzig Treiber identifiziert, die einen Einfluss auf das Ausbaupotenzial der Wasserkraft haben. Der Einfluss dieser Treiber auf das Ausbaupotenzial und deren Steuerbarkeit wurde untersucht. Es zeigt sich, dass die Treiber Liberalisierung, Förderbeiträge, Angebot/Nachfrage, Baukosten und Elektrizitätspreise den grössten Einfluss auf das Ausbaupotenzial haben.

Anhand einer Bewertung werden einerseits der Einfluss der Treiber auf das Ausbaupotenzial geschätzt und andererseits die Relevanz der Treiber in Bezug auf die verschiedenen Arten von Ausbaupotenzial geprüft. Schliesslich wurden drei Szenarien (positive Entwicklung, Referenzfall und negative Entwicklung) definiert, die sich durch eine bestimmte Entwicklung der Treiber charakterisieren lassen. Beim Referenzfall werden sich die heute beobachtbaren Tendenzen wie angekündigt entwickeln. Man kann daher von «Business as usual» sprechen. Negative Entwicklung: Die heute beobachtbaren Tendenzen (hemmende Bedingungen) bewahren sich nicht, die meisten Treiber entwickeln sich daher in eine für die Wasserkraft negative Richtung, die hemmenden Faktoren überwiegen. Positive Entwicklung: Die heute beobachtbaren Tendenzen (fördernde Bedingungen) entwickeln sich besser als erwartet, und die meisten Treiber haben einen durchwegs positiven Einfluss auf die Wasserkraft.

### Entwicklung bis 2050

Durch die Addition des Ausbaupotenzials mit der bestehenden Produktion gelangt man zum Gesamtpotenzial. Nach Abzug der Energieminderproduktion auf Grund der gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermengen ergibt sich das Nettogesamtpotenzial. Dabei wird angenommen, dass die Restwasserbestimmungen bezüglich der bestehenden Produktion bis 2070 rund 2 TWh ausmachen werden. Die Entwicklung der Nettogesamtpotenziale der erwarteten mittleren Jahresproduktion der Wasserkraft in der Schweiz ergibt für die drei definierten Szenarien sowie für das maximale Gesamtpotenzial eine Zunahme bis ins Jahr 2035. Wegen des abnehmenden Ausbaupotenzials und der Sanierung der ungenügend dotierten



Rot hinterlegte Treiber haben den grössten Einfluss auf das Ausbaupotenzial (wie Liberalisierung, Förderbeiträge, Angebot/Nachfrage, Baukosten und Elektrizitätspreise). (Quelle BFE)

Restwasserstrecken bei den Konzessionserneuerungen könnten die Kurven des Nettogesamtpotenzials gegen Ende der Betrachtungsperiode fallen. Allerdings könnte sich der Verlauf der Kurven des Nettogesamtpotenzials gegen rechts verschieben, falls das Ausbaupotenzial langsamer realisiert wird. Der Kurvenverlauf würde sich unter diesen Bedingungen etwas glätten, und das charakteristische Plateau für die Jahre 2035 und folgende könnte verschwinden.

### Strategie Wasserkraft

Die Tatsache der mittelfristigen Unsicherheit der Zukunft der schweizerischen Wasserkraft unterstreicht die Bedeutung der Entwicklung einer entsprechenden Strategie. Da jedoch mehrere Treiber, die einen Einfluss auf das Ausmass des Ausbaupotenzials haben, steuerbar sind, haben Bund und Kantone die Möglichkeit, die relevanten Treiber so zu steuern, dass für den Erhalt bzw. Ausbau der Wasserkraft günstige Rahmenbedingungen resultieren.

Basierend auf den wirkungsvollsten Treibern empfiehlt die Studie die folgenden Massnahmen: Im Zusammenhang mit der Strommarktöffnung ist eine Ge-

setzung und ein Gesetzesvollzug vorzusehen, die einen gerechten und nachhaltigen Wettbewerb ermöglichen und die Interessen der Wasserkraft angemessen berücksichtigen. Unter dem Gesichtspunkt der Internalisierung der externen Kosten sind Fördermassnahmen entweder durch Belastung der CO<sub>2</sub> emittierenden Energieträger mit relativ hohen externen Kosten (CO<sub>2</sub>-Abgaben) oder durch Entlastung der CO<sub>2</sub>-armen/freien Energieträger mit relativ niedrigen externen Kosten anzustreben. Die Straffung und Verkürzung der Verfahren zur Erteilung der Konzessionen sollte geprüft werden. Bei den Konzessionsverhandlungen ist eine angemessene Berücksichtigung der Anliegen der Wasserkraft und keine einseitige Bevorzugung einzelner Interessen vorzusehen. Auch ausserhalb konzessionsrelevanter Geschäfte wird eine ausgewogene Berücksichtigung der Interessen der Wasserkraft empfohlen. Dies gilt namentlich im Bereich der Steuern und Wasserzinsen. Und schliesslich sind Voraussetzungen zu schaffen bzw. zu erhalten, die eine Teilnahme der schweizerischen Wasserkraft an den verschiedenen Energiemärkten, welche zurzeit in den EU-Ländern in Entwicklung begriffen sind, ermöglichen.

## Force hydraulique en Suisse – hier, aujourd’hui, demain

La force hydraulique reste la principale source d’énergie en Suisse et produit 56% de l’électricité. Au cours des dix dernières années, la production moyenne attendue a passé de 33 163 GWh à 34 886 GWh. D’ici à 2050, on peut s’attendre, dans le meilleur des cas, à une augmentation maximale allant jusqu’à 40 656 GWh.

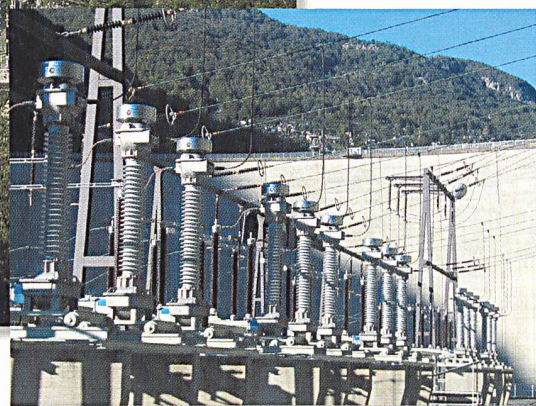
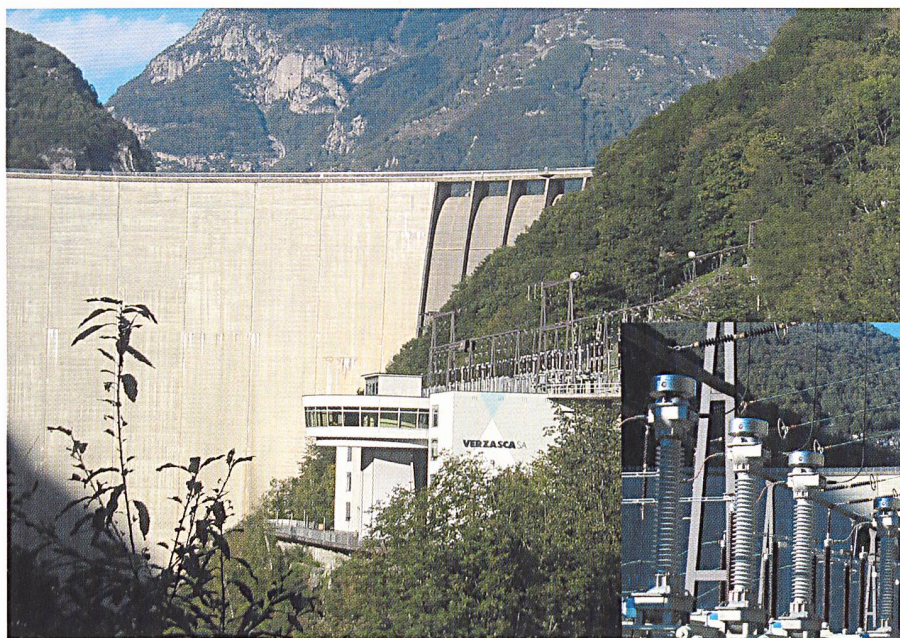


**Energiesysteme und Anlagentechnik AG**  
Tel 052 624 62 80 www.esatec.ch

### **Sicherheit und Verfügbarkeit**

*In der Praxis oft Gegensätze, für uns tägliche Herausforderung und Credo. Seit 10 Jahren plant, baut und renoviert ESATEC Energieerzeugungs- und Verteilanlagen.*

*Sicherheit heisst dabei auch Kosten- und Termintreue sowie Erfahrung mit Technologie und Prozessmanagement. Verfügbarkeit steht für Zuverlässigkeit und Realisation Ihrer Ziele und Wünsche. Referenzen unserer Kunden in den Bereichen Unterwerke, Kraftwerke und Bahnstrom zeigen, dass Sicherheit und Verfügbarkeit keine Gegensätze sein müssen. Das wollen wir gerne auch in Zukunft beweisen.*

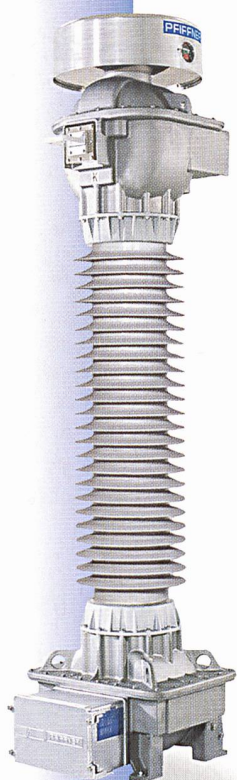


Ci congratuliamo con la Verzasca SA per la buona riuscita del vostro lavoro e vi auguriamo successo per il futuro

PIFFNER Messwandler AG  
PIFFNER Instrument Transformers Ltd  
CH-5042 Hirschthal



Tel. +41 62 739 28 28  
Fax +41 62 739 28 10  
E-mail sales@pmw.ch  
www.pmw.ch



Riduttore di corrente e tensione  
EJOF 170, 170 kV