

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 97 (2006)

Heft: 2

Artikel: Das Potenzial der Wasserkraft : Szenarien im Spannungsfeld von Wirtschaft und Politik

Autor: Grötzinger, Stephan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857642>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

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

Das Potenzial der Wasserkraft – Szenarien im Spannungsfeld von Wirtschaft und Politik

Aufgrund verschiedener Szenarien kann für die Schweizer Wasserkraft eine Ausbauentwicklung von rund 3,55 TWh erwartet werden. Je nach Entwicklungstendenz schwankt dieser Erwartungswert zwischen 5,44 und 1,86 TWh, was einer Bandbreite von rund 3,58 TWh entspricht. Bis 2010 ist nur ein bescheidener Zuwachs zu erkennen, danach aber eine sukzessive Steigerung bis 2035 und schliesslich eine Abflachung bis 2050. Das Gesamtpotenzial der Wasserkraft würde sich damit von heute 35 TWh auf rund 38,5 TWh im erwarteten Szenario erhöhen und zwischen 42,5 und 35,6 TWh für die positive respektive negative Entwicklung variieren.

■ Stephan Grötzinger

Entwicklung der Wasserkraft bis heute

Die Wasserkraft ist eine traditionsreiche Technologie und wird seit langem genutzt. Im grösseren Stil wurde sie jedoch erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts nutzbar gemacht. Vor allem der Bau des Flusskraftwerks Rheinfelden 1897 und der Hochdruckanlage Campocologno 1903 läuteten in der Schweiz den Ausbau der Wasserkraft ein. Wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor allem Laufkraftwerke gebaut, setzte nach dem 2. Weltkrieg vermehrt der Bau von Speicherkraftwerken ein. Dieser über 100 Jahre dauernde Ausbau führte zu einem «Rosinen picken» der guten und ergiebigen Standorte, welche durch die verschiedenen Betriebsgesellschaften in Form von Partnerwerken noch gefördert wurde (Bild 1).

Bis 1970 war die Entwicklung durch eine starke Zunahme der Stromnachfrage, einen starken Ausbau von interessanten Standorten und attraktiven ökonomischen Rahmenbedingungen mit günstigen Zinsen geprägt. In dieser Periode stieg die installierte Leistung um rund 6200 MW und die mittlere Produktions-

erwartung um rund 15 TWh. Die darauf folgenden zehn Jahre waren durch eher ungünstige makroökonomische Rahmenbedingungen geprägt, welche zudem mit dem intensiven Ausbau des damals als günstig propagierten Atomstroms zusammenfiel und sich durch fehlende interessante Wasserkraftprojekte auszeichneten.

In den Jahren 1980 bis 1990 verlangsamte sich die Stromnachfrage jedoch, und ökologische Gesichtspunkte wurden vermehrt in den Vordergrund gestellt. Zwischen 1990 und 2000 setzte dann die Strommarkliberalisierung ein, und gleichzeitig verlangsamte sich auch die Nachfragezunahme. Das Stromüberangebot in Europa führte zu tiefen Strompreisen, und tiefe Zinsen sowie geringe Inflation bewirkten ein nur marginaler

Ausbau der Wasserkraft, welche vor allem durch Umbauten und Sanierungen geprägt war (Bild 1).

Heute nimmt die Stromnachfrage wieder zu, das Stromüberangebot baut sich langsam ab, und die Strompreise steigen wieder an. Die heute verbliebenen Standorte sind jedoch weniger ergiebig und zudem politisch häufig umstritten.

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft wird heute durch 518 Zentralen (grösser als 300 kW) mit einer Gesamtleistung von 35 TWh sichergestellt (Bild 2). Die installierte Leistung beträgt dabei rund 13,3 GW. Die Hauptlieferanten sind die Kantone Wallis und Graubünden, welche fast die Hälfte der Wasserkraftproduktion ausmachen. Mit 55% hat die Wasserkraft zudem einen namhaften Anteil an der Schweizerischen Stromproduktion und ist hinter Norwegen und Österreich auch europäisch führend.

Ausbaumöglichkeiten

Würde man die Gesamtheit der Wassertropfen, welche die Schweiz durchqueren, nutzen, so könnte man zwischen 100 bis 150 TWh Strom produzieren. Dies ist jedoch ein theoretischer Wert, der technisch, ökonomisch und ökologisch nicht realisierbar ist. Folgende Definition soll deshalb künftig zur Anwendung kommen:

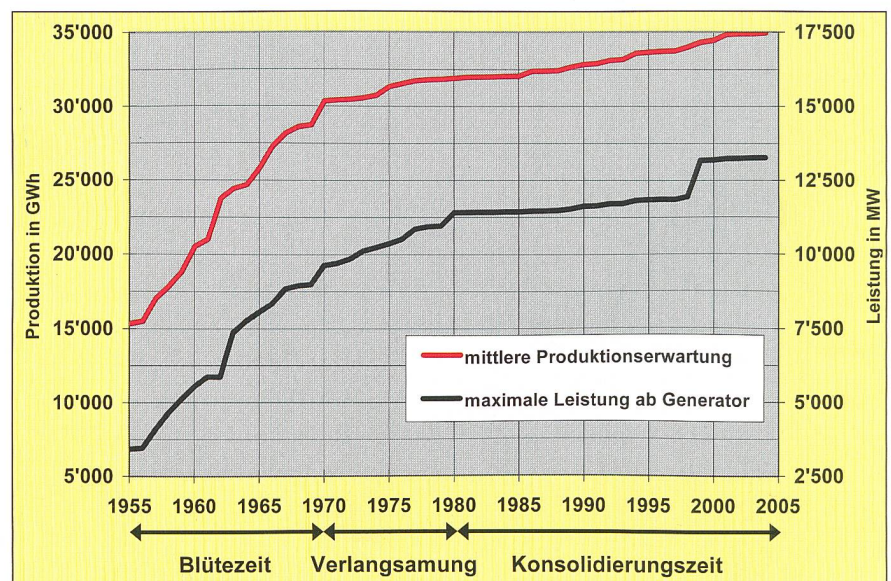


Bild 1 Bis 1950 vorwiegend Laufkraftwerke, danach vor allem Speicherkraftwerke, später Sanierungen und Ausbauten im Vordergrund.

Adresse des Autors
Stephan Grötzinger
Geschäftsleitungsmitglied
Electrowatt-Ekono AG
Hardturmstrasse 161
8037 Zürich

Bild 2 Stand der Wasserkraft per 1.1.2005.

- 518 Zentralen > 300 kW mit gesamthaft 13'257 MW und 34'936 GWh
- Ca. 700 Zentralen < 300 kW mit gesamthaft 42 MW und 190 GWh



Anlagentyp	Max. mögliche Leistung in MW				Mittlere Produktionserwartung in GWh					
	VS	GR	TI	BE	VS	GR	TI	AG	BE	UR
Laufkraftwerk	813	551	276	264	3173	2094	928	3051	1410	1202
Speicher	3525	1899	949	576	5828	5259	2535	0	1494	336
Pumpspeicher	248	179	220	87	433	307	145	0	123	0
Total	4585	2630	1445	1238	9434	7659	3609	3051	3026	1539
Anteil in %	34.5	19.8	10.9	9.3	27.0	21.9	10.3	8.7	8.7	4.4

Technisches Ausbaupotenzial: technisch machbar und ökologisch aus Ingenieursicht vertretbar

Aufgrund dieser Definition können vier Ausbaukategorien wie folgt definiert werden: Ausrüstungsersatz, Massnahmen bei Flusskraftwerken, Umbauten und Sanierungen sowie Neubauten. Basis für die Bestimmung des technischen Ausbaupotenzials bilden dabei die vorhandenen Standorte, welche auf internen Projektlisten und Standortanalysen beruhen. Das Ausbaupotenzial wird zusätzlich durch die Entwicklung der Technologie wie folgt beeinflusst:

Die heute fabrizierten Turbinen weisen bessere Wirkungsgrade, vor allem im

Teillastbereich auf, wobei in Zukunft keine weitere substanzielle Steigerung zu erwarten ist. Je nach Baujahr und Teillastbetrieb kann der Wirkungsgrad um 1 bis 6% gesteigert werden. Durch eine Erhöhung der Schluckfähigkeit kann zusätzlich die Energieproduktion für Laufkraftwerke zwischen 3 bis 5% und die Leistung zwischen 10 und 15% erhöht werden. Schliesslich erlaubt der Einbau von neuen Turbinen auch eine Verminderung der Stillstandzeiten und somit zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit. Der Bau hingegen ist eine reife Technologie, die sich nur bezüglich Effizienz und Schnelligkeit verbessern lässt. Diese Feststellungen führen daher für die verschiedenen Ausbaukategorien zum technischen Ausbaupotenzial (Tabelle I).

Die Frage, in welcher Zeit dieses technische Ausbaupotenzial zu realisieren ist,

hängt von den ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen ab.

Aufgrund einer Grenzkostenbetrachtung kann eine bestimmte Ausbaureihenfolge und ein Ausbaurhythmus festgelegt werden. Geht man von einem gleich bleibenden Rhythmus bis 2015, einer anschliessenden progressiven Zunahme bis 2035 und danach mit einer Verlangsamung bis 2050 aus, lässt sich die Entwicklung des technischen Ausbaupotenzials ermitteln.

Das gesamte Ausbaupotenzial beträgt dabei rund 7,6 TWh und wird 2040 praktisch schon erreicht. Das minimale Ausbaupotenzial von 0,75 TWh lässt sich mit dem Ausrüstungsersatz ohne Erhöhung der Ausbauwassermenge definieren. Die Zusammenstellung der Resultate ist in Tabelle II ersichtlich.

Ausbauarten	Energie in GWh/a	Leistung in MW	Investitionskosten in Fr./kWh Jahresproduktion	Einfluss auf Umwelt im Vergleich zu best. KW
Ausrüstungsersatz	970	530		
Infolge Wirkungsgradverbesserungen & Verfügbarkeit bei fälligem Ersatz:	600	200	<0.1 bei Lebensende der Maschinen	keinen
Infolge leicht grösseren Maschinen bei fälligem Ersatz	150	130	<0.3 bei Lebensende der Maschinen	praktisch keiner
Erhöhung der Ausbauwassermenge (grössere Maschinen & Umbau Wasserschloss)	220	200	<1.0 bei Lebensende der Maschinen	sehr klein
Massnahmen bei Flusskraftwerken	200	35		
Gefällserhöhungen durch Stauerhöhungen & Ausbaggerungen	200	35	0.2 bis 1.0	meist erhöht
Umbauten & Erweiterungen (nicht realisierter Projekte)	940	380		
Niederdruckkraftwerke	540	150	1.4 bis 2.2	eher gering
Hochdruckkraftwerke	400	230	0.6 bis 3	klein
Neubauten nicht realisierter Projekte	5 460	2 120		
Neue Niederdruckkraftwerke	1 900	420	1.4 bis 2.2	Mittel bis erhöht
Neue Hochdruckkraftwerke	1 200	500	1.2 bis 2.5	mittel
Neue Speicherkraftwerke (Hochdruck)	2 360	1 200	2 bis 5	oft sehr gross
Technisches Ausbaupotenzial		3 065	Summe der erfassten Projekte	

Szenarioplanung

Wie erwähnt, ist das Ausbaupotenzial auch von ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen abhängig. Diese werden anhand von 20 definierten Treibern analysiert und in drei Szenarien untersucht. Die obere beziehungsweise untere Limite bildet dabei das minimale respektive maximale technische Ausbaupotenzial. Die 20 Treiber wurden zuerst in einer Matrix bewertet (Auswirkungen auf Ausbaupotenzial und ihre Steuerbarkeit)

Tabelle I: Technisches Ausbaupotenzial.

Jahr		2005	2010	2020	2035	2050
Minimales Ausbaupotenzial	Leistung in MW	41	83	165	289	330
	Jahresproduktion in GWh	94	188	375	656	750
Maximales Ausbaupotenzial	Leistung in MW	70	173	880	2995	3065
	Jahresproduktion in GWh	147	371	2112	7424	7570

Tabelle II:
Zukünftige Entwicklung.

Produktion in TWh/a	Steig.	2010	2020	2035	2050
Maximal	16.5%	35.2	36.8	41.4	40.7
Positive Entwicklung	11.3%	35.1	36.3	39.3	38.8
Referenzfall	5.0%	35.1	35.8	37.4	36.6
Negative Entwicklung	0.2%	35.0	35.3	35.7	35.0
Minimal	-3.0%	35.0	35.1	34.6	33.8

Tabelle III:
Resultate und Annahmen bezüglich der Szenario-Definitionen.

Szenarien	Entwicklungstendenz				
	Max.	Pos.	Erw.	Neg.	Min.
Liberalisierung	↑	↗	→	↘	↓
Förderbeiträge	↗	→	↘	↓	↓
Angebot/Nachfrage	↑	↗	→	↘	↓
Regelenergiebedarf	↑	↗	→	→	↘
Baukosten	↗	→	↘	↓	↓
Elektrizitätspreise	↑	↗	→	↘	↓
Standort	↗	→	↘	↘	↓
Zinsen	↗	→	↘	↓	↓
Versorgungssicherheit	↑	↗	→	↘	↓
Restwassermengen	↗	↗	→	↘	↓
Wasserzinse	↑	↗	→	↘	↓
CO ₂ -Abgaben	↑	↗	→	↘	↓
Unabhängigkeit	↑	→	↘	↘	↓
Emissionshandel	↑	↗	→	↘	↓
Export/Import	↑	→	↘	↓	↓
Technologie	↗	→	↘	↓	↓
Grüne Zertifikate	↑	↗	→	↘	↓
Betreibermodelle	↑	↗	→	↘	↓
Betriebskosten	↗	→	→	↘	↓
Elektromech. Kosten	↗	↗	→	↘	↓

Bild 5
Definition der Szenarien.

und danach pro Ausbaukategorie auf ihre Relevanz hin untersucht und gewichtet. Eine anschließende Normalisierung führte schliesslich zu einer prozentualen Gewichtung pro Treiber je Ausbaukategorie (Bild 3).

Auffallend, aber nicht unerwartet, ist dabei der starke Einfluss der Liberalisierung und der Förderbeiträge, wobei auch Angebot und Nachfrage sowie die Investitionskosten eine übergeordnete Rolle spielen. Diese dominanten Treiber sind farblich hervorgehoben (Bild 4).

Für die drei Szenarien (positive, negative und erwartete Entwicklung) wurde danach die künftige Entwicklung der Treiber definiert und aufgrund dieser Entwicklungstendenz bewertet. Bild 5 und Tabelle III fassen die Resultate und Annahmen bezüglich der Szenario-Definitionen zusammen.

Das Ausbaupotenzial

Aufgrund der definierten Szenarien, kann eine Ausbauentwicklung von rund 3,55 TWh erwartet werden. Je nach Entwicklungstendenz schwankt dieser Erwartungswert zwischen 5,44 und 1,86 TWh, was einer Bandbreite (schraffierter

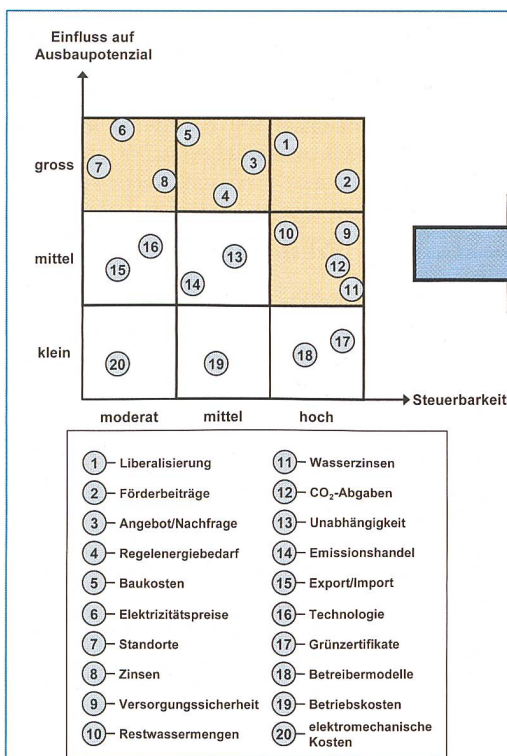


Bild 3 Mehrstufige Treiberanalyse.

Treiber	Ausrüstungs-ersatz	Gefällserhöhungen	Umbauten/Erweiterungen	Neubauten
1 Liberalisierung	11.7 %	9.7 %	10.8 %	12.3 %
2 Förderbeiträge	7.0 %	7.7 %	9.0 %	10.8 %
3 Angebot/Nachfrage	7.9 %	8.4 %	8.7 %	4.5 %
4 Regelenergiebedarf	1.1 %	1.9 %	3.5 %	6.0 %
5 Baukosten	2.3 %	7.5 %	6.1 %	7.4 %
6 Elektrizitätspreise	1.9 %	4.6 %	5.7 %	6.1 %
7 Standorte	1.9 %	4.6 %	2.9 %	6.1 %
8 Zinsen	2.8 %	3.1 %	5.0 %	6.1 %
9 Versorgungssicherheit	4.3 %	3.5 %	3.3 %	2.8 %
10 Restwassermengen	4.3 %	4.0 %	4.1 %	3.2 %
11 Wasserzinse	4.3 %	3.5 %	2.9 %	2.1 %
12 CO ₂ -Abgaben	3.8 %	3.1 %	2.9 %	2.5 %
13 Unabhängigkeit	6.6 %	5.5 %	5.8 %	5.6 %
14 Emissionshandel	6.6 %	5.5 %	5.1 %	4.4 %
15 Export/Import	5.3 %	4.4 %	4.9 %	4.9 %
16 Technologie	7.5 %	5.3 %	3.3 %	1.4 %
17 Grüne Zertifikate	5.8 %	4.8 %	3.5 %	2.1 %
18 Betreibermodelle	2.6 %	2.1 %	3.0 %	3.4 %
19 Betriebskosten	3.7 %	5.0 %	5.6 %	7.2 %
20 Elektromechanische Kosten	8.6 %	5.7 %	4.0 %	1.1 %

Bild 4 Dominante Treiber.

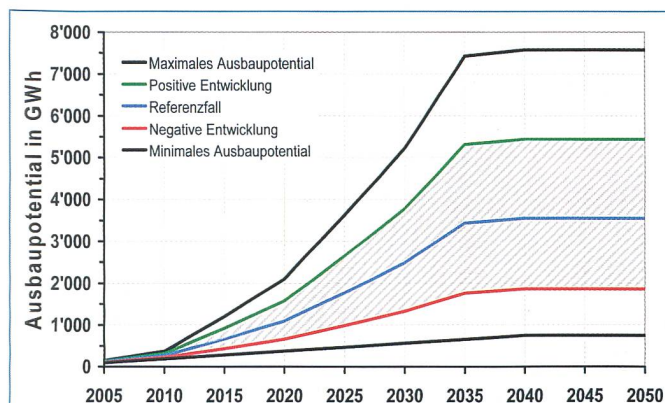


Bild 6 Ausbaupotenzial.

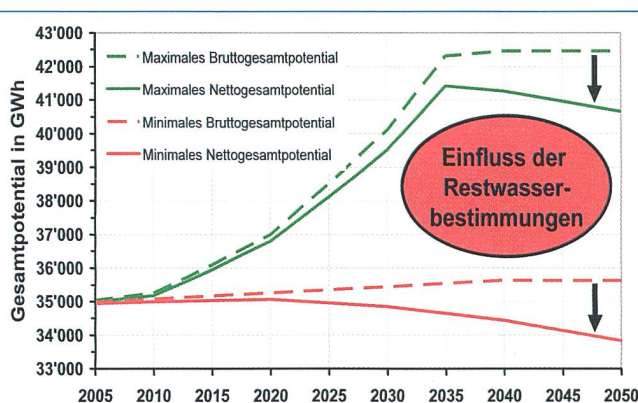


Bild 8 Gesamtpotenzial.

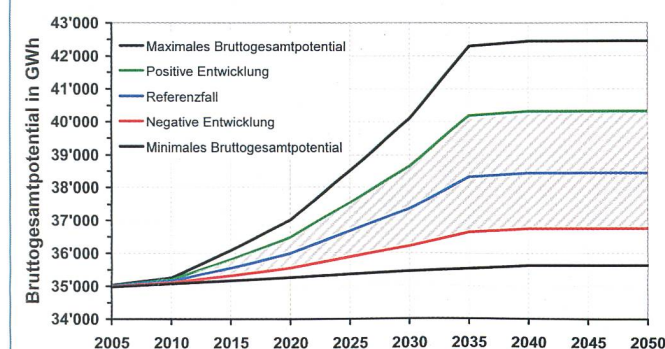


Bild 7 Bruttogesamtpotenzial.

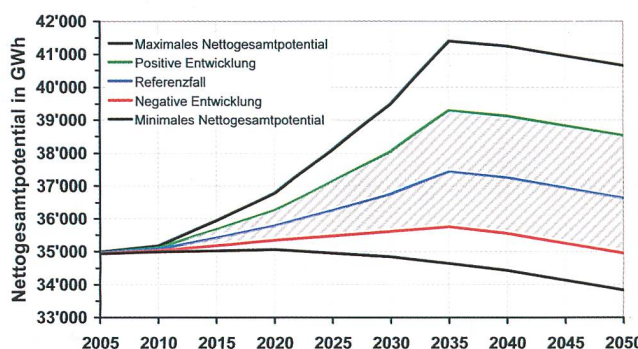


Bild 9 Nettogesamtpotenzial.

Teil) von rund 3,58 TWh entspricht (Bild 6). Bis 2010 erkennt man nur ein bescheidener Zuwachs, danach aber eine sukzessive Steigerung bis 2035 und schliesslich eine Abflachung bis 2050.

Dieser Zuwachs stellt nur 10% der heute erwarteten Energieproduktion dar, was in Anbetracht der langen Dauer eine bescheidene Steigerung ist. Nur mit einem klaren politischen Bekenntnis zur Wasserkraft könnte der Beitrag der Wasserkraft an die einheimische Produktion mehr gesteigert werden.

Das Gesamtpotenzial der Wasserkraft

Für die Gesamtbetrachtung des Wasserkraftpotenzials muss das bestehende Potenzial dazu addiert werden. Dies führt zu einer Erhöhung von heute 35 TWh auf rund 38,5 TWh im erwarteten Szenario und variiert zwischen 42,5 und 35,6 TWh für die positive resp. negative Entwicklung. Dieses Gesamtpotenzial wird als Bruttogesamtpotenzial bezeichnet (Bild 7).

Durch die Umsetzung des Gewässerschutzgesetzes sind alle Betreiber verpflichtet, die gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermengen einzuhalten. Aufgrund dieser Tatsache ist mit einem markanten Rückgang der jährlichen Produktion (rund 2 bis 1,8 TWh bis 2050) spätestens bei der Rekonzessionierung zu

rechnen (Bild 8). Das Nettogesamtpotenzial beinhaltet daher den Aspekt der Restwassermengen (Bild 9).

Sollte sich nur das minimale Szenario oder eine negative Entwicklung einstellen, so wird die Wasserkraftproduktion im besten Fall in den nächsten 45 Jahren auf dem heutigen Stand stagnieren.

Wasserkraftstrategie

Um der Wasserkraft als einheimische und CO₂-neutrale Energiequelle in Zukunft eine positive Entwicklung zu garantieren, muss in der Gesetzgebung (StromVG und CO₂-Abgaben) eine ihr gebührende Stellung eingeräumt werden. Gleichzeitig sollte das Konzessionsver-

fahren und die Umweltverträglichkeitsprüfungen gestrafft und verkürzt sowie das Verbandsbeschwerderecht überdacht werden. Nur ein klarer politischer Wille und eine wirkungsvolle Kooperation mit der EU garantieren uns auch in Zukunft eine starke Präsenz der Wasserkraft.

Schlussfolgerung

Die Energie aus Wasserkraft ist regenerierbar, CO₂-frei und eine einheimische industriell nutzbare Ressource. Das verbleibende und beschränkte Ausbaupotenzial verdient daher optimale Rahmenbedingungen. Folglich müssen die wirtschaftlichen, politischen und ökologischen Signale endlich gesetzt werden.

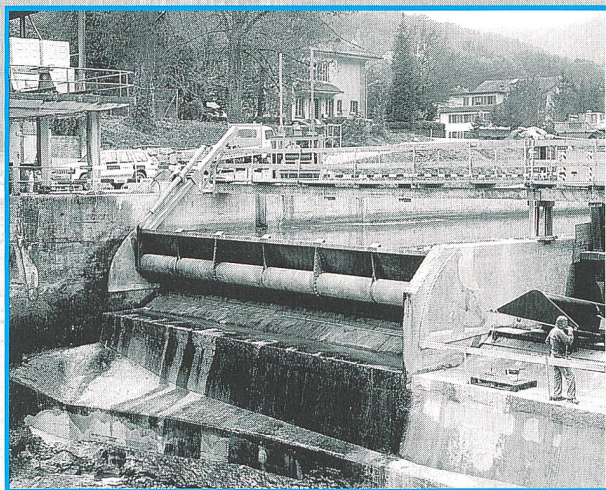
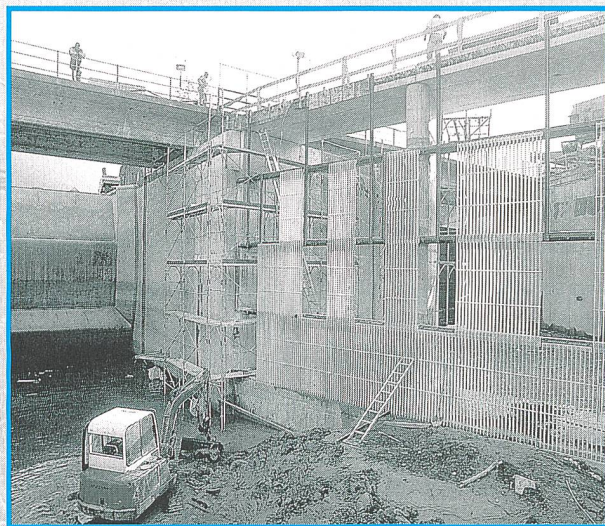
Le potentiel de l'énergie hydraulique: scénarios

Selon les divers scénarios, on peut s'attendre à un essor de l'extension des centrales hydrauliques d'environ 3,55 TWh. Selon l'évolution, cette valeur attendue oscille entre 5,44 et 1,86 TWh, ce qui correspond à une fourchette d'environ 3,58 TWh. D'ici à 2010, on assistera à une croissance modeste, puis à une augmentation par étapes jusqu'en 2035 et finalement à un ralentissement jusqu'en 2050. En conséquence, le potentiel global de la force hydraulique passerait d'actuellement 35 TWh à environ 38,5 TWh dans le scénario attendu et varierait entre 42,5 et 35,6 TWh selon l'évolution positive et négative.

Wir sind

Spezialisten

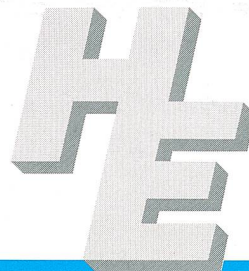
im Stahlwasserbau



Segmentschützen
Segmentschützen mit Aufsatzklappen
Klappen
Roll-Tafelschützen
Gleit-Tafelschützen
Stahldammbalken
Leichtmetalldammbalken
Nadel-Notverschlüsse
Einlaufrechen
Rechteckige und runde Drucktüren
Druckleitungen und Panzerungen

H. Erne Metallbau AG
CH-5316 Leuggern, Steiächer

Tel. +41 56 268 00 20 • Fax +41 56 268 00 21 • www.h-erne.ch



Metall-/Stahlbau • Stahlwasserbau • Sonderkonstruktionen • Umwelttechnik
Anlage- und Apparatebau • Montagen/Revisionen