Perspektiven der Schweiz im weltweiten Ausbau der Wasserkraft

Autor(en): **Schleiss, Anton**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 23

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902139

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die in den nächsten Jahrzehnten dringend benötigte Kompetenz zur Erneuerung und Optimierung unserer Speicherkraftwerke kann derzeit nur erhalten werden, wenn alle Akteure die Herausforderungen auf dem weltweiten Markt suchen. Die Schweiz hat die besten Voraussetzungen, um eine führende Rolle im weltweiten Ausbau der Wasserkraft zu übernehmen. Ein gemeinsames Vorgehen im Rahmen einer Pool-Organisation könnte diese Vision Wirklichkeit werden lassen.

Perspektiven der Schweiz im weltweiten Ausbau der Wasserkraft

■ Anton Schleiss

Die Wasserkraft in der Schweiz hat seit den sechziger Jahren einen starken energiepolitischen Wandel durchlebt, welchen man vereinfacht mit den Stichworten «weisse Kohle» – «Umweltverträglichkeit» – «nicht amortisierbare Investitionen» umreissen könnte. Im folgenden Artikel wird diese Entwicklung kurz nachgezeichnet sowie die Ausgangslage der Wasserkraft in der Schweiz erläutert.

Anschliessend wird die Rolle der Schweiz im weltweiten Ausbau der Wasserkraft anhand einer möglichen Vision dargestellt. Als Basis dazu dient ein Entwurf von denkbaren kurz- und mittelfristigen Szenarien.

Wasserkraft im Wandel der Energiepolitik

Die Blütezeit der Wasserkraft in der Schweiz fand nach dem Zweiten Weltkrieg bis Ende der sechziger Jahre statt [1]. Die Wasserkraft wurde damals stolz als weisse Kohle bezeichnet, welche die wirtschaftliche Entwicklung unseres Landes massgebend beeinflusste. Ab den siebziger Jahren begann der Endausbau der noch verbleibenden Möglichkeiten; heute sind bereits über 80% des technisch und 90% des wirtschaftlich nutzbaren Potentials erschlossen. Mit steigendem Umweltbewusstsein der Bevölkerung stiessen zuerst die Neubauprojekte, anschliessend auch die Erweiterungsprojekte zunehmend auf Schwierigkeiten. Mit dem Umweltschutzgesetz wurde ab 1985 für die Wasserkraftanlagen eine Umweltverträglichkeitsprüfung zwingend vorgeschrieben. Dieses Gesetz wirkte sich wegen der langwierigen Verfahrensprozeduren anfänglich stark bauverzögernd und mehrheitlich bauverhindernd aus [2, 3]. Ein Hauptgrund zu Beginn war sicher auch die fehlende Gesprächskultur und -bereitschaft zwischen Bauherrn und Umweltschutzorganisationen.

Zusammen mit dem Kernenergiemoratorium wurde 1990 der Energieartikel gutgeheissen, welcher dem Bund die Kompetenz für eine wirksame und zukunftsgerichtete Energiepolitik sowie den Auftrag für konkrete Massnahmen zur sparsamen und rationellen Energieverwendung und zur Nutzung erneuerbarer Energien erteilte. Zu diesem Zeitpunkt stieg der Energie- und Elektrizitätsverbrauch jährlich noch kontinuierlich an. Als Konsequenz des Energieartikels wurde 1991 das Aktionsprogramm Energie 2000 gestartet, welches hauptsächlich den Gesamtverbrauch der fossilen Energien und der damit verursachten CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2000 mindestens stabilisieren und anschliessend senken möchte. Neben weiteren Zielen soll die Wasserkraftnutzung zwischen 1990 und 2000 um 5% erhöht werden,

Adresse des Autors
Prof. Dr. *Anton Schleiss*, Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH)
Institut d'hydraulique et d'énergie
EPFL, 1015 Lausanne

was einen Zuwachs von jährlichen Produktionsmöglichkeiten von 1640 GWh bedeutet [4]. Anfang 1998 war dieses Ziel zu 55% erreicht; mit den zurzeit in Bau befindlichen Anlagen dürfte der Erfüllungsgrad bis 2000 bestenfalls auf 75% steigen. Um die Zielerreichung zu erleichtern, wurde eine Konfliktlösungsgruppe Wasserkraft eingesetzt. Sie überprüfte das Potential der Ausbaumöglichkeiten und gab 1995 die Empfehlung ab, mögliche Konflikte bereits in der Projektierungsphase durch Gespräche zwischen Betroffenen und Umweltschutzorganisationen zu lösen.

Im gleichen Zeitraum hat die Wasserkraft verschiedentlich Einschränkungen erfahren. Im Jahre 1992 wurde die Revision des Gewässerschutzgesetzes gutgeheissen, welche unter anderem verschärfte Vorschriften für die Mindestrestwassermengen bei den Wasserkraftanlagen beinhaltet. Dadurch ist zu erwarten, dass sich die jährlichen Produktionseinbussen nach Sanierung aller Restwasserstrecken (bzw. nach Erneuerung sämtlicher Konzessionen bis zum Jahre 2070) auf 2600 GWh bis 5000 GWh belaufen werden. Diese Bandbreite resultiert aus der im Gesetz vorgesehenen Interessenabwägung durch die Vollzugsbehörden (Kantone) [5, 6]. Mit der Teilrevision des Bundesgesetzes wurde 1996 das Wasserzinsmaximum von 54 auf 80 Franken pro Kilowatt Bruttoleistung erhöht, was den Strom aus der Wasserkraft bei Ausnützung des Maximums um 0,37 Rappen pro Kilowattstunde verteuert.

Zu Beginn der neunziger Jahre begann sich ein umweltpolitischer Konsens bei Erweiterungsprojekten von Wasserkraftanlagen abzuzeichnen. Dies war dem Umstand zuzuschreiben, dass ökologische Belange in frühen Projektphasen bei der Auslegung der Anlagen bereits berücksichtigt wurden und frühzeitig Gespräche mit den Betroffenen und den Umweltschutzvertretern aufgenommen wurden. Mit Mauvoisin II beispielsweise erhielt 1994 erstmals ein Grossprojekt die Baubewilligung, ohne dass eine einzige Einsprache seitens der Umweltschutzorganisationen zu verzeichnen war. Bei diesem Projekt verzichtete aber auch erstmals eine Kraftwerksgesellschaft aus wirtschaftlichen Gründen vorläufig auf den Baubeschluss [7]. Wegen der schwierigen Wirtschaftslage begann der Stromverbrauch in der Schweiz 1993 erstmals seit 1973 wieder abzunehmen. Im europäischen Verbundnetz traten ab 1994 Stromüberschüsse auf, welche bis heute andauern. Gleichzeitig begannen sich Marktöffnung und Liberalisierung im Elektrizitätssektor [8] abzuzeichnen, was die Unsicherheiten von Investitionen in die Wasserkraft drastisch erhöhte. Bei einzelnen neueren Anlagen begann man gar von «nicht amortisierbaren Anlagen» zu sprechen. Eine Befürchtung, die wohl nur bei einer äusserst ungünstig verlaufenden Marktöffnung zutreffen dürfte.

Ausgangslage in der Schweiz

Wie erwähnt, ist das wirtschaftlich nutzbare Potential in der Schweiz bereits stark ausgeschöpft; der Ausbaugrad beträgt über 90%. Die Wasserkraft hat eine herausragende Bedeutung an der Elektrizitätsversorgung; 57% unseres Stromes werden in 490 Wasserkraftzentralen produziert (Stand am 1.1.1998). Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass die Wasserkraft eine volkswirtschaftlich wichtige Rolle spielt, welche sich nicht nur auf den Inlandmarkt begrenzt. So hat die hydraulische Energieerzeugung, abgesehen vom Stromhandel in Europa, einen nicht zu unterschätzenden Anteil an der Exportindustrie; elektrische, mechanische, stahlwasserbauliche und sonstige Ausrüstungen werden von Industriekonzernen, aber auch von Klein- und Mittelbetrieben auf den Weltmarkt geliefert. Auch viele im Wasser- und Untertagebau spezialisierte Bauunternehmungen sind international tätig. Private Ingenieurunternehmungen sind seit den sechziger Jahren am weltweiten Ausbau der Wasserkraft beteiligt. Sie haben am Bau von 120 grossen Talsperren mitgewirkt. Schliesslich hat die Wasserkraft in der Schweiz einen bedeutenden Stellenwert in der Lehre und Forschung an den technischen Hochschulen in Lausanne und Zürich.

Neben der Hauptfunktion, der eigentlichen Erzeugung von Strom, können die Wasserkraftwerke mit Stauseen in einem Stromversorgungsnetz noch weitere Aufgaben übernehmen wie Abdeckung von Verbrauchsspitzen, Veredelung von Bandenergie, Frequenz-, Leistungs- und Spannungsregulierung sowie Reservehaltung. Diese Aufgaben sind neben den

60. Geburtstag von Professor Gérard Sarlos

Professor Sarlos feiert dieses Jahr seinen 60. Geburtstag und gleichzeitig 25 Jahre Tätigkeit an der ETH Lausanne. Nach Zwischenstationen als Lehrbeauftragter und Gastprofessor wurde Sarlos 1979 zum ausserordentlichen und 1987 zum ordentlichen Professor für Energiesysteme an der ETH Lausanne (ETHL) ernannt. Seither ist er als Direktor des Lasen (Laboratoire des systèmes énergétiques) tätig.

Seine Berufskarriere begann er 1962 mit dem Diplom als Maschineningenieur an der ETH Zürich. Nach einer Assistenzzeit am Lehrstuhl für hydraulische Maschinen wechselte er 1964 an das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung (EIR), wo er 1967 eine Gruppe für die Sicherheit von nuklearen Anlagen gründete. Ab 1970 leitete er die Studienabteilung des EIR und war unter anderem für die Entwicklung der Kernkraftwerkszentralen der 2. Generation mitverantwortlich.

Stellvertetend für seine vielfältigen Tätigkeiten an der ETHL seien nachfolgend einige Schwerpunkte erwähnt:

- Im Rahmen der Forschungstätigkeit am Lasen entwickelt Prof. Sarlos Methoden zur Analyse von Energiesystemen und Energie-Infrastrukturanlagen.
- Vor über zwanzig Jahren gründete er die vielbeachteten Nachdiplomkurse Energie, die seit 1990 in Zusammenarbeit mit anderen ausländischen Hochschulen als Nachdiplomstudium durchgeführt werden.
- Prof. Sarlos engagiert sich mit verschiedenen Programmen stark für die Entwicklung der Energieversorgung in Afrika und Asien. 1991 bis 1995 war er Delegierter der ETHL für internationale Beziehungen und seit 1995 ist er verantwortlich für den «Pôle Chine».
- Zusammen mit anderen Kollegen gründete er das Forschungs- und Ausbildungszentrum für integrierte Energietechnologien (Crete), welches heute 13 Forschungslabors der ETHL umfasst und von Prof. Sarlos präsidiert wird.

Als gebürtiger Grieche und Bürger von Brugg im Kanton Aargau ist Prof. Sarlos eine kosmopolitische Persönlichkeit, welche sich durch Eigenschaften wie Dynamik, die ständige Suche nach der Verbesserung, Überzeugungskraft, Flexibilität und Leadership auszeichnet.

Im Namen der ETH Lausanne danke ich Prof. Sarlos herzlich für die geleisteten Dienste und wünsche ihm weiterhin viel Erfolg in seiner Tätigkeit.

Prof. *Jean-Claude Badoux*, Präsident ETH Lausanne

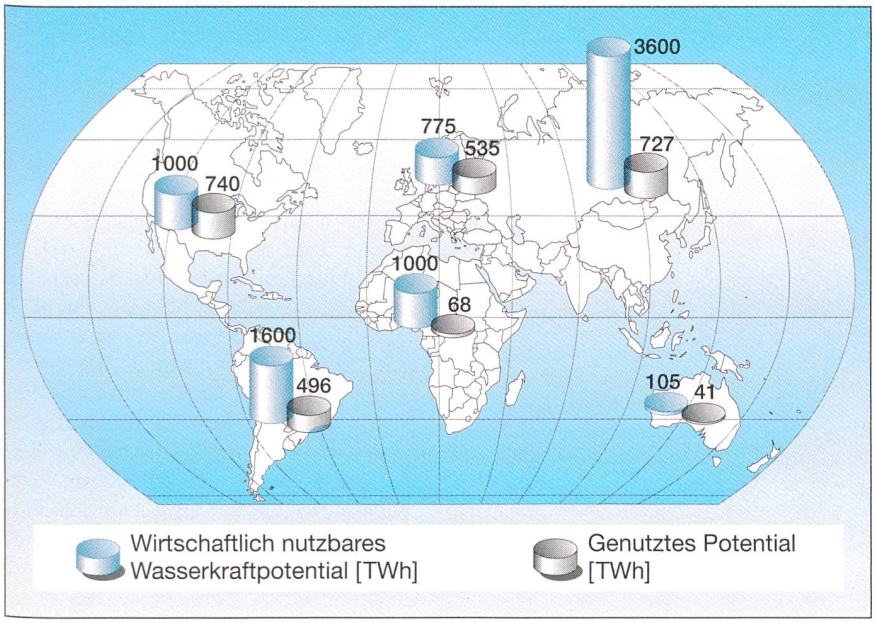


Bild 1 Vergleich des wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraftpotentials mit den bereits genutzten Möglichkeiten in den verschiedenen Kontinenten

ökologischen Vorteilen (Erneuerbarkeit und Emissionsfreiheit) die eigentlichen Trümpfe der heimischen Wasserkraft. Diese Trümpfe gilt es in einem erweiterten und liberalisierten europäischen Stromverbund auszuspielen. Kurzfristig geht es darum, die Substanz und Sicherheit unserer Anlagen auch in wirtschaftlich angespannten Zeiten zu erhalten. In den nächsten Jahrzehnten müssen die in der Blütezeit erstellten Speicherkraftwerke erneuert werden. Dies wird Kosten in einer Grössenordnung von etwa 10 bis 20 Mia. Franken verursachen. Neben der Modernisierung wird dabei auch eine Optimierung dieser Anlagen für die geänderten Marktbedingungen erforderlich sein. Es wird darum gehen, die Leistung der Speicherkraftwerke zu erhöhen, damit sie noch in stärkerem Masse zur Produktion von Spitzenenergie und zur Frequenzregulierung im europäischen Verbundnetz herangezogen werden können. Doch genügen diese eher langfristigen Aufgaben für den unmittelbaren Erhalt der wichtigen Kernkompetenz «Wasserkraft» in der Schweiz? In Anbetracht der allgemein schwierigen Wirtschaftslage hat sich auch im Wasserkraft- und Energiesektor kurzfristiges Denken breitgemacht, so dass zurzeit keine langfristigen Investitionen getätigt werden. Diese Investitionslücke könnte überbrückt werden, indem die Herausforderungen noch stärker weltweit gesucht würden. Um nicht an Leistungs- und Konkurrenzfähigkeit einzubüssen, muss also die Vision aller Akteure in der Wasserkraft der Schweiz lauten:

«Die Schweiz übernimmt im nächsten Jahrhundert eine führende Rolle im weltweiten, umweltschonenden Ausbau der Wasserkraft.»

Ist diese Rolle mit den weltweiten Möglichkeiten überhaupt verträglich? Dass die proklamierte Vision der Schweiz durchwegs ihren Nährboden hat, soll mit einem Abriss der mittelfristigen Szenarien, in welchen die Wasserkraft in Europa und weltweit steht, gezeigt werden.

Mittel- und kurzfristige Szenarien

Beurteilungskriterien

Im folgenden werden verschiedene mittelfristige Szenarien für die Wasserkraft, das heisst für einen Zeitraum von 10 bis 20 Jahren, entwickelt. Die Szenarien werden mit den Stichwörtern Wirtschaftswachstum, Stromnachfrage, Liberalisierung und Privatisierung des Strommarktes, CO2-Problematik und Umweltbewusstsein, Technologie (hydraulische und thermische Stromerzeugungsanlagen), Energieversorgungsunternehmen sowie Ingenieurleistungen charakterisiert. Dabei steht die wahrscheinlichste Entwicklung im Mittelpunkt; zwei Extremszenarien werden am Rande betrachtet.

Wahrscheinliches Szenario

Wirtschaftswachstum und Stromnachfrage

In der Schweiz wie auch in Europa wird ein sehr geringes Wirtschaftswachstum (1%), verbunden mit einer Zunahme der Arbeitslosigkeit, anhalten. Stromüberschüsse mit teilweise kaum kostendeckenden Strompreisen am europäischen Spotmarkt kennzeichnen die Lage in den nächsten Jahren. Die Entwicklung in Osteuropa ist dabei entscheidend. Der wirtschaftliche «Turnaround» wird dort nur von einzelnen Ländern erreicht. Der Export von Billigstrom aus veralteten thermischen Anlagen vom Osten nach Westeuropa wird deshalb eher noch zunehmen und die Situation am Spotmarkt verschärfen.

In Lateinamerika schreitet die wirtschaftliche Gesundung weiter voran, dadurch steigt der Strombedarf wieder an. Erst 31% des wirtschaftlichen Wasserkraftpotentials sind in Südamerika genutzt (Bild 1). In mehreren Ländern hängt die Stromversorgung nahezu vollständig von der Wasserkraft ab, wie zum Beispiel in Brasilien (96%) oder Paraguay (99,9%). Zurzeit sind Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von 18 000 MW im Bau, über die Hälfte davon in Brasilien und ein Viertel davon in Venezuela. Insgesamt sind 35–40 GW in Planung [9].

In Asien war in den aufstrebenden Märkten, den sogenannten Emerging Markets (Thailand, Malaysia, Indonesien, Philippinen, Indochina, Burma), lange ein sehr starkes Wirtschaftswachstum zu verzeichnen, welches sich infolge der derzeitigen Wirtschaftskrise verlangsamt hat. Der Bedarf an Elektrizität ist aber weiterhin steigend, man rechnet mit 4000 MW pro Jahr. Insgesamt sind bereits 5800 MW im Bau. In gewissen Ländern herrscht vor allem ein Mangel an Spitzenenergie und Möglichkeiten zur Veredelung von Strom aus thermischen Kraftwerken. Thailand beispielsweise plant, bis 2007 Pumpspeicherwerke mit einer Leistung von rund 1500 MW in Betrieb zu nehmen.

Indien nimmt zunehmend an dieser Entwicklung teil; die steigende Stromnachfrage verschärft die bereits heute vorhandenen Versorgungsschwierigkeiten. In den nächsten fünf bis zehn Jahren sind deshalb zusätzliche jährliche Erzeugungskapazitäten von 10 bis 20 GWh geplant. Das technisch nutzbare Wasserkraftpotential in Indien ist erst zu 12% ausgenutzt; zurzeit sind rund 10 000 MW im Bau, 28 000 MW sind in der Planungsphase. Nicht zuletzt hat auch China riesige Bedürfnisse. Das Nachfragewachstum an Leistung beträgt etwa 15 GW pro Jahr. Bis ins Jahr 2010 möchte China die Leistung der hydraulischen Stromerzeugung um 125 GW erhöhen. 50 000 MW sind bereits im Bau [9].

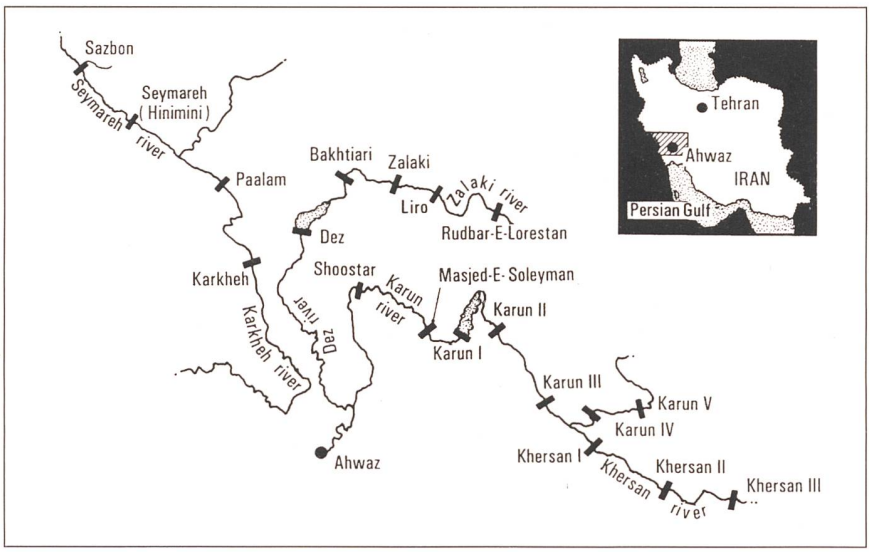


Bild 2 Situationsplan der Mehrzweckanlagen in den Einzugsgebieten der Flüsse Karun, Krakheh und Dez im Iran

Bestehende Anlagen: Karun I (2000 MW), Dez (520 MW). Im Bau: Karun III (3000 MW), Karun IV (1000 MW), Masjed E-Soleyman (2000 MW), Shooshtar (2000 MW), Sazbon (500 MW), Seymareh (640 MW), Karkheh (400 MW). Übrige Anlagen in Planung.

Im Nahen Osten führen die Wasserknappheit und der wachsende Strombedarf zu weiteren hydraulischen Mehrzweckanlagen; die Realisierung von Projekten wird bei steigendem Ölpreis stark zunehmen. Eine erstaunliche Entwicklung ist bereits im Iran im Gange. Wasserkraftwerke als Mehrzweckanlagen mit einer Leistung von 7500 MW befinden sich in der Bauphase, welche nicht weniger als 37 grosse Talsperren (>60 m) beinhaltet. Bis ins Jahr 2020 soll der heute bei 15% liegende Nutzungsgrad des Wasserkraftpotentials auf 80% erhöht werden. Damit gewinnt die Wasserkraft gegenüber dem Erdöl eine wesentlich bedeutendere Rolle an der Energieversorgung. Das wirtschaftliche Wasserkraftpotential im Iran beträgt 50 TWh, wobei sich 45 TWh auf die Einzugsgebiete der Flüsse Karun, Karkheh und Dez konzentrieren (Bilder 2 und 3).

Schliesslich haben auch viele Länder Afrikas einen grossen Nachholbedarf. Das wirtschaftlich und technisch nutzbare Wasserkraftpotential von 1 Mio. GWh ist erst zu rund 7% ausgebaut (Bild 1). Zurzeit sind erst 20 850 MW installiert und nur 2700 MW im Bau. In den meisten Ländern hängt die Elektrizitätsversorgung vorwiegend von der Wasserkraft ab. Gemäss den Prognosen der Weltenergiekonferenz von 1995 wird bis 2050 weltweit nahezu mit einer Verdoppelung der Produktionsmöglichkeiten der Wasserkraft gegenüber heute gerechnet (Bild 4).

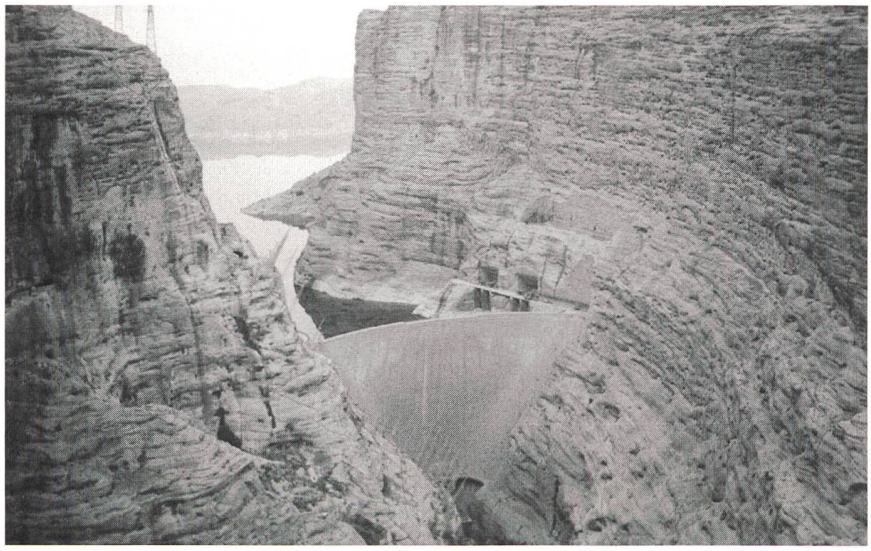


Bild 3 Bogenstaumauer Dez (max. Höhe 203,5 m) mit Wasserkraftzentrale am Fuss (520 MW)

Liberalisierung und Privatisierung

Der Entwurf des schweizerischen Elektrizitätsmarktgesetzes sieht eine schrittweise Marktöffnung in den kommenden neun Jahren vor. Das Gesetz beinhaltet auch eine Priorisierung (bevorzugte Durchleitung) der erneuerbaren Energien, eine Entschädigung der nicht amortisierbaren Investitionen sowie Beiträge zur Erhaltung und Erneuerung bestehender Wasserkraftanlagen. Für diese Zuwendungen soll ein spezieller Fonds geschaffen werden, welcher mit einem Zuschlag auf den Strompreis gespeist würde. Verschiedene Vernehmlassungen tendieren eher in Richtung einer Lenkungsabgabe auf nicht erneuerbaren Energien, deren Erträge zur Förderung der erneuerbaren Energien inklusive der Wasserkraft verwendet werden sollten. Dies würde gleichzeitig eine Priorisierung der erneuerbaren Energien und somit eine Wettbewerbsverzerrung erübrigen. Zudem blieben auch neuere Wasserkraftanlagen konkurrenzfähig und könnten ihre Abschreibungen ordnungsgemäss vornehmen.

Die EU-Richtlinie sieht ebenfalls eine schrittweise Marktöffnung vor. Bis zum Jahr 2003 sollen mindestens 33% des Marktes geöffnet werden. Über eine weiterreichende Öffnung ab 2006 soll aufgrund der Erfahrungen entschieden werden. Die Liberalisierung und eigentliche Privatisierung wurde zuerst in Grossbritannien und Skandinavien vollzogen. Die osteuropäischen Staaten werden vermutlich ein schnelleres Tempo als die EU einschlagen.

In Lateinamerika schreitet die Privatisierung nicht zuletzt wegen der hohen Staatsverschuldungen zügig voran. Dies gilt ebenfalls für die aufstrebenden Märkte in Asien. Indien verbessert die rechtlichen Grundlagen für private ausländische Investoren. China dürfte mittelfristig Selbstversorger bleiben.

CO_2-Problematik und Umweltbewusstsein

Das Umweltbewusstsein der Bevölkerung in Europa verstärkt sich, tritt aber wegen der vorrangig wirtschaftlichen Themen etwas aus dem Rampenlicht der Medien. Die Schweiz wird sich vermutlich im Alleingang zu CO_2-Lenkungsabgaben durchringen, die Europäische Union wird später folgen. Dadurch zeichnen sich mittelfristig für alle erneuerbaren Energien Vorteile ab, die je nach Verwendung dieser Abgaben grösser oder kleiner ausfallen können.

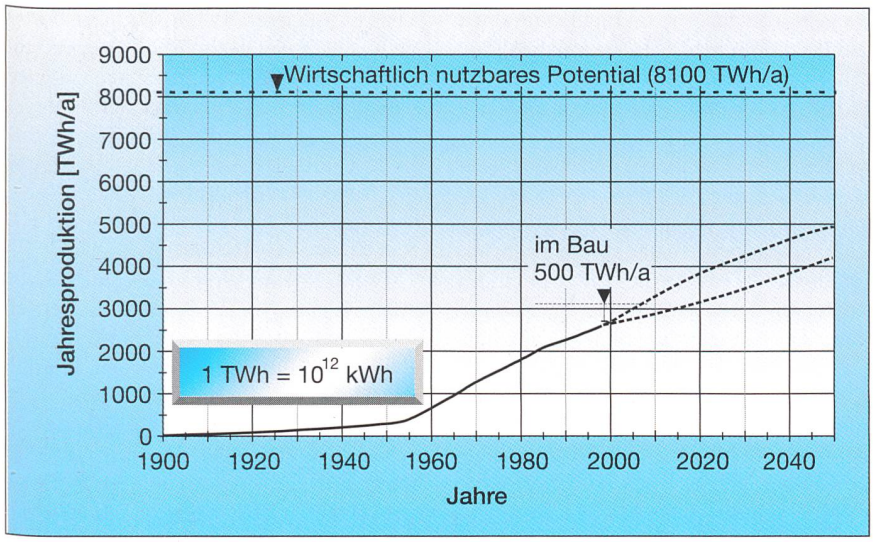


Bild 4 Entwicklung der weltweiten Jahresproduktion der Wasserkraftwerke seit 1900 mit Bandbreite der Ausbauprognosen bis 2050 gemäss Weltenergiekonferenz 1995

In Lateinamerika und Asien werden die Umweltaspekte noch vorwiegend durch die internationalen Umweltschutzorganisationen (mit entsprechendem Medieneffekt) vertreten. Internationale Finanzierungsinstitute machen ihre Kredite zunehmend von der Umweltverträglichkeit der Projekte abhängig.

Technologie

Die Leistungssteigerung in den schweizerischen Kernkraftwerken (10% gemäss Energie 2000) stösst zunehmend auf Schwierigkeiten. Bei der Wasserkraft stehen mittelfristig (5–10 Jahre) keine grösseren Ausbau- und Erweiterungsvorhaben an. In Westeuropa wird die Kernenergie nicht mehr ausgebaut. Investitionen, ausser in einige kleinere und mittleren Anlagen, finden in der Wasserkraft kaum noch statt. Technisch veraltete Braunkohlekraftwerke müssen mittelfristig aus Umweltgründen ausser Betrieb genommen werden.

In Lateinamerika und Asien ist ein Ausbau der Kernenergie aus politischen Gründen eher unwahrscheinlich. Günstigere Baumethoden und alternative Finanzierungsmodelle verschaffen der Wasserkraft auch in Billiglohnländern zunehmend Kostenvorteile gegenüber den konventionellen thermischen Anlagen (Öl, Kohle). Bei unlösbaren Umweltproblemen bei Grossprojekten besteht aber die Gefahr, dass wieder auf Kohlekraftwerke ausgewichen wird.

Energieversorgungsunternehmen

In der Schweiz und in Europa werden nicht zuletzt wegen der anhaltenden Stromüberschüsse und des Rückzugs der Banken aus dem Energiesektor zunehmend Fusionen zwischen grösseren Energieversorgungsunternehmen stattfinden. Dafür werden vermutlich andere Institute (z.B. Versicherungen, Pensionskassen) vermehrt als Geldanleger in der langfristigen Energieversorgung auftreten.

Ingenieurleistungen

Das Auftragsvolumen im Bereich der traditionellen Beratertätigkeit für Bauherren respektive Kraftwerksgesellschaften wird abnehmen. Ingenieurleistungen für Generalunternehmer, private Investoren und Konsortien im Rahmen von «Build-Operate-Own/Build-Operate-Transfer»-Projekten (BOO/BOT) wird zukünftig die Regel sein. Bei internationalen Privatisierungsprogrammen treten Leistungen wie Betrieb und Unterhalt in den Vordergrund. Die Lieferung von Wasserkraftanlagen als komplette Systemeinheiten, wie dies beispielsweise bei Gasturbinenkraftwerken durch sogenannte EPC-Unternehmer (Engineering Procurement Construction) schon heute der Fall ist, dürfte insbesondere in Lateinamerika, Asien und Afrika zu einem wichtigen Investitionsmodell werden.

Extremszenarien

Ein pessimistisches Szenario ist durch eine anhaltende Wirtschaftskrise (Nullwachstum) in der Schweiz und in Europa gekoppelt mit einer verschärften Krise in Südostasien gekennzeichnet. Unwirtschaftliche Kraftwerke werden abgestellt oder die Konzessionen nicht mehr erneuert. Der Ausstieg aus der Kernenergie wird eingeleitet. Wegen der Staatsverschuldungen schreiten Liberalisierung und Privatisierung schneller voran. CO_2-Steuern und Abgaben zur Sanierung der Staatshaushalte werden zügig eingeführt. Die Entwicklung in der übrigen Welt entspricht dem wahrscheinlichsten Szenario.

Im optimistischen Fall setzt in der Schweiz und in Europa ein verstärktes Wirtschaftswachstum ein (2–4% jährlich). Anstelle der Stromüberschüsse treten wieder Versorgungsengpässe, zuerst vorwiegend im Winterhalbjahr auf. In Osteuropa findet ein grosser Aufschwung statt; die Strompreise im europäischen Spotmarkt steigen stark an. Veraltete thermische Anlagen können in Osteuropa ausser Betrieb genommen werden. Das Umweltbewusstsein der Bevölkerung nimmt stark zu; CO_2-Lenkungsabgaben werden in der Schweiz und in Westeuropa (EU) eingeführt. Die Ausbauvorhaben bei den bestehenden Speicherkraftwerken in den Alpen werden zügig in Angriff genommen, insbesondere die geplanten Leistungserhöhungen.

Die übrigen Aspekte entwickeln sich wie im wahrscheinlichsten Szenario, aber in stärkerem Masse. Dies trifft auch für die übrige Welt zu, insbesondere Ostasien erlebt wieder ein grosses Wirtschaftswachstum.

Träger der Vision und deren Aufgaben

Bündelung der Kräfte

Wahrscheinliche wie extreme Szenarien zeigen, dass die vorgeschlagene Vision nicht nur eine Möglichkeit, sondern eine Notwendigkeit ist, um die Kernkompetenz «Wasserkraft» in der Schweiz mittel- und langfristig zu erhalten. Alle Akteure müssen neue Herausforderungen im globalen Markt suchen, welcher durch die zunehmende Liberalisierung grosse Chancen bietet. Dies könnte am besten durch die Bündelung der Kräfte aller Akteure geschehen, indem sich die Hauptbeteiligten beispielsweise zu einer firmen- und länderübergreifenden Pool-Organisation zusammenschliessen (Bild 5). Zweck

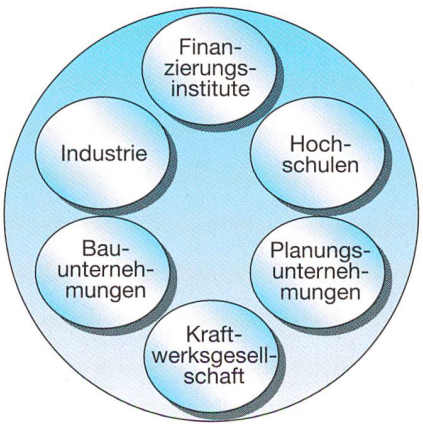


Bild 5 Akteure der Pool-Organisation Wasserkraft

dieser Organisation wäre es, nach aussen gemeinsam und gestärkt aufzutreten sowie ein Reservoir zu bilden, aus welchem gut eingespielte Grosskonsortien oder gar Systemlieferanten (EPC-Unternehmungen) für Wasserkraftprojekte im Ausland von Fall zu Fall gegründet werden könnten. Im weiteren müsste dieser Pool den Markt aktiv bearbeiten und die interessanten Projekte frühzeitig identifizieren. Wer sind aber die möglichen Mitwirkenden einer solchen Pool-Organisation, und – ausgehend von ihren Stärken – was wären ihre Aufgaben?

Industrie

Ein wichtiger Akteur sind die Industrieunternehmungen als Lieferanten der elektrischen, mechanischen, stahlwasserbaulichen und sonstigen Ausrüstungen, die je nach Projekt bis zu zwei Dritteln der Erstellungskosten ausmachen können. Die Lieferanten weisen eine langjährige internationale Erfahrung auf. Innovative Lösungen bei der Fertigung und verbesserte Materialien können zukünftige Wettbewerbsvorteile schaffen. So besteht beispielsweise bereits heute die Möglichkeit, Peltonräder (Microguss) mit Schweissgut aufzubauen oder aus einem geschmiedeten Stück zu fräsen, was gegenüber konventionell gegossenen Rädern erhebliche Festigkeitsvorteile bringt. Falls bezüglich der Stromübertragung bei der Supraleitertechnologie ein Durchbruch gelingt, ergeben sich für die oft weitab von den Verbrauchszentren gelegenen Wasserkraftwerke weitere Vorteile.

Bauunternehmungen

Die Bauunternehmungen haben einen starken Strukturwandel durchlebt und dadurch zwangsläufig einen hohen Rationalisierungsgrad erreicht. Langjährige Erfahrungen bei Untertagebauten unter geologisch schwierigen Bedingungen sowie bei mechanischen Tunnelvortrieben spielen auch bei grossen Wasserkraftprojekten in Asien und Südamerika eine entscheidende Rolle. Der Umgang mit den geologischen Risiken ist der Schlüssel zum Erfolg eines Grosskonsortiums. Die schweizerischen Bauunternehmungen könnten deshalb wieder vermehrt an ausländischen Grossprojekten mitwirken, vor allem wenn das Risiko im Rahmen eines Grosskonsortiums oder Generalunternehmers (EPC) verteilt ist. Dabei steht natürlich nur ein Export von Know-how im Vordergrund. Die Rekrutierung der Arbeitskräfte dürfte in der Regel vor Ort vonstatten gehen. Revolutionäre, noch stärker automatisierte und sichere Vortriebsmethoden im Untertagebau werden in naher Zukunft zu entwickeln sein. Dasselbe trifft für neue, bahnbrechende Erkundungsmethoden zu.

Planungsunternehmen

Planer – gemeint sind sowohl Ingenieure als auch Naturwissenschafter und Ökologen – müssen im Rahmen von Build-Operate-Own/Build-Operate-Transfer-Projekten neue Rollen übernehmen (Bild 6). Reine Ingenieurleistungen für den Bauherrn als alleinigen Partner treten immer mehr in den Hintergrund; die Leistungen müssen als integrierender Bestandteil einer Gesamtanlage erbracht werden. In Zukunft gefragt sind zudem nicht mehr technische «Luxusprojekte», wie sie vielfach im Alpenraum im Hinblick auf eine 80jährige Konzessionszeit realisiert wurden. Verlangt werden optimale Wasserkraftanlagen bezüglich Investitionen, Realisierungszeit und Betriebskosten, die dem absolut Notwendigen, aber nicht unbedingt dem Wünschbaren gerecht werden. Die grosse Erfahrung in der Berücksichtigung von Umweltbelangen bei Wasserkraftprojekten ist eine der Stärken unserer Planungsunternehmen und kann in den neuen Märkten zum Vorteil werden. Umweltprobleme müssen bereits in frühen Projektstadien in enger Zusammenarbeit mit Ökologen und Landschaftsplanern bei der Auslegung der Anlagen berücksichtigt werden.

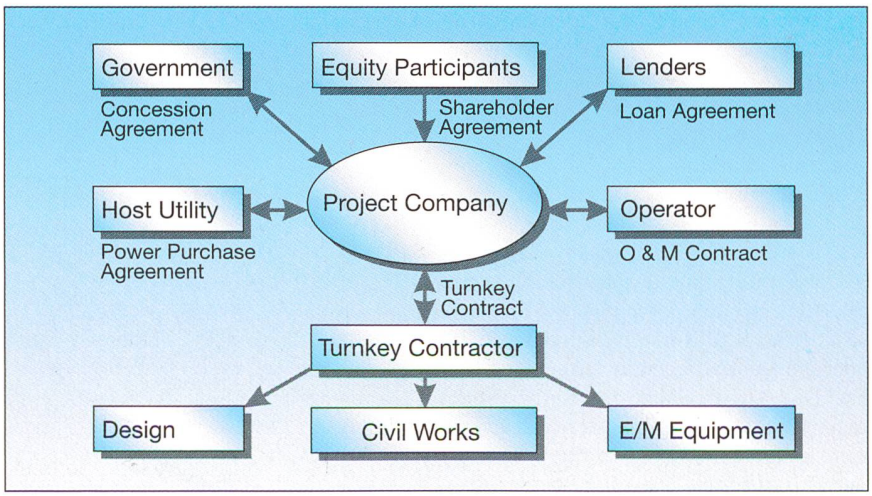


Bild 6 Struktur eines typischen BOT-Projektes

Kraftwerksgesellschaften

Die Kraftwerksgesellschaften besitzen eine langjährige Erfahrung im Betrieb und Unterhalt ihrer Wasserkraftanlagen. Bei BOO/BOT-Projekten sind Betrieb und Unterhalt ein Teil der zu erbringenden Leistungen. Die Kraftwerksgesellschaften könnten also ihre Erfahrungen in internationale Grosskonsortien einbringen. Dadurch könnte das zunehmend von der Automatisierung betroffene Personal zusätzlich ausgelastet werden. Voraussetzung ist allerdings eine der internationalen Tätigkeit entsprechende Ausbildung und Rekrutierung des Betriebspersonals. Im weiteren könnten die Gesellschaften vermehrt Investitionen in ausländische Kraftwerke in den neuen Märkten tätigen.

Finanzierungsinstitute

Zum Leistungspaket von Generalunternehmern oder Systemlieferanten von Wasserkraftanlagen gehört auch die Finanzierung. Enge Kontakte und Verbindungen zu Finanzierungsinstituten von Industrie und Planern sind also unabdingbar. Die Zeichen stehen langfristig gut, dass die Investitionen in Energieerzeugungsanlagen einen ähnlichen Stellenwert erreichen, wie ihn beispielsweise heute die Immobilien auf dem Anlagemarkt haben. Diese Einschätzung gründet auf der zunehmenden Verknappung und dadurch deutlich höheren Bewertung der Energie im nächsten Jahrhundert, nicht zuletzt, weil die Erdölvorräte in absehbarer Zeit zur Neige gehen werden.

Wasserkraftanlagen, welche erneuerbare Energien nutzen, haben zwangsläufig eine längere Abschreibungszeit als thermische Anlagen, so wie die Nachhaltigkeit der Energienutzung auch eine langfristige Angelegenheit ist. Kurzfristiges Gewinndenken ist von der Sache her mit der Nutzung von erneuerbaren Energien eigentlich nicht vereinbar. Es bleibt zu hoffen, dass sich diese Erkennntnis durchsetzt, so wie auch niemand unsere Altersvorsorge als kurzfristiges Geschäft betrachtet.

Hochschulen

Die technischen Hochschulen in der Schweiz spielen traditionsgemäss eine wichtige Rolle bei der Ausbildung von Ingenieuren und bei der Forschung auf

dem Gebiete der Wasserkraft. Ihre Versuchslabors unterstützen zudem mit physikalischen und numerischen Simulationen auch die projektierenden Ingenieure. Diese Stärken müssen erhalten und ausgebaut werden, um die Voraussetzungen für die Erreichung der proklamierten Vision zu schaffen. Die Lehre muss den für die Zukunft wichtigen Fähigkeiten der Ingenieure und Planer Rechnung tragen, damit diese als Global Player tätig sein können. Insbesondere müssen die Berücksichtigung der Umweltbelange in der Konzeption der Anlagen sowie der Dialog mit Ökologen geschult werden. Forschung und Entwicklung sind die Hauptquelle des technologischen Fortschrittes. Verstärkte, gemeinsame Anstrengungen der Hochschulen bei der Forschung tragen zur Erhaltung der weltweiten Wettbewerbsfähigkeit von Industrie und Planern bei. Durch Anbieten von hochschul- und länderübergreifenden Nachdiplomstudien im Bereich Wasser – Energie – Umwelt könnten nicht nur die eigenen Planer auf einem hohen Niveau weitergebildet, sondern auch ausländische Fachleute aus den bedeutenden Wasserkraftmärkten angesprochen werden.

Schlussfolgerungen

Die mittelfristigen wahrscheinlichsten und auch extremen Szenarien lassen erahnen, dass die Kernkompetenz «Wasserkraft» in der Schweiz mittel- und langfristig nur erhalten werden kann, falls neue Herausforderungen im globalen Markt gesucht werden. Im Zuge des eigenen Wasserkraftausbaus hat die Schweiz weltweit beachtete Erfahrungen gesammelt, die auch seit längerem in der internationalen Tätigkeit von Industrie und Planern Früchte tragen. Mit der schwierigen Wirtschaftslage und der damit verbundenen Stromüberschüsse in Europa werden Ausbau- und Erneuerungsvorhaben von Wasserkraftwerken im eigenen Lande aufgeschoben. Dadurch besteht die Gefahr, dass die Kernkompetenz «Wasserkraft» mittelfristig «wegstrukturiert» wird. Folgende gemeinsame Vision der Hauptbeteiligten im Wasserkraftsektor könnte dem Austrocknen der Substanz und damit der Leistungsfähigkeit entgegenwirken: «Die Schweiz übernimmt im nächsten Jahrhundert eine führende Rolle im weltweiten, umweltschonenden Ausbau der Wasserkraft».

In Industrie, Bauwirtschaft, Planungsunternehmungen, Kraftwerksgesellschaften, Finanzierungsinstituten und Hochschulen wären die Voraussetzungen dazu heute noch vorhanden. Es braucht aber eine Konzentration der gemeinsamen Kräfte, beispielsweise in einer Art firmen- und länderübergreifender Pool-Organisation, aus der Generalunternehmungen oder Systemlieferanten von kompletten Wasserkraftanlagen für den globalen Markt formiert werden können.

La Suisse face à l'extension mondiale de l'énergie hydraulique

Les scénarios à moyen terme les plus probables et même extrêmes ne suggèrent assurée la compétence de base «énergie hydraulique» en Suisse à moyen et long terme qu'à la relève de nouveaux défis sur le marché mondial. Dans le cadre de l'extension de ses propres forces motrices hydrauliques, la Suisse a acquis une expérience reconnue du monde entier et qui d'ailleurs, depuis un bon moment, se reflète dans l'activité internationale de l'industrie et des planificateurs. Tenant compte de la situation économique difficile et des excédents d'énergie électrique en Europe, les projets d'extension et de renouvellement de centrales hydroélectriques de la nation sont remis. Ainsi à moyen terme, la compétence de base «énergie hydraulique» risque d'être victime de la restructuration. Une vision commune des principaux intéressés dans le domaine de l'énergie hydraulique empêcherait la perte de substance et de performance: «Le siècle prochain, la Suisse assumera un rôle de pointe dans l'extension mondiale de l'énergie hydroélectrique, respectueuse de l'environnement.»

Actuellement, et dans l'industrie, l'économie de construction, les entreprises de planification, et dans les compagnies de centrales d'électricité, les instituts financiers et les grandes écoles, seraient remplies encore les conditions nécessaires. Cependant, il s'imposerait une concentration des forces communes, par exemple sous forme d'organisation en «pool» au-delà des frontières nationales et des limites d'entreprises afin de former des entreprises générales ou des fournisseurs de systèmes, capables de proposer au marché mondial des installations hydroélectriques complètes.

Literatur

[1] *D. Vischer:* Die schweizerische Wasserkraftnutzung – Von der Intensivierung zur Extensivierung. Wasser, Energie, Luft 80(1988)10, S. 277–280.

[2] *B. Allet, A. Schleiss:* Wasserkraft in der Schweiz – Ausbau, Möglichkeiten und Schranken. Schweiz. Ingenieur und Architekt (1990)29, S. 804–810.

[3] *D. Vischer:* Wasserkraft im Widerstreit der Meinungen. Schweiz. Ingenieur und Architekt (1990)23, S. 655–660.

[4] *A. Schleiss:* Der Ausbau der Wasserkraft im Rahmen des Aktionsprogrammes Energie 2000. Bulletin SEV/VSE 82(1991)18, S. 19–21.

[5] *A. Schleiss:* Energieeinbussen bei den Wasserkraftanlagen aufgrund Kapitel 2 «Sicherung angemessener Restwassermengen» des Revisionsentwurfes des Gewässerschutzgesetzes (Botschaft vom 29. April 1987). Bulletin SEV/VSE 78(1987), S. 1545–1547.

[6] *A. Schleiss:* Auswirkung von erhöhten Restwassermengen auf die Stromproduktion der schweizerischen Wasserkraftwerke. Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen, Nr. 88, 1993.

[7] *A. Schleiss:* Stollen und Schächte – Unsichtbare, emissionsfreie Energieversorgungs-Autobahnen der Wasserkraftwerke. Schweiz. Ingenieur und Architekt (1997)51/52, S. 1043–1048.

[8] *M. Heierle:* Marktöffnung und Liberalisierung auf dem Elektrizitätssektor. Wasser, Energie, Luft 87(1995)10, S. 225–229.

[9] Hydropower & Dams: 1998 World Atlas and Industry Guide, Aqua Media International 1998.

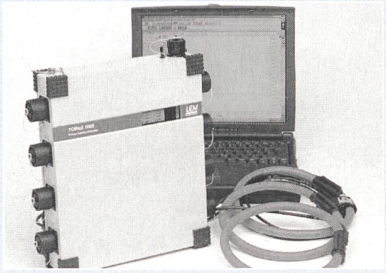
Der SEV auf dem Internet / L'ASE sur l'Internet:
http://www.sev.ch

Ist es nicht fabelhaft, mit dem besten Mess-gerät ausgerüstet zu sein?

Für die Analyse von Störungen im Verteilnetz lässt TOPAS 1000 keine Wünsche offen.

Ihr Vorteil:

- Ein Messgerät mit dem Sie alle Parameter gleichzeitig erfassen. Das heisst, Spannungseinbrüche, schnelle Transienten, Oberschwingungen, EN 50160, Kurvenformen, Rundsteuertelegramme, Leistungsspitzen, Energieverbrauch etc. können mit TOPAS 1000 präzise erfasst werden.



Damit analysieren Sie Störungen schnell und umfassend und kommen auch dem Verursacher auf die Spur.

Störungen schneller analysieren? Fordern Sie ausführliche Unterlagen an.

LEM Instruments
ELMES • GOERZ • HEME • NORMA

Bahnhofstrasse 15 • CH-8808 Pfäffikon SZ
Tel. 055-415 75 75 • Fax 055-415 75 55
e-mail: lel@lem.com • www.lem.com

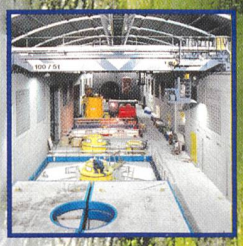
LEM

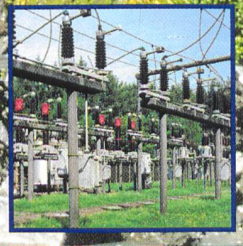
sspr

Die Liberalisierung de Energiemärkte stellt hohe Anforderungen Marketing und Techn Leistungsfähige Kom nenten und Systeme werden zukünftig no mehr lebenswichtige Rendite generieren müssen, ohne dabei Sicherheit und Verfü barkeit einzubüssen. Unsere Partner unte stützen wir auf diese Weg in die Zukunft m Erfahrung und Know how.

Anlagenengineering, ESATEC-Methode zu Optimierung von gro sen und kleinen Ener erzeugungs- und -Verteilanlagen hat dabei jene Schlüssel rolle, die Türen öffne kann zu zukunftsge-richteten Lösungen. Ihre Neubau-, Erweit rungs- und Revision projekte können dav profitieren.

ENERGIE FÜR DIE ZUKUNFT





ESATEC
Energiesysteme und Anlagentechnik
CH 8201-Schaffhausen
Tel 052 624 62 80 Fax 052 624 62 8
www.esatec.ch Mail:energie@esatec