



3.2 Wasserkraft

Autoren

Anton Schleiss (Chair), EPF Lausanne; Ulrich Bundi, BWR Consulting, Flaach; Paolo Burlando, ETH Zürich; Walter Hauenstein, SWV, Baden; Klaus Jorde, Entec AG, St. Gallen; Peter Molinari, EKW, Zerne

Die Wasserkraft ist mit einem Anteil von 56% an der Stromproduktion heute die bedeutendste erneuerbare einheimische Energiequelle. Sie ist wirtschaftlich und bietet die Möglichkeit zum Lastenausgleich. Energie kann also bei geringer Nachfrage gespeichert und bei hohem Bedarf rasch zur Verfügung gestellt werden. Im Weiteren weist die Wasserkraft einen hohen Wirkungsgrad auf und verursacht nur geringe Treibhausgasemissionen. Sie hat andererseits unerwünschte Einflüsse auf die genutzten Gewässer, insbesondere auf deren Flora und Fauna, und verändert das Landschaftsbild.

3.2.1 Aktuelle Wasserkraftnutzung in der Schweiz

In der Schweiz werden zwei Typen von Wasserkraftwerken eingesetzt: Laufkraftwerke und (Pump-)Speicherkraftwerke. Laufkraftwerke turbinieren das fließende Wasser in Flüssen und Bächen. Kleinkraftwerke sind meist kleine Laufkraftwerke. Stauwehre von Laufkraftwerken sind häufig nur wenige Meter hoch, können aber auch weit über 10 m hoch sein. Der Pegel des gestauten Wassers schwankt in der Regel nur geringfügig. Die Stromproduktion von Laufkraftwerken ist abhängig von der zufließenden Wassermenge, wobei während eines Hochwassers nur ein Teil der Wassermenge genutzt werden kann.

Bei Speicherkraftwerken wird das Wasser oft über grosse Distanzen in den Speicher geleitet und dort in der Regel über eine Saison gespeichert. Speicherkraftwerke sind in der Lage, bei Spitzenbedarf, beispielsweise über Mittag, innerhalb von Minuten grosse Leistungen bereitzustellen. Der

Spitzenstrom wird auf dem Strommarkt teuer gehandelt.

In Pumpspeicherkraftwerken wird mit überschüssigem Strom Wasser aus einem tiefergelegenen Speichersee oder See in einen höher gelegenen Stausee gepumpt, um später bei Bedarf Strom zu produzieren. Allerdings ist mit dem Hinaufpumpen des Wassers ein Energieverlust von 15 bis 25% verbunden, was verglichen mit den meisten anderen Stromspeicher gering ist. Pumpspeicherkraftwerke zeichnen sich aus durch verlustfreie saisonale Speicherung grosser Energiemengen. Die Leistung ist im Minutenbereich über den ganzen Leistungsbereich regelbar.

Im Jahr 2010 waren in der Schweiz 580 Kraftwerke mit einer installierten Leistung von mehr als 300 kW in Betrieb (vgl. Abbildung 3.2). Die installierte Leistung aller Kraftwerke (inkl. Kleinwasserkraftwerke) beträgt 14,3 GW; sie produzierten 2010 37,4 TWh (BFE 2011a). Die Speicherkraftwerke befinden sich überwiegend in den Alpen, die grossen Laufkraft-

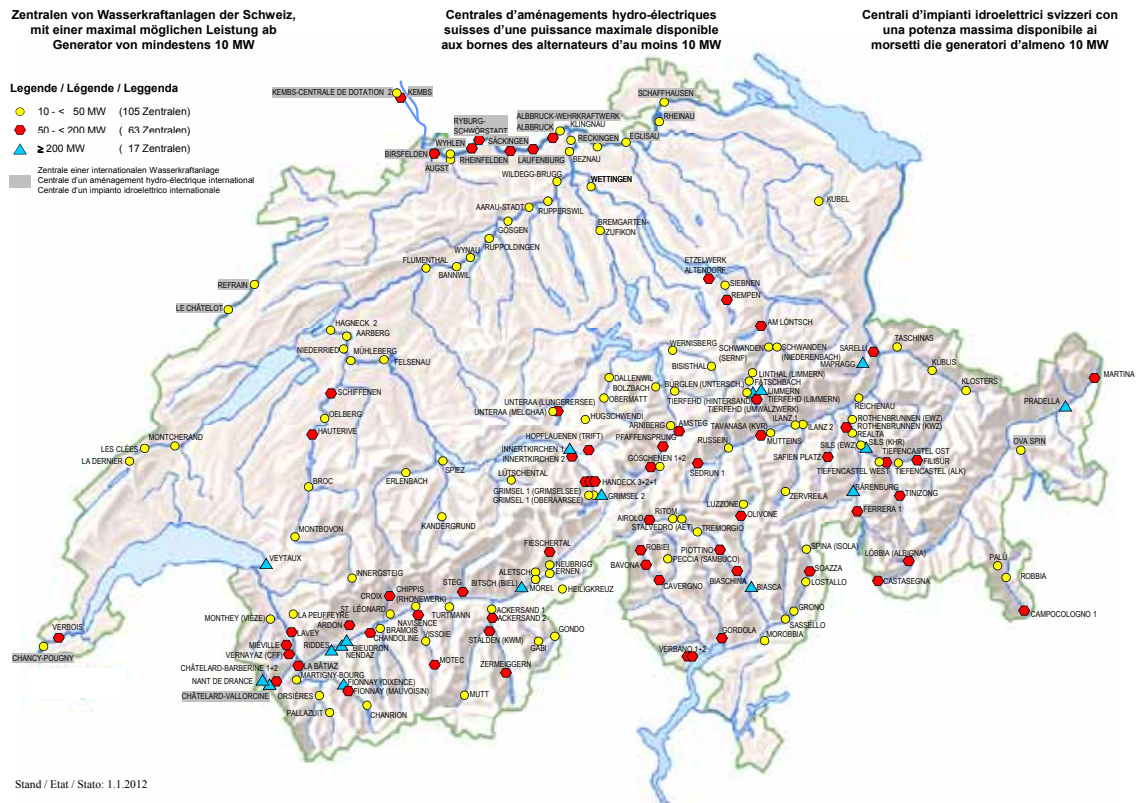


Abbildung 3.2: Standorte der Wasserkraftwerke mit mehr als 10 MW Leistung (BFE 2011e).

werke am Aare und am Rhein. Die Speicherkraftwerke erzeugen im Durchschnitt gut 55 % des mit Wasserkraft produzierten Stroms, die Laufkraftwerke knapp 45 %. Die regulierbaren Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke machen mehr als 70 % der total installierten Leistung der schweizerischen Wasserkraftwerke aus. Sie ermöglichen es, die unterschiedliche Verfügbarkeit von Wasser über die Jahreszeiten teilweise auszugleichen. Während im Sommer in der Regel reichlich Wasser zur Verfügung steht, ist im Winterhalbjahr deutlich weniger Wasser vorhanden. Die Speichermöglichkeiten und vor allem die Leistungsreserven sind für den Spitzenstrombedarf zum Beispiel über Mittag und die Versorgungssicherheit im europäischen Verbundnetz von grosser Bedeutung. Gegenwärtig vermögen die Speicherkraftwerke maximal 8,8 TWh Energie zu speichern. Insgesamt produzieren die Speicherkraftwerke im Jahr 2010 21,4 TWh oder knapp das 2,5-fache der maximal speicherbaren Energie.

Die Produktion der Laufkraftwerke fällt überwiegend im Sommerhalbjahr an; die Speicherkraftwerke können die Erzeugung ausgleichen und werden gleichzeitig für den Stromhandel eingesetzt, wo Spitzenenergie gefragt ist (vgl. Abbildung 3.3).

3.2.2 Wirtschaftliche Aspekte

Der Bau von Wasserkraftwerken erfordert hohe Investitionen. Dementsprechend sind die Jahreskosten der Wasserkraftwerke geprägt von hohen betriebsunabhängigen Kapitalkosten und relativ geringen produktionsabhängigen Kosten. Die Kostenstruktur der Wasserkraftwerke unterscheidet sich damit grundlegend von derjenigen fossiler thermischer Kraftwerke, bei denen der Brennstoffpreis für den Strompreis massgebend ist.

Die mittleren Produktionskosten eines schweizerischen Wasserkraftwerks betragen heute 5 bis 6 Rp./kWh. Die Wasserkraft gehört damit zu den wirtschaftlich attraktivsten Produktionsarten,

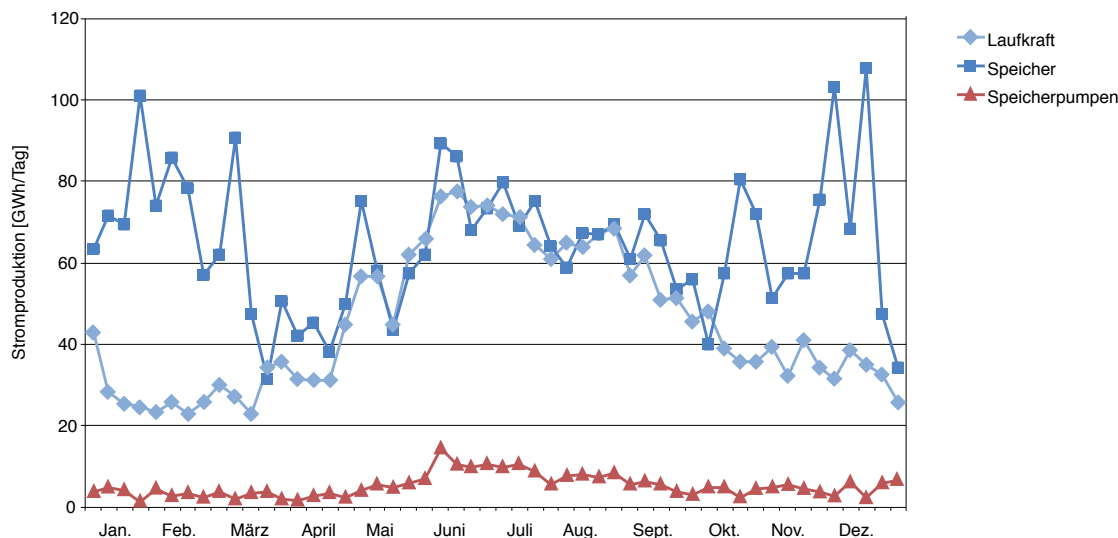


Abbildung 3.3: Produktion der Lauf- und Speicherkraftwerke und Verbrauch der Speicherpumpen im Jahr 2010 (BFE 2011d).

insbesondere weil die Kraftwerke heute zu einem guten Teil abgeschrieben sind. Die öffentlichen Abgaben der Wasserkraftwerke beliefen sich im Jahre 2008 auf durchschnittlich rund 2,3 Rp./kWh.

Die Wasserkraft hat eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung:

- **Einnahmequelle für (Gebirgs-)Kantone:** Die Wasserkraft stellt vor allem für die Gebirgskantone einen erheblichen Wirtschaftsfaktor dar. Die grossen Investitionen in die Anlagen bedeuten Arbeitsplätze und Verdienstmöglichkeiten für die einheimische Bevölkerung und das regionale Gewerbe. Infrastrukturanlagen wie Strassen und Bahnen haben zur Erschliessung von Talschaften beigetragen. Die Nutzung der Wasserkraft bringt den Standortkantonen und -gemeinden heute Einnahmen von rund 1 Mrd. Franken pro Jahr in Form von Wasserzinsen, Steuern, Abgeltungen, Investitionen und Löhnen. Dadurch findet ein Ausgleich statt zwischen den begünstigten Wirtschaftsstandorten des Mittellandes und den strukturschwachen Randregionen.
- **Wertschöpfung im eigenen Land:** Die Wasserkraft ist eine einheimische Energie. Nahezu

100% der Einnahmen fliessen in die schweizerische Wirtschaft und in einheimische Arbeitsplätze. Diese Arbeitsplätze befinden sich mehrheitlich im wirtschaftlich schwächeren Berggebiet.

- **Marktchance für Stromproduzenten:** Der europaweit steigende Anteil an erneuerbarer Stromproduktion ist eine grosse Marktchance für Pumpspeicherkraftwerke. Voraussetzung sind grosse Speichervolumina für die saisonale Speicherung von Energie, hohe Pumpleistungen zur Absorption der Überproduktion und grosse Erzeugungsleistungen zum Überbrücken von Phasen mit geringer erneuerbarer Stromproduktion. Zudem werden leistungsstarke Netze auf allen Spannungsebenen benötigt.
- **Preisstabilität:** Die Wasserkraft ist eine erneuerbare Energie; ihre Produktionskosten sind weitgehend unabhängig von Preisschwankungen importierter Primärenergieträger (Öl, Gas, Kohle, Uran) und von Wechselkursschwankungen.
- **Auswirkungen auf den Tourismus:** Die Nutzung der Wasserkraft kann auch in Bezug auf den Tourismus einen Beitrag leisten. Sie trägt

zur Erschliessung von Landschaften bei, ist eine Bereicherung karger Alpenlandschaften und wird inzwischen auch vermehrt in touristische Konzepte einbezogen, z.B. durch das Angebot von Besichtigungen.

3.2.3 Ökologische Aspekte und Risiken

Laufwasser- und Speicherkraftwerke weisen mit 4 g CO₂eq/kWh eine sehr vorteilhafte CO₂-Bilanz auf. Pumpspeicherkraftwerke dienen der vorübergehenden Speicherung von überschüssig produziertem Strom. Sie stellen heute die effizienteste und wirtschaftlichste Möglichkeit dar, um grosse Strommengen zu «speichern».

Ökologisch fallen bei Wasserkraftwerken die Auswirkungen von Bau und Betrieb auf die Gewässer und deren Abflüsse am stärksten ins Gewicht. Die Art und das Ausmass des Eingriffs sind abhängig vom Kraftwerktyp (Lauf-, Speicher- oder Pumpspeicherkraftwerk) und den örtlichen Gegebenheiten.

Das Abflussverhalten ist betroffen, wenn Stauseen im Sommerhalbjahr grosse Abflussmengen zurückhalten und im Winterhalbjahr für die erhöhte Stromnachfrage wieder abgeben. Die Sommerabflüsse werden dadurch vermindert und die Winterabflüsse entsprechend erhöht. Unterhalb der Wasserrückgabe von Speicherkraftwerken treten zudem rasch ändernde Abflüsse auf (Schwall und Sunk). In den vergangenen Jahren wurden die Speicherkraftwerke auch vermehrt während längerer Hitzeperioden zur Stromproduktion beigezogen, da französische Kernkraftwerke aus Mangel an Kühlwasser ihre Produktion drosseln mussten.

Unterhalb von Speichern und Wasserentnahmen, aber auch bei Laufkraftwerken mit Umleitung des genutzten Wassers ist die Abflussmenge reduziert. Wenn das verbleibende Restwasser die Minimalvorgabe gemäss Gewässerschutzgesetz unterschreitet, muss das Gewässer spätestens bei Konzessionserneuerung saniert werden.

Wasserkraftwerke verändern den Transport von Geschiebe und suspendiertem Feinmaterial in Fliessgewässern. Unterhalb der Wasserrückgaben von Speicherwerken können die Wassertemperaturen im Sommer merklich tiefer und im Winter merklich

höher sein als unter natürlichen Bedingungen. In Restwasserstrecken sind die Temperaturen im Sommer teilweise sehr hoch.

In Restwasserstrecken können sich chemische Belastungen des Wassers durch die geringere Verdünnung stärker auswirken. Durch die Wasserkraftnutzungen kommt es verbreitet zur Fragmentierung der Lebensräume zum Beispiel von Fischen. Andererseits gibt es auch Gewässer, welche für die Wasserkraft genutzt und dennoch zu Naturschutzgebieten erklärt werden.

Je stärker die oben genannten Aspekte der Gewässer und damit ihre Funktion als Lebensraum beeinflusst werden, umso gravierender sind die Auswirkungen für die natürlichen Lebensgemeinschaften der Tiere und Pflanzen. Sensible Arten können verschwinden und die aquatischen Lebensgemeinschaften grundlegend verändert werden. Nicht nur die Tier- und Pflanzenwelt ist betroffen: Der Bau von Kraftwerken bedeutet auch einen beträchtlichen Eingriff in das Landschaftsbild, der je nach Standpunkt positiv (Erschliessung, Infrastruktur, touristische Nutzung) oder negativ (Zerstörung des Landschaftsbildes, Beeinträchtigung des Erholungswertes) beurteilt wird.

Das Risiko für die Bevölkerung geht in erster Linie von Stauanlagen aus und ist bei Hochdruckanlagen mit Talsperren am grössten. Dieses Risiko berechnet sich als Produkt aus sehr geringer Eintretenswahrscheinlichkeit und grossem Schadenausmass und ist klein. Es wird in der Schweiz durch ein integrales Sicherheitskonzept abgedeckt, das auf baulichen Massnahmen, der Überwachung sowie der Notfallplanung beruht und sicherstellt, dass notwendige Sanierungsmassnahmen ergriffen werden. Zudem werden die Stauanlagen regelmässig auf allenfalls gestiegene Forderungen bezüglich Erdbeben- und Hochwassersicherheit überprüft. Das neue Stauanlagengesetz verbessert die rechtliche Situation zur Sicherheit der Stauanlagen und legt die Haftung der Anlagenbetreiber fest. Das Gesetz schreibt allerdings keine Haftpflichtversicherung vor, sondern überlässt dies den Kantonen.

Stauanlagen bergen nicht bloss Risiken, sondern liefern auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz:

Obwohl die Stauseen in den Alpen nicht darauf ausgelegt sind, zufließendes Hochwasser zurückzuhalten, können sie mit ihrem Rückhaltevermögen einen wesentlichen Beitrag zur Verminderung der Hochwassergefahr leisten. Je geringer der Füllungsgrad eines Speichers zum Zeitpunkt des Hochwasserereignisses ist, desto mehr Wasser kann zurückgehalten werden.

Die Umwelteinflüsse von Kleinkraftwerken sind ähnlich wie die von Grosskraftwerken und werden nicht gesondert diskutiert. Da die Staulänge bei Kleinkraftwerken pro produzierte Energiemenge grösser ist als bei Grosskraftwerken, sind deren Umwelteinflüsse pro MW installierter Leistung überdurchschnittlich hoch.

3.2.4 Potenzial bis 2050

Das technisch nutzbare Produktionspotenzial der Wasserkraft (inkl. Kleinwasserkraft) in der Schweiz wird auf 42 TWh geschätzt, wovon heute mit im Schnitt 36 TWh bereits etwa 85 % genutzt werden. Bei der Leistung besteht dank der günstigen Topografie und den bereits vorhandenen Speicherkraftwerken ein grösseres Ausbaupotenzial.

Das Ausbaupotenzial der Wasserkraft wurde das letzte Mal im Jahre 2004 abgeschätzt (BFE 2004). Anhand verschiedener Kriterien wurden die Realisierungschancen hinsichtlich Erneuerung und Erweiterung bestehender Anlagen sowie Neubauten beurteilt. Zu den Kriterien gehörten Wirtschaftlichkeit, Nachfrageentwicklung, Umweltauflagen, Akzeptanz in der betroffenen Region, Konzessionsfragen sowie Gesetzesauflagen.

Eine unterschiedliche Gewichtung dieser Kriterien erlaubt eine optimistische und eine pessimistische Prognose für den Ausbau der Wasserkraft. Im besten Fall könnte bis 2050 das oben genannte technische Potenzial genutzt werden, was eine Steigerung um etwa 15 % bedeuten würde. Vorwiegend aus ökologischen Gründen und unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ist eine Vergrösserung der Jahresproduktion um etwa 2 TWh hingegen realistischer, unter Berücksichtigung der Kleinkraftwerke. Dies entspricht in etwa den Vorgaben des Stromversorgungsgesetzes, das eine Produktionserhöhung aus

Wasserkraftwerken bis zum Jahr 2030 um mindestens 2 TWh verlangt. Bei günstigeren Rahmenbedingungen für die Wasserkraft könnte die Jahresproduktion bis 2050 allenfalls um 3,5 bis 4 TWh erhöht werden. Auch die Road Map Erneuerbare Energien Schweiz (SATW 2006) und der Energie Dialog Schweiz (ETS 2009) erwarten einen Zubau der Grosswasserkraft um 2 TWh, allerdings bis 2050. Gemäss ETS besteht zudem ein beachtliches Ausbaupotenzial bei der Kleinwasserkraft von 1,5 bis 1,7 TWh. Die Energiestrategie 2050 des Bundesrates (BFE BRStrat 2011) rechnet bis 2050 sogar mit einem Zuwachs der Wasserkraft von 6,7 TWh, womit das technische Potenzial in der Schweiz beinahe vollständig ausgenützt würde. Die Ausschöpfung dieses Potenzials ist allerdings in vielen Fällen mit beträchtlichen Auswirkungen auf das betroffene Gewässer verbunden, weil häufig heute noch ungenutzte Flussabschnitte verbaut würden. Ob diese Projekte realisiert werden können, hängt stark von der einvernehmlichen Nutzungs- und Schutzplanung in den betroffenen Gebieten ab. Neue Potenzialabschätzungen (BFE 2011c) schätzen den Nettozuwachs (nach Abzug von Einbussen infolge Restwasser) unter heutigen Nutzungsbedingungen auf nur noch 1,5 TWh bis 2050. Bei Anpassung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und einer massvollen Anwendung der Restwasservorschriften könnte die Jahresproduktion gemäss dieser Studie bis 2050 auf 3,2 TWh angehoben werden.

Ein grösseres Potenzial besteht bei der Erhöhung der Winterproduktion, die heute für die Versorgungssicherheit noch massgebend ist. Unter vorsichtigen Annahmen ist bis 2050 eine Steigerung um 2,5 TWh und im besten Falle gar um 5 TWh möglich. Dazu müsste Wasser vom Sommer auf den Winter umgelagert werden. Die Stauseen müssten durch Erhöhung der bestehenden Talsperren entsprechend vergrössert werden oder allenfalls auch einzelne neue Speicherseen gebaut werden. Auch bei der installierten Leistung ist bis 2050 ohne Pumpspeicherwerke eine Erhöhung um bis zu 2,5 GW möglich, indem das abfließende Wasser (Triebwasser) durch Erhöhung der Leistung in bestehenden Wasserkraftanlagen besser genutzt wird.

Tabelle 3.1: Mit geplanten oder im Bau befindlichen Kraftwerken sollen die Pumpleistung und die Turbinenleistung der Pumpspeicherkraftwerke rund verdreifacht werden (BFE 2010).

Pumpspeicherkraftwerke	Pumpleistung [GW]	Turbinenleistung [GW]
Bestehende Anlagen (2009)	1,5	1,8
im Bau (neu oder Erweiterungen)	1,7	1,9
Geplant	1,8	2,1

Die Pumpspeicherung kann einen gewichtigen Beitrag zur Stromproduktion und insbesondere zum Ausgleich fluktuierender Produktionsarten leisten. (vgl. Tabelle 3.1). Aufgrund der europaweiten Zunahme der Stromproduktion aus Wind- und Photovoltaikanlagen wird die Bedeutung der Pumpspeicherung stark zunehmen. Aus ökologischer Sicht ist deren Ausbau meist weniger kritisch als der Bau von Kleinkraftwerken, da bereits bestehende Stauseen erweitert und umgenutzt werden.

Neben den Ausbaumöglichkeiten sind in Zukunft auch Produktionseinbussen zu erwarten. Die minimalen Restwassermengen gemäss Art. 31 des Gewässerschutzgesetzes werden nach Ablauf aller Konzessionen zu einer jährlichen Produktionsminderung von etwa 2 TWh (bzw. 6%) führen. Die gesamte Produktionsminderung wird allerdings erst dann wirksam, wenn die letzten Konzessionen im Jahr 2050 erneuert werden müssen. Gemäss Art. 33 sind die Aufsichtsbehörden, also die Kantone, verpflichtet, die Minimalanforderungen aufgrund einer Interessenabwägung anzupassen. Würde die Anpassung durchwegs zuungunsten der Wasserkraft ausfallen, könnte die jährliche Produktionseinbusse bis 2050 sogar 2 bis 3,5 TWh betragen. Besonders kritisch ist die Einbusse von 1 bis 2 TWh während der Wintermonate.

Auch die Klimaänderung hat Auswirkungen auf die Wasserkraftnutzung: Mit dem Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen verändern sich auch die Intensität und die Verteilung der Niederschläge. Heute geht die Wissenschaft davon aus, dass die Veränderungen des Niederschlages in der Schweiz

bis 2050 keinen wesentlichen Einfluss auf die Wasserkraftproduktion haben werden. In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts dürfte die Produktion der heute existierenden Wasserkraftwerke hingegen wegen den veränderten Niederschlägen und der erhöhten Verdunstung im Einzugsgebiet um rund 5 bis 20% zurückgehen. Erwartet wird eine Produktionsabnahme im Sommer und eine geringe Zunahme im Winter.

Mit dem Rückzug der Gletscher und damit dem Verlust eines wichtigen Wasserspeichers wird zudem weniger Wasser vom Winter in den Sommer umgelagert. Diese Funktion muss zukünftig vermehrt von den Stauseen übernommen werden, was deren Bedeutung noch erhöhen wird. Damit wächst die Notwendigkeit, die bestehenden Speichervolumen wo immer möglich zu vergrössern. Nach Abschmelzen der Gletscher werden ab 2050 neue, hochgelegene Seen entstehen, welche ein bedeutendes Potenzial für die Wasserkraftnutzung insbesondere für die Saison- und Pumpspeicherung aufweisen (Terrier et al. 2011)

Höhere Temperaturen führen durch das Auftauen des Permafrosts zur Mobilisierung von Feststoffen. Dadurch nehmen die Feststoffmengen im Wasser zu und die Verlandung des Stauraums wird beschleunigt. Daneben erhöht sich auch das Risiko für Murgänge, Hang- und Felsrutsche sowie Steinschläge. Diese könnten den Betrieb der Wasserkraftwerke beeinträchtigen. Weil zudem häufiger mit extremen Hochwassern zu rechnen ist, müssen gleichzeitig auch die Hochwasserentlastungskapazitäten erhöht werden.

3.2.5 Folgerungen

Die Wasserkraft bleibt als Rückgrat der schweizerischen Stromversorgung noch lange die wichtigste einheimische Energiequelle. Die Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke gewinnen insbesondere wegen der unregelmässig produzierenden Solar- und Windstromanlagen an Bedeutung, da sie wertvolle Regulier- und Spitzenleistung erzeugen. Die Pumpspeicherung von Wasser stellt noch für längere Zeit die wirtschaftlich interessanteste Lösung zur Speicherung von Strom dar. Das mengenmässige Ausbaupotenzial der Wasserkraft ist jedoch begrenzt. Steigerungsmöglichkeiten ergeben sich vor allem

durch die Erhöhung der installierten Leistung und der Stauseekapazität bei den bestehenden Speicherkraftwerken sowie durch den Ausbau der Pumpspeicherung. Allerdings stossen Ausbauprojekte häufig auf Widerstand. Wenn das noch vorhandene Potenzial ausgenutzt werden soll, müssen die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und die Verfahren angepasst werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Wasserkraft um deutlich mehr als 1.5 TWh erhöht werden soll. Eine Abschätzung der Entwicklung von Gestehungskosten und Treibhausgasemissionen basierend auf Lebenszyklusanalysen (LCA) findet sich in Kapitel 3.11.

Literatur

- BFE 2011a: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2010, BFE 2011. www.proclim.ch/news?2361
- BFE 2011c: Energieperspektiven 2050 – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung unter neuen Rahmenbedingungen, Faktenblatt BFE 2011. www.proclim.ch/news?2370
- BFE 2011d: Wochenbericht 2010 Stromproduktion und Verbrauch, BFE 2011. www.proclim.ch/news?2416
- BFE 2011e: Zentralen von Wasserkraftanlagen der Schweiz mit einer maximal möglichen Leistung ab Generator von mindestens 10 MW, BFE 1.1.2011. www.proclim.ch/news?2417
- BFE 2010: Statistik der Wasserkraftzentralen in der Schweiz. Eidg. Depart. Für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Energie BFE. www.proclim.ch/news?2373
- BFE 2008: Strategie Wasserkraftnutzung Schweiz. www.proclim.ch/news?2369
- BFE 2004: Ausbaupotenzial der Wasserkraft. Studie der Electrowatt-Ekono. www.proclim.ch/news?2368
- BFE BR Strat 2011: Energiestrategie des Bundesrates bis 2050. www.proclim.ch/news?2364
- ETS 2009 (Energie Dialog Schweiz 2009): Energie-Strategie 2050 – Impulse für die schweizerische Energiepolitik. Grundlagenbericht. Zürich. 144 Seiten. www.proclim.ch/news?877
- SATW 2006: Road Map Erneuerbare Energien Schweiz. Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050. SATW-Schrift Nr. 39, 24 S. www.proclim.ch/news?33483
- Terrier S. et al. 2011: Optimized and adapted hydropower management considering glacier shrinkage scenarios in the Swiss Alps. Proceedings of the International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges – 79th Annual Meeting of ICOLD, Swiss Committee on Dams, Lucerne, Switzerland (Schleiss, A. & Boes, R.M., Eds), Taylor & Francis Group, London, 497–508. www.proclim.ch/news?2425