

Überblicksbericht 2010

Forschungsprogramm Wasserkraft



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**Neuartiges über- und unterströmbares Kraftwerk für sehr niedrige Fallhöhen**

Die Firma Hydro-Energie Roth in Karlsruhe hat ein neuartiges Kraftwerk für sehr niedrige Fallhöhen entwickelt. Das Kraftwerk ist schwenkbar und kann über- und unterströmt werden. Im Rahmen eines Projekts zur Untersuchung unterschiedlicher Konzepte für die Nutzung sehr kleiner Fallhöhen wurde unter anderem auch dieses Konzept in technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Hinsicht untersucht und mit anderen verglichen. Der Bericht dazu wird in Kürze zur Verfügung stehen.

BFE Forschungsprogramm Wasserkraft

Überblicksbericht 2010

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Dr. Klaus Jorde, entec Consulting & Engineering AG (klaus.jorde@entec.ch)

Bereichsleiter BFE:

Dr. Michael Moser (michael.moser@bfe.admin.ch)

www.bfe.admin.ch/forschungwasserkraft

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Einleitung

Wasserkraft ist in der Schweiz die bedeutendste Quelle für die Generierung von elektrischem Strom. Fast 60 % des benötigten Stroms werden mithilfe von Wasserkraft erzeugt. Ungefähr die Hälfte davon stammt aus Speicherkraftwerken. Das heisst, dass dieser Strom auf Abruf bereitgestellt werden kann, was ihn besonders wertvoll macht. Die andere Hälfte stammt aus Laufwasserkraftwerken, die das Wasser der Flüsse so abarbeiten, wie es ankommt, es gibt dort keine Speichermöglichkeiten. Die meisten attraktiven Standorte in der Schweiz sind seit langem genutzt. Bei den Speicherkraftwerken gibt es auch eine Reihe von wesentlichen Erweiterungen und Neubauten, die infolge ihrer Rolle im europäischen Verbundnetz wirtschaftlich attraktiv geworden sind.

Das Forschungsprogramm Wasserkraft unterstützt und fördert die vollständige Nutzung des vorhandenen Wasserkraftpotenzials in der Schweiz. Dieser Zielsetzung wird eine ganzheitliche Betrachtungsweise zu Grunde gelegt, die neben technischen und ökonomischen Aspekten auch ökologische und landschaftsbezogene Schutzaspekte mit einbezieht. Mit «vollständiger Nutzung» ist daher nicht die Ausnutzung des gesamten technischen Potenzials gemeint, sondern der Anteil, für dessen Nutzung ein gesellschaftlicher und politischer Konsens vorhanden ist. Das Forschungsprogramm trägt unter anderem dazu bei, Wissen und Informationen zu schaffen und bereitzustellen, die diese Konsensfindung unterstützen.

Ein grosser Teil der Wasserkraftforschung, insbesondere im Bereich der grossen Speicherkraftwerke, wird wie seit jeher von den grossen Forschungseinrichtungen der eidgenössischen technischen Hochschulen sowie den Fachhochschulen geleistet. Die Fragestellungen beziehen sich häufig auf eine Erneuerungs- oder Erweiterungs-massnahme an einer bestimmten Wasserkraftanlage, bei der Fragestellungen auftreten, für die es keine genau untersuchten und allgemein gültigen

Lösungsansätze gibt. In solchen Fällen werden häufig Felduntersuchungen mit Laborversuchen nachgestellt und die gewonnenen Erkenntnisse in Entwurfsrichtlinien oder in numerischen Modellen implementiert. Dies können rein technische aber auch hydraulisch-ökologische oder technisch-ökonomische Fragestellungen sein, die meistens von mehreren Geldgebern gemeinsam gefördert werden.

Die Kleinwasserkraft befindet sich im immerwährenden Spannungsfeld zwischen dem Wunsch nach mehr erneuerbarer Energie und dem gleichzeitig wachsenden Wunsch nach einer intakten Umwelt und Natur. Die kostendeckende Einspeisevergütung mit ihren sehr attraktiven Vergütungssätzen für kleine Wasserkraftanlagen hat eine grosse Anzahl von Wasserrechtsanträgen zur Folge. Gleichzeitig wächst der Widerstand gegen noch mehr kleine Wasserkraftanlagen. Uneinigkeit herrscht über das tatsächlich nutzbare Potenzial, das mithilfe kleiner und sehr kleiner Wasserkraftanlagen in der Schweiz noch erschlossen werden könnte. Dazu gibt es aber jetzt neue verlässliche Untersuchungen bezüglich des technischen Potenzials, die aus diesem Forschungsprogramm gefördert wurden. Was davon tatsächlich nutzbar ist oder genutzt werden sollte, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen, die, wie praktisch alle Forschung im Bereich Kleinwasserkraft, öffentlich gefördert werden müssen.

Weltweit betrachtet wurde nie so viel neue Stromerzeugung aus Wasserkraftwerken in Betrieb genommen, wie im Jahr 2010. Die grössten Zuwächse finden sich in den Schwellenländern Asiens, Afrikas und Lateinamerikas, wo noch enorme nicht genutzte Ressourcen vorhanden sind. Manche der grossen Projekte sind aufgrund ihrer komplexen sozio-ökonomischen, Gewässer-ökologischen und geopolitischen Auswirkungen äusserst umstritten.

IEA-Klassifikation: 3.6 Hydropower

Schweizer Klassifikation: 2.7 Wasserkraft

Programmschwerpunkte

Die Schwerpunkte in der Wasserkraftforschung ergeben sich aus der Situation in der Schweiz selbst, aber auch aus der Einbindung der Schweizer Wasserkraftwerke in das europäische Verbundnetz.

Im Bereich Grosswasserkraft ist bereits ein sehr hoher Nutzungsgrad des technischen Potenzials vorhanden und die weiter möglichen Zuwächse in Bezug auf die Produktion sind im Vergleich dazu gering. Allerdings wird die installierte Leistung bei vielen Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken derzeit massiv gesteigert; gleichzeitig werden neue Anlagen geplant und gebaut. Diese Speichermöglichkeiten werden im europäischen Verbundnetz dringend benötigt, weil immer grössere Mengen von Strom aus nicht regulierten regenerativen Quellen, in erster Linie Wind- und Solarstrom, bereitgestellt werden. Der Strom muss entweder zeitgleich verbraucht oder mit möglichst hoher Effektivität zwischengespeichert werden. Diese technische Notwendigkeit ist eine wirtschaftliche Chance für Schweizer Speicherkraftwerke. Aus der Bereitstellung von Spitzenstrom für das europäische Verbundnetz und den damit verbundenen häufigen Lastwechseln ergeben sich veränderte technische Anforderungen, für die die hydraulischen und elektromechanischen Komponenten der Kraftwerke ausgelegt werden müssen. Diese Problematik und mögliche Lösungen werden untersucht.

Bei den Kleinwasserkraftwerken gibt es nach neuesten Untersuchungen beträchtliche technische Potenziale, die bisher nicht genutzt sind. Ob und wie weit diese tatsächlich unter technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten noch zur Stromerzeugung herangezogen werden können, wird derzeit vertieft untersucht.

Aufgrund von Einflussfaktoren, welche die derzeitige Wasserkraftnutzung in ihrem Bestand beeinflussen werden, wie z. B. die Klimaveränderung oder die Umsetzung des revidierten Gewässerschutzgesetzes, ist auch der Erhalt der derzeitigen Stromerzeugung aus Wasserkraft ein Ziel des Forschungsprogramms. Hier geht es um Restwasserfragen, Schwall- und Sunkbetrieb, die Veränderung der hydrologischen Regime und um Fragen einer nach-

haltigen Bewirtschaftung der vorhandenen Speicher unter zunehmendem Verlandungsdruck.

Rückblick und Bewertung 2010

Das Forschungsprogramm Wasserkraft fördert Projekte seit Ende 2008. Bis 2010 wurden insgesamt 13 Projekte gefördert. 2010 ging das erste grosse Teilprojekt, die flächendeckende Ermittlung der hydraulisch-morphologischen Kleinwasserkraftpotenziale für die Schweiz, zu Ende und der Schlussbericht ist publiziert. Diese Forschungsarbeit wurde von einem privaten Consultant, Watergisweb, realisiert. Weitere Teilprojekte zu diesem hoch aktuellen Thema sind noch in Bearbeitung, unter anderem an der Uni Bern. Im Bereich Grosswasserkraft laufen mehrjährige Forschungsvorhaben an den beiden ETHs, die sich mit verschiedenen Fragen bei Speicherkraftwerken befassen. Die Betreiberfirmen dieser Kraftwerke sind stark involviert und die Projekte werden mit weiteren Fördermitteln, z.B. von Swisselectric Research, unterstützt. Im Bereich Kleinwasserkraftwerke wurden einige vergleichsweise kleine Projekte unterstützt, die verschiedene aktuelle Fragestellungen im Bereich von Niederdruckanlagen generell abklären und Entscheidungshilfen bereitstellen. Aufgrund von Budgetbeschränkungen konnten 2010 keine neuen Forschungsprojekte bewilligt werden, trotz einer Vielzahl von Anfragen. Eine Reihe von Anfragen wurde aber auch aufgrund fachlicher Kriterien abgewiesen.

Ausblick 2011

Für das Jahr 2011 stehen wieder freie Mittel zur Verfügung. Projekte in der Pipeline werden jetzt konkretisiert und können neu gefördert werden. Die Anzahl der Projekte, die dafür infrage kommt, übersteigt jedoch das vorhandene Budget. Die wesentlichen Ergebnisse der 2010 abgeschlossenen Projekte sollen in geeigneter Form publiziert werden, entweder anlässlich von Wasserkrafttagungen oder in Fachzeitschriften. Diese Veröffentlichungen sind Bestandteil der vertraglichen Vereinbarungen mit den Forschungsstellen und dienen insbesondere im Bereich der Kleinwasserkraftwerke der Information aller Interessenten. Neben der Begleitung der Forschungsprojekte versucht die Programmleitung eine stärkere Einbindung der schweizerischen Wasserkraftforschung in internationale Netzwerke zu fördern. Das liegt insbesondere dort nahe, wo die Fragestellungen fachlich sehr komplex sind und nicht durch ein einzelnes Forschungsprojekt abschliessend bearbeitet werden können, wie z.B. bei der Schwall- und Sunkproblematik infolge zunehmendem Speicherkraftwerksbetrieb. Die aktuelle Energiediskussion betrifft auch das Forschungsprogramm Wasserkraft; immer wieder werden von den politischen Entscheidungsträgern Einschätzungen zu bestimmten Fragen angefordert.



Neuartiges überströmbares Kraftwerk.

Highlights 2010

Die hier vorgestellten Projekte zeigen das Spektrum der Forschungsarbeiten in diesem Programm. Die Ergebnisse einer GIS basierten Untersuchung des gesamten Kleinwasserkraftpotenzials der Schweiz sind unter anderem wichtiger Bestandteil der Planung der zukünftigen Energieversorgung. In einem weiteren Projekt geht es um besondere Anforderungen in hoch beanspruchten Druckleitungen von Speicherkraftwerken und wie diese Druckleitungen effizienter als bisher bemessen werden können. Schliesslich wird noch ein kleines angewandtes Projekt vorgestellt zur Vermeidung des Geschiebeeintrags in die Triebwasserzuleitung kleiner Flusskraftwerke.

Erhebung des Kleinwasserkraftpotenzials der Schweiz

Das Projekt «Erhebung des Kleinwasserkraftpotenzials der Schweiz» besteht aus insgesamt drei Teilprojekten. Das erste, «Ermittlung des hydroelektrischen Potenzials für Kleinwasserkraftwerke», wurde 2010 abgeschlossen. In diesem Teilprojekt wurde mithilfe von speziell entwickelten GIS-basierten Computermodellen untersucht, wel-

che hydroelektrischen Potenziale insgesamt in der Schweiz vorhanden sind. Die wenigen grossen Flüsse, deren Potenzial im Detail bekannt ist, wurden dabei ausgeklammert. Für alle anderen Bäche und Flüsse wurden Längsprofile errechnet und mittlere monatliche Abflüsse jeweils für 50 m lange Abschnitte aus den hydrologischen Daten für die Schweiz berechnet. Aus diesen Angaben lässt sich für jeden Abschnitt aus der vorhandenen Fallhöhe und dem mittleren Abfluss eine mögliche Kraftwerksleistung berechnen, die sich allein aus der Topographie und dem Abfluss ergibt und deshalb auch als hydromorphologisches Potenzial bezeichnet werden kann. Hängt man die Abschnitte eines ganzen Flusses bis zur Einmündung in einem grösseren Fluss aneinander, so ergibt sich daraus das gesamte Potenzial dieses einzelnen Flusslaufs. Führt man dieses Verfahren für sämtliche Fließgewässer der Schweiz durch, so hält man als Ergebnis das theoretische, d.h. rein aus topographisch hydrologischer Sicht betrachtete Wasserkraftpotenzial der Schweiz. Diese Zahl stellt eine Obergrenze für die Stromerzeugung aus Wasserkraft dar und beinhaltet zunächst natürlich auch alle Wasserkraftanlagen die bereits

bestehen. In einem nächsten Schritt wurden daher alle Gewässerabschnitte ausgeklammert, für die bereits Wasserrechte registriert sind. Für die grossen Wasserkraftanlagen ist dies vollständig bekannt. Kleinere Wasserkraftanlagen, in diesem Fall per Definition unter 300 kW Ausbauleistung, sind nicht systematisch registriert und konnten daher auch nicht vollständig erfasst werden. Zieht man vom theoretischen Wert bereits bestehende Nutzungen ab, so erhält man eine Obergrenze der zusätzlich möglichen Nutzung durch kleine Wasserkraftwerke. Der Begriff «kleine Wasserkraftwerke» ist hier etwas missverständlich, da im wesentlichen das gesamte Wasserkraftpotenzial erfasst wird. Der Begriff wurde nur deshalb verwendet, weil geeignete Standorte für grosse Wasserkraftwerke im einzelnen bekannt und untersucht sind, das summarische Potenzial für kleine Wasserkraftwerke in der Schweiz aber nicht bekannt ist. Die tatsächlich mögliche Nutzung ist ihm Vergleich zum gesamten theoretischen Wasserkraftpotenzial aber nur ein Bruchteil. Dies hat vielerlei Gründe, die hier aber bisher nur zum Teil mit berücksichtigt worden sind. Zum einen kann die Fallhöhe nicht vollständig ausgenutzt werden, weil es hydraulische Verluste gibt und das Wasser auch noch fließen muss, zum anderen geht ein Teil des Wassers bei Hochwasser ungenutzt an Kraftwerk vorbei und schliesslich sind sehr kleine und entlegene Standorte auch bei sehr guter Förderung durch die kostendeckende Einspeisevergütung nicht wirtschaftlich nutzbar. Zum zweiten gibt es Einschränkungen aufgrund geschützter Gebiete (Naturschutzgebiete, Auen von nationaler Bedeutung etc.) und es gibt Gewässer-ökologische und Landschaftsschutz-bezogene Einschränkungen, die eine Nutzung aufgrund der Interessenabwägung nicht zulassen. Schliesslich gibt es auch noch andere Nutzungskonflikte. Die Grenze zwischen Nutzungsanspruch und Schutzbedarf ergibt sich letztendlich aufgrund einer gesellschaftspolitischen Haltung, die kaum technisch geprägt und zudem regional unterschiedlich ist. Um hier zu besseren Abschätzungen zu kommen, wird in Teil II dieses Forschungsprojekts untersucht, wie sich unterschiedliche Prioritäten in den angesprochenen Konfliktbereichen auf die möglichen Nutzungsgrade des technischen Potenzials auswirken. Nur,

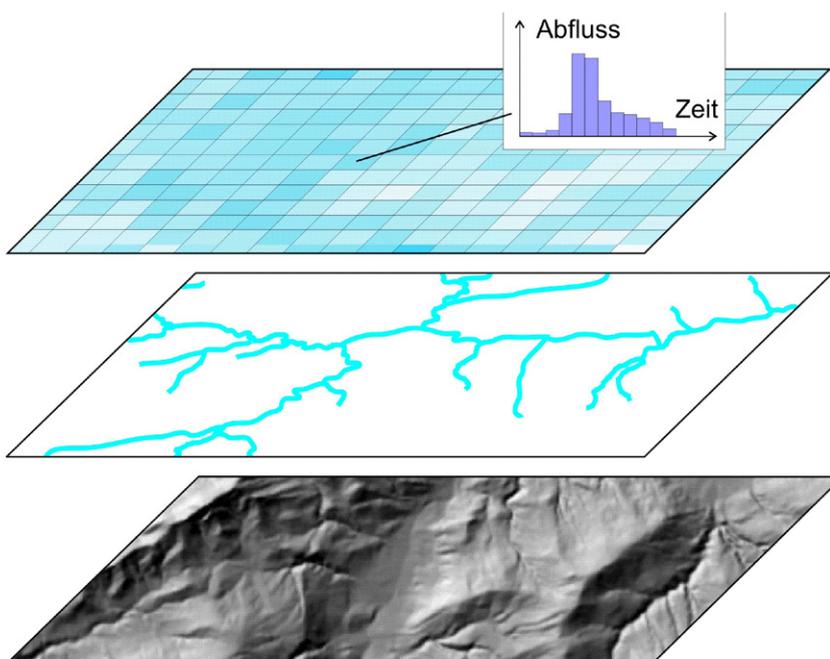
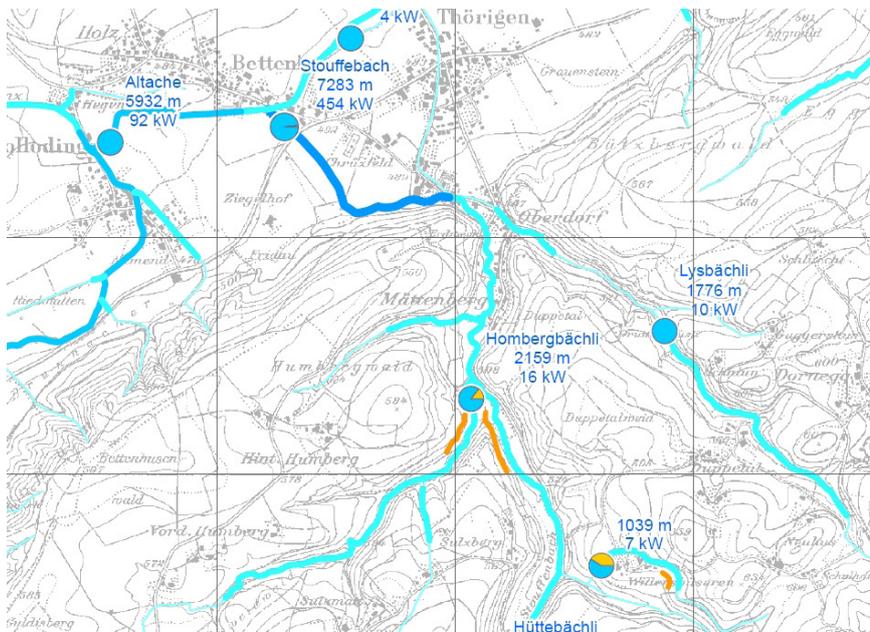


Figure 1: Prinzipskizze für die Berechnung der Wasserkraftpotenziale. Nach der Bereitstellung der Abflussdaten für einen bestimmten Punkt auf der Gewässerkarte wird die Information mit den Fallhöhen aus der topographischen Karte kombiniert.



Figur 2: In Übersichtskarten werden die ermittelten Grössen für jedes Gewässer dargestellt.

wenn es für diese Zahlen gut Abschätzungen gibt, lassen sich wirklich realisierbare Potenziale eingrenzen.

Mit diesen Untersuchungen sollen die zukünftigen Produktionserwartungen aus der Wasserkraft genauer prognostizierbar werden. Für den Bereich der kleinen Wasserkraftwerke sind diese Zahlen zum ersten Mal für die gesamte Schweiz erhoben worden. Energiewirtschaftliche Planer und Entscheidungsträger brauchen verlässliche Aussagen zu den realistischen Potenzialen aller Energieträger. Zusätzlich sollen die Untersuchungen den Kantonen, die eine verstärkte Nutzung kleiner Wasserkraftwerke anstreben und unterstützen, ein Werkzeug in die Hand geben, mit dem sie ihre jeweilige Strategie möglichst effizient umsetzen können.

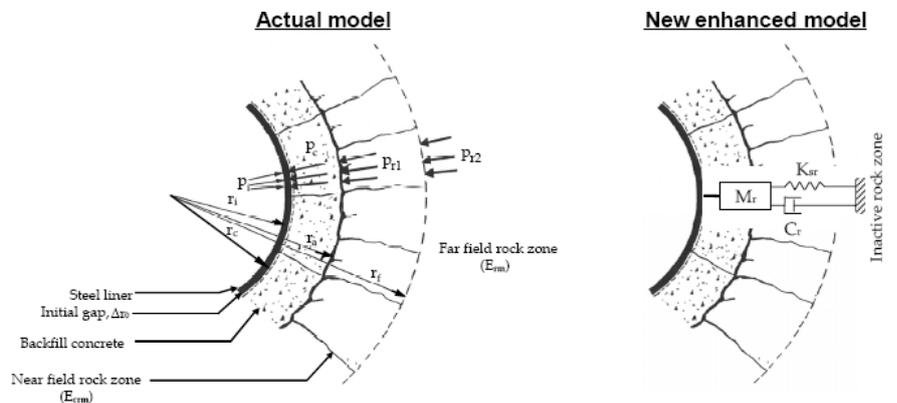
an solcher Regelleistung steigt ständig an, weil immer mehr nicht regulierbare erneuerbare Energien, im wesentlichen Strom aus Wind und Sonne, in das europäische Netz eingespeist werden. Den Speicher- und Pumpspeicherwerken in den Alpen kommt dadurch die Rolle eines grossen Stromspeichers in Europa zu. Dies erfordert immense Investitionen, bietet gleichzeitig aber grosse wirtschaftliche Chancen und entsprechend wird in den Alpenländern investiert. Die Anforderungen an diese Kraftwerke sind die sehr schnelle Verfügbarkeit von grossen Leistungen und gute Wirkungsgrade im gesamten Einsatzbereich. Da im Gegensatz zu früher der Bedarf an Regelleistung sehr stark fluktuiert, treten ständig transiente Betriebszustände in allen

Bauteilen auf, von den Niederdruck-Triebwasserleitungen über die Hochdruckleitungen, Schächte und Wasserschlosser bis zu den Maschinensätzen und schliesslich zur Rückgabe des Wassers in die Unterbecken oder die Flüsse. Diese baulichen Komponenten sind insbesondere bei bestehenden älteren Kraftwerken nicht für diese häufigen und starken Schwankungen ausgelegt, was zu vorzeitigem Verschleiss führen kann. Ziel des hier vorgestellten Forschungsprojekts ist es, zu untersuchen, wie Hochdruckleitungen zukünftig besser an diese sehr schnellen, starken und häufigen Druckschwankungen angepasst werden können.

Hochdruckleitungen bestehen üblicherweise aus einem Stahlrohr, welches im Fels verläuft, wobei der Zwischenraum zwischen Rohrmantel und Fels nach dem Einbau mit Zementmörtel verpresst wird. Aus Kostengründen hat das Stahlrohr einen möglichst dünnen Mantel, der sich unter Last, also mit steigendem Innendruck, ausdehnt und sich zunächst auf den Verpressmörtel und schliesslich auf das umliegende Felsgestein abstützt. Die Wechselwirkung zwischen Stahlrohr, Verpressmörtel und dem umgebenden Felsgestein ist bisher nicht vollständig verstanden. Die wesentlichen Erkenntnisse, nach denen solche Leitungen bisher bemessen wurden, stammen aus den achtziger Jahren. Die zugrunde liegende Theorie beruht auf der Aufteilung des Innendrucks auf die Stahlauskleidung, den Verpressmörtel und den umliegenden Fels in der Weise, dass bestimmte statische Rand- und Übergangsbedingungen eingehalten wurden. Die heute auftretenden ständigen Durchfluss- und Druckschwankungen und das gebrochene Druckrohr von Cleuson-Dixense im Jahr 2000 haben

Bemessung von stahlgepanzerten Druckschächten und -tunnels

Moderne Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke gewinnen innerhalb des europäischen Stromnetzes immer mehr an Bedeutung. Sie gleichen unter anderem die jeweiligen Unterschiede zwischen Angebot und Nachfrage an Strom aus. Wird weniger Strom benötigt als produziert wird, so wird mit Wasser in hoch gelegene Speicherbecken gepumpt. Ist dagegen der Bedarf sehr hoch, so kann schnell Spitzenstrom bereitgestellt werden. Der Bedarf



Figur 3: Vergleich des bisherigen und des neu entwickelten theoretischen Modells für Hochdruckleitungen mit Stahlauskleidung anhand zweier Querschnitte

aber die Notwendigkeit verdeutlicht, dass diese Zusammenhänge genauer erforscht und verbesserte Entwurfsgrundlagen bereitgestellt werden müssen. Im Labor für hydraulische Strömungsmaschinen der EPFL in Lausanne wurde zur Untersuchung dieser Fragen ein Versuchsstand aufgebaut, an dem stark transiente Durchfluss- und Druckschwankungen in Form von sogenannten Druckstössen produziert werden können. Diese wirken auf ein Rohrsystem, das aus verschiedenen steifen Komponenten besteht. An diesem Modell wird messtechnisch untersucht, wie sich Druckstöße fortpflanzen und verändern. Parallel dazu wurde ein neues theoretisches Modell hergeleitet. Dieses berücksichtigt einerseits die Kompressibilität von Wasser und andererseits die dynamische Verformung der tragenden Bauteile – Rohrmantel, Verpressmörtel und umgebender Fels – unter transienten Durchfluss- und Druckbedingungen. Das theoretische Modell wird anhand der physikalischen Untersuchungsergebnisse überprüft und verbessert. Gleichzeitig werden Felduntersuchungen im Druckschacht des Kraftwerks Grimsel II durchgeführt. Insgesamt sollen mit den Untersuchungen zunächst die neuen theoretischen Ansätze verifiziert werden, anschliessend werden daraus verbesserte Entwurfsgrundlagen und -richtlinien erstellt. Das Ziel sind technisch sichere und in der Ausführung wirtschaftlich optimierte Hochdruckleitungen und -schächte.

Die Antworten aus dieser Untersuchung sind für die Betreiber grosser Hochdruckanlagen in der Schweiz und



Figur 4: Hochwasser am Kraftwerk Mühlau an der Thur. Das Wehrfeld ist einseitig geöffnet und die Strömungsrichtung verändert sich so, dass der Grossteil des Geschiebes vom Kraftwerkseinlauf (ganz rechts im Bild) ferngehalten wird.

darüber hinaus für die Planer von Wasserkraftanlagen auf der ganzen Welt relevant.

Bewältigung von Geschiebe an Kleinwasserkraftanlagen

Die kostendeckende Einspeisevergütung für kleine Wasserkraftanlagen bewirkt unter anderem, dass auch zunehmend ungünstigere Standorte genutzt werden. Dazu zählen insbesondere Standorte für Kraftwerke mit sehr niedrigen Fallhöhen und Standorte an stark geschiebeführenden Flüssen. Besonders kritisch ist die Kombination von beiden Faktoren, weil dann prak-

tisch nicht vermieden werden kann, dass bei Hochwasser Geschiebe in die Triebwasserwege gelangt und dort zu Wirkungsgradverlusten, zum Teil auch zu Schäden führt, und später auf eine mehr oder weniger kostspielige Art und Weise wieder entfernt werden muss. Dafür kommen Spülungen oder baggern infrage. Manchmal sind die Auswirkungen so gravierend, dass Kraftwerke schon vorsorglich bei jedem Hochwasser vorübergehend stillgelegt werden, um sicherzustellen, dass kein Geschiebe eingetragen wird. In diesem Fall entstehen unnötig lange Stillstandszeiten und dementsprechende Produktionsausfälle. Als Gegenmassnahme gibt es verschiedene bauliche Möglichkeiten, sowie betriebliche Massnahmen, deren Wirksamkeit aber häufig von den konkreten lokalen Gegebenheiten abhängig ist. Am neuen Kraftwerk Mühlau an der Thur in Bazenheid (Ostschweiz) wurden vier verschiedene Massnahmen umgesetzt, die bisher hauptsächlich aus der Theorie bekannt sind. Die Wirksamkeit der einzelnen Massnahmen wurde über ein Jahr während natürlicher Hochwasserereignisse mithilfe von neuartigen Geschiebesensoren gemessen und aus den Ergebnissen sollen schliesslich generelle Empfehlungen abgeleitet werden.

Die baulichen Massnahmen zur Vermeidung von Geschiebeeintrag sind im einzelnen:

- Eine Trennschwelle mit anschliessender Geschiebesammelrinne, die zum Grundablass führt;



Figur 5: Der Versuchsstand zur Simulation von Druck- und Durchflussschwankungen in Rohrleitungen

- Ein Wirbelrohr, welches bereits eingezogenes Geschiebe erfasst und in die Thur zurückleitet;
- Ein Spülschütz direkt vor dem Rechen.

Als betriebliche Massnahme wird bei Hochwasser zunächst die vom Kraftwerk weiter entfernte rechte Wehrklappe geöffnet. Dadurch bildet sich eine Rechtskrümmung in der Hauptströmung, die das Geschiebe von der Wasserfassung weg transportiert.

Der Geschiebeeintrag in die Wasserfassung kann mithilfe von sogenannten Geophonen gemessen werden. Das sind Mikrophone, die in wasserdichten Stahlboxen fest installiert sind und die Schallimpulse von Geschiebepartikeln registrieren, die auf den Deckel prallen. Die Anzahl der registrierten Impulse innerhalb einer Zeiteinheit dient dabei als Mass für die Menge an Geschiebe, welches in derselben Zeiteinheit die Deckelplatte passiert hat. Dazu sind Eichmessungen erforderlich. Durch die Platzierung der Geschiebesensoren an verschiedenen Stellen entlang des Triebwasserwegs kann die Wirksamkeit der einzelnen Massnahmen differenziert werden. Nach der Inbetriebnahme des Kraftwerks im Sommer 2010 begann die Erfolgskontrolle der ausgeführten baulichen und betrieblichen Massnahmen. In der zweiten Hälfte des Jahres 2010 gab es dort eine Reihe von Hochwässern mit Geschiebetrieb, aus denen erste Messergebnisse gewonnen werden konnten.

Die ersten Analysen zeigen, dass die baulichen und betrieblichen Massnahmen zur Vermeidung von Geschiebeeintrag in der Summe gut funktionieren. Eine differenziertere Bewertung bezüglich der Unterschiede der einzelnen Massnahmen in der Wirksamkeit soll im Jahr 2011 noch erarbeitet werden. Probleme bereiteten bei den Messungen nicht vorhergesehene Ansammlungen von Schwemmholz und Treibgut, die infolge der pulsierenden Wasserstände zusätzliche Signale an einer der Messstellen erzeugten, die aber nicht dem Geschiebetrieb zuzuordnen sind.

Aus den Ergebnissen, die im Kraftwerk Mühlau gewonnen werden, sollen allgemein gültige Planungs- und Ausführungsempfehlungen erarbeitet werden. Diese sollen helfen, die Geschiebeproblematik bei Niederdruck-Laufwasserkraftwerken besser in den Griff zu bekommen. Dies hilft in zwei-



Figur 6: Bei Hochwasser wird das ankommenden Geschiebes in der Sammelrinne im Einlauf gefasst und direkt über den Grundablass weiter abgeführt, bevor es in den Einlauf gelangen kann.

erlei Hinsicht, einerseits müssen Kraftwerke nicht unnötig stillgelegt werden und andererseits sind nach Hochwässern keine oder zumindest weniger kostenintensive Massnahmen zur Entfernung des eingetragenen Geschiebes erforderlich.

Zusätzlich wurde die Funktion der Geophone als relativ einfach aufgebaute Detektoren für Geschiebetrieb in der Praxis getestet, und es lässt sich bereits heute sagen, dass hier weitere Anwendungsbereiche denkbar sind. Beispielsweise können die Detektoren dazu eingesetzt werden, um ab einer bestimmten Häufigkeit der Schallimpulse oder der Amplituden, die registriert werden, eine Wasserkraftanlage stillzulegen und die Triebwasserzufüh-

rung abzusperren. Dadurch können unliebsame Geschiebeablagerungen vermieden werden, ohne das Kraftwerk unnötig lange stillzulegen.

Nationale Zusammenarbeit

Im Rahmen der Programmleitung für das Forschungsprogramm Wasserkraft fanden auch 2010 viele Begegnungen und Gespräche mit verschiedenen Fachleuten und Interessenvertretern statt. Diese Gespräche dienen dem allgemeinen Erfahrungsaustausch und der Bekanntmachung des Förderprogramms und der darin angebotenen Förderschwerpunkte. Auch die gemeinsame Projektfinanzierung wurde wiederholt angesprochen. Regelmässige Treffen und Besprechungen finden mit allen Projektnehmern statt, wobei hier der Bedarf und die Intensität des Austausches stark schwanken.

Eine Reihe von Arbeitsgruppen hat sich in der Schweiz zum Thema Kleinwasserkraftnutzung gebildet, unter anderem die «Arbeitsgruppe Empfehlung zur Planung

von Kleinwasserkraftwerken» Diese werden von BAFU und BFE unterstützt und teilweise auch finanziert. Die Ziele sind die Erarbeitung und Bereitstellung von Kriterien, Leitfäden und Arbeitsmaterialien zur Unterstützung der Kantone bei ihrem Umgang mit den vielen Gesuchen bzw. bei der Erarbeitung einer eigenen Kleinwasserkraftstrategie. Schwerpunkt der Diskussionen sind unterschiedliche Schutz- und Nutzungsstrategien.

Die einzelnen Projekte des Forschungsprogramms Wasserkraft sind national gut vernetzt, weil sie meistens aus verschiedenen Förderquellen finanziert sind, oft Wasserkraftbetreiberfirmen beteiligt sind und in den meisten Fällen interdisziplinär gearbeitet wird.

Internationale Zusammenarbeit

Ein Vertreter der Programmleitung nahm als Beobachter an einer Sitzung des «Hydropower Implementing Agreements» der internationalen Energieagentur (IEA) im Februar 2010 teil, die im Anschluss an die Hydropower '10 im norwegischen Tromsø stattfand. Dort wurde die Situation der Kleinwasserkraft in verschiedenen Ländern beispielhaft vorgestellt. Eine Mitarbeit der Schweiz wäre erwünscht. Vorteile, die sich daraus ergäben, sind allerdings nicht erkennbar.

Im Rahmen der internationalen Arbeitsgruppe der Alpenkonvention – Platform Water Management in the Alps – sollten ebenfalls Empfehlungen für Richtlinien für den Umgang mit Kleinwasserkraftwerken für alle Alpenländer erarbeitet werden. Hier war die Programmleitung beteiligt. Die Hydroenergia 2010, eine Tagungsreihe, die alle zwei Jahre von der European Small Hydropow-

er Association organisiert wird, fand in Lausanne statt. Interessant waren eine ganze Reihe von Vorträgen zu GIS-basierten flächendeckenden Untersuchungen des Kleinwasserkraftpotenzials in verschiedenen Ländern. Insbesondere für Entwicklungsländer mit grossen unerschlossenen Potenzialen bieten sich hier interessante Optionen zum identifizieren gute Standorte und zur generellen Potenzialabschätzung.

Zwischen dem norwegischen «Centre for Environmental Design of Renewable Energy» und dem Forschungsprogramm Wasserkraft des BFE besteht ein enger Austausch, der jedoch noch sehr viel stärker von der Programmleitererebene in die einzelnen Projekte hineinreichen sollte, da viele Ähnlichkeiten bei den offenen Fragen bestehen. Dies trifft insbesondere im Bereich der Speicherkraftwerke und ihrer ökologischen Auswirkungen zu.

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- VERSCHMUTZUNG VON KLEINWASSERKRAFTANLAGEN**

Lead: Hochschule Luzern	Funding: BFE	
Contact: Staubli Thomas	thomas.staubli@hslu.ch	Period: 2007–2010

Abstract: Ablagerungen von Treibgut am Leitapparat und den Laufradschaufeln reduzieren den Wirkungsgrad von Wasserturbinen beträchtlich. In diesem Projekt werden Abhilfemassnahmen untersucht.

R+D 3.6*
- ERHEBUNG DES KLEINWASSERKRAFTPOTENTIALS DER SCHWEIZ: ERMITTLUNG DES HYDROELEKTRISCHEN POTENTIALS FÜR KLEINWASSERKRAFTWERKE IN DER SCHWEIZ**

Lead: Watergisweb AG	Funding: BFE	
Contact: Schröder Udo	u.schroeder@watergisweb.ch	Period: 2008–2012

Abstract: Untersuchung des hypomorphologischen Kleinwasserkraftpotentials für die gesamte Schweiz mit GIS Methoden

R+D 3.6
- ERHEBUNG DES KLEINWASSERKRAFTPOTENTIALS DER SCHWEIZ: GANZHEITLICHE BEURTEILUNG DES WASSERKRAFTPOTENTIALS**

Lead: Universität Bern	Funding: BFE	
Contact: Weingartner Rolf	wein@giub.unibe.ch	Period: 2008–2012

Abstract: Untersuchung und Quantifizierung von Kriterien der Gewässerökologie und des Landschaftsschutzes zur Abschätzung realistisch möglicher Ausnutzung theoretischer Kleinwasserkraftwerkspotenziale

R+D 3.6
- ERHEBUNG DES KLEINWASSERKRAFTPOTENTIALS DER SCHWEIZ: LEITBILD ZUR GANZHEITLICHEN BESTIMMUNG VON POTENTIELLEN STANDORTEN VON KLEINWASSERKRAFTWERKEN**

Lead: Netzwerk Wasser im Berggebiet	Funding: BFE	
Contact: Soldo Diana	soldo@slf.ch	Period: 2008–2012

Abstract: Kleinwasserkraftnutzung und Strategien im Bergkantonen

R+D 3.6
- SUSTAINABLE SEDIMENTATION IN PUMPED STORAGE PLANTS**

Lead: Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	Funding: BFE	
Contact: Schleiss Anton	anton.schleiss@epfl.ch	Period: 2009–2011

Abstract: Untersuchungen zum Schwebstoffverhalten und zur Sedimentablagerung im Nahbereich des Einlaufs/Auslaufs bei Pumpspeicherkraftwerken

R+D 3.6
- DESIGN OF STEEL LINED PRESSURE TUNNELS AND SHAFTS**

Lead: Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	Funding: BFE	
Contact: Schleiss Anton	anton.schleiss@epfl.ch	Period: 2009–2011

Abstract: Entwicklung neuer Entwurfskriterien für stahlausgekleidete Druckrohrleitungen

R+D 3.6
- EVALUATION VON ULTRA-NIEDERDRUCKKONZEPTEN FÜR SCHWEIZER FLÜSSE**

Lead: Entegra Wasserkraft AG	Funding: BFE	
Contact: Eichenberger Peter	peter.eichenberger@entegra.ch	Period: 2009–2010

Abstract: Untersuchung neuartiger Turbinen-Generatoren-Gruppen im Ultraniederdruckbereich (Fallhöhen um 2m)

R+D 3.6

- **LUFTEINTRAGSRATE IN DRUCKSYSTEME VON WASSERKRAFTANLAGEN INFOLGE EINLAUFWIRBEL** R+D 3.6

Lead:	Eidg. Technische Hochschule Zürich	Funding:	BFE
Contact:	Boes Robert boes@vaw.baug.ethz.ch	Period:	2009–2013
Abstract:	Methoden zur Abschätzung der Lufteintragsrate in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen infolge Einlaufwirbel		
- **VERGLEICH GESCHIEBESPÜLEINRICHTUNGEN** R+D 3.6

Lead:	Entegra Wasserkraft AG	Funding:	BFE
Contact:	Eichenberger Peter peter.eichenberger@entegra.ch	Period:	2010–2010
Abstract:	Vergleich Geschiebepüleinrichtungen in Laufwasserkraftwerken im Niederdruckbereich		
- **PILOTANLAGE MÜNSTER (VS): UNIVERSALTURBINE FÜR WASSERVERSORGUNGEN** P+D 3.6

Lead:	Stiftung Revita	Funding:	BFE
Contact:	Schindelholz Bruno bruno.schindelholz@revita.ch	Period:	2009–2012
Abstract:	Entwicklung einer Pilotanlage für die Universalturbine, eine Gegendruckturbine für die Anwendungen in Trinkwasserversorgungen		

