



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM WASSERKRAFT FÜR DIE JAHRE 2008-2011



Impressum

Datum: 30. September 2008

Autor: Dr. Klaus Jorde, entec AG, St. Leonhardstrasse 59, 9000 St. Gallen, www.entec.ch

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, CH-3003 Bern, Tel. 031 322 56 11, www.bfe.admin.ch

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch, www.bfe.admin.ch/forschungwasserkraft

Titelbild: Kraftwerk Domat/Ems der Kraftwerke Reichenau AG, Alpenrhein in Graubünden

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1. Einleitung	3
2. Bestandesaufnahme	3
2.1 Situation der Forschung	3
2.2 Beurteilung der Forschungssituation	5
2.3 Bezüge zwischen Forschung und Lehre	6
2.4 Nationale und internationale Vernetzung der Wasserkrafftorschung	6
2.5 Lehre und Ausbildung	7
3. Zukünftige Entwicklungen	7
3.1 Wasserkraftnutzung in der Schweiz	7
3.2 Bestehende Forschungskapazitäten	8
3.3 Lehre und Ausbildung	9
3.4 Mögliche Verluste und Abwanderung von Know-how	9
3.5 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen	9
3.6 Internationale Entwicklungen und Tendenzen	9
4. Massnahmen	10
4.1 Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Fachwissens	10
4.2 Stärkung von Forschungskapazitäten	10
4.3 Weitere Massnahmen	11
4.4 Unterstützung internationaler Kooperationen	12
5. Konzept für ein Forschungsprogramm Gesamtwasserkraft 2008–2011	12
5.1 Kleinwasserkraft und Grosswasserkraft	12
5.2 Förderschwerpunkte	12
5.3 Standorte und Akteure	13
5.4. Finanzielle Aufwendungen	13
6. Programmleitung	13
Bautechnik	14
Grosswasserkraft	14
Kleinwasserkraft	14
Materialien, Komponenten, Technologie	14
Grosswasserkraft	14
Kleinwasserkraft	14
Wirtschaftlichkeit, Potentiale, klimatische Auswirkungen	15
Grosswasserkraft	15
Kleinwasserkraft	15
Ökologie	15
Grosswasserkraft	15
Kleinwasserkraft	15
Forschungsinfrastruktur, Netzwerke	15
Referenzen	16

Zusammenfassung

Wasserkraft trägt in der Schweiz circa 55% zur Stromproduktion bei, mehr als die Hälfte davon ist Energie aus Speicherkraftwerken. Aus diesem Grund hat Wasserkraft eine enorme volkswirtschaftliche Bedeutung. Die vorhandenen Potenziale für grosse Wasserkraftanlagen sind seit langem bekannt und zum allergrössten Teil werden sie bereits genutzt. Für die nicht genutzten Potenziale gibt es Ausbaupläne, häufig stehen aber andere Interessen, z.B. ungelöste ökologische Konfliktbereiche, im Widerspruch zu den Ausbauplänen. Zusätzlich wird die Nutzung der Wasserkraft bereits heute und sicher zukünftig verstärkt durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dazu gehören Klimaänderung, Rückgang der Gletscher, veränderte hydrologische Regime wie auch gesteigerte Ansprüche hinsichtlich der Restwasserregelungen und Regelungen bezüglich Schwall- und Sunkbetrieb. Diese Faktoren könnten zukünftig sogar zu einem leichten Rückgang der Stromerzeugung aus Wasserkraft führen.

Anders ist die Situation bei sehr kleinen Kraftwerken im Bereich bis zu einem Megawatt. Hier sind weder die vorhandenen Potenziale Schweiz weit bekannt noch weiss man genau, bis zu welchem Grad diese Potenziale heute bereits genutzt werden oder werden könnten.

Für die Forschung stellen sich daher verschiedene Aufgaben: im Bereich der grossen Wasserkraft muss der Einfluss oben genannter Faktoren und mögliche Gegenmassnahmen baulicher und betrieblicher Art untersucht werden. Zusätzlich müssen Speicherkraftwerke für neue Aufgaben und angepasste Betriebsweisen im europäischen Verbundnetz gerüstet sein. Insbesondere im Zusammenhang mit der Energiespeicherung aus nicht regulierten erneuerbaren Energien (Wind vor allem) entstehen neue Chancen. Die bis heute nicht gelösten ökologischen Konfliktbereiche müssen im Rahmen interdisziplinärer und internationaler breit angelegter Forschungsarbeiten gemeinsam angegangen werden, da sich dieselben Fragestellungen in anderen Ländern stellen. Da diese Fragen im Bereich der grossen Wasserkraft heute wesentlich grössere Investitionshemmnisse bilden als technische, und somit auch die Ausnutzung noch verbliebene Potenziale hemmt, muss dort auch die Forschung aktiv betrieben werden. Im Bereich kleiner Wasserkraftanlagen sollten Schweiz weit die technischen Potenziale untersucht werden und gleichzeitig müssen Methoden entwickelt werden, mit denen sich das tatsächlich und unter gesamtheitlichen Betrachtungsweisen nutzbare Potenzial ausweisen lässt. Zusätzlich sind im Bereich kleiner Wasserkraftwerke technische Innovationen zur Verbesserung der wirtschaftlichen Situation sehr kleiner Standorte notwendig.

1. Einleitung

Wasser ist der wichtigste Rohstoff der Schweiz und liefert derzeit circa 55% der elektrischen Energie. Die Wasserkraft-Industrie gehörte über Jahrzehnte hinweg auch zu den führenden Branchen der Schweizer Exportwirtschaft. Die grosse Industrie ist mit Ausnahme der eigentlichen Betreiber weitgehend verschwunden. Es bleibt aber dennoch ein Komplex von grösseren und kleinen Firmen, die in den Bereichen Planung, Engineering, schlüsselfertige Kleinkraftwerke, Rehabilitation und einer Vielzahl unterschiedlicher Spezialgebiete national und international tätig sind.

Angesichts der Bedeutung der Wasserkraft selbst sowie der damit verbundenen Aktivitäten privater Firmen, muss es wichtiges Anliegen sein, den Bereich zu erhalten und zu stärken.

Der vorliegende Bericht beschreibt das vorgesehene Konzept und die bisherigen Aktivitäten und Ergebnisse im Hinblick auf die Ausarbeitung eines Forschungsprogramms Wasserkraft 2008 bis 2011 im Auftrag des Schweizerischen Bundesamts für Energie. Der Bericht Konzept der Energieforschung des Bundes 2008 – 2011, ausgearbeitet von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE bildet die Grundlage für die Detailplanung des zukünftig zuständigen Programmleiters.

Im Gegensatz zur bisherigen Wasserkrafftorschung, welche sich im Zeitraum von 2004 bis 2007 nur auf Kleinwasserkraftwerke bezog, bezieht sich dieses Forschungsprogramm auf die gesamte Wasserkraft und beinhaltet zusätzlich den Aspekt „Talsperren“. Das Programm Kleinwasserkraftwerke soll fortgesetzt werden, jedoch sollen dabei die Bereiche Forschung und Entwicklung an das hier vorgestellte Forschungsprogramm Gesamtwasserkraft angegliedert werden. Alle übrigen Bereiche des Kleinwasserkraft Forschungsprogramms 2004–2007 sollen unter EnergieSchweiz weitergeführt werden.

Bei der Förderung von Forschungsaktivitäten muss unterschieden werden zwischen Kleinwasserkraft (KWK) und Grosswasserkraft (GWK) und Wasserkraft insgesamt. Die Grenze zwischen KWK und GWK wird in diesem Zusammenhang bei ungefähr einen Megawatt angesetzt, dies sollte jedoch nicht als fester Grenzwert angesehen werden. Forschungsprojekte sollten dort angesiedelt werden, wohin sie inhaltlich passen.

Entsprechend dem Auftrag vom BFE wurde auch untersucht, wie Lehre und Forschung verknüpft sind und wie der Verlust bzw. die Abwanderung von Know-how verhindert werden kann.

2. Bestandesaufnahme

Um die derzeitige Situation der wasser-kraftbezogenen Forschung und Ausbildung in der Schweiz zu erfassen, wurde eine breit angelegte Umfrage durchgeführt. Die Umfrage richtete sich an folgende verschiedene Kategorien von Fachleuten:

- Forschungseinrichtungen und Lehrinstitutionen (9)
- Industrie und Ingenieurbüros (9)
- Verbände, Vereine und Stiftungen (14)
- Kraftwerksbetreiber (8)

Neben der Erfassung der derzeitigen Situation in dieser Umfrage ging es auch darum, die Meinung möglichst vieler verschiedener Fachleute hinsichtlich der Anforderungen an die Wasserkrafftorschung und -ausbildung in den nächsten Jahren zu erfassen. Die Ergebnisse der Umfrage bildeten unter anderem die Grundlage für die Formulierung des Forschungsprogramms. Während von fast allen Lehr- und Forschungsinstituten Antworten eingingen, kam von den übrigen Befragten erwartungsgemäss weniger Feedback. Trotzdem wird davon ausgegangen, dass ein einigermaßen zuverlässiger, wenn auch nicht vollständiger, Überblick gewonnen werden konnte.

2.1 SITUATION DER FORSCHUNG

Wasserbau

Die Umfrage bei den Forschungsinstituten ergab, dass im Bereich des Bauingenieurwesens sowohl die Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) an der ETH Zürich als auch das Laboratoire des Constructions Hydrauliques (LCH) an der EPF Lausanne nach wie vor sehr aktiv in der Wasserkrafftorschung tätig sind. Diese Arbeiten werden z. T. aus öffentlichen Mitteln gefördert, bestehen aber auch zu wesentlichen Teilen aus Auftragsforschung, welche von Kraftwerksbetreibern selbst finanziert werden.

Ein grosser Teil der Arbeiten bezieht sich nicht im eigentlichen Sinne auf allgemeine technische Aspekte der Nutzung der Wasserkraft, sondern zielt auf die Lösung ganz spezieller problematischer Fragen, die direkt oder indirekt mit der Wasserkraftnutzung zusammenhängen. Ein Beispiel hierfür sind Entlüftungseinrichtungen bei Druckstollen, wie sie bei Mittel- und Hochdruckanlagen zum Einsatz kommen.

Neuere Laufwasserkraftwerke haben oft Mehrzweckcharakter und müssen daher unterschiedliche Funktionen erfüllen. Diese widersprechen sich zum Teil und es entstehen neue Fragestellungen nach der baulichen Ausbildung und der Betriebsweise solcher Anlagen, die von verschiedenen Quellen finanziert werden müssen, weil sie sonst wirtschaftlich nicht tragbar wären. Beispiel hierfür sind etwa flussparallele Laufstau, die gleichzeitig als Ausgleichsbecken für oberhalb gelegene Speicherkraftwerke dienen.

Talsperren

Die Talsperrenforschung in der Schweiz wird von verschiedenen Akteuren wahrgenommen, insbesondere aus dem ETH Bereich.

Forschungsaktivitäten existieren aber auch von Seiten mancher Planungsbüros, so engagiert sich beispielsweise Stucky SA bei der Entwicklung neuer Berechnungsverfahren für doppelt gekrümmte Bogenstaumauern und entwickelt, gemeinsam mit einem brasilianischen Partner, neue Herstellungsverfahren für doppelt gekrümmte RCC Staumauern.

Weitere Aktivitäten haben Mehrzweckstaubauwerke und -stauanlagen zum Inhalt, bei denen sowohl Energieerzeugung als auch Hochwasserschutz und ökologische Verbesserungen von Bedeutung sind.

Im Bereich der Talsperrenforschung gibt es unterschiedliche Bereiche. Der gesamte Bereich Talsperrensicherheit wird für grössere Talsperren (nicht nur für den Bereich Energieerzeugung sondern auch für alle anderen Talsperren) zentral von der zuständigen Sektion des BFE verwaltet. Für kleinere Talsperren sind die Kantone zuständig, jedoch richten sie sich nach Vorgaben des BFE. In diesen Bereich angesiedelte Forschungsprojekte befassen sich zum Beispiel mit Standsicherheitsfragen, Bonttechnologie (z.B. Alkaliaggregatreaktionen), oder den Auswirkungen von Impulswellen infolge von Felsstürzen. Die Betreiber der grossen Talsperren haben im Allgemeinen ausreichend eigene Mittel, um die Forschung, die sie für erforderlich halten, von den entsprechenden Universitätseinrichtungen durchführen zu lassen. Zusätzlich steht von Seiten des BFE ein kleiner Forschungsfond zur Verfügung, mit dem bestimmte Projekte gefördert werden können.

Die Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Bemessungsabflüsse und baulich daran angepasste Hochwasserentlastungsanlagen sind ebenfalls Bestandteil der regelmässigen Sicherheitsüberprüfungen im Bereich Talsperren. Das Talsperrensicherheitsprogramm der Schweiz ist eingebunden in ein internationales europäisches Netzwerk. Weitere Informationen hierzu finden sich unter <http://nw-ialad.uibk.ac.at/>.

Der gesamte Komplex Talsperrensicherheit wird von dem hier vorliegenden Forschungsprogramm nicht berührt.

Der Bereich Talsperrenbetrieb und Stauraummanagement dagegen unterliegt den einzelnen Betreibern. Zu diesem Bereich gehören beispielsweise das Speicherraummanagement, die Ver- und Entlandung von Stauseen, Restwasserregelungen unterhalb von Talsperren, intermittierende Betriebsweise mit Schwall und Sunk, Durchleitung von Hochwasserabflüssen aus ökologischen Gründen usw. Auch für diese Fragen haben die Betreiber grosser Talsperren genügend Eigenmittel, um sie im Rahmen von Auftragsforschungsprojekten beantworten zu lassen. Sowohl an der VAW der ETHZ als auch am LCH der EPFL laufen hierzu seit vielen Jahrzehnten Forschungsprojekte.

Maschinen- und elektrotechnische Ausrüstung

Im Bereich der maschinen- und elektro-technischen Ausrüstung sind mehrere Forschungseinrichtungen aktiv, insbesondere aus dem Bereich der Fachhochschulen die HTA Luzern, die HES-SO Sion und die HSR Rapperswil. Die Forschungsschwerpunkte liegen hier sowohl in den traditionellen Bereichen Hydraulik, hydraulische Strömungsmaschinen, Stahlwasserbau, elektromechanische und elektronische Ausrüstung, Konstruktionsforschung, als auch in neueren Bereichen wie RAMS-Management.

An der HTA Luzern wird hauptsächlich im Bereich hydraulische Strömungsmaschinen und Anlagenmesstechnik (hydraulisch) geforscht. Dabei geht es im einzelnen um Strömungsoptimierungen, Kraftminimierung, berührungsfreie Dichtungen, Radseitenströmungen, Strahloptimierung von Peltonturbi-

nen, akustische Durchflussmessung, numerische Strömungsberechnung und strömungsinduzierte Schwingungen. Die Arbeiten sind zum Teil Grundlagenforschung, zum Teil angewandte Forschung oder Dienstleistungen.

An der HES-SO Sion liegt der Schwerpunkt bei kleinen Wasserkraftwerken, Wasserrädern, mechanischen Problemen bei hydraulischen Maschinen und Frequenzumformern. Neben allgemeinen Rentabilitätsberechnungen und Potenzialstudien wird geforscht in den Bereichen Dimensionierung von Wasserrädern, Wirkungsgradmessung, Wasserrad mit Generator für sehr kleine Leistungen, Berechnungen zu Festigkeit, Schwingungen, Unterhalt, Erneuerung, Frequenzumformer für drehzahlvariable Kleinkraftwerke.

An der HSR Rapperswil werden folgende Themen bearbeitet: Hydraulische Maschinen, Rechenreiniger, Stahlwasserbau, Druckleitungen und allgemeine Konstruktionsforschung. Forschungsschwerpunkte liegen dabei auf RAMS-Management im Zusammenhang mit Anlagenupgrading sowie der Entwicklung spezieller Entsanderabzüge und neuartiger Rechenreiniger.

In manchen dieser Bereiche wird Grundlagenforschung betrieben, der Schwerpunkt liegt aber bei angewandten Fragen und Dienstleistungen. Diese F+E Bereiche werden seit vielen Jahren, zum Teil seit Jahrzehnten, bearbeitet. Die Finanzierung erfolgt über öffentliche Mittel, Gelder aus der Industrie für Auftragsforschung, sowie aus Eigenmitteln der Institutionen. Insgesamt stehen bei allen drei genannten Institutionen 1-2 Mio Fr pro Jahr zur Verfügung. Die Arbeiten werden von Professoren betreut und von wissenschaftlichen Mitarbeitern, Studenten und Studentinnen, zum Teil über Studien- oder Masters Arbeiten, oder angestellten Mitarbeitern durchgeführt. Nahezu alle Projekte sind Kooperationsprojekte wobei hier das Spektrum von der Zusammenarbeit mit andern FH oder Universitäten, über Kantone und Gemeinden bis hin zu Industrieunternehmen oder privaten Büros reicht. Es gibt einige wenige Kooperationen mit internationalen Partnern, die meisten liegen innerhalb der Schweiz. Eine wirklich internationale Vernetzung der Forschungsarbeiten ist nur punktuell vorhanden.

Ergebnisse werden, abgesehen von Abschlussberichten (die nicht immer zugänglich sind), üblicherweise in Form von Tagungsbeiträgen oder nationalen, gelegentlich auch internationalen Fachzeitschriften publiziert.

Sonstige Forschungsbereiche

Es ist davon auszugehen, dass nicht alle wasserkraftbezogenen Forschungsaktivitäten in der Schweiz hier erfasst werden konnten. Vor allem in den letzten Jahren befassen sich zunehmend auch Institute mit Wasserkraftforschung, die nicht zu den traditionellen Bereichen des Bauingenieurwesens, der Elektrotechnik und des Maschinenbaus gehören.

Interdisziplinäre Projekte, insbesondere zu ökologischen Fragen, stehen hier sicher an erster Stelle. Diese Projekte werden oft in Zusammenarbeit mit ingenieur-technischen Institutionen bearbeitet. Zusätzlich haben sich andere naturwissenschaftliche Berufsgruppen, vor allem aus den Geowissenschaften, aufgrund der Neuausrichtung ihrer Aktivitäten in den Sektor Wasserkraft eingearbeitet, um hier unbesetzte oder schwach besetzte Schwerpunktthemen zu bearbeiten. Dazu gehören neben ökologischen Themen beispielsweise verschiedene hydrologische Fragestellungen.

Auch in sozialwissenschaftlichen und wirtschaftswissenschaftlichen Institutionen wird gelegentlich an wasserkraftrelevanten Fragen gearbeitet.

2.2 BEURTEILUNG DER FORSCHUNGSSITUATION

Wasserkraft

In der Schweiz existiert nach wie vor ein breit gefächertes Spektrum von wasserkraftbezogener Forschung, jedoch haben sich die Schwerpunkte und die Akteure geändert. Grundlagenforschung in den klassischen Bereichen Maschinenbau und Bauingenieurwesen findet weniger statt, dafür wird mehr im Auftrag oder in Zusammenarbeit mit Wasserkraftbetreibern geforscht, um anlagenspezifische Lösungen zu finden. Es ist dadurch nicht sichergestellt, dass alle relevanten Bereiche abgedeckt und zukünftig für die Energiewirtschaft insgesamt bedeutsame Probleme und Lösungsansätze vorausschauend analysiert werden. In einigen Bereichen werden auf Initiative von Forschergruppen und unter Beteiligung von Betreibern solche Programme initiiert (Beispiel Projektantrag zu den Auswirkungen der Klimaänderung). Neue Akteure, die nicht zu den klassischen aus dem Bereich Wasserkraft gehören, übernehmen einen Teil dieser Forschungen.

Im Bereich der kleinen und sehr kleinen Wasserkraft sind vielfältige Aktivitäten über die letzten Jahre in Gang gekommen, aufgrund des gestiegenen Interesses an regenerativen Energien allgemein und nicht zuletzt aufgrund des BFE Forschungsprogramms Kleinwasserkraft. Das Spektrum reicht von

neuen Methoden zur flächenhaften Potenzialerhebung bis hin zu Neuentwicklungen bei Turbinen, die in Wasserversorgungsanlagen zur Druckreduzierung im Einsatz kommen.

Im Bereich der grossen Wasserkraft sind vergleichsweise hauptsächlich dort Forschungsaktivitäten vorhanden, wo aufgrund von Konzessionserneuerungen oder Anlagenerweiterungen sehr fallspezifische technische Fragestellungen auftreten. In diesen Fällen wird dann in erster Linie Auftragsforschung betrieben. Ebenso gibt es Forschungsaktivitäten in den interdisziplinären Überschneidungsbereichen der Wasserkraft mit anderen Disziplinen, wie z. B. bei den oben erwähnten Mehrzweckprojekten, bei denen mehrere Zielsetzungen konzeptionell und technisch miteinander verknüpft werden müssen.

Die meisten der bestehenden grossen Wasserkraftanlagen wurden in den sechziger, siebziger und frühen achtziger Jahren gebaut. Die Technologie wird heute als ausgereift und erprobt angesehen, so dass systematische Grundlagenforschung nicht mehr erforderlich scheint. Da die Anlagen zudem sehr langlebig sind, besteht vorübergehend wenig Bedarf an sehr gut ausgebildeten Fachleuten. Dies ändert sich jedoch dann, wenn die bestehenden Anlagenkomponenten altern und reparaturanfällig werden beziehungsweise ersetzt werden müssen. Auch geänderte Betriebsweisen aufgrund der Veränderungen am Strommarkt führen zu einer wesentlich veränderten Situation für bestimmte Anlagenkomponenten, wie zum Beispiel wesentlich häufigere Lastwechsel bei Pumpspeicherkraftwerken. Da kaum mehr Forschung im Grundlagenbereich betrieben wird, wird sich dies auch in der Lehre und Ausbildung widerspiegeln. Es ist zu befürchten, dass es immer weniger bei den Grundlagen gut ausgebildete Fachkräfte gibt, welche die oben genannten Aufgaben erfüllen können. Dass dies zum Teil schon heute eingetreten ist, wird von den Wasserkraftbetreibern bestätigt, und gemeinsam mit dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband wird derzeit untersucht, mit welchen Fortbildungsmassnahmen und neuen Ausbildungsinitiativen dem entgegengewirkt werden könnte.

Talsperren

Im Bereich der grossen Talsperren werden die anstehenden Fragestellungen durch Eigenmittel der Betreiber untersucht. Im Bereich Talsperrensicherheit besteht ein europäisches Netzwerk, in das auch die Schweiz eingebunden ist.

Es gibt jedoch ausserhalb des Bereichs Sicherheit eine Reihe von sehr grundlegenden Fragestellungen, an deren Lösung viele Talsperrenbetreiber, national und international, Interesse haben dürften, die aber den Rahmen eines Auftragsforschungsprojektes sprengen würden. Beispiele wären die Schwall und Sunk Problematik, die eng mit dem Betrieb von Talsperren verbunden ist, Fragen der Speicheraumentlandung oder Sanierungsmöglichkeiten bei Alkaliaggregatschäden im nicht sicherheitsrelevanten Bereich. Hier wurden keine koordinierten Forschungsanstrengungen vorgefunden.

Kleine Stauanlagen zur Energieerzeugung werden zwar häufig von grossen, oft aber auch von kleinen Firmen oder Privatleuten betrieben, die nicht die notwendigen Eigenmittel haben, grundlegende Fragen beantworten zu lassen, wo solche auftauchen. Ein Beispiel hierfür wären ökologisch wertvolle Verlandungen oberhalb kleiner Stauanlagen, die den Betrieb einer Wasserkraftanlage einschränken, oder Fragen der Geschiebedurchleitung bei kleinen Stauanlagen.

2.3 BEZÜGE ZWISCHEN FORSCHUNG UND LEHRE

Die Befragung der Lehr- und Forschungsinstitutionen ergab, dass Lehre und Forschung gut miteinander verknüpft sind und dass Forschungsergebnisse im all-gemeinen mit in die Lehre eingehen. Da jedoch die Forschungsarbeiten häufig sehr spezielle Fragestellungen behandeln, ist es nicht in jedem Fall sinnvoll, die gewonnenen Erkenntnisse einem breiteren Publikum zu vermitteln. Wesentlich ist jedoch, dass ein grosser Teil der Forschungsarbeiten im Rahmen von Studienarbeiten, Diplomarbeiten bzw. Masterarbeiten und Dissertationen durchgeführt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass viele Studenten mit sehr viel spezifischeren Fragestellungen in Berührung kommen, als dies im Rahmen der allgemeinen Lehre vermittelt werden kann.

Da in den klassischen Bereichen der Wasserkraftnutzung kaum mehr Grundlagenforschung stattfindet (z.B. Turbinen, Pumpen, Generatoren, Rohrleitungen), und die Spezialisten in diesen Bereichen nach und nach aus dem aktiven Berufsleben ausscheiden, ist eine schleichende Abnahme dieses Spezialwissens zu befürchten.

2.4 NATIONALE UND INTERNATIONALE VERNETZUNG DER WASSERKRAFTFORSCHUNG

Eine internationale Vernetzung der Wasserkraftforschung ist hauptsächlich dadurch gegeben, dass ausländische Studenten in der Schweiz studieren und dass Schweizer Forscher das Ausland besuchen bzw. Auslandprojekte in der Schweiz bearbeiten. Eine tatsächliche Vernetzung im Sinn von mul-

nationalen Forschungsprojekten, bei denen einzelne Forschungsnehmer ähnliche oder unterschiedliche Teilprojekte in ihren Ländern bearbeiten, und die Ergebnisse anschliessend zu einem Gesamtergebnis synthetisiert werden, konnte nur in wenigen Fällen gefunden werden. In Gesprächen wurde auch geäussert, dass die Schweizer Forschungslandschaft dies im Bereich der Wasserkraftforschung nicht brauche. Die Antragsverfahren bei EU-Projekten, welche im Allgemeinen zu einer multinationalen Vernetzung führen, werden als viel zu aufwändig betrachtet.

Insbesondere fällt auf, dass keine Forschungsprojekte vorgefunden wurden, bei denen es eine enge Kooperation mit anderen Ländern gibt, in denen die Wasserkraft eine ähnlich grosse Rolle spielt, und in denen sehr ähnliche Probleme gelöst werden müssen, wie zum Beispiel in Österreich, Frankreich, Italien oder Norwegen. Im Bereich der Talsperrensicherheit (nicht Bestandteil des vorliegenden Programms) gibt es dagegen eine inter-nationale koordinierte Zusammenarbeit.

2.5 LEHRE UND AUSBILDUNG

Eine Umfrage bei den Hochschulen und Fachhochschulen, die im Bereich Wasserkraft ausbilden, ergab, dass die Zahlen der Abgänger als ausreichend eingestuft werden.

Bis in die 70er und 80er Jahre wurden Nachwuchingenieure im Anschluss an das Studium beim Neubau von Wasserkraftwerken praktisch ausgebildet, indem sie mit erfahrenen Ingenieuren zusammengearbeitet haben. Diese zusätzliche Ausbildung ist unter anderem aufgrund des Rückganges der Neubauten entfallen.

Ingenieurbüros und Betreiberfirmen stellen daher fest, dass derzeit nicht genügend Fachleute für den Schweizerischen Wasserkraftmarkt zur Verfügung stehen, um die Nachfrage zu decken, und sie deshalb selbst Nachwuchskräfte ausbilden müssen. Es erscheint, dass die erforderlichen Grundlagen sowohl an den Universitäten (Bereich Bauingenieurwesen) als auch an den Fachhochschulen (Bereiche Maschinenbau und Elektrotechnik) abgedeckt werden. Die Studentenzahlen sind gleich bleibend oder steigen sogar leicht an. Während jedoch im Anschluss an ein Ingenieurstudium in der Vergangenheit Nachwuchingenieure betriebsintern fortgebildet wurden, ist dies heute nicht mehr in dem Mass gegeben. Unter anderem wurden dafür folgende Gründe genannt:

- Es gibt kaum mehr Neubauten
- Die Bau- und Planungsabteilungen der Kraftwerksgesellschaften wurden aufgelöst und deren Aufgaben ausgelagert
- Teilweise wurden Kraftwerksgesellschaften umstrukturiert, so dass die Anzahl der Arbeitsplätze im Bereich Bau, Unterhalt und Erneuerung im Kraftwerksbereich insgesamt abgenommen hat.
- Kraftwerksgesellschaften werden zunehmend von Nichttechnikern gemanagt, der Einfluss der Techniker auf Investitionsentscheidungen und regelmässige Unterhaltsmassnahmen nimmt daher ab.

Um die daraus entstehenden Wissensdefizite zu kompensieren, sind viele Unternehmen bemüht, ihre Mitarbeiter zu verschiedenen Fortbildungsmassnahmen zu schicken. Das Angebot an solchen Massnahmen ist jedoch nicht koordiniert und eher zufällig. Die Hochschulen und Fachhochschulen sind an diesem Ausbildungsangebot nicht beteiligt (Ausnahme ist das Nachdiplomstudium Master of Advanced Studies an der EPFL, das jedoch ein komplettes Aufbaustudium ist). Die ein- bis mehrtägigen Fortbildungen werden im Allgemeinen von Privatfirmen (Betreiber selbst, Maschinenhersteller etc.), privaten Fortbildungseinrichtungen und den Berufsschulen veranstaltet. Es besteht Übereinstimmung zwischen Betreibern und dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband SWV darüber, dass ein Bildungsproblem vorliegt. Aus diesem Grund bemüht sich derzeit der SWV um eine Zusammenstellung des derzeit verfügbaren Ausbildungsangebots. Diese Information soll allgemein verfügbar gemacht werden. Des Weiteren ist vorgesehen, mit den entsprechenden Bildungseinrichtungen zu erörtern, welche Bildungsmassnahmen diese Situation verbessern könnten.

3. Zukünftige Entwicklungen

3.1 WASSERKRAFTNUTZUNG IN DER SCHWEIZ

Die verfügbaren Wasserkraftpotenziale in der Schweiz weisen bereits einen sehr hohen Nutzungsgrad auf. Es gibt nur noch wenige Standorte mit grossen ungenutzten Potenzialen (z.B. Rhone zwischen Gletsch und Oberwald, Rheinfall, einige Speicherkraftwerke) und es ist unwahrscheinlich, dass diese in absehbarer Zukunft genutzt werden. Bei mittleren und kleinen Potenzialen ist die Situation unter-

schiedlich, hier sind zwar noch technisch geeignete Standorte vorhanden, jedoch werden sie häufig aus wirtschaftlichen und/oder ökologischen Gründen nicht genutzt. Je kleiner die Potenziale einzelner Standorte werden, desto mehr ungenutzte oder nicht mehr genutzte Standorte lassen sich finden. Aufgrund der vergleichsweise sehr kleinen Potenziale dieser Standorte würde auch eine komplette Nutzung zwar im Vergleich mit den grossen Wasserkraftanlagen nur einen geringen Kapazitätseffekt aufweisen, verglichen mit anderen regenerativen Energiequellen ist das Potenzial jedoch noch beachtlich. Der Zuwachs bzw. das Potential im Jahresertrag aus kleinen Wasserkraftanlagen, der zumindest teilweise aus dem Förderprogramm für Kleinwasserkraftwerke 2004 bis 2007 erzielt wurde, liegt bei 80 GWh. Derzeit produzieren über 1000 Anlagen jährlich 3400 GWh, das sind zirka 5% der Schweizer Stromproduktion oder 10% der Wasserkraft insgesamt.

Da bei den grossen Wasserkraftanlagen mögliche Wirkungsgradsteigerungen ohne Erhöhung der nutzbaren Wassermenge oft bereits ausgeschöpft sind, sind keine wesentlichen Steigerungen des Arbeitsvermögens ohne Konzessionserneuerungen mehr zu erwarten. Das derzeitige Arbeitsvermögen liegt bei circa 35,000 GWh pro Jahr.

Wo Konzessionserneuerungen anstehen, führen Restwasserauflagen zu Produktionseinbussen von durchschnittlich 6% (Kummer 2002), von denen bis heute nur ein geringer Teil realisiert worden ist (Ninck 2007). Weitere Produktionseinbussen von circa 5 bis 10% werden durch die Abflussreduktion infolge des Klimawandels erwartet. Eine Studie im Auftrag des BFE aus dem Jahr 2004 ergab mögliche Zubaupotentiale zwischen 1800 und 5800 GWh/a (Electrowatt-Ekono 2004), je nach Rahmenbedingungen. Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren, die den tatsächlichen weiteren Ausbau der Wasserkraft limitieren. Neben wirtschaftlichen Aspekten sind dies zum einen ökologische Anforderungen, welche von den meisten Beteiligten allgemein akzeptiert werden, aber auch solche, die umstritten sind und wo zum Teil Forschungsbedarf besteht. Die Betreiber beklagen, dass die Gesetzgebung und Genehmigungspraxis keine guten Voraussetzungen für eine Optimierung bei divergierenden Interessen bietet und insbesondere bei kleinen Wasserkraftanlagen zu langwierig ist. Auch wird die Beschwerdelegitimation weit entfernter Umweltorganisationen als hinderlich angesehen. Des Weiteren herrscht bei der Bevölkerung Unkenntnis bezüglich den Grössenordnungen in Energiefragen, so dass Diskussionen häufig sehr emotional und am Thema vorbei stattfinden. Forschung kann dabei nur sehr beschränkt zur Lösung dieser Konflikte beitragen, da es sich um gesellschaftspolitische Fragen nach Prioritäten handelt. Nach Aussagen des SWV erscheinen dadurch die Ausbauziele des Bundesrats (2000 GWh) als sehr ambitiös.

Nimmt man dies alles zusammen, so ist unter den derzeitigen Randbedingungen mittelfristig eher nicht mit einer deutlichen Steigerung des tatsächlichen Jahresarbeitsvermögens zu rechnen.

Die Frage stellt sich jedoch nicht nur nach einem zusätzlichen Ausbau der Wasserkraft. Aufgrund der oben genannten Gründe geht es ebenso um den Erhalt des derzeitigen Niveaus der Stromerzeugung aus Wasserkraft. Zusätzlich erreichen Wasserkraftanlagen ein Alter, in dem sehr grundlegende Revisionen durchgeführt werden müssen, um das derzeitige Arbeitsvermögen zu erhalten. Bei Speicherkraftwerken verändert sich die Betriebsweise aufgrund des veränderten europäischen Strommarktes, was zu anderen mechanischen Belastungen der Maschinen und ebenfalls zu anderen Schwall und Sunkerscheinungen führt. Speicherräume verlanden aufgrund normaler Erosionsprozesse und das nutzbare Stauraumvolumen wird entsprechend reduziert. Vielerlei Anstrengungen sind daher erforderlich, um der enormen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Wasserkraftnutzung und den derzeit und zukünftig anstehenden Aufgaben gerecht zu werden.

3.2 BESTEHENDE FORSCHUNGSKAPAZITÄTEN

Um den anstehenden Herausforderungen gerecht werden zu können, müssen die derzeit bestehenden Forschungskapazitäten an den Universitäten und Fachhochschulen auf jeden Fall erhalten werden und die Kooperation mit der Industrie und privaten Firmen unterstützt werden. Um auch die Bereiche abdecken zu können, die derzeit nicht bearbeitet werden können, sind zusätzliche Anreize oder Forschungsmittel notwendig. Ausserdem soll damit sichergestellt werden, dass mittelfristig eine ausreichende Anzahl von Spezialisten in der Schweiz vorhanden ist, die die Grundlagen beherrschen und die anstehenden Aufgaben lösen können.

Ob die derzeit vorhandenen Forschungskapazitäten hierfür ausreichen, kann hier nicht abschliessend beurteilt werden. Während von Seiten der Hochschulen die Meinung geäussert wurde, dass genügend Spezialisten ausgebildet würden (zumindest im Bereich Bauingenieurwesen), wurde dies von den Vertretern der Fachhochschulen teilweise verneint. Auch die Betreiber bemängeln, wie bereits erwähnt, dass nicht genügend hoch qualifizierte Bewerber zur Verfügung stehen.

3.3 LEHRE UND AUSBILDUNG

Kraftwerksbetreiber, VSE und SWV sind sich einig darüber, dass im Bereich Wasserkraft ein Bildungsdefizit herrscht. Der SWV hat daher einen Bildungsexperten beauftragt, die interne Weiterbildungspraxis bei den Kraftwerksbetreibern zu untersuchen, die Aussagen zu bündeln und Empfehlungen auszuarbeiten. Ein erster interner Bericht dazu liegt vor, ab 2008 sollen die Informationen über das Ausbildungsprogramm auf einer Website allgemein verfügbar sein. Dadurch haben alle Betreiber Zugriff auf die Information und können ihre Mitarbeiter zu den entsprechenden Veranstaltungen schicken. Darüber hinaus ist vorgesehen, Empfehlungen über zusätzlich erforderliche Ausbildungsschwerpunkte und gegebenenfalls neue Ausbildungsformen bearbeiten. Eine gegenseitige Abstimmung mit dem hier vorliegenden Programm wurde vereinbart.

Die Fortbildungsmassnahmen richten sich hauptsächlich an technisches Personal aber weniger an akademisch ausgebildete Mitarbeiter. Fortbildungsmassnahmen, die sich an berufstätige Ingenieure richten, sind sehr limitiert. Die einzigen Angebote die genannt worden sind, sind das Nachdiplomstudium an der EPFL oder ein spezieller Lehrgang der American Society of Mechanical Engineers zur generellen Instandhaltung von Maschinenkomponenten.

3.4 MÖGLICHE VERLUSTE UND ABWANDERUNG VON KNOW-HOW

Der bereits heute festgestellte Mangel an technischem Know-how wird sich weiter fortsetzen, da ältere und erfahrene Ingenieure, die noch persönlich an einigen der ursprünglichen Neubauten mitgewirkt haben, zunehmend in den Ruhestand gehen. Gutausgebildete Ingenieure, die im Bereich Grosswasserkraft tätig werden wollen, gehen häufig ins Ausland, um dort, wo noch grosse Projekte realisiert werden, Erfahrung zu sammeln. Ob diese dort gesammelte Erfahrung jemals in der Schweiz verfügbar wird, ist unklar.

Ohne gezielte Massnahmen, welche Ausbildung, Forschung, und attraktive Tätigkeitsfelder in der Schweiz beinhalten, ist mit einem weiteren Verlust von Know-how zu rechnen, welches mittelfristig nicht kompensiert werden kann.

Die Forschung kann nur einen begrenzten Beitrag dazu leisten, diese Situation zu entschärfen. Im Wesentlichen liegt es an den Betreiberfirmen, ihre technischen Abteilungen langfristig zu erhalten und durch entsprechende personelle Ausstattung und attraktive Arbeitsbedingungen eine Kontinuität zu schaffen, die den Erhalt und die Weitergabe von Spezialwissen sicherstellt. Die Forschungs- und Bildungseinrichtungen sollten alternative berufs begleitende Aus- und Weiterbildungsangebote entwickeln. Aufgabe der Politik ist es, die Rahmenbedingungen hierfür zu schaffen und entsprechende Anreize zu geben.

3.5 WIRTSCHAFTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind so, dass Betreiber grosser Wasserkraftanlagen genügend Eigenmittel haben, um die aus ihrer Sicht notwendigen Forschungsarbeiten zu finanzieren. Dabei entsteht allerdings der Nachteil, dass Untersuchungen nicht auf allgemeine und grundlegende Fragestellungen ausgerichtet sind, auf deren Basis dann die spezielle Fragestellung beantwortet werden kann. Stattdessen wird nur eine fallspezifische Frage bearbeitet, ohne dass die Ergebnisse anderweitig verwertbar wären. In vielen Fällen wäre es möglich, mit einem relativ geringen Mehraufwand allgemeiner anwendbare Ergebnisse zu bekommen, von denen ein grösserer volkswirtschaftlicher Nutzen ausgeht. Dies wird einerseits durch den Zusammenschluss mehrerer Betreiber und einer Forschungseinrichtung zu einer problem-spezifischen Forschungsgruppe erreicht, andererseits durch internationale Kooperationen. Die hierfür erforderlichen zusätzlichen Mittel sollten bereitgestellt werden, um einen Anreiz zu schaffen.

Betreiber kleiner Anlagen haben im Allgemeinen keine ausreichenden Eigenmittel, um Forschungsprojekte zu finanzieren. Hier sind, sofern es sich um allgemein relevante Fragestellungen handelt, Fördermittel bereitzustellen, die

1. die Forschungsarbeiten selbst ermöglichen und
2. die Umsetzung der Ergebnisse in konkrete praktische Handlungsempfehlungen beschleunigen.

3.6 INTERNATIONALE ENTWICKLUNGEN UND TENDENZEN

Die Situation der Wasserkraft ist international sehr unterschiedlich. In industrialisierten Ländern, in denen die Wasserkraft bereits einen sehr hohen Ausbaugrad erreicht hat, findet zum Teil keine nennenswerte Wasserkraftforschung mehr statt. Wasserkraft wird als veraltete Grosstechnologie angesehen.

hen, die zwar noch genutzt wird, wo aber keine neuen Entwicklungen erwartet werden. Der Kraftwerkspark in diesen Ländern veraltet zunehmend, zum Teil werden private kleinere Anlagen aufgegeben. Dies passiert insbesondere dort, wo die Einspeisevergütungen niedrig sind, wie in den USA.

In denjenigen industrialisierten Ländern, in denen aufgrund des Klimawandels und anderer Aspekte eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien gesellschaftlich und politisch gewollt ist, wird trotz hohem Ausbaugrad weiter geforscht mit dem Ziel, das bestehende Erzeugungspotential weiter zu nutzen, die wirtschaftliche Situation weiter zu verbessern, die gewässerökologischen Schäden zu minimieren und zusätzlich vorhandene Potentiale nutzbar zu machen, wo dies wirtschaftlich möglich und ökologisch vertretbar ist. Partnerschaften und gemeinsame Forschungsprojekte mit diesen Ländern, vor allem in Mitteleuropa und Skandinavien, bieten sich an.

In den Ländern, in denen noch grössere ungenutzte Potentiale vorhanden sind, und wo die gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einen weiteren Ausbau fördern, findet dieser auch statt. Insbesondere dort, wo bei grossen Projekten internationale Geldgeber benötigt werden, müssen verschärfte Auflagen eingehalten werden. Bei der Planung und beim Bau selbst kommen eher regionale Anbieter oder solche aus weniger lohnintensiven Ländern als der Schweiz zum Zug. Trotzdem bieten sich für Schweizer Firmen in den Bereichen Consulting, Speziallösungen und -ausrüstung und Qualitätsüberwachung noch internationale Betätigungsfelder.

4. Massnahmen

4.1 MASSNAHMEN ZUR AUFRECHTERHALTUNG DES FACHWISSENS

Dringend notwendige Massnahmen zur Aufrechterhaltung eines minimal erforderlichen Fachwissens zur Nachhaltigen Nutzung der Wasserkraft in der Schweiz gliedern sich in die Bereiche Lehre und Ausbildung einerseits und Forschung andererseits. Zusätzlich wird noch empfohlen, verstärkt Öffentlichkeitsarbeit zu leiten.

4.1.1 Lehre und Ausbildung

Der Bereich Lehre und Ausbildung teilt sich auf in die Bereiche Grundausbildung, wissenschaftliche Weiterbildung und berufsbegleitende Fortbildung.

Die Grundausbildung an den Universitäten und Fachhochschulen wird als angemessen angesehen. Die wissenschaftliche Fortbildung wird durch eine weitere Förderung der Wasserkrafftorschung gestützt. Die meisten Defizite werden in der berufsbegleitenden Fortbildung gesehen.

Beispielsweise könnte empfohlen werden, dass berufsbegleitende Fortbildungen zu speziellen Fragestellungen (2-3 tägige short courses) angeboten werden. Diese Fortbildungen könnten sowohl von den Fachhochschulen oder Universitäten oder auch von erfahrenen Mitarbeitern der Kraftwerksbetreiber abgehalten werden. Die Organisationen könnte entweder über den Dachverband der Kraftwerksbetreiber laufen, welcher den Bedarf ermittelt, entsprechende Spezialisten sucht und die Kurse organisiert, oder aber die Universitäten und Fachhochschulen könnten von sich aus spezielle Kurse anbieten. Eine Änderung des regulären Lehrangebots dürfte wenig Sinn machen, da die Anzahl der Studierenden, die derart spezialisierte Vorlesungen besuchen würden, zu gering wäre. Es wird empfohlen, dieses Ausbildungsangebot zumindest europaweit auszuschreiben. Die Finanzierung geschieht über Teilnehmerbeiträge. Ein Vorschlag wäre es, eine Bildungskommission zu schaffen, welche neue Ausbildungsformen initiiert und die entsprechenden Massnahmen einleitet, wobei Universitäten und Fachhochschulen unbedingt einzubinden sind. Berufsbegleitende Fortbildungen für hoch qualifizierte Ingenieure sind beispielsweise in den USA üblicher Bestandteil des universitären Lehrangebots und müssen auch zur Aufrechterhaltung der Berufslizenz als „professional engineer“ regelmässig nachgewiesen werden. Aus den oben angeführten Arbeiten des SWV sind ebenfalls Vorschläge für neue Ausbildungsformen zu erwarten.

Es ist nahe liegend, ein solches Ausbildungsangebot mit den europäischen Nachbarstaaten gemeinsam zu betreiben, um kostendeckend und effektiv zu bleiben.

4.2 STÄRKUNG VON FORSCHUNGSKAPAZITÄTEN

Im Folgenden werden zusätzlich empfohlene Massnahmen zur gezielten Stärkung von Forschungskapazitäten von besonderer strategischer Bedeutung für die Schweiz erläutert. Strategische Bedeutung existiert in denjenigen Bereichen, die entweder volkswirtschaftlich sehr bedeutend sind und gleichzeitig zum Beispiel durch die Klimaveränderung in ihrer derzeitigen Existenz bedroht sind, oder aber in denjenigen Bereichen, die auf Grund der langfristigen Energiepolitik des Bundes bzw. des

Energieforschungskonzepts 2008 bis 2011 besonders gefördert werden sollen. Darüber hinaus kommt denjenigen Bereichen eine strategische Bedeutung zu, wo ein Know-how oder Technologievorsprung Schweizer Firmen besseren Zugang zu internationalen Märkten ermöglicht.

Für die Kleinwasserkraftwerke wird vorgeschlagen, im Wesentlichen das Konzept weiterzuverfolgen, welches für das Forschungsprogramm 2004-2007 zu Grunde lag (ein Konzept hierfür, ausgearbeitet von Manuel Buser, wurde im Wesentlichen übernommen). Danach ist bei kleineren Anlagen noch ein anteilmässig höheres Produktionswachstum zu erwarten. Allerdings sind kleinere Anlagen auch einem höherem Kostendruck ausgesetzt sind. Besonders kostensensitiv sind Niederdruckkraftwerke. Schlanke, manchmal auch unkonventionelle Lösungen machen entsprechende Projekte erst möglich. Auch im bestens erforschten Gebiet der hydraulischen Maschinen sind Innovationen möglich, beispielsweise durch vereinfachte Bauweisen, neue Simulationsmöglichkeiten und eventuell auch neue Materialien. Genereller Forschungsbedarf besteht in folgenden Gebieten:

- Wasserbau, Maschinenbau
- Systemoptimierung und -Integration
- Ökologische Begleitmassnahmen
- Rahmenbedingungen
- Finanzierung und Qualitätssicherung

Bei den GWK ist die Technologie weitestgehend ausgereiften, so dass grundlegende Forschungsprogramme nicht erforderlich sind. Spezielle Fragestellungen, die an einzelnen Anlagen auftreten, sind industrielle Forschungstätigkeiten, die nicht staatlich gefördert werden müssen. Bei Fragen, die sich nicht auf die Technologie beziehen, besteht jedoch durchaus Bedarf an staatlich geförderter Forschung. Beispiele hierfür sind etwa mittel- bis langfristige Folgen des Klimawandels auf die Energieproduktion insgesamt.

4.3 WEITERE MASSNAHMEN

Die Wasserkraftnutzung hat in der breiten Bevölkerung nicht das Ansehen, das ihrer energie- und volkswirtschaftlichen Bedeutung entspricht. Wasserkraft wird nicht als moderne, grüne Energie wahrgenommen, sondern als gefährliche, verunstaltende Technik. Die Bevölkerung hat zum Teil noch dubiose Ängste, wie vor der Überflutung von Tälern, aber auch berechtigte Sorgen um Restwasserabflüsse, Schwall und Sunk, usw.

Um dies zu verbessern, wird eine Aufklärungskampagne für die Bevölkerung über Medien und Veranstaltungen empfohlen, die der Bevölkerung das Thema Energie nahe bringt und mit den Stromproduzenten koordiniert ist. Eine glaubwürdige Werbung für Wasserkraft muss zunächst die enorme Bedeutung der Schweizer Wasserkraft vermitteln und Aufklärungsarbeit über die Grössenordnungen in der Schweizerischen Energiewirtschaft leisten. Dazu gehören auch die zusätzlichen Nutzeffekte, wie der Hochwasserschutz. Es muss aber auch offen über gewässer-ökologische Probleme und die Schwierigkeiten und Kosten, diese zu minimieren, informiert werden. Wasserkraft muss sich ernsthaft mit den Problemen auseinandersetzen, die sie verursacht, um glaubwürdig zu wirken und um junge Menschen anzuziehen.

Weiter sollte die Aktion auch durch die Rekrutierung von Studenten durch gezielte Massnahmen ergänzt werden, beispielsweise über Angebote für Praktika, Diplomarbeiten und Studienarbeiten bei Wasserkraftunternehmen.

Die Betreiber sind nach eigenen Aussagen eher durch ablehnende Bescheide entmutigt, wenn sie in der Vergangenheit Forschungsanträge gestellt haben. Es soll daher eine Kontaktstelle, eventuell bei der Programmleitung, eingerichtet werden, die mit Betreibern gemeinsam Möglichkeiten untersucht, Projekte zu initiieren, auch im Bereich der Grundlagenforschung.

Es wurde vorgeschlagen, Forschung rund um Wasserkraft zu koordinieren, diese Bemühungen sollten verstärkt werden. Es ist zu diskutieren, wo eine solche Aufgabe wahrgenommen werden könnte, die Programmleitung wäre eine denkbare Möglichkeit.

Eine systematische Sammlung, Archivierung und Verbreitung der Ergebnisse der Wasserkraftforschung in der Schweiz wurde zwar angeregt aber bisher nicht umgesetzt. Diese Initiative sollte gestärkt werden, um Forschungsergebnisse schnell und unkompliziert zugänglich zu machen. Dies kommt auch einer Forderung von Seiten der Betreiber entgegen, nach deren Meinung Forschungsergebnisse nicht schnell genug zugänglich sind.

4.4 UNTERSTÜTZUNG INTERNATIONALER KOOPERATIONEN

Im Rahmen der Erstellung dieses Berichts wurden einige internationale Forschungsprojekte oder Projektanträge hinsichtlich einer möglichen Schweizer Beteiligung evaluiert. Diese waren:

- Proposal „HP-Strategy“ an die EU im Rahmen des Framework 7 bezüglich Kooperationsmöglichkeiten mit dem geplanten Wasserkraft Forschungsprogramm des BFE
- Österreichisches Forschungsprogramm „Energie der Zukunft“, siehe www.e2050.at.

Es wird empfohlen, vorhandene Kontakte auszunutzen, um Informationen über internationale Wasserkraftforschungsprojekte zu bekommen und diese regelmässig dahingehend zu prüfen, ob eine Schweizer Beteiligung sinnvoll erscheint. Wo dies der Fall ist, sollte die Projektleitung versuchen, Kontakte zu den internationalen Koordinatoren herzustellen und abzuklären, ob und wie eine Schweizer Beteiligung möglich wäre.

5. Konzept für ein Forschungsprogramm Gesamtwasserkraft 2008–2011

5.1 KLEINWASSERKRAFT UND GROSSWASSERKRAFT

Entsprechend dem Vorschlag der CORE wird das hier vorgeschlagene Forschungsprogramm für die Gesamtwasserkraft 2008 bis 2011 alle Wasserkraftanlagen abdecken und beinhaltet somit KWK und GWK. Zwar gibt es Unterschiede bei den Schwerpunkten der jeweiligen Forschungsprogramme, jedoch sprechen mehrere Gründe dafür, beide Kategorien in ein gemeinsames Programm zu integrieren:

- Es gibt keine sinnvolle technische Grenze zwischen KWK und GWK sondern nur einen relativ breiten Übergangsbereich, der je nach Unterscheidungsmerkmal zwischen weniger als 1 MW und ca. 10 MW liegen dürfte (10 MW entspricht hier der international gebräuchlichen Abgrenzung).
- Viele Probleme betreffen bestimmte Typen (Bauweise, Betriebsweise) von Anlagen, die sowohl dem Bereich KWK als auch GWK zugeordnet sein können (Bsp. Restwasserregelungen an Wasserrfassungen von Gebirgsbächen)
- Sowohl bei KWK als auch bei GWK sind viele unterschiedliche Fachbereiche abzudecken, u. a. die Bereiche Maschinen- und Elektrotechnik, Stahlwasserbau, wasserbauliche Anlagenteile, Betrieb, ökologische Fragen, Wirtschaftlichkeit usw. Expertenwissen ist in den meisten Fällen einem dieser Bereiche zuzuordnen, dabei aber oft sowohl für Fragen betreffend KWK als auch GWK anwendbar. Für die Koordination des Gesamtprogramms ist es daher sinnvoller, eine Unterscheidung in die unterschiedlichen Fachbereiche vorzunehmen, als nach der Grösse der Kraftwerke zu trennen.

Bei der Formulierung des Programms wird es demzufolge neben gemeinsamen Themenbereichen auch solche geben, wo eine Unterscheidung zwischen Forschungsbereichen speziell für KWK und GWK gemacht wird.

5.2 FÖRDERSCHEWERPUNKTE

Die Umfrageergebnisse, verschiedene Diskussionen und eigene Einschätzungen ergaben eine Vielzahl relevanter Forschungsthemen. Infolge der von der CORE vorgegebenen Zielsetzung werden jedoch nur diejenigen Themenbereiche gefördert, die einen Bezug zur Potentialausnutzung in technischer, wirtschaftlicher oder ökologischer Hinsicht haben. Das heisst, andere Forschungsthemen mögen durchaus relevant sein, sie werden aber von der Zielsetzung dieses Programms nicht erfasst und daher nicht gefördert. Daraus ergaben sich die in Tabelle 1 dargestellten Forschungsschwerpunkte.

In diesen Bereichen ist staatlich finanzierte Forschung notwendig und sinnvoll, da sie die Wasserkraft allgemein betreffen, die einen enormen volkswirtschaftlichen Stellenwert besitzt.

Viele dieser aktuellen Fragestellungen, wie z. B. die Schwall/Sunk Problematik, sind erstens nur interdisziplinär zu bearbeiten und zweitens so umfangreich, dass belastbare Antworten nur aus relativ grossen Forschungsprojekten hervorgehen können. Üblicherweise müssen dabei mehrere verschiedene Gewässer untersucht und über lange Zeiträume konsistente Daten gesammelt werden. Dies ist eigentlich nur im Rahmen von internationalen Kooperationen möglich, bei denen verschiedene Finanz- und Personalquellen genutzt werden können. Andernfalls werden Lösungen erarbeitet, die relativ schlecht abgesichert und zumeist nicht übertragbar sind auf andere Gewässer. Es wird daher empfoh-

len, bei Fragestellungen, bei denen dies relevant ist, sehr stark auf eine internationale Vernetzung der Forschungsarbeiten hinzuwirken.

5.3 STANDORTE UND AKTEURE

Forschung soll in Zukunft von denselben Akteuren und an denselben Standorten wie bisher unter-
nommen werden. Über verstärkte finanzielle Anreize soll erreicht werden, dass neben den Auftrags-
forschungen stärker in bestimmten Bereichen der Grundlagenforschung gearbeitet wird, die im Ein-
zelnen erläutert sind (siehe 4.2). Weiterhin soll auf eine bessere internationale Einbindung der
Schweizer Wasserkrafftorschung hingewirkt werden. Dadurch könnten sich bestimmte Aktivitäten ins
Ausland verlagern. Im Gegenzug ist aber zu erwarten, dass Forschungsarbeiten, die international
initiiert wurden, zum Teil in der Schweiz realisiert werden.

5.4. FINANZIELLE AUFWENDUNGEN

Bisher flossen ungefähr 2 Mio CHF jährlich aus öffentlicher Hand in die Wasserkrafftorschung.

Entsprechend den Empfehlungen der CORE (CORE 2007) sind bis zum Jahr 2011 Aufwendungen
aus der öffentlichen Hand von jährlich CHF 7 Mio gerechtfertigt. Dies entspricht einer Verdoppelung
gegenüber den derzeitigen Aufwendungen. Davon sollte ein Drittel für P+D Projekte zur Verfügung
stehen, und somit ca. CHF 4,6 Mio für F+E. Für die Kleinwasserkraft soll der P+D Bereich über Ener-
gieSchweiz abgewickelt werden, für den Bereich Grosswasserkraft sollte der Bereich P+D über das
hier vorgeschlagene Forschungsprogramm mit abgedeckt werden. Allerdings ist im Bereich Gross-
wasserkraft nur mit einem sehr geringen Anteil an P+D Projekten zu rechnen. Es wird vorgeschlagen,
nicht mehr als 10% des Fördervolumens dafür anzusetzen. Weiterhin wird vorgeschlagen, einen Anteil
von 15% für F+E im Bereich KWK vorzusehen. Dies ist überproportional im Vergleich zum Anteil an
der Gesamtstromerzeugung und berücksichtigt die unterschiedlichen Gestehungskosten bei KWK und
GWK sowie die ausgereifere Technologie, die GWK bereits haben. Setzt man für die Programmlei-
tung ca. 5% an so verbleiben ca. 70% oder CHF 3,2 Mio für F+E im Bereich GWK. Damit lassen sich,
gemeinsam mit zusätzlichen Eigenbeiträgen der Betreiber und Mittel von swisselectric research, über
einen Zeitraum von 5 Jahren, signifikante Fortschritte bei der Bewältigung der aufgelisteten For-
schungsschwerpunkte machen.

Für die Bereitstellung der Mittel wird folgende Aufteilung empfohlen:

	BFE	ETH	SNF	KTI
Programmleitung	5%			
GWK F+E	10%	20%	20%	20%
GWK P+D				10%
KWK F+E	5%			10%
gesamt	20%	20%	20%	40%

Die Prozentzahlen, multipliziert mit der Gesamtfördersumme, ergeben die tatsächlichen jeweiligen
Förderbeträge.

Die Förderprioritäten sollten in den Bereichen liegen, wo ein starkes volkswirtschaftliches Interesse
vorhanden ist, wo aber einzelne Betreiber nicht in der Lage sind, die grundlegenden Fragen generell
untersuchen und beantworten zu lassen. Beispiele hierfür wären zum Beispiel die Komplexe Klima-
wandel, Schwall und Sunk, oder Sanierungsverfahren für die den Beton zerstörenden Alkaliaggreat-
reaktionen. Bei anderen Projekten sollte dort gefördert werden, wo durch die staatliche Förderung ein
deutlich grösserer Zuwachs an Know-How zu erwarten ist als ohne, beispielsweise durch die Einbin-
dung eines Projektes in ein internationales Forschungsprojekt (beispielsweise über Euresearch oder
durch bilaterale Vorhaben, beispielsweise mit Österreich). Ein Teil der Forschungsgelder sollte auch
für wirklich innovative Ideen zur Verfügung stehen.

6. Programmleitung

Die Programmleitung für das Gesamtprogramm, also GWK und KWK, wird von Dr. Klaus Jorde, Entec
AG, St. Gallen, wahrgenommen. Neben der Gesamtprogrammleitung begutachtet und betreut der
Programmleiter je nach persönlicher fachlicher Erfahrung auch einzelne Projekte insgesamt oder teil-
weise selbst. In Bereichen, wo Expertenwissen erforderlich ist, das der Programmleiter selbst nicht
abdecken kann, werden intern weitere Fachleute mit ähnlicher hoher Qualifikation, aber andern
Schwerpunkten, hinzugezogen. Herr Jorde ist Bauingenieur und hat 1996 im Bereich Wasserkraftan-
lagen und Restwasserregelungen an der Universität Stuttgart promoviert. Von 2001 bis Ende 2007
war Herr Jorde als Professor für Bauingenieurwesen im Bereich Wasserbau an der University of Idaho

in Boise, USA, tätig. Ende 2007 kehrte Herr Jorde nach Europa zurück und ist seit Januar 2008 bei der Entec AG in St. Gallen tätig. Herr Jorde deckt die Bereiche Wasserkraftanlagen allgemein, Planung, Bau und Betrieb ab. Zusätzlich ist Herr Jorde ein ausgewiesener Experte in gewässerökologischen Fragen im Zusammenhang mit Wasserkraftnutzung. Herr Jorde betreibt seit 4 Jahren selbst ein kleines Laufwasserkraftwerk in Deutschland.

Für die elektromechanischen Anlagenteile, sowie Fragen der Steuerung und Regelung, sind bedarfsweise innerhalb der entec weitere Fachleute verfügbar.

Tab. 1: Förderschwerpunkte des BFE-Forschungsprogramms Wasserkraft 2008 - 2011

Bautechnik

GROSSWASSERKRAFT

- Neue Methoden der Schacht- und Stollenauskleidungen

KLEINWASSERKRAFT

- Kleinwasserkraftwerke ohne Turbinenhaus, z.B. offene Niederdruckmaschinen, überflutete Anlagen, Freiluftanlagen, Containerkraftwerke, Lösungen mit minimalen Tiefbaueingriffen
- Erforderliche Rohrleitungsquerschnitte bei Wasserversorgungsanlagen, die zur Energieerzeugung genutzt werden sollen (im Zuge von Leitungssanierungen)

Materialien, Komponenten, Technologie

GROSSWASSERKRAFT

- Pumpturbinen bei häufigem Wechsel der Betriebsweise

KLEINWASSERKRAFT

- Optimierte Turbinenkonzepte: Standardbauarten, Einfachbauarten, Lösungen für geschlossene Systeme (Trinkwasser- und Industrieanlagen)
- Drehzahlvariable Kleinstkraftwerke
- Wirkungsgradverbesserungen bei Komponenten für Kleinstkraftwerke
- Neue Komponenten wie Umrichter, wartungsfreie Aktuatoren, ausfallsichere Sensoren
- Lösungen und Standards für Betriebsoptimierung und Fernbetrieb, integrierte Leitsysteme
- Wartungsfreie Rechen und Reiniger
- Verbesserte Spülprogramme für Turbinen bei hohem Geschwemmselanfall
- Methoden zur Druckstossprävention

Wirtschaftlichkeit, Potentiale, klimatische Auswirkungen

GROSSWASSERKRAFT

- Änderung der Produktion und des zeitlichen Verlaufs bei Laufwasser- und Speicherkraftwerken
- langfristige Anpassung der Betriebsweise von Speicherkraftwerken
- bauliche Massnahmen zur Anpassung der Betriebsweise
- bauliche Massnahmen zur Sicherung im Umfeld der Gletscher
- Einfluss von Gletscherrückgang auf vorhandene Staubecken (Verlandung, Hanginstabilitäten, Permafrost usw.)
- Konzessionserneuerungen und Ausbaupotentiale: Vergleich von Leistungssteigerung und Produktionseinbussen infolge GSchG

KLEINWASSERKRAFT

- Einfluss des Klimawandels auf die Jahresproduktion (im Rahmen von Potentialstudien)
- Energienutzungspotenziale bei Wasserversorgungen
- Einzugsgebietsbezogene Potentialabschätzungen
- Abschätzung des Anteils real nutzbarer Potentiale am Gesamtpotential
- Risikobeurteilung und Finanzierungsmodelle

Ökologie

GROSSWASSERKRAFT

- Situationsangepasste Restwasserregelungen
- Schwall/Sunk Problematik
- Integrative Untersuchungen zum Spannungsfeld größtmögliche Wassernutzung vs. Umwelt
- Fischabstiegseinrichtungen, Fischabweisanlagen, fischfreundliche Turbinen
- neue besonders umweltfreundliche Komponenten
- Vermarktung von Ökostrom und finanzielle Anreize für ökologische Verbesserungen

KLEINWASSERKRAFT

- Kleinwasserkraftwerke, die einen ökologischen Nutzen bringen beziehungsweise keinen Schaden verursachen (Spezielle Fallstudien)

Forschungsinfrastruktur, Netzwerke

Für viele der oben genannten Forschungsthemen sind interdisziplinäre Netzwerke erforderlich, die zudem international ausgerichtet sein sollten. Solche zusätzlichen Aktivitäten können gefördert werden, jedoch nur im Zusammenhang mit konkreten Forschungsprojekten (auch anderweitig finanziert):

- Aufbau von Forschungsinfrastrukturnetzwerken
- Unterstützung internationaler Kooperation
- Informationstransfer
- Marktüberleitung
- Stärkung der Grundlagenforschung, um Nachwuchs zu fördern

Referenzen

- [1] CORE: **Konzept der Energieforschung des Bundes 2008-2011**. Bundesamt für Energie, Bern, 2007.
- [2] Electrowatt-Ekono: **Ausbaupotential der Wasserkraft**. Im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern, 2004.
- [3] M. Kummer: **Energieminderproduktion bei Wasserkraftwerken aufgrund der Restwasserbestimmungen im Gewässerschutzgesetz/GSchG**. Wasser, Energie, Luft, 94(11/12), 317-320, 2002.
- [4] M. Ninck: **Ohne Rücksicht auf Verlust**. aus NZZ vom 5. Aug. 2007, Zürich.