



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung

21. Januar 2013

Forschungskonzept 2013–2016

Wasserkraft



Auftraggeber:
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Autor:
Dr. Klaus Jorde, Skat Consulting AG, klaus.jorde@skat.ch



Ausgangslage

Wasser ist der wichtigste Rohstoff der Schweiz und liefert derzeit ca. 55% der elektrischen Energie. Mehr als die Hälfte davon wird je nach Bedarf aus Speicherseen zur Verfügung gestellt. Diese Energie ist die wertvollste überhaupt, weil sie innerhalb von kürzester Zeit und mit sehr grossen Leistungen entsprechend dem sonstigem Angebot sowie der Nachfrage bereitgestellt werden kann.

Die Energiestrategie 2050 des Bundes befindet sich derzeit in der Vernehmlassung. Der geplante Ausstieg aus der Kernenergie sowie das Auslaufen internationaler Importverträge für elektrischen Strom führen in naher Zukunft zu einem deutlichen Versorgungsdefizit. In den untersuchten Energieszenarien spielt die Wasserkraft eine wesentliche Rolle. Einerseits wird eine weitere Steigerung der Erzeugung aus Lauf- und Speicherwasserkraftwerken erwartet und zum zweiten werden Pumpspeicherkraftwerke innerhalb des europäischen Stromnetzes zukünftig eine enorm wichtige Rolle spielen. Sie werden zur Speicherung von Strom aus nicht regelbaren erneuerbaren Energien wie Sonne und Wind ebenso benötigt wie für die Überbrückung von Zeiten, in denen aus diesen Quellen nur wenig Strom bereitgestellt wird. Die Alpenländer sowie Norwegen positionieren sich derzeit für diese Entwicklungen.

Das Forschungsprogramm Wasserkraft des Bundesamtes für Energie besteht in der jetzigen Form seit 2008 und hat als generelles Ziel die vollständige Ausnutzung des in der Schweiz vorhandenen Wasserkraftpotentials unter Berücksichtigung ganzheitlicher Gesichtspunkte. Zusätzlich muss der mögliche Beitrag Schweizer Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke im Rahmen eines europäischen Versorgungskonzepts integriert werden.

Stand der Forschung

Die Wasserkrafftorschung in der Schweiz hat eine lange Tradition und innerhalb der letzten Jahre wurden die Aktivitäten aufgrund der vielfältigen neu auftauchenden Fragestellungen intensiviert. An den schweizerischen Hochschulen, Fachhochschulen und bei privaten Firmen waren im Jahr 2011 um die 50 unterschiedliche Forschungsprojekte aus dem Bereich Wasserkraft angesiedelt. Bei vielen davon waren Betreiber grosser Wasserkraftanlagen als Initianten und bei der Unterstützung, Bereitstellung von Daten und Kofinanzierung miteingebunden.

Das Forschungsprogramm deckt prinzipiell alle Grössen von Wasserkraftanlagen ab und beinhaltet somit Kleinwasserkraft (KWK) und Grosswasserkraft (GWK). Zwar gibt es Unterschiede bei den Schwerpunkten der jeweiligen Kategorien, jedoch sprechen zahlreiche Gründe dafür, beide Kategorien in einem gemeinsamen Programm zu vereinen:

- 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 Wasserfassungen 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. Experten-



wissen 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.

- Die Grosswasserkraft hat über ihre Betreiber und deren Dachorganisationen Zugriff auf verschiedene Fördermöglichkeiten für Forschungsprojekte. Die Kleinwasserkraft hat diese Möglichkeiten nicht, hier sind andere Fördermechanismen notwendig.

Demzufolge gibt es neben gemeinsamen Themenbereichen auch solche, wo sich die Förderschwerpunkte bei KWK und GWK differenzieren.

Beitrag zum Konzept der Energieforschung des Bundes

Das Forschungsprogramm Wasserkraft steht in voller Übereinstimmung mit dem Konzept der Energieforschung des Bundes 2013–2016 [1]. Die Wasserkraft spielt innerhalb des Schwerpunkts «Energiesysteme der Zukunft» eine zentrale Rolle, weil von ihr im Vergleich zu heute nochmals wesentlich höhere Beiträge zur Stromversorgung der Schweiz erwartet werden.

Motivation zur Förderung durch die öffentliche Hand

Es ist unter den heutigen Gegebenheiten eher unwahrscheinlich, dass die Wasserkraft die oben genannten in sie gesetzten Erwartungen erfüllen kann; darüber sind sich die Fachleute einig. Es braucht neben einer deutlichen Entschärfung der Konflikte zwischen Wasserkraftnutzung und Gewässer-/Landschaftsschutz auch eine Änderung der genehmigungsrechtlichen Situation. Diese muss von der Gesellschaft unterstützt und mit getragen werden. Neben einer Vielzahl von technischen Aspekten müssen Fragen der Finanzierung und Wirtschaftlichkeit mit betrachtet werden. Insgesamt sind dazu beträchtliche Forschungsaufwendungen notwendig.

Die Mittel, welche die öffentliche Hand für diese Forschungsarbeiten bereitstellen kann, sind bei weitem nicht ausreichend, um den gesamten Bedarf zu decken. Die grossen Betreiber finanzieren diejenigen Forschungsaufgaben, deren Ergebnisse sie dringend benötigen, teilweise selbst oder über private Fördereinrichtungen wie z.B. swisselectric research [2]. Das BFE-Forschungsprogramm fördert in diesem Bereich in erster Linie subsidiär und stellt sicher, dass die Ergebnisse nicht nur den Informationsbedarf einiger weniger Betreiber decken, sondern dass die Ergebnisse allgemein und wissenschaftlich abgesichert erarbeitet und entsprechend publiziert werden. Die Zusammenarbeit zwischen Wasserkraftbetreibern und den Hochschulen beziehungsweise Fachhochschulen bietet hierzu die besten Voraussetzungen.

Forschungsthemen, die nicht von den Betreibern grosser Kraftwerke selbst aufgegriffen werden, werden von den Hochschulen, Fachhochschulen oder privaten Planungs- und Beratungsbüros vorangetrieben. Da hier die Eigenmittel beschränkt sind, kann das BFE-Forschungsprogramm höhere Fördermittelanteile beisteuern.

Der erwartete Zuwachs an Strom aus Wasserkraft ist ohne erhebliche Forschungsanstrengungen nicht realisierbar. Öffentlich geförderte Forschung ist in diesem Bereich daher notwendig und sinnvoll.



Internationale Zusammenarbeit

Viele der aktuellen Fragestellungen, wie z.B. die Schwall/Sunk-Problematik oder der Fischwanderung, 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 praktisch nur im Rahmen von internationalen Kooperationen möglich, bei denen verschiedene finanzielle und personelle Ressourcen genutzt werden können. Andernfalls werden Lösungen erarbeitet, die relativ schlecht abgesichert und zumeist nicht übertragbar sind auf andere Gewässer. Es wird daher angestrebt, bei diesbezüglichen Fragestellungen sehr stark auf eine internationale Vernetzung der Forschungsarbeiten hinzuwirken.

Die relevanten Forschungsinstitutionen sind in der Regel bereits in internationale Netzwerke eingebunden, beteiligen sich an internationalen Tagungen und publizieren ihre Arbeiten entsprechend.

Auf der Ebene der Programmleitung ist eine regelmässige Zusammenarbeit mit Forschungsgruppen vor allem in Deutschland (Trinkwasserkraftwerke), Norwegen (Center for Environmental Design of Renewable Energy CEDREN) und Österreich (Schwall/Sunk-Auswirkungen und Verbesserungsmassnahmen) etabliert.

Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themen

Aufgrund der aktuellen Diskussionen und politischen Entscheidungen in der Schweiz aber auch aufgrund der Situation in den anderen europäischen Ländern und deren mittelfristigen Strategien ist davon auszugehen, dass die vorhandenen Wasserkraftressourcen weitestgehend ausgenutzt werden müssen, soweit dafür ein gesellschaftlicher Konsens gefunden werden kann und dies auch wirtschaftlich vertretbar ist.

Zusätzlich kommen auf die bereits bestehenden Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke erhebliche Änderungen in der Betriebsweise zu. Dies liegt an den tiefgreifenden Änderungen im europäischen Stromverbundnetz und insbesondere an der starken Zunahme fluktuierender Einspeisungen aus erneuerbaren Energiequellen. Inzwischen sind solch enorme Kapazitäten installiert worden, dass sich die Einspeisungen durch wetterbedingte Änderungen der solaren Einstrahlung oder der Windgeschwindigkeiten innerhalb kürzester Zeit um mehrere GW verändern können. Diese enormen Schwankungen werden in erster Linie durch die Regelung von Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken ausgeglichen. Dadurch ergeben sich im Vergleich zu deren ursprünglicher Konzeption und auch im Vergleich zu der Situation vor einigen Jahren völlig neue Betriebsweisen. Diese sind gekennzeichnet durch sehr rasche und häufige Wechsel zwischen Pump- und Turbinenbetrieb sowie durch vermehrten Teillastbetrieb.

Neben den Anforderungen, die sich aus der Umstrukturierung des europäischen Strommarkts ergeben, müssen Wasserkraftwerke für die Folgen des Klimawandels ertüchtigt werden, um auch zukünftig die aus den Vorgaben der Energiepolitik an sie gestellten Aufgaben erfüllen zu können. Hier können sowohl bauliche als auch betriebliche Massnahmen notwendig werden.

Weiterer Forschungsbedarf entsteht aus den Anforderungen des Gewässerschutzes, insbesondere in Bezug auf die Sanierung der Schwall-/Sunk-Strecken und der Wiederherstellung des Gewässerkontinuums (u.a. für Fische) und des Geschiebehaushalts.



Schwerpunkte der Forschung 2013–2016

Grosswasserkraft

- Bautechnik
 - Anpassung von bestehenden Stollensystemen und Leitungen an Belastungen infolge rascher und häufiger Lastwechsel
 - Bauliche Ansätze zur Entschärfung der Schwall/Sunk-Problematik
- Materialien, Komponenten, Technologie, Betrieb
 - Anpassung an veränderte Betriebsweisen im Europäischen Verbundnetz
 - Pumpturbinen bei häufigem Wechsel der Betriebsweise
- Wirtschaftlichkeit, Potentiale, klimatische Auswirkungen
 - Änderung der Produktion und des zeitlichen Verlaufs bei Laufwasser- und Speicherkraftwerken infolge Klimaänderung
 - Langfristige Anpassung der Betriebsweise von Speicherkraftwerken
 - Bauliche Massnahmen an Kraftwerksanlagen zur Anpassung der Betriebsweise
 - Planung von Kraftwerksanlagen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten (Hydrologie, Energiepreise etc.)
 - Konzessionserneuerungen und Ausbaupotentiale: Vergleich von Leistungssteigerung und Produktionseinbussen infolge Gewässerschutzgesetz
 - Neue Finanzierungsmodelle für Pumpspeicherkraftwerke
- Ökologie
 - Entschärfung der Konflikte zwischen Wasserkraft und Gewässerökologie/Landschaftsschutz, insbesondere
 - Situationsangepasste Restwasserregelungen
 - Schwall/Sunk-Problematik, Modellierung der Auswirkungen und Verbesserungsmassnahmen
 - Fischabstiegseinrichtungen, Fischabweisanlagen, fischfreundliche Turbinen
 - Geschiebedurchleitung
 - Neue, besonders umweltfreundliche Komponenten
 - Vermarktung von Ökostrom und finanzielle Anreize für ökologische Verbesserungen



Schwerpunkte der Forschung 2013–2016

Kleinwasserkraft

- Bautechnik
 - Kleinwasserkraftwerke ohne Turbinenhaus, z.B. offene Niederdruckmaschinen, überflutete Anlagen, Freiluftanlagen, Lösungen mit minimalen Tiefbau eingriffen
 - Erforderliche Rohrleitungsquerschnitte bei Wasserversorgungsanlagen, die zur Energieerzeugung genutzt werden sollen (im Zuge von Leitungssanierungen)
- Materialien, Komponenten, Technologie, Betrieb
 - Optimierte Turbinenkonzepte: Standardbauarten, Einfachbauarten, Lösungen für geschlossene Systeme (Trinkwasser- und Industrieanlagen), verbesserte Ultra-Niederdruckanlagen
 - Drehzahlvariable Kleinstkraftwerke
 - Wirkungsgradverbesserungen bei Komponenten für Kleinstkraftwerke
 - Neue Komponenten wie wartungsfreie Aktuatoren, ausfallsichere Sensoren
 - Lösungen und Standards für Betriebsoptimierung und Fernbetrieb, integrierte Leitsysteme
 - Wartungsfreie Rechen und Reiniger
 - Methoden zur Druckstossprävention
- Wirtschaftlichkeit, Potentiale, klimatische Auswirkungen
 - Einfluss des Klimawandels auf die Jahresproduktion (im Rahmen von Potentialstudien)
 - Energienutzungspotentiale bei Wasserversorgungen
 - Wirtschaftlichkeit, Einsatzbereiche und Potentiale kleiner dezentraler Pumpspeicherkraftwerke
 - Risikobeurteilung und Finanzierungsmodelle
- Ökologie
 - Kleinwasserkraftwerke, die einen ökologischen Nutzen bringen beziehungsweise keinen Schaden verursachen (Spezielle Fallstudien)



Technische und ökonomische Ziele

Wasserkraftwerke der Zukunft müssen das vorhandene Wasserkraftpotential möglichst effizient nutzen und dabei gleichzeitig wesentlich höhere Anforderungen aus Gewässerökologie und Landschaftsschutz erfüllen. Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke müssen für neue Betriebsweisen ertüchtigt werden und die vorhandenen Kapazitäten müssen erheblich erweitert werden. Um sicherzustellen, dass diese gesellschaftspolitische Notwendigkeit von den Betreibern erfüllt werden kann, müssen die Rahmenbedingungen für Konzessionsvergaben und -erneuerungen überdacht und neue Finanzierungsmodelle entwickelt werden.

Verwertung und Nutzung der Resultate

Zwischen den Betreibern der grossen Wasserkraftanlagen, der Industrie und den Forschungseinrichtungen an Hochschulen bestehen bereits heute enge Kontakte. Zusätzlich werden die Ergebnisse aller Forschungsprojekte allgemein zugänglich publiziert. Die Erfahrung der vergangenen Jahre zeigt, dass Forschungsergebnisse dadurch direkt in die Praxis umgesetzt und angewandt werden.

Vernetzung und nationale Begleitgruppen

Für die grösseren und insbesondere die interdisziplinären Forschungsprojekte werden Begleitgruppen gebildet. Darin nehmen üblicherweise neben den direkt Beteiligten auch Interessenverbände und Behördenvertreter Einsitz. Über die Dachverbände wie den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband SWV, den Interessenverband Schweizerischer Kleinkraftwerk-Besitzer ISKB oder den Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE sind die Wasserkraftbetreiber untereinander gut vernetzt. Über Veranstaltungen wie sie z.B. durch die Wasseragenda 21 für alle Beteiligten und Interessenvertreter aus dem Bereich Wasserkraftnutzung regelmässig zu bestimmten Fragestellungen durchgeführt werden, ist darüberhinaus ein Austausch sichergestellt und die unterschiedlichen Akteure begegnen sich regelmässig.

Das Forschungsprogramm selbst hat eine eigene Begleitgruppe, die sich bedarfsweise trifft beziehungsweise deren Mitglieder bei bestimmten Fragen beratend zur Verfügung stehen.

Zusammenarbeit und Koordination mit anderen Amtsstellen

Die Zusammenarbeit mit anderen Amtsstellen ist wichtig und wird gepflegt und unterstützt, wo immer dies sinnvoll ist. Im Bereich der Wasserkraftnutzung sind dies neben anderen Abteilungen innerhalb des BFE in erster Linie das Bundesamt für Umwelt BAFU sowie kantonale Behörden. Mit dem BAFU wurden verschiedene Projekte gemeinschaftlich gefördert und kantonale Behörden sind aufgrund ihrer Genehmigungshoheit bei Wasserkraftkonzessionen und ihren eigenen Bestrebungen in Bezug auf kantonale Wasserkraftnutzungsstrategien in den Begleitgruppen verschiedener Forschungsprojekte vertreten.



Fördergrundsätze

Folgende Kriterien werden bei der Evaluation von Projekteingaben berücksichtigt:

Forschungsprojekte

Die Inhalte von Forschungsprojekten entsprechen den Grundsätzen und/oder den detaillierten Forschungsthemen, wie sie vorhergehend formuliert wurden. Sie decken Wissenslücken ab, die nicht bereits in früheren Forschungsarbeiten untersucht wurden und die nicht durch Patente geschützt werden. Die Förderung durch das Bundesamt für Energie konzentriert sich üblicherweise auf angewandte Forschung. Grundlagenforschung ist nicht grundsätzlich ausgeschlossen, sie sollte aber zusammen mit einem Industriepartner erfolgen, der eine spätere Umsetzung ermöglicht. Die Resultate von Projekten mit einer Förderung durch das Bundesamt für Energie werden der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Für Pilot- und Demonstrationsprojekte werden nach dem Willen des Bundesrates in Zukunft zunehmend Gelder zur Verfügung stehen. Das Programm des Bundesamtes für Energie unterstützt neue Anwendungen in innovativen Projekten gemäss Energiegesetz grundsätzlich mit maximal 40% der nichtamortisierbaren Mehrkosten einer Anlage.

Subsidiarität / Mitfinanzierung

Das Forschungsprogramm Wasserkraft ist als Ergänzung zu Projekten der Privatwirtschaft und derjenigen öffentlicher Forschungsstellen vorgesehen. Von anderen Projektpartnern mitgetragene Projekte haben ein grösseres Umsetzungspotential. Alternativ werden europäische und internationale Forschungsprogramme unterstützt. In diesen arbeiten Forscher aus verschiedenen Ländern zusammen und multiplizieren den Forschungseffekt durch das Zusammentragen ihrer Erfahrungen. Die Mittel des Forschungsprogrammes Wasserkraft sind limitiert. Damit verschiedene Ideen aus der Energieforschung finanziert werden können, ist eine übermässige Finanzierung einzelner Projekte oder einzelner Forschungsgebiete nicht möglich. Die Projektbeiträge beschränken sich in der Regel auf eine Grössenordnung von einigen zehntausend bis einige hunderttausend Franken, je nach Wichtigkeit des Projektes.

Eingabe von Projekten

Die Kontaktdaten der Programmleitung sowie die Unterlagen zur Eingabe von Projekten finden sich auf der Website des BFE unter <http://www.bfe.admin.ch/forschungwasserkraft/>.

Es empfiehlt sich, Projekte zuerst als Projektskizzen einzureichen. Erst nach Rücksprache mit der Programmleitung ist es sinnvoll, die umfassenderen Gesuche für Forschungsvorhaben oder Anträge für Pilot- und Demonstrationsprojekte auszuarbeiten. Anträge sind möglichst in elektronischer Form an die zuständige Programmleitung zu richten. Sie stellt die Koordination mit dem Bundesamt für Energie BFE oder mit anderen beteiligten Stellen sicher.

Referenzen

- [1] CORE (2012): *Energieforschungskonzept des Bundes 2013-2016*
- [2] swisselectric research: <http://www.swisselectric-research.ch/>