



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

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

Jahresbericht 31.12.2009

---

## **Erhebung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz**

**Ermittlung des hydroelektrischen Potentials für  
Kleinwasserkraftwerke**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Wasserkraft  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Auftragnehmer:

Watergisweb AG  
Donnerbühlweg 41  
CH-3012 Bern  
[www.watergisweb.ch](http://www.watergisweb.ch)

**Autoren:**

Dr. Udo Schröder, Watergisweb AG, [u.schroeder@watergisweb.ch](mailto:u.schroeder@watergisweb.ch)

**BFE-Bereichsleiter** Dr. Michael Moser / **BFE-Programmleiter** Dr. Klaus Jorde

**BFE-Vertrags- und Projektnummer:** 153640 / 102835

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



# Zusammenfassung

Unter Nutzung vorhandener Geodaten wurde mit GIS-gestützten Analysen das hydroelektrische Potential aller Fliessgewässer der Schweiz ermittelt. Erste vorläufige Auswertungen ergeben ein theoretisches hydroelektrisches Potential von 10'914 MW, berechnet auf der Grundlage mittlerer jährlicher Abflussmengen. Gegenwärtig werden die Resultate geprüft, sowie die Einflussfaktoren „Schutz“ und „Nutzung“ ermittelt. Die Ergebnisse bilden die Grundlage kantonaler Strategien zur Nutzung und zum Ausbau der Wasserkraft. Auch im Hinblick auf die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses durch den Ersatz fossiler Brennstoffe sowie auf die Erhöhung der Versorgungssicherheit bilden die Resultate der Studie eine zentrale Grundlage.

## Projektziele

Mit dem vorliegenden Projekt wird das hydroelektrische Potential aller Fliessgewässer der Schweiz in hoher räumlicher Auflösung ermittelt. Eingangsdaten für die Berechnung des theoretischen hydroelektrischen Potentials sind modellierte natürliche mittlere monatliche Abflüsse sowie das Gefälle der Fliessgewässer.

Unter Berücksichtigung hydrologischer und topographischer Gegebenheiten der Gewässer wird deren Eignung zur Energieerzeugung mittels Kleinwasserkraftwerken unterschiedlicher Leistungsklassen untersucht.

Die Gewässer unterliegen einer Vielzahl von Nutzungs- und Schutzaspekten, weshalb mit GIS-gestützten Analysen eidgenössische Schutzgebiete ebenso berücksichtigt werden wie vorhandene Wasserkraftanlagen und deren Restwasserstrecken. Mit der schweizweiten, detaillierten Analyse des hydroelektrischen Potentials und der Berücksichtigung von Nutzungs- und Schutzaspekten lässt sich eine Vielzahl von aktuellen und zukünftigen Fragestellungen beantworten.

Alle Ergebnisse der GIS-gestützten Analysen sind in einer Geodatenbank gespeichert und können problemorientiert, respektive aufgabenspezifisch aggregiert werden. Hierdurch sind sowohl detaillierte räumliche Analysen möglich als auch die Beantwortung übergeordneter Fragestellungen, wie sie beispielsweise bei der Entwicklung kantonaler Strategien zur Wassernutzung auftreten.

Die Ergebnisse der Studie ermöglichen fundierte Aussagen zum noch nutzbaren Wasserkraftpotential, insbesondere wenn auch ökonomische, ökologische und gesellschaftspolitische Aspekte berücksichtigt werden. Auch Aussagen zur Leistungssteigerung vorhandener Anlagen sind möglich. Nicht zuletzt dienen die Ergebnisse dazu, das Substitutionspotential fossiler Brennstoffe und damit die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses zu ermitteln.

# Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

## Methodischer Ansatz

Die GIS-gestützten Analysen zur Ermittlung des hydroelektrischen Potentials erfolgten mit der im Jahresbericht 2008 ausführlich dargelegten Methodik. Der konzeptuelle Ansatz besteht darin, für äquidistante Gewässerabschnitte von jeweils 50 m Länge deren theoretisches hydroelektrisches Potential zu ermitteln. Der erforderliche Abfluss wird aus dem Einzugsgebiet ermittelt, das Gefälle wird GIS-technisch aus dem Höhenmodell abgeleitet. Das Prinzip ist in Abb. 1 dargestellt.

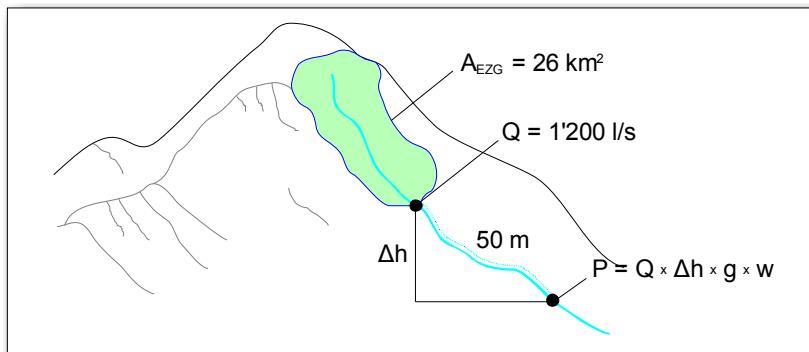
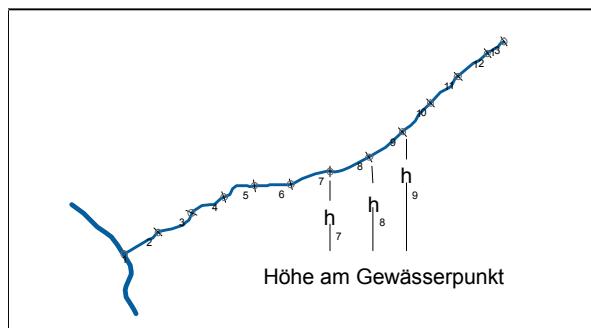


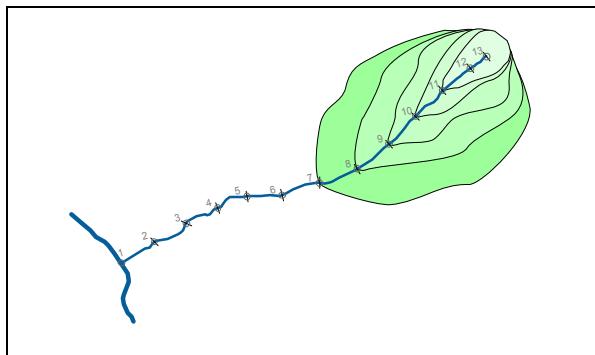
Abb. 1: Prinzipskizze zur Berechnung des hydroelektrischen Potentials

Die Berechnungsmethodik wird nachfolgend skizziert und anhand von schematischen Abbildungen illustriert.

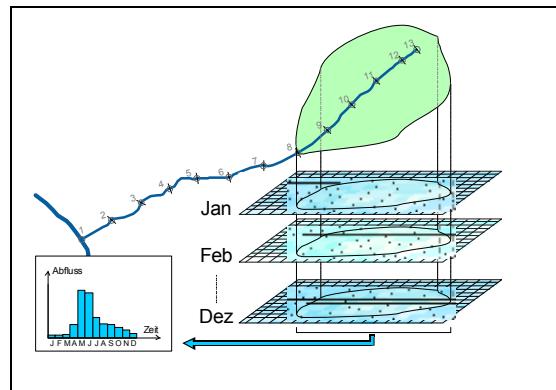
Auf allen Gewässern werden in äquidistanten Abschnitten von 50 m diskrete Punkte festgelegt. Die Höhe der Gewässerpunkte wird aus dem digitalen Höhenmodell DHM25 GIS-technisch ermittelt.



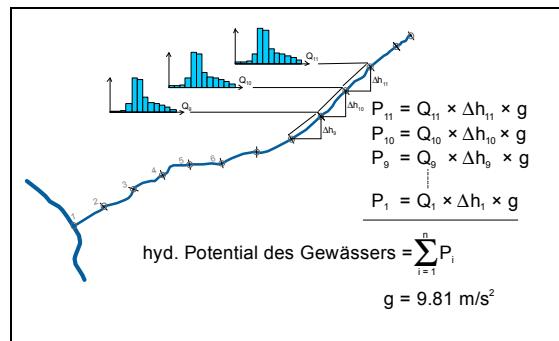
Für jeden Gewässerpunkt wird, basierend auf dem digitalen Höhenmodell, das oberirdische Einzugsgebiet berechnet.



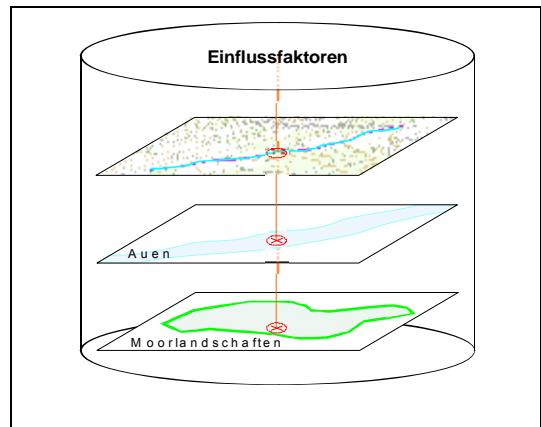
Jede Einzugsgebietsfläche wird mit den Rasterdaten der modellierten monatlichen Abflüsse verschnitten. Das Resultat sind die mittleren monatlichen Abflüsse für jeden Gewässerpunkt.



Die Potentiale der einzelnen Gewässerstrecken werden aufsummiert. Hieraus ergibt sich das theoretische hydraulische Potential eines Gewässers.



Jeder Gewässerpunkt wird einer Standortanalyse unterzogen. Mit einem GIS-technischen Verschnitt werden für jeden Gewässerpunkt mögliche Nutzungs- oder Schutzaspekte identifiziert. Neben der vorhandenen Wasserkraftnutzung werden eidgenössische Schutzgebiete wie Auen, Hochmoore und Amphibienlaichgebiete berücksichtigt.



Als Ergebnis der vorgängig skizzierten Analysen sind detaillierte und umfassende Informationen zu jedem Gewässerpunkt vorhanden. Für ein Gewässer können die Ergebnisse als „Excel-Tabelle“ interpretiert werden, in welcher

- in den Spalten die Informationen zu einem Gewässerpunkt enthalten sind
  - und in den Zeilen inhaltliche Informationen zu Gewässerabschnitten wie Nutzungs- oder Schutzaspekte zur Verfügung stehen.
- . Das Prinzip ist in Abb. 2 illustriert.

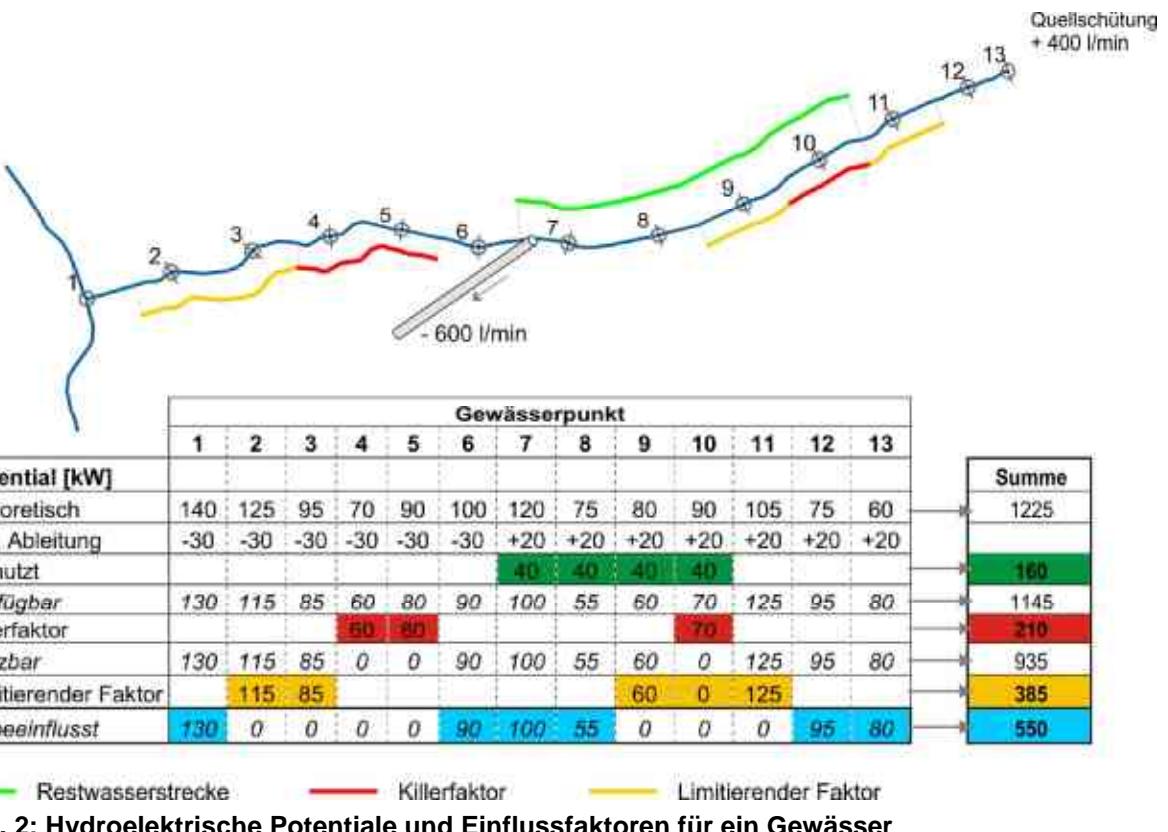


Abb. 2: Hydroelektrische Potentiale und Einflussfaktoren für ein Gewässer

## Datengrundlagen

Folgende Datengrundlagen wurden verwendet:

- DHM25, Digitales Höhenmodell
- GWN25, Gewässernetz des Bundes
- MQ-CH, Mittlere monatliche Abflusswerte (Rasterdaten)
- GIS-Layer mit eidgenössischen Schutzgebieten
- Restwasserkarte des BAFU (vorhandene Wasserkraftanlagen)
- WASTA-Daten (Wasserkraftstatistik des BFE)

## Software-Tools

Die Analysen erfolgten mit ArcGIS-Programmen, welche von uns entwickelt wurden. Gesamthaft wurden 12 Tools entwickelt, welche je nach Fragestellung nach dem Baukasten-Prinzip zusammengebaut werden können. Die einzelnen Tools sind vollständig parametrisiert. Die Programmsteuerung erfolgt mittels Konfigurationsfiles.

## Datenmodell und Geodatenbank

Alle Ergebnisse werden gemäss einem von uns entwickelten Datenmodell in einer auf Oracle 10g basierenden Geodatenbank gespeichert. Das Datenmodell ist so konzipiert, dass es problemlos erweitert werden kann. So können auch die Anforderungen für das Speichern der Resultate des Geographischen Instituts problemlos erfüllt und umgesetzt werden.

## **Resultate**

Bis Ende 2009 wurden alle Fließgewässer der Schweiz mit einer Länge von mehr als 1'000 Metern analysiert. Gesamthaft sind dies etwas über 33'000 Gewässer mit ca. 850'000 Gewässerpunkten. Für jeden Gewässerpunkt wurde Einzugsgebiet, Abfluss und theoretisches hydroelektrisches Potential berechnet. Die bisher analysierten Gewässerabschnitte weisen ein hydroelektrisches Potential von 10'914 MW auf.

Mit diversen QS-Mechanismen wurden ca. 3'326 problembehaftete Gewässer identifiziert. Diese lassen sich in zwei Gruppen unterteilen.

- Randbereiche: In erster Linie Gewässer, die an der Staatsgrenze liegen, und deren Einzugsgebiete sich teilweise im Ausland befinden. Die Einzugsgebiete haben keine vollständige Abdeckung durch das Höhenmodell (DHM25) und/oder die Rasterdaten der Abflüsse (MQ-CH).
- Stark anthropogen geprägte Gewässer.

Von diesen 3'326 Gewässern weisen 2'452 Gewässer eine Länge von 1'000 Metern oder weniger auf. Diese Gewässer sind aus energietechnischer Sicht unbedeutend.

Gegenwärtig werden diese „Problemfälle“ vertieft untersucht und soweit wie möglich bereinigt.

Die Standortanalyse, d.h. die Identifikation von Schutzaspekten, ist in Bearbeitung. Die Berücksichtigung vorhandener Wasserkraftnutzungen ist für das 1. Quartal 2010 geplant.

## **Nationale Zusammenarbeit**

Das BFE-Projekt wird gemeinsam mit dem Netzwerk Wasser im Berggebiet und dem Geographischen Institut der Universität Bern bearbeitet. An der Universität Bern wird im Rahmen einer Dissertation die Nutzung der Wasserkraft unter sozioökonomischen Aspekten untersucht. Das Netzwerk Wasser im Berggebiet (NWB) ist für die Umsetzung der Resultate bei den Kantonen verantwortlich und nimmt koordinierende Aufgaben wahr.

Vorläufige Resultate wurden an kantonale Fachstellen in Fribourg, Neuchâtel, Luzern und Uri abgegeben, um Doppelspurigkeiten zu vermeiden. Von den Kantonen Luzern und Fribourg wurden Informationen zur Wasserkraftnutzung in digitaler Form zur Verfügung gestellt.

Ein Teil der Ergebnisse, namentlich die Einzugsgebiete und die Abflüsse, werden dem BAFU zur Verfügung gestellt. Das BAFU hat uns 2009 mit einer Vorstudie beauftragt, wie diese Daten in der Internet-Applikation GEWISScompass bereitgestellt werden können.

## **Internationale Zusammenarbeit**

Das Konzept der Studie wurde in Form eines Posters an der OTTI-Kleinwasserkraftwerkstagung im September 2009 in Bozen vorgestellt. Aufgrund dieser Präsentation wurden von Kraftwerksbetreibern und Planungsbüros diverse Anfragen zur Anwendung der Methodik in Deutschland an uns gerichtet. Entscheidungen sind noch ausstehend.

## Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Der Zeitplan wurde vollumfänglich eingehalten. Es traten keine unerwarteten technischen oder inhaltlichen Probleme auf. Das Auftreten von problematischen Gewässern an den Randbereichen der Datengrundlagen sowie Schwierigkeiten bei der Analyse stark anthropogen überprägter Gewässer sind erwartet worden.

Einen gewissen Aufwand stehen wir noch bei der Berücksichtigung von Zu- und Ableitungen. Weniger aus softwaretechnischer Sicht, sondern vielmehr aufgrund der verfügbaren Datengrundlage.

Die in der Studie angewendete Methodik wurde gemeinsam mit der Entec AG und Green Energy, einem lokalen Partner in Peru, für ein von der Weltbank ausgeschriebenes Projekt als Offerte eingereicht. Ziel des Projekts ist es, das hydroelektrische Potential für Peru flächendeckend zu ermitteln und unter Berücksichtigung ökologischer, wirtschaftlicher und technischer Aspekte die jeweils 100 besten Kraftwerksstandorte zu ermitteln. In diesem Zusammenhang wurden Ideen zur Darstellung der Resultate, beispielsweise in einem digitalen Atlas, entwickelt, welche auch für die BFE-Studie von Interesse sein können. Des Weiteren wurde ein Decision Support System (DSS) konzipiert, mit welchem die Einflussfaktoren interaktiv unterschiedlich gewichtet werden können, um deren Auswirkungen auf potentielle Standorte zu untersuchen.

Namentlich in der Ausgestaltung des DSS sehen wir eine Möglichkeit, die komplexen Zusammenhänge und Abhängigkeiten einem Fachpublikum verständlich zu präsentieren. Dies würde auch dazu beitragen, die oft kontrovers geführten Diskussionen betreffend der Wasserkraftnutzung zu versachlichen.

Nach Prüfung der ersten Resultate sollen diese zeitnah in Fachzeitschriften publiziert werden. Vorgesehen ist auch die Präsentation der Ergebnisse und Erfahrungen an Tagungen im In- und Ausland.