



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

TP Nr. 6901

Konto Nr. 55300900

Projekt Nr. 101481

Vertrag Nr. 151737

VORGEHENSVORSCHLAG ZUR POTENZIALABSCHÄTZUNG DER TRINK- UND ABWASSERKRAFTWERKE PROGRAMM KLEINWASSERKRAFTWERKE

Ausgearbeitet durch

EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen

Ernst. A. Müller, Beat Kobel, Felix Schmid, Martin Kernen

Gessneralle 38a, 8001 Zürich

Tel. 044 226 30 90, Fax 044 226 30 99

info@infrastrukturanlagen.ch

www.infrastrukturanlagen.ch

Zürich, Bern, La Sagne, 18. Juli 2006



**Programm
Kleinwasserkraftwerke**
www.kleinwasserkraft.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage, Ziel und Vorgehen
2. Bestehende Grundlagen
3. Entwicklung einer Methode
4. Vorgehen und Kosten für Potenzialerhebung
5. Schlussfolgerungen



1. Ausgangslage, Ziel und Vorgehen

Die Kleinwasserkraftwerke verfügen noch über ein sehr grosses Potenzial zur Steigerung der erneuerbaren Stromproduktion in der Schweiz. Eine genauere Abschätzung der Potenziale der einzelnen Bereiche ist deshalb von grossem Interesse. Für den Bereich Trinkwasser des Programmes Kleinwasserkraftwerke liegen keine genaueren, aktuellen Untersuchungen vor. Aus diesem Grunde will das Bundesamt für Energie (BFE) das Potenzial genauer ermitteln. In einer ersten Stufe soll mit der vorliegenden Arbeit das Vorgehen dazu aufgezeigt und auf dieser Grundlage in einer zweiten Stufe die Erhebung in Auftrag gegeben werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, in einer ersten Stufe Ideen zur Potenzialerhebung der Trink- und Abwasserkraftwerke zu sammeln und ein konkretes Vorgehen aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Studie sollen als Grundlage dienen, damit das BFE das Vorgehen überprüfen und anschliessend die Arbeiten für die Potenzialerhebung in Auftrag geben kann. Darüber hinaus wird angestrebt, dass die Potenzialerhebung auch Impulse für die Marktbearbeitung, welche durch EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen durchgeführt wird, geben kann.

Im Gegensatz zu den Trinkwasserkraftwerken sind die Grundlagen für die Abwasserkraftwerke aus der DIANE-Studie bezüglich Potenzial der Stromproduktion weitgehend ausreichend. Das Problem liegt vielmehr darin, dass die meisten Standorte gemäss DIANE-Studie nicht wirtschaftlich sind. Bei diversen Projekten lagen die Kosten noch höher als in der DIANE-Studie. Zudem haben die Kläranlagenbetreiber aufgrund ihrer Organisationsstruktur in der Regel weniger Interesse, ausserhalb ihres Aufgabenbereiches und Zaunes Energieanlagen zu erstellen und zu finanzieren.



Aus diesem Grund haben wir uns auf die Trinkwasserkraftwerke konzentriert und in der vorliegenden Arbeit folgendes Vorgehen gewählt:

1. Bestehende Datengrundlagen sammeln und analysieren
2. Ansätze zur Potenzialerhebung prüfen
3. Methode entwickeln
4. Vorgehensplan mit Budget für Durchführung aufzeigen.



2. Bestehenden Grundlagen

2.1 DIANE Studie von 1994

Die wichtigsten Grundlagen über die Potenziale der Trink- und Abwasserkraftwerke haben die DIANE-Studien vom Bundesamt für Energie geliefert:

- Elektrizität aus Trinkwasser-Systemen - Inventar und Potenzialerhebung Trinkwasser-Kraftwerke in der Schweiz; M. Hintermann, Bern 1994
- Elektrizität aus Abwasser-Systemen - Konzept, Realisation, Potential; R. Chenal, C.-A. Vuillerat, J. Roduit, HJ.-P. Bommer, Bern 1995

Die Studien waren in der damaligen Zeit eine wertvolle Grundlage. Die Studie über die Trinkwasserkraftwerke erfüllt aber die heutigen Ansprüche im Hinblick auf die gestellten Zielsetzungen aus folgenden Gründen nicht mehr:

- Die Erhebungen bzw. die Grundlagendaten, die noch einige Jahre älter sind als die Herausgabe der Studie, sind mittlerweile um die 15 Jahre alt.
- Die Studie hat in den letzten Jahren keine Impulse bei der Umsetzung mehr ausgelöst, wie die Statistiken von Neuanlagen ab Ende der 90-er Jahre zeigen. Erst über die Aktion "Kostenlose Grobanalysen" des Programmes Kleinwasserkraftwerke konnten in den letzten Jahren wieder diverse Realisierungen ausgelöst werden.
- Die angegebenen Gestehungskosten in der DIANE-Studie sind oft zu tief, da der Ersatz der Leitungen oder die Investitionen für allfällige zusätzliche Bauten oder Installationen nicht berücksichtigt werden konnten. Das hat auch die Akzeptanz der Studie verringert.
- Es wurde - selbst in den Berggebieten - nur ein Teil des Potenzials aufgedeckt, wie die nachfolgend aufgezeigten Resultate in einer Region im Wallis zeigen.
- Diverse Kantone im Flachland und Jura, wo neuere Technologien wie Pumpen als Turbinen (PAT) einsetzbar sind, wurden nicht erfasst.



Eine neuere Studie zeigt, dass mit der DIANE-Untersuchung nur ein Teil der potenziellen Standorte aufgezeigt wurde. Die Studie "Valorisation énergétique dans les réseaux d'eau potable et d'eaux usées. Etude de potentiel d'une région valaisanne" wurde in den Tälern zwischen Sion und Sierre südlich der Rhone von MHyLab im Jahre 2004 im Auftrage vom Bundesamt für Energie bzw. Energie dans les infrastructures und dem Kanton Wallis durchgeführt. Diese neue Studie konnte die Möglichkeiten über die Trinkwasserkraftwerke wesentlich genauer analysieren. Die Studie zeigt, dass die Potenziale rund doppelt so gross sind wie bisher aufgrund der DIANE-Studie angenommen wurde.

Potenziale der DIANE-Studie im Vergleich zu neueren, genaueren Untersuchungen am Beispiel einer Region im Wallis:

	Anzahl Standorte (Anz.)	Produktion (Mio. kWh/a)	Leistung (MW)
DIANE (1994)	17	17,8	2,96
MHyLab (2004)	79	40,4	4,94
Differenz	+ 365%	+ 127%	+ 66%

Interessant ist, dass selbst bei den Standorten die DIANE ausgewiesen hat, die detaillierteren Untersuchungen von MHyLab häufig deutlich höhere Potenziale aufzeigten. Die Gestehungskosten konnten deshalb für ähnlich grosse Turbinen nur an wenigen Beispielen verglichen werden. In diesen Fällen zeigte sich, dass gemäss der detaillierteren Untersuchungen die gesamten Gestehungskosten deutlich höher liegen (im Mittel um ca. 50%) als in der DIANE-Studie geschätzt. Dennoch weisen gemäss MHyLab von den 79 ermittelten Standorten 67% der Anlagen Gestehungskosten von 15 Rp./kWh oder darunter auf, 10% liegen zwischen 15 und 20 Rp./kWh und 23% darüber.



2.2 Wasserversorgungsatlas

Die DIANE-Studie hat die Erhebungen in weiten Gebieten aufgrund des Wasserversorgungsatlas durchgeführt, insbesondere in den Bergkantonen BE, GR, UR, OW, NW, die über einen grossen Anteil am Potenzial der Schweiz verfügen. Dieses Instrument steht heute noch zur Verfügung, wobei die Unterlagen je nach Kanton unterschiedlich nachgeführt werden.

2.3 Verfügbare Datenbanken

Aufgrund diverser Recherchen hat sich ergeben, dass weder die Fachverbände der Kleinwasserkraftwerke (ISKB) noch der Wasserversorgungen (SVGW, Schweizer Brunnenmeisterverband) oder die Kantone systematische Erhebungen über die bestehenden sowie die potenziellen Standorte von Trinkwasserversorgungen durchführen. Auch die Vertreter der wichtigen Ingenieurbüros aus der Branche konnten hier keine weiteren Hinweise machen.

Flächenhafte Untersuchungen über potenzielle Standorte von Trinkwasserkraftwerken wurden bisher einzig im mittleren Wallis durchgeführt. In anderen Kantonen wurden die Wasserversorgungen im Rahmen der Aktion "Kostenlose Grobanalysen" zum Teil flächenhaft angeschrieben. Gemeldet hat sich darauf erwartungsgemäss nur ein Teil der angeschriebenen Wasserversorgungen, insbesondere solche mit interessierten Betreibern. Erkenntnisse über die flächenhaften Potenziale können deshalb davon auch nicht abgeleitet werden.

2.4 Technische Entwicklungen

Die wirtschaftliche Grenze der Trinkwasserkraftwerke wurde bisher ungefähr bei Anlagen über rund 50'000 - 100'000 kWh/a oder über ca. 5 - 10 kW angesetzt. Durch den Einsatz der Pumpen als Turbinen (PAT) kann diese Grenze heute gesenkt und



bei rund 25'000 kWh/a oder bei 3 kW angesetzt werden. Dies hat die F&E-Studie "Trinkwasserkraftwerke - Standardpumpen für kleine Leistung" von EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen in Zusammenarbeit mit der Firma Häny AG im Auftrag des BFE, Programm Kleinwasserkraftwerke gezeigt. Die PAT lassen sich bei einer verfügbaren Wassermenge von z.B. 10 Liter pro Sekunde (l/s), was dem Wasserkonsum von rund 2000 Einwohnern entspricht, bereits bei einer Höhendifferenz ab 50 m einsetzen oder bei einer Wassermenge von z.B. 35 l/s (ca. 7500 Einwohnern) reicht bereits eine Höhendifferenz von 20 m.

Durch den Einsatz der PAT ergeben sich einerseits zusätzliche Standorte für Trinkwasserkraftwerke, vor allem in Gebieten im Flachland, die z.T. von der DIANE-Studie noch nicht erfasst wurden. Andererseits lassen sich bei Wasserversorgungen, die gemäss der DIANE-Studie als geeignet betrachtet wurden, weitere Quellen erschliessen. Das Potenzial wird in der genannten BFE-Studie auf 52 GWh/a geschätzt. Nur ein Viertel davon entfällt auf die bisher noch nicht erfassten Gebiete, drei Viertel kann durch die Erschliessung neuer Quellen von bisher erfassten Gebieten gewonnen werden.

Der Ersatz von bestehenden Druckreduzierventilen durch Standardpumpen würde ein weiteres zusätzliches Potenzial ergeben. Es bestehen erste Ideen, wie diese Potenziale technisch umgesetzt werden können. Da die Rahmenbedingungen aber noch unklar sind, können auch die Potenziale nicht ermittelt werden. Als erste "gefühlsmässige" Schätzung wird in der BFE-Studie Standardpumpen die Zahl von 100 GWh/a genannt. Die Umsetzung dieses Potenzials ist jedoch nicht Standortabhängig, wie bei den bisher genannten Technologien. Deshalb muss eine Potenzialabschätzung nicht unbedingt mit einer Standortabklärung verknüpft sein.

2.5 Wirtschaftlichkeitsgrenze

Bisher mussten die Elektrizitätswerke für den aus Trinkwasserkraft produzierten erneuerbaren Strom in etwa 15 Rp./kWh begleichen, jedoch nur für den Überschussstrom und nur an unabhängige Produzenten. Durch die Anpassung des Energiege-



setzes bzw. StromVg könnte sich das zukünftig ändern. Gemäss dem heutigen Stand nach den Beratungen im Nationalrat und der Kommission des Ständerates soll der gesamte produzierte Strom von Trinkwasserkraftwerken von allen Produzenten entsprechend den Gestehungskosten vergütet werden. Bei einer Vergütung von mindestens 20 - 30 Rp./kWh für kleinere Anlagen würde sich auch das wirtschaftliche Potenzial der Trinkwasserkraftwerke entsprechend erhöhen. Diese Entwicklung müsste bei einer Potenzialabschätzung berücksichtigt werden.



3. Entwicklung einer Methode

3.1 Trinkwasserkraftwerke

Für eine genauere Ermittlung der Energieproduktionsmöglichkeiten braucht es eine Untersuchung vom Standard der "Kostenlosen Grobanalyse". Bei der Aktion "Kostenlose Grobanalysen" vom Programm Kleinwasserkraftwerke wurden in einem ersten Schritt in Zusammenarbeit mit den kantonalen Ämtern (Amt für Umweltschutz, Energiefachstellen) die Wasserversorgungen in ausgewählten Kantonen angeschrieben. Die Betreiber, welche sich für die Durchführung einer Analyse meldeten, wurden telefonisch nach Killerkriterien abgefragt. Die Betreiber wurden nach technisch/wirtschaftlichen Killerkriterien ausgefragt sowie nach dem Willen, bei entsprechenden Resultaten eine Anlage auch zu realisieren. Erst wenn die Betreiber beide Kriterien erfüllten, wurde die Durchführung einer "Kostenlosen Grobanalyse" an erfahrene Fachleute in Auftrag gegeben. Diese erstellten die Grobanalyse aufgrund der verfügbaren Datengrundlagen, Befragungen der Betreiber und des Personals (Brunnenmeister) und vor allem auch aufgrund einer Begehung vor Ort. In der Grobanalyse werden die technischen Nutzungsmöglichkeiten für die verschiedenen Quellen einer Wasserversorgung aufgezeigt und die Leistung des Trinkwasserkraftwerkes und die jährliche Energieproduktion ermittelt. Zusätzlich werden die Investitionen abgeschätzt, für die Turbine selbst, aber auch für die notwendigen Anpassungen bei der Wasserleitungen, bauliche Massnahmen und Elektrizitätsanschluss etc. Darauf aufbauend werden die gesamten Gestehungskosten berechnet und die Wirtschaftlichkeit beurteilt. Wie die Ergebnisse der Grobanalysen zeigen, konnten an den ausgewählten Wasserversorgungen in den meisten Fällen sinnvolle Standorte für Trinkwasserkraftwerke gefunden werden. In einzelnen Fällen waren die Gestehungskosten in den Analysen über 20 oder sogar über 30 Rp./kWh. Solche unwirtschaftlichen Anlagen können heute - aufgrund der gemachten Erfahrungen - bei einer gezielten Befragung oft bereits mit einem ersten Telefonat ausgeschieden werden. Das dominierende Killerkriterium, neben den einfachen Angaben über Höhendifferenz und Wassermenge, ist die Wasserleitung. Reicht die bestehende Leitung auch beim Einsatz eines Trinkwasserkraftwerkes aus oder müssen grössere bauliche Massnahmen vorgenommen werden. Entscheidend ist in diesen Fällen, ob die Leitungen ohnehin



altersbedingt nächstens saniert werden müssen bzw. ob ein Teil der Sanierungskosten dem Unterhalt zugeschrieben werden kann.

Gestützt auf diese Vorgehensweise wurden in der BFE-Studie mit MHyLab für eine ausgewählte Region die Potenziale flächenhaft aufgezeigt. Gleichzeitig wurden darüber hinaus auch die potenziellen Standorte und deren Gestehungskosten ermittelt.

Mit dieser Methode liesse sich das Potenzial der Trinkwasserkraftwerke in der gesamten Schweiz flächenhaft ermitteln. Der Aufwand wäre aber beträchtlich, denn pro Wasserversorgung liegt er bei 2'000 - 4'000 Fr. Selbst wenn aufgrund der Vorkenntnisse von den rund 3'000 Wasserversorgungen schätzungsweise ein Drittel ausgelassen werden können, würde das Kosten von mehreren Millionen Franken und mehrere Jahre Bearbeitungszeit beanspruchen.

Wir schlagen deshalb ein vereinfachtes Verfahren vor. Die Erfahrungen aus den "Kostenlosen Grobanalysen" haben gezeigt, dass ausgewiesene Fachleute mit entsprechenden Erfahrungen bereits aufgrund eines Telefonates mit dem Betreiber durch geschickte Befragung und allenfalls weiteren Unterlagen, welche diese nachliefern, abschätzen können, ob ein Trinkwasserkraftwerk sinnvoll sein könnte oder nicht und in welcher Grössenordnung die Leistung bzw. Stromproduktion liegt.

3.2 Abwasserkraftwerke

In der DIANE-Studie von 1995 konnten alle relevanten Kläranlagen erfasst und das Potenzial ermittelt werden. Die Abwassermenge haben sich seither nicht dramatisch verändert, die Höhendifferenzen noch weniger. Eine neue Erhebung bringt in Bezug auf die Grössenordnung des Potenzial also kaum relevante neue Erkenntnisse.



4. Vorgehen und Kosten für Potenzialerhebung

4.1 Trinkwasserkraftwerke

Die vorgeschlagene Methode stützt sich auf eine telefonische Rundfrage bei den Wasserversorgungen in der Schweiz ab. Diese muss durch Fachleute mit grosser Erfahrung im Bereich der Trinkwasserkraftwerke durchgeführt werden. Von Vorteil ist, wenn diese Fachleute die Wasserversorgungen in ihren Regionen gut kennen. Mit dieser Methode liefert die Potenzialerhebung zudem zentrale wichtige Grundlagen für die Umsetzung, nämlich Informationen über die einzelnen Standorte und ihre energetischen und wirtschaftlichen Potenziale. Diese können anschliessend in der Marktbearbeitung für die Auslösung von Projekten verwendet werden. Für diese Marktbearbeitung bei den Wasserversorgungen ist EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen zuständig. Da aus den bisherigen Tätigkeiten viele Erfahrungen vorliegen, gute Kontakte zu den Wasserversorgungen in der Romandie, dem Tessin und der deutschsprachigen Schweiz bestehen, können wichtige Synergien genutzt werden, wenn die Potenzialerhebung durch EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen als zentrale Stelle geleitet wird.

Wir schlagen folgendes Vorgehen vor:

1. Absprache und Koordination mit BFE und KWKW
2. Vorarbeiten für Umfrage (durch zentrale Stelle):
 - Information der Kantone sowie der Fachverbände und Wasserversorgungen
 - Listen der Wasserversorgungen bei Kantonen (AfU) anfragen
 - Ermittlung von minimalen Kriterien zur Berücksichtigung einer Wasserversorgung
 - Entwicklung eines Erhebungsbogens, damit alle wichtigen Angaben aus den Telefonaten eingetragen und mit einer Excel-Tabelle ausgewertet werden können.
 - Auswahl von ausgewiesenen Fachleuten in den verschiedenen Regionen (Vorgespräche von uns haben bereits weitgehend und mit Erfolg stattgefunden)



- Erteilung Unteraufträge und Instruktion der ausgewählten Fachleuten
 - Praxistest an ausgewählten Wasserversorgungen machen, Diskussion an einem Erfahrungsaustausch mit Fachleuten, entsprechende Anpassungen vornehmen
3. Telefonrunde durch die Fachleute in Regionen:
- Vorauswahl der Wasserversorgungen aufgrund der minimalen Kriterien bzw. den Angaben der zentralen Stelle sowie der eigenen Erkenntnisse
 - Telefongespräch mit den ausgewählten Wasserversorgungen
 - Auswertung Gespräch sowie Unterlagen aus Wasserversorgungsatlas oder nachgeschickten Angaben
 - Ausfüllen Excel-Tabelle und Zusendung an zentrale Stelle
 - Teilnahme an Info- und Erfahrungsaustausch
4. Auswertung und Schlussbericht:
- Zusammenführung der Listen der verschiedenen regionalen Fachleute
 - Qualitätssicherung
 - Auswertung der Angaben
 - Erstellung einer Liste mit allen Wasserversorgungen und Angaben über Potenziale und einer Empfehlung, ob weitere Untersuchungen sinnvoll sind oder nicht
 - Ermittlung gesamtes Potenzial in der Schweiz
 - Erstellung eines Schlussberichtes mit Angaben über Potenzial, Empfehlungen, Forschungsbedarf, etc.

Wir gehen pro Wasserversorgung, die angegangen wird, von einem Aufwand für die Fachingenieure von drei Viertel bis einer Stunde aus. Wir haben bereits von namhaften Experten die Zusage, dass sie Interesse daran haben und uns diese Arbeiten sogar zu einem pauschalen Preis von lediglich Fr. 50.-- ohne MWSt pro Wasserversorgung anbieten würden. Wir gehen für die Hochrechnung davon aus, dass von den 3'000 Wasserversorgungen deren 2'000 telefonisch angegangen werden. Zusammen mit der Projektleitung, den Vorarbeiten, der Instruktion der verschiedenen Fachleute, der Auswertung und dem Schlussbericht rechnen wir mit einem gesamten Aufwand von rund Fr. 185'000.-- ohne MWSt und Spesen. Durch eine strenge Vorselektion, welche zu Lasten der Genauigkeit und Vollständigkeit geht, könnten die Kosten reduziert werden. Wir schätzen, dass der Aufwand für diese Arbeiten etwa ein Jahr



dauert.

Selbstverständlich können mit der gleichen Methode auch die Potenziale der Abwasserkraftwerke nochmals verifiziert werden, was mit einem Aufwand von schätzungsweise Fr. 30'000.-- ohne MWSt verbunden wäre.



5. Schlussfolgerungen

Wir haben dieses Vorgehen mit Vertretern von Kantonen, Fachverbänden und Exponenten von erfahrenen Ingenieurbüros besprochen. Von allen Kreisen wird das vorgeschlagene Vorgehen im Hinblick auf die gestellte Zielsetzung als der sinnvollste Weg betrachtet. Gangbare Alternativen wurden keine gefunden.

Besonders interessant für das BFE ist dabei, dass neben den Potenzialen auch zentral wichtige Grundlagen für die Umsetzung der Potenziale zur erneuerbaren Stromproduktion im Bereich der Trinkwasserkraftwerke geschaffen werden können. Einerseits können die Resultate medienwirksam verbreitet und das Zielpublikum über die verschiedenen verfügbaren Kanäle direkt informiert werden. Andererseits lassen sich Prioritäten bilden, welche konkreten Wasserversorgungen noch über grössere Potenziale verfügen und mit welcher Priorität sie angegangen werden sollen.

Wir sind überzeugt, dass diese Arbeit ein Meilenstein für die notwendigen energiepolitischen Grundlagen, wie auch für deren Umsetzung werden kann.

In diesem Sinne würden wir uns freuen, wenn die Arbeiten zügig angegangen werden könnten.

