



# VORPROJEKT: OPTIMIERUNG VON KLEINWASSERKRAFTWERKEN DURCH QUALITÄTSSICHERUNG

## PROGRAMM KLEINWASSERKRAFTWERKE

### Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

**Stefan Hofer, Hochschule für Technik und Architektur Luzern**  
HTA Luzern, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, [shofer@hta.fhz.ch](mailto:shofer@hta.fhz.ch)

**Thomas Staubli, Hochschule für Technik und Architektur Luzern**  
HTA Luzern, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, [tstaubli@hta.fhz.ch](mailto:tstaubli@hta.fhz.ch)



## **Impressum**

Datum: 12.11.2006

### **Unterstützt vom Bundesamt für Energie**

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

BFE-Bereichsleiter: [bruno.guggisberg@bfe.admin.ch](mailto:bruno.guggisberg@bfe.admin.ch)

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



# Inhaltsübersicht

Am 30. Januar 2001 lancierte Energieminister Moritz Leuenberger auf der Basis des Energie- und CO<sub>2</sub>-Gesetzes das Programm *EnergieSchweiz* als "Plattform für eine intelligente Energiepolitik". Das Programm Kleinwasserkraftwerke ist Teil von *EnergieSchweiz*. Sein Ziel ist es, das vorhandene Ausbaupotenzial bei den kleineren Anlagen mit einer Leistung bis 10 MW kosteneffizient zu nutzen, indem entsprechende Projekte direkt und indirekt gefördert werden. Das Bundesamt für Energie BFE hat die Programmleitung bei der St. Galler Firma *entec ag* in Auftrag gegeben.

Durch die Komplexität und Varietät eines jeden Kleinkraftwerks sind die Baukosten in Bezug zur Energiedichte hoch. Die Abnahme- und Vergütungspflicht und die Festlegung des Stromrückliefer tariffs auf 15Rp/kWh machen Investitionen seit Ende 1995 in Kleinkraftwerke attraktiver. Bei der Planung eines wirtschaftlichen Kleinkraftwerks wird darauf geachtet, dass die Gestehungskosten von 15Rp/kWh nicht überschritten werden.

Die maximalen Gestehungskosten fordern vom Bauherrn die Planungs-, Komponenten- und Baukosten tief zu halten. Die Varietät eines Kleinkraftwerks erfordert hingegen meist umfangreiche Ingenieurleistungen (bei der Planung und Komponentenherstellung). Durch die Komplexität der Aufgabenstellung wird die Chance das Risiko für Qualitätsmängel erhöht. Die Praxis zeigt, dass immer wieder grössere Mängel auftreten, welche die Gestehungskosten typischerweise erhöhen.

Zielsetzung sollte es sein, dem Bauherrn eines Kleinkraftwerks ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, mit dem er während der Planungs- und Bauphase in den Prozess eingreifen kann, um punktuell im Ablauf die Qualitätssicherung seines Projektes vornehmen zu können. Mit solchen Guidelines sollten Qualitätsmängel mit Kostenfolge möglichst vermieden werden können. Im vorliegenden Vorprojekt wird der Inhalt solcher Guidelines erarbeitet.

Die Sondierung von typischen Qualitätsmängeln erfolgte über 8 Interviews mit Personen, welche sich intensiv mit Kleinkraftwerken auseinandersetzen. Für die Auswertung wurden die detektierten Qualitätsmängel verschiedenen Themengruppen zugeordnet. Diese Themengruppen bilden die Ausgangslage für den Inhalt der zu erarbeitenden Guidelines.

In einem einleitenden Abschnitt wird die Aktualität von Kleinwasserkraft in der Schweiz geschildert und folgend die wichtigste Literatur zum Thema gesichtet. Dem Bericht angefügt sind Informationen über die Rahmenbedingungen sowie relevante Gesetze und Verordnungen.



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
1.1	Aktualität der Kleinwasserkraft in der Schweiz	5
1.2	Sichtung vorhandener Informationen	7
<b>2</b>	<b>PROJEKTSKIZZE</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>VORBEREITUNG INTERVIEWS</b>	<b>12</b>
3.1	Ausgangslage	12
3.2	Definitionen	12
3.3	Projektstufen	12
<b>4</b>	<b>ZUORDNUNG DER AUSSAGEN ZU THEMENGRUPPEN</b>	<b>15</b>
4.1	Projektidentifikation: Grobbeurteilung	15
4.2	Projektidentifikation: Abklärung	16
4.3	Wahl des Planungsbüros	17
4.4	Grundlagenbeschaffung	19
4.5	Vorstudie zur Planung	20
4.6	Vorprojekt respektive Konzessionsprojekt	22
4.7	Bauprojekt	24
4.8	Ausführungsprojekt	24
4.9	Vergleich der Angebote	28
4.10	Konstruktionsarbeiten	30
4.11	Bauausführung	31
4.12	Inbetriebnahme	31
4.13	Betrieb der Anlage	33
4.14	Garantie	34
<b>5</b>	<b>AUSWERTUNG DER INTERVIEWS</b>	<b>36</b>
5.1	Eingrenzung der Informationen aus den Interviews	36
5.2	Betreiberspezifisches	36
5.3	Planungsbürospezifisches	40
<b>6</b>	<b>PROJEKTVORBEREITUNG</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>QUELLENNACHWEIS</b>	<b>44</b>
7.1	Literatur	44
7.2	PACER Publikationen	44
7.3	DIANE Schriftenreihe	45
7.4	Internetadresse (2006)	46
<b>8</b>	<b>ANHANG</b>	<b>48</b>
8.1	Regulatorische Rahmenbedingungen für KWKW	48
8.2	Auszüge aus Verfahren und Gesetzen	51



# 1 Einleitung

## 1.1 Aktualität der Kleinwasserkraft in der Schweiz

### 1.1.1 Übersicht

Die potentielle und kinetische Energie von Wasser wird für die elektrische Energiegewinnung genutzt. Wasserkraftwerke mit einer Leistung bis 10 MW<sup>1</sup> werden als Kleinwasserkraftwerke (KWKW) bezeichnet. In der Schweiz werden ca. 1000 KWKW (nach Quelle [7]) betrieben. Die KWKW erzeugen sogenannte erneuerbare Energie, welche als Naturstrom oder Ökostrom dem Konsumenten für einen Aufpreis angeboten wird. Der Aufpreis ist nötig, um die höheren Energiegestehungskosten<sup>2</sup> abzugelten. Ein heute wirtschaftliches KWKW hat Gestehungskosten unter 15 Rp./kWh. Ein Kernkraftwerk hat typischerweise Gestehungskosten zwischen 4-6 Rp./kWh und grössere Wasserkraftwerke (>10MW) zwischen 3-5 Rp./kWh. Zum Vergleich bewegte sich der internationale Strompreis (ohne Transportkosten) an der EEX<sup>3</sup> von 21.06.05 bis 21.06.06 für die tagesdurchschnittliche Spitzenlast zwischen 6-23 Rp./kWh und für die Grundlast zwischen 4.5-16 Rp./kWh, wobei tendenziell in den Wintermonaten der Strompreis höher war. Ein Nachteil der KWKW ist, dass bei kleiner werdender installierter Leistung die nicht in gleichem Mass abnehmenden Bau- und Unterhaltskosten schwerer ins Gewicht fallen und somit die Gestehungskosten oft über dem Strompreis liegen.

Zitat aus Quelle [6]: Viele KWKW liegen brach oder wurden stillgelegt. Sie sind für die Betreiber unrentabel geworden, weil der Unterhalt zu kostspielig ist. Trotzdem sollten sie erneuert werden, damit die ökologisch wertvolle erneuerbare Energie nicht verloren geht.

Gemäss Quelle [1]: Die automatische Steuerungen und die rasante Entwicklung der Ökostrommärkte haben viel zum Aufschwung<sup>4</sup> der Kleinwasserkraft beigetragen. Ende 1995 konnte die Abnahme- und Vergütungspflicht und die Festlegung des Stromrückliefertarifs auf 15 Rp./kWh durchgesetzt werden. Der Stromrückliefertarif gilt für KWKW unter 1MW<sup>5</sup> für Privatinvestoren. Der konstante Tarif macht Investitionen in Kleinwasserkraftanlagen berechenbar und attraktiv.

Zitat aus [1]: Im Gegensatz zu früher haben Kleinwasserkraftwerke strenge ökologische Auflagen zu erfüllen. Dies führt zu einem Innovationsbedarf und zu einer grösseren Nachfrage nach verträglichen Lösungen für den Wasserbau, die Fischdurchgängigkeit, die Rechen und die Turbinen. Die berechtigten Anliegen der Gewässerökologie führen aber auch zu finanziellen und energetischen Einbussen bis hin zu Stilllegungen.

---

<sup>1</sup> ab Generator

<sup>2</sup> Auf die geplante Abschreibungsdauer verteilten Bau und Betriebskosten umgerechnet auf 1kWh

<sup>3</sup> European Energy Exchange: [www.eex.de](http://www.eex.de)


<sup>4</sup> Quellen gehen davon aus, dass sich heute Stilllegungen und Wiederinbetriebnahmen etwas die Waage halten. Da jedoch für Anlagen <300 kW keine Statistiken vorliegen kann keine genaue Aussage getroffen werden: nach Quelle [7]

<sup>5</sup> für Bandstrom und Kraftwerke bis 1 MW mittlerer hydraulischer Bruttoleistung [7]



## 1.1.2 Politisches Interesse an der Kleinwasserkraft

### 1.1.2.1 Schweizerische Eidgenossenschaft

Am 30. Januar 2001 lancierte Energieminister Moritz Leuenberger auf der Basis des Energie- und CO<sub>2</sub>-Gesetzes das Programm  *EnergieSchweiz* als "Plattform für eine intelligente Energiepolitik".

Standpunkt: Die Zukunft gehört den erneuerbaren Energien. Die zur Neige gehenden fossilen Energiereserven und die damit verbundenen hohen Energiepreise, die Herausforderungen des Klimawandels und die sehr starke Auslandsabhängigkeit unserer Energieversorgung rücken die erneuerbaren Energien zunehmend ins Zentrum des Interesses. *EnergieSchweiz* setzt in diesem Bereich denn auch einen klaren Schwerpunkt.

Gemäss Internetadresse [a]: Die Wasserkraft ist die traditionsreichste und gleichzeitig wichtigste erneuerbare Energiequelle der Schweiz: rund 60% des schweizerischen Strombedarfs wird durch Wasserkraft abgedeckt. *EnergieSchweiz* unterstützt das energiepolitische Ziel, das Niveau der Stromproduktion aus Wasserkraft des Jahres 2000 auch künftig zu halten. Standorte für grosse neue Wasserkraftwerke gibt es nur wenige. Die Erneuerung und Erhaltung bestehender Anlagen ermöglicht jedoch eine erhebliche und zum Teil auch kostengünstige zusätzliche Erzeugung von sauberem Strom.

Gemäss [a]: Im Bereich der Kleinwasserkraftwerke und der Trinkwasserkraftwerke liegt ein nicht zu unterschätzendes Ausbaupotenzial, welches unter anderem durch die Fördermassnahmen von *EnergieSchweiz* erschlossen werden soll.

### 1.1.2.2 Bundesamt für Energie BFE

Alte Bezeichnung: Bundesamt für Energiewirtschaft BEW.

Zitat aus [7]: Das Programm Kleinwasserkraftwerke ist Teil von *EnergieSchweiz*. Sein Ziel ist es, das vorhandene Ausbaupotenzial bei den kleineren Anlagen mit einer Leistung bis 10 MW kosteneffizient zu nutzen, indem entsprechende Projekte direkt und indirekt gefördert werden.

Zitat aus [7]: Im Rahmen von *EnergieSchweiz* wurden vor allem indirekte Fördermassnahmen wie Fachtagungen, Internet-Auftritt [m], Information und Beratung (3 Informationsstellen), Aktionen im Bereich Infrastrukturanlagen (ARA, Wasserversorgungen) etc. aber auch Vorstudien und Grobanalysen unterstützt.

Das Bundesamt für Energie BFE hat die Programmleitung bei der St. Galler Firma *entec ag* in Auftrag gegeben. Der partnerschaftliche Ansatz von *EnergieSchweiz* lebt auch im Programm Kleinwasserkraftwerke (siehe Quelle [m]) weiter; in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Planung, Machbarkeitsstudien, Markt arbeiten zahlreiche Firmen, Organisationen und Private für das Programm.

Im Rahmen des Programms Kleinwasserkraftwerke wurde auch das vorliegende Vorprojekt abgewickelt.

Zitat aus [3]: Die Bedeutung der Wasserkraftnutzung hängt in erheblichem Umfang von der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen ab. Sie sind es, die die künftige Entwicklung in einem massgebenden Ausmass beeinflussen werden. In einem liberalisierten Umfeld geht es vor allem darum, die Konkurrenzfähigkeit der einheimischen Stromproduktion aus Wasserkraft sowie den Zutritt zum europäischen Strommarkt zu erhalten.

Im Anhang wird eine Übersicht über die Rahmenbedingungen gegeben. Diese Rahmenbedingungen sind jedoch nicht Teil dieses Projektes.



## 1.2 Sichtung vorhandener Informationen

### 1.2.1 Publikationen PACER<sup>6</sup>

Im Zentrum der Aktivität von PACER stand die Förderung verstärkter Nutzung erneuerbarer Energien. Das Programm PACER sollte im Bereich der KWKW die Anwendungen mit dem besten Kosten-/ Nutzenverhältnis fördern, den Ingenieuren, Architekten und Installateuren nötige Kenntnisse vermitteln, eine andere ökonomische Betrachtungsweise einführen, welche die externen Kosten (Umweltbelastung usw.) mit einbezieht, sowie Behörden und Bauherren informieren und ausbilden.

Alle Publikationen von PACER sind im Quellennachweis aufgeführt. Die Angaben wurden von der überarbeiteten Version des HANDBUCHS KLEINWASSERKRAFTWERKE [10] siehe <sup>7</sup> übernommen.

### 1.2.2 Publikationen DIANE<sup>8</sup>

DIANE 10 ist die Abkürzung von Durchbruch Innovativer Anwendungen Neuer Energietechniken. Das DIANE Projekt entstand im Rahmen des Aktionsprogramms Energie 2000 und hatte zum Ziel, die Energieproduktion aus KWKW zu erhalten resp. zu erhöhen, indem stillgelegte und veraltete KWKW erneuert und neue Potenziale genutzt werden.

DIANE 10 hat eine eigene Schriftenreihe geschaffen und bietet Beratungs- und Starthilfen bei der Projektierung von Um- und Neubauten von Kleinwasserkraftwerken.

Alle Publikationen vom DIANE sind im Quellennachweis aufgeführt.

### 1.2.3 Weitere Literatur

#### **Wasserkraftanlagen (siehe Quelle [8])**

Das Buch gibt in acht Abschnitten auf 276 Seiten praxisnah Antworten auf planerische, technische, steuerliche, energie- und wasserrechtliche Fragen, sowie die Kriterien der Wirtschaftlichkeit bei Erwerb, Neubau oder Modernisierung zwecks Stromerzeugung und Einspeisung in das öffentliche Netz. Vorkenntnisse der Theorie der Wasserturbinen werden dabei nicht vorausgesetzt.

#### **Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftwerken (siehe Quelle [9])**

Das Handbuch beabsichtigt, sowohl potenziellen Betreibern als auch Betreibern und Eigentümern bestehender Anlagen beratend und informierend auf 153 Seiten an die Hand zu gehen. Vorwiegend sollen dem Käufer hydroelektrischer Ausrüstungen mit dem Handbuch praxisbezogene Informationen geliefert werden, die ihm helfen bei:

- der Vorbereitung einer Angebotsausschreibung
- der Auswertung der Angebote
- den Kontakten zum Lieferanten in der Projekt- und in der Herstellungsphase
- der Qualitätskontrolle während der Produktion und bei den Prüfungen im Werk
- der Verfolgung der Montagearbeiten vor Ort

---

<sup>6</sup> Die Publikationen können herunter geladen werden unter:

[www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/bibliothek/pacerPubli.html](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/bibliothek/pacerPubli.html)

<sup>7</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/download/Handbuch\\_Kleinwasserkraftwerke\\_v2006.pdf](http://www.kleinwasserkraft.ch/download/Handbuch_Kleinwasserkraftwerke_v2006.pdf)

<sup>8</sup> Die Publikationen und Grundlagenstudien können bestellt werden unter:

[www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/bibliothek/dianePubli.html](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/bibliothek/dianePubli.html)





- der Inbetriebnahme der Abnahmeprüfung
- Betrieb und Instandhaltung

#### 1.2.4 Layman's Guidebook on how to develop a small hydro site<sup>9</sup>

Durch die Europäische KWKW Organisation *ESHA* [b] (European Small Hydropower Association) wurde ein Handbuch erstellt. Das Handbuch versteht sich als umfassende Information und Ratgeber für alle potenziellen Planer und Bauherren von Kleinwasserkraftanlagen. Es behandelt folgende Themen:

- hydraulische Grundlagen
- hydrologische Untersuchungen
- Standortbewertung Wasserbauten
- elektromechanische Ausrüstung
- Umweltauswirkungen
- Wirtschaftlichkeitsanalyse und
- administrative Verfahren (EU und teilweise sogar CH)

#### 1.2.5 RETScreen<sup>10</sup>

Die *RETScreen* Softwares können unter anderem gebraucht werden, um die Energieproduktion und Betriebskosten von KWKW abzuschätzen.

#### 1.2.6 Verbände und Stiftungen

##### 1.2.6.1 ISKB/ADUR

Das wesentlichste Netzwerk der KWKW in der Schweiz bildet *ISKB/ADUR* (Kontakt siehe Internetadresse [c]). *ISKB/ADUR* ist ein gesamtschweizerischer, unabhängiger Interessenverband für Kleinkraftwerke mit Schwerpunkt in der Wasserkraft. Den Aktivitäten-Schwerpunkt setzt die *ISKB* und ihre Westschweizer Vertretung *ADUR* auf Öffentlichkeitsaufklärung, Markt- und politische Fragen. Energie Schweiz und *ISKB/ADUR* erstellen derzeit einen Internetauftritt: Atlas für Kleinwasserkraftwerke<sup>11</sup>.

##### 1.2.6.2 Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE

Mit politischer Einflussnahme und breiter Kommunikation bündelt der *VSE* die Interessen der Elektrizitätswirtschaft. Der *VSE* tritt für die Elektrizitätsunternehmen für vorteilhafte energiepolitische Rahmenbedingungen ein: Kontakt siehe Internetadresse [d].

##### 1.2.6.3 Fischereiverband SFV

Der Fischereiverband wehrt sich für die bedrohten Fische gegen die Wasserkraft. Aktuell klagt der *SFV* unter anderem die Restwassermenge und das schwallartige Fluten der Bäche an: Kontakt siehe Internetadresse [e]

##### 1.2.6.4 Revita

In Zusammenarbeit mit den Besitzern von bestehenden Kleinwasserkraftwerken werden diese wieder funktionstüchtig gemacht. Dazu werden von der Stiftung *revita* Grobanalysen, Vorstudien, Vorprojekte und eigentliche Revitalisierungsprojekte durchgeführt: Kontakt siehe Internetadresse [f].

<sup>9</sup> Eine Deutsche Übersetzung findet sich unter [www.kleinwasserkraft.at](http://www.kleinwasserkraft.at)

<sup>10</sup> [www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

<sup>11</sup> [www.kwkatlas.ch](http://www.kwkatlas.ch)





#### 1.2.6.5 MHyLab

*MHyLab* ist eine gemeinnützige Stiftung, die von allen Herstellern und Firmen unabhängig ist. Sie wurde mit dem Ziel gegründet, spezifische Ausrüstung für kleine Wasserkraftwerke zu studieren und entwickeln. Dieses Kompetenzzentrum entwickelt Turbinen, die für die kleine Wasserkraft angepasst sind, führt technische Beratungen durch, macht Projektmanagement und überprüft die Leistungsgarantien von kleinen Wasserkraftwerken: Kontakt siehe Internetadresse [g].

#### 1.2.6.6 Kompetenznetzwerk Wasser im Berggebiet

Das Kompetenznetzwerk initiiert, vernetzt und unterstützt innovative Wasser-Projekte mit hohem Wertschöpfungspotential im Berggebiet. Durch einen Dialog unter den verschiedenen Interessengruppen sollen die konkurrierenden Nutzungsformen gegeneinander abgewogen werden. Ziel ist eine ganzheitliche Lösung, welche zwischen den Dimensionen „Nutzung des Wassers“, „Schutz des Wassers“ und „Schutz vor dem Wasser“ nach Synergien sucht: Kontakt siehe Internetadresse [h].

Gemäss [h]: Das Kompetenznetzwerk Wasser im Berggebiet wurde von der Regierungskonferenz der Gebirgskantone (*RKGK*) im UNO-Jahr des Süsswassers 2003 initiiert. Die Regierungskonferenz der Gebirgskantone (*RKGK*) wurde 1981 gegründet. Ihr gehören die Kantone Glarus, Graubünden, Nidwalden, Obwalden, Tessin, Uri und Wallis an. Der ursprüngliche Zweck war die Koordination von Fragen im Zusammenhang mit der Nutzung der Wasserkraft. Heute strebt die *RKGK* die gemeinsame Vertretung aller gebirgsspezifischen Anliegen und Interessen im In- und Ausland an. Dazu gehört nach wie vor die Wasserkraftnutzung. Aber auch Themen wie Verkehr, Tourismus und der Service Public haben grosse Bedeutung.

#### 1.2.6.7 EAWAG - Greenhydro

Die Zertifizierung umweltfreundlich produzierten Stroms ist auf glaubwürdige und unabhängige Bewertungskriterien angewiesen. Die *EAWAG* erarbeitete fachliche Grundlagen für eine einheitliche und wissenschaftlich begründete Zertifizierung von Ökostrom-Wasserkraftanlagen.

Mit Hilfe des *greenhydro* Verfahrens kann ein Kraftwerk nachweisen, dass es einer ökologisch schonenden Betriebsführung und Anlagegestaltung entspricht: Kontakt siehe Internetadresse [l].

Der Endkunde zahlt für Ökostrom mehr. Je mehr positive Gefühle der Endkunde mit Ökostrom verbindet, desto mehr ist er bereit dafür zu zahlen.

Die Auditierung und Lizenzerteilung ist in den meisten Fällen mit einem gewissen Aufwand verbunden, welcher zu einer tendenziellen Verteuerung der umweltfreundlichen Produkte führt.<sup>12</sup>

Gemäss Quelle [n]: Labels sind ein wichtiges Instrument für die erfolgreiche Kommunikation mit den Endkunden und sind eine notwendige Voraussetzung für eine glaubwürdige, ökologisch begründete Produktdifferenzierung mit Blick auf umweltbewusste Kunden. Die Labels müssen transparent und glaubwürdig sein und werden umso nützlicher, je breiter sie angewendet werden und je weniger sie in der Öffentlichkeit und den Medien umstritten sind. Labels können deshalb für eine relevante Anzahl Kleinwasserkraftwerke von Bedeutung sein (insbesondere mit Blick in die Zukunft), weil sie deren Rentabilität verbessern helfen.

Weitere Informationen finden sich unter der Internetadresse [p].

---

<sup>12</sup> [www.oekostrom.eawag.ch/veroeffentlichungen/bfe\\_keinwasserkraft.pdf](http://www.oekostrom.eawag.ch/veroeffentlichungen/bfe_keinwasserkraft.pdf)



#### 1.2.6.8 Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband SWV

Die Wasserwirtschaft befasst sich mit sämtlichen Belangen des Nutzens und Schutzes des Wassers sowie des Schutzes von Menschen und Gütern vor dem Wasser. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband pflegt im Speziellen die Bereiche Wasserkraftnutzung, Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege: Kontakt siehe Internetadresse [o].

Gemäss [o]: Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband umfasst Einzel- und Kollektivmitglieder. Unter den Kollektivmitgliedern befinden sich Institutionen wie Betreiber von Wasserkraftanlagen, die Zulieferindustrie, Beratungsbüros, Konzessions- und Bewilligungsbehörden, kantonale und kommunale Fachstellen, Verbände und Hochschulen.

#### 1.2.7 Bemerkungen

Weitere Links finden sich unter [www.smallhydro.ch/web/links.html?de](http://www.smallhydro.ch/web/links.html?de)

Weitere Kontaktstellen sind der Quelle „Handbuch Kleinwasserkraftwerk“ [10] angehängt.

Die vorliegende Recherche der Interessensverbände und Stiftungen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



## 2 Projektskizze

Primäre Zielsetzung ist, die Kosten pro installiertem kW zu senken. Das KWKW-Forschungsprogramm 2004-2007 [7] zeigt, dass Kostensenkungen durch konzentrierte Nutzung des an den Forschungsinstitutionen vorhandenen Know-hows möglich sein werden. Erfahrungen sind dabei auszutauschen und Synergien zu nutzen.

In den letzten Jahrzehnten konnten bei realisierten Anlagen viele konkrete Erfahrungen mit KWKW gesammelt werden. Dabei haben sich leider auch in vielen Fällen Qualitätsmängel gezeigt. Typischerweise erhöhen Qualitätsmängel die Gestehungskosten pro kWh merklich gegenüber der Planung. In diesem Vorprojekt werden typische Qualitätsmängel bestehender KWKW aufgezeigt. Aufgrund von Interviews konnten Themenfelder identifiziert werden, welchen Klassen von Qualitätsmängeln zugeordnet werden konnten. Massnahmen zur Vermeidung von Qualitätsmängeln werden in der Auswertung skizziert.

Ein Bericht über einen Festigkeitsnachweis einer Druckrohrklappe, ein Bericht über eine Zulaufoptimierung mit numerischer Strömungsberechnung und Protokolle einer durchgeführten Wirkungsgradmessung sind weitere Teil dieses Vorprojektes. Im Zusammenhang mit diesen Fallstudien wird der Nutzen von numerischer Festigkeitsberechnung und numerischer Strömungsberechnung zur Auslegung, respektive zur nachträglichen Verbesserung aufgezeigt.

Das Ziel der Studie ist, aus den analysierten Mängeln ein Pflichtenheft für Best Practice Guidelines zur Qualitätssicherung von KWKW vorzubereiten.



## 3 Vorbereitung Interviews

### 3.1 Ausgangslage

Im Rahmen des Projektes wurden Interviews mit Fachleuten durchgeführt. Um neue Informationen zu gewinnen, wurde eine narrative Interviewtechnik angewandt. Die Interviewten sollten sich dabei nicht auf das Interview vorbereiten. Sie wurden aufgefordert, aus ihrem Erfahrungsschatz rund um die Kleinwasserkraft zu erzählen. Die Interviews wurden meist vor Ort bei den Befragten durchgeführt. Das Gespräch wurde bei Einwilligung mit einem Diktiergerät festgehalten. Um eine offene Gesprächsatmosphäre zu ermöglichen, wurde den Befragten eine anonyme Behandlung ihrer Informationen zugesichert. Von den Interviews wurden Zusammenfassungen verfasst, aber keine Transkription erstellt. Wesentliche Aussagen werden im Kapitel 3 und 4 präsentiert.

Folgenden Fachleuten konnten für ein Interview gewonnen werden:

Jack Buchmann (VA TECH HYDRO AG) [jakob.buchmann@vatech-hydro.ch](mailto:jakob.buchmann@vatech-hydro.ch), Buser Manuel (enteg AG) [manuel.buser@entec.ch](mailto:manuel.buser@entec.ch), Stephan Föllmi (TösStrom AG) [stephan.foellmi@bluewin.ch](mailto:stephan.foellmi@bluewin.ch), Roland Hugentobler (Turbal AG), Hanspeter Leutwiler (ISKB) [iskb@iskb.ch](mailto:iskb@iskb.ch), [turbal@compacthydro.ch](mailto:turbal@compacthydro.ch), René Marugg (Marugg & Bruni AG) [marugg@maruggbruni.ch](mailto:marugg@maruggbruni.ch), Jürg Meier (HSR) [juerg.meier@hsr.ch](mailto:juerg.meier@hsr.ch), Robert Schnider (EW Embrach) [schnider@ew-embrach.ch](mailto:schnider@ew-embrach.ch), Hanspeter Wyss (CKW) [hp.wyss@ckw.ch](mailto:hp.wyss@ckw.ch).

### 3.2 Definitionen

Der Bauherr ist derjenige, der ein KWKW-Projekt lanciert. Ist das KWKW in Betrieb, wird der Bauherr zum Betreiber oder Stromproduzenten. Neben Elektrizitätsgesellschaften können Einzelpersonen, eine Gemeinde oder eine Interessensgemeinschaft typische Bauherren sein. Wir unterscheiden öffentliche (z.B. Gemeinden, Elektrizitätsgesellschaften) und private Bauherren sowie unabhängige (z.B. Gemeinden, Privatpersonen) und grosse, abhängige Betreiber (z.B. Elektrizitätsgesellschaften). Darunter gibt es erfahrene Bauherren, die bereits Betreiber von KWKW sind (z.B. Elektrizitätsgesellschaften) und unerfahrene, unabhängige Betreiber, die ihre Anlage oft geerbt haben und diese revitalisieren wollen.

### 3.3 Projektstufen

In Abbildung 1 wurde ein typischer Projektierungsablauf eines KWKW-Neubaus aus den Quellen [8], [9], [11] zusammengestellt.

Das nachfolgende Kapitel 4 ist in Abschnitte gemäss den Projektstufen nach Abbildung 1 geordnet. Die wesentlichen Bezugspunkte zur Literatur werden in den Hauptabschnitten des Kapitels 4 jeweils in einem einleitenden Unterabschnitt „Informationen aus Literatur“ zusammengefasst. Dieses Unterabschnitte sind eine Auswertung der Informationen aus den Literaturquellen von Kapitel 7 und lehnen sich vor allem an die Quellen [10], [m] an. Grundsätzliche, allgemeingültige Aussagen aus den Interviews sind in ebenfalls einleitenden Abschnitten „Allgemeine Kommentare aus Interviews“ aufgeführt.

Da das Ziel des vorliegenden Vorprojektes ist, in der nächsten Projektphase Guidelines zu erarbeiten, wurden in den folgenden Unterabschnitten des Kapitels 4 jeweils Aussagen aus den Interviews zum Thema der Qualität zusammengefasst „Qualitäts-Kommentare aus Interviews“. Wo Hinweise vorhanden waren, wurden ergänzende Abschnitte „Beispiele von Qualitätsmängeln“, „Folgen aus Qualitätsmängeln“ und „Lösungsvorschläge aus Interviews“ an-



gehängt. Nicht eindeutig zuzuordnende Kommentare aus den Interviews sind in den Unterabschnitten „Bemerkung aus Interviews“ aufgeführt. Diese Struktur erweist sich insbesondere in Bezug auf die Auswertung für die Vorbereitung eines Projektes in Kapitel 5 als sinnvoll,



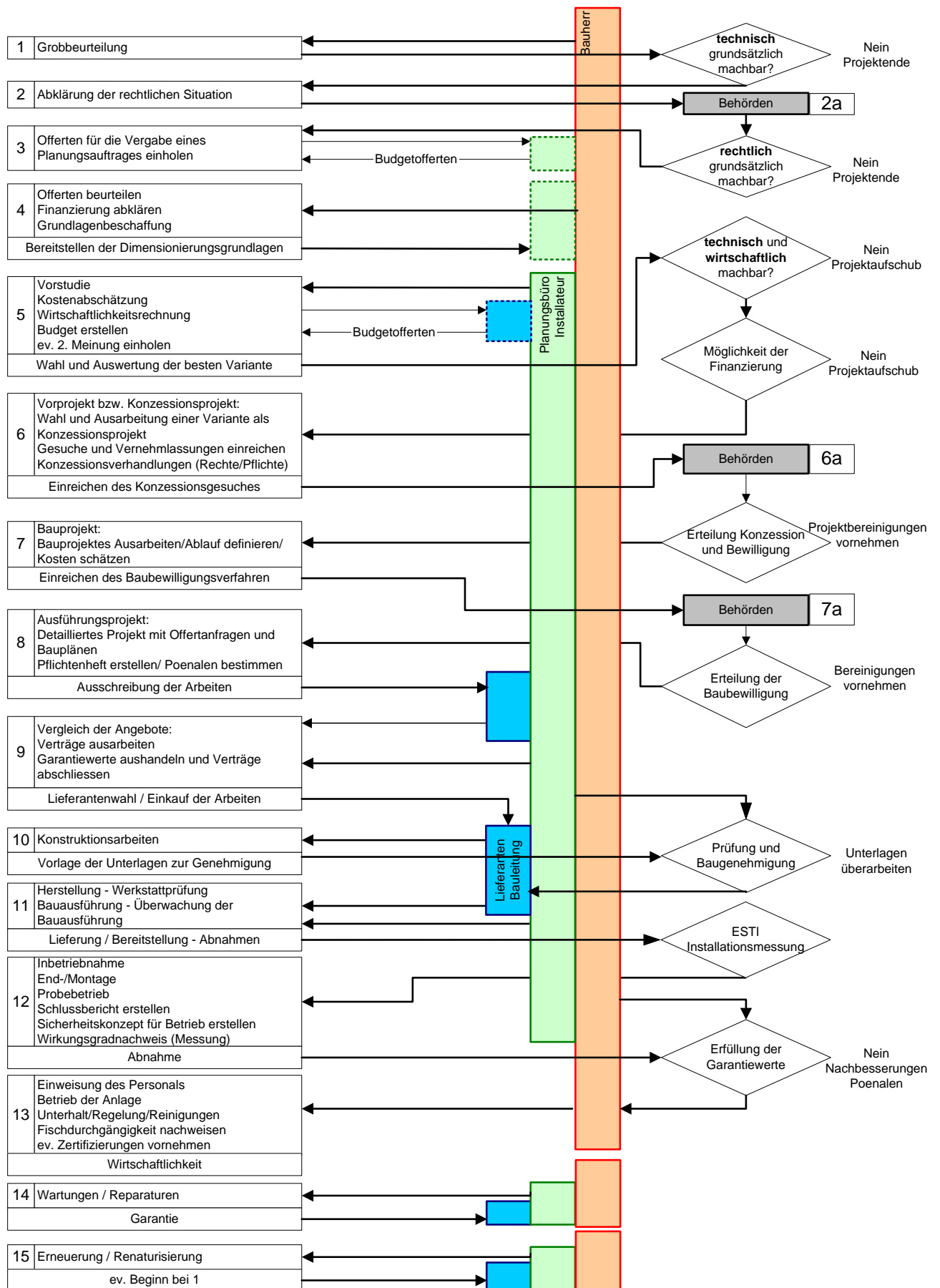


Abbildung 1 Projektstufen



## 4 Zuordnung der Aussagen zu Themengruppen

### 4.1 Projektidentifikation: Grob beurteilung

#### 4.1.1 Informationen aus Literatur

Ein KWKW-Projekt beginnt mit der Idee, Wasserkraft zu nutzen.

Das Vorgehen, die Vorbereitung und Beiträge zur Projektidentifikation werden in den Merkblättern 1/2/3<sup>13</sup> [m] des Programms Kleinwasserkraftwerk behandelt.

Weitere Informationen zur Projektidentifikation finden sich in folgenden Publikationen: [28, 11, 13 und 29].

Eine Grobanalyse sollte unter Beizug eines Fachmanns<sup>14</sup> ausgeführt werden.

Der Bauherr sollte sich durch die Quelle „Handbuch Kleinwasserkraftwerke“ [10] einen Überblick über die Planung, Bau und Betrieb von Kleinwasserkraftwerken verschaffen.

#### 4.1.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Ein Problem ist, dass von kleinen Gewässern z.B. Quellen die Wasserganglinie nicht bekannt ist.

Die Kostenstruktur ist wesentlich. Durch höheres Gefälle und grösserer Energiedichte wird die Stromproduktion günstiger. Billiger wird es auch, wenn die Anlage grösser wird (economy of scale effect).

#### 4.1.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews

Es gibt Projekte, die wegen der 1 Megawattgrenze oder wegen der Einschränkung „unabhängige Produzenten“ nicht realisiert wurden oder stillgelegt bleiben. Wegen der 1 Megawattgrenze gibt es auch suboptimal renovierte KWKW (ökonomischster Weg). Das ist schade, weil man durch eine vollständige Erneuerung 20-30% mehr Energie gewinnen würde, ohne die Umwelt mehr zu belasten. Das grösste und sinnvollste Potenzial bieten die KWKW-Erweiterungen. Mit der 1 Megawattgrenze wird das Potenzial nicht ausgenutzt.

#### 4.1.4 Bemerkung aus Interviews

Idee zum zukünftigen Rückspeisetarif (ab ca. 2008): die 15 Rp./kWh werden gestrichen (15Rp./kW wird noch eine Zeit gesichert sein), zugunsten eines flexiblen Systems, das je nach Grösse des KWKWs den Rückspeisetarif festlegt (je kleiner die installierter Leistung und je kleiner das Gefälle sind, desto höher ist der Rückspeisetarif). Bisher galt der Tarif nur für Private, das neue System ist für Alle und soll in der ganzen Schweiz gleich sein. Im Moment herrscht wegen des Umbruchs eine Unsicherheit (soll auf die 1 MW-Grenze geplant werden oder nicht?).

---

<sup>13</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/download/index.html](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/download/index.html)

<sup>14</sup> Info Fachmann siehe Marktführer [www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf](http://www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf)





## 4.2 Projektidentifikation: Abklärung

### 4.2.1 Informationen aus Literatur

Nach der Grobanalyse hat der Bauherr die Information, ob seine Kraftwerks-Idee technisch grundsätzlich umsetzbar ist. Nun muss er die rechtliche Machbarkeit abklären. Die rechtliche Machbarkeit muss von den zuständigen kantonalen und kommunalen Behörden geklärt werden. Hinweise auf die zuständigen Stellen gibt die Publikation [13] und die Internetseite des BFE.

Für die Kommunikation mit den Behörden sind Kenntnisse über die Umweltauswirkungen des KWKWs vorausgesetzt. Die Quellen [21] und [27] behandeln ökologische Probleme und Lösungsansätze. Eine Sitzung mit den zuständigen Behörden wird durch den Bauherrn vorbereitet. Primär geht es bei der Sitzung darum, das Vorhaben den Behörden und interessierten Kreisen zu unterbreiten. Dabei sollte der Bauherr eben auch an Umwelt- Landschaftsauswirkungen, Lärmemissionen und deren Gegenmassnahmen, oder eventuell an einen Zusatznutzen wie z.B. P&D-Anlage, Hochwasserschutz, Tourismus, musealer Wert denken. Konfliktlösungsdialoge zwischen Kraftwerkgesellschaften und Umweltorganisationen finden sich in den Quellen [32 und 33].

Weitere Informationen enthält das Merkblatt 3 [m].

### 4.2.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Der Kontakt und eine Sitzung mit den zuständigen Behörden und interessierten Kreisen sind wichtig. Gerade bei Neubauten von Flusskraftwerken stösst man häufig auf grossen Widerstand. Die Bewilligungsverfahren für Flusskraftwerke sind streng. Zudem sind die Bedenken von Naturschützer und Fischereiverband oft gross. Neue Flusskraftwerke werden erfahrungsgemäss abgelehnt.

Bei Revitalisierungen oder Erneuerungen werden oft kostenverbundene Auflagen erlassen. Eventuell kann man eine Spezialbewilligung für eine Minimierung der Pflichtwassermenge erreichen.

Bei einer Schutz- und Nutzungsplanung können im Gebirge mehrere Bäche zusammengezogen und genutzt werden, währenddem andere Bäche gänzlich in Ruhe gelassen werden.

### 4.2.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews

Ein Problem der KWKW ist, dass die Bestimmungen über die Restwassermenge für grössere Gewässer (z.B. Rhein) festgelegt wurden. Die Bestimmungen werden aber auch bei kleinen Gewässern (z.B. Hinterrhein) identisch angewendet. Das Gewässerschutzgesetz fängt bei einer Restwassermenge von 50 l/s an. Ausnahmen gibt es z.B. für Anlagen über 1700 m ü. M. Nur mit Ausnahmen ist eine wirtschaftliche Nutzung der kleinen Gewässer möglich.

Umweltschutz/Interessen-Abgrenzungen (Bundesämter sind untereinander nicht immer abgeglichen) sind oft ungeklärt. Hier wären klare Richtlinien hilfreich, damit Projekte speditiver bearbeitet werden könnten. Bei jedem neuen Projekt können irgendwelche Gründe gefunden werden, weshalb es nicht gebaut werden sollte.

Politisch wäre noch vieles zu erwähnen: Energieförderung, Ökologiefragen, Restwasserauflagen (Giesskannenprinzip, anstelle von Nutzen- und Schützen-Schwerpunkten). Das Wasser sollte in der Schweiz sorgsamer genutzt werden. Politische Haltungen (Moralisierung) sind



zum Teil fragwürdig („ein trockener Flussabschnitt ist etwas ganz Böses“). Wenn die Natur überleben sollte, muss man vernünftig Strom produzieren. Es sollte eine Vision verfolgt werden, die die vorhandenen Ressourcen optimal nutzt.

## 4.3 Wahl des Planungsbüros

### 4.3.1 Informationen aus Literatur

Für die Projektierung von Pico-Kraftwerken (max. 300kW) kann auf die DIANE Broschüre [25] verwiesen werden. Für grössere KWKW sollte die Projektierung an ein erfahrenes Planungsbüro übertragen werden. (Wer macht was und zu welchen Bedingungen?).

Für die Projektierung wird empfohlen, mehrere Offerten einzuholen, um vergleichen zu können, wer was zu welchen Bedingungen macht. Bei der Offerteneinholung ist zu beachten, dass je besser die Anfrage aufgebaut ist, umso genauer auch die Antwort ausfallen wird. Dazu kann die „Checkliste Vorabklärungen aus: <sup>15</sup>“ zu Hilfe gezogen werden.

Bemerkung (gemäss [m]): Der Projektierungsablauf beinhaltet den Ablauf der Planung, das Einreichen der Bewilligungen und die Realisierung des KWKW.

Die Offerte kann gemäss <sup>16</sup> genauer analysiert werden.

Der Bauherr sollte die Trägerschaft zusammenstellen. Die Quellen [m] und [19; 10] zeigen mögliche Finanzierungen und Unterstützungshilfen <sup>17</sup>.

### 4.3.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Es ist klar, dass ein Planungsbüro nicht über alle Komponenten ein Fachwissen haben kann. Ein Planungsbüro ist deshalb stets vom Fachwissen und der Erfahrung der jeweiligen Komponentenhersteller abhängig.

Die Ingenieurleistungen werden von Planungsbüros mit Erfahrung im Bau von KWKW durch eigene Erfahrungen ergänzt. Z.B. sehen sie durch ihre Erfahrung kritische Projektelemente oder sogar Killerkriterien voraus.

In der ersten Projektphase ist das juristische Wissen wichtig. Für den Bau eines guten Werks ist dann das technische Wissen massgebend. Das benötigte technische Wissen ist im Internet nicht zugänglich, oder nur oberflächlich dargestellt. Das technische Wissen ist somit an einzelnen Personen gebunden. Wegen der im Allgemeinen kleinen Grösse der in KWKW involvierten Ingenieurbüros (da das Betätigungsfeld in der Schweiz zu klein ist) wird dieses Know-how immer seltener an Mitarbeiter durch „learning by doing“ in Projekten weitergegeben. Die Projektierungsarbeiten für KWKW nahmen bei einigen der Planungsbüros im Vergleich zu früher eher ab.

KWKW sind kapitalintensiv und müssen über 20-30 Jahre betrachtet werden können (entgegen dem heute üblichen Trend). Bei einer Kreditvergabe muss man der Bank nachweisen, dass das KW rentabel ist, und das kann man nur, wenn man den garantierten Abnahmepreis über längere Zeit kennt.

---

<sup>15</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/angebote.htm](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/angebote.htm)

<sup>16</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/auftrag.htm](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/auftrag.htm)

<sup>17</sup> Kantonale Unterstützungshilfen siehe [www.infoenergie.ch](http://www.infoenergie.ch)



Klare, nachhaltige Regelungen die Bestand haben, sind wünschenswert.

Banken haben wenig Interesse, sich mit der „kleinen Nische“ auseinander zusetzen, und daher ist es schwierig, einen Bankkredit zu erhalten (Ausnahme: Trinkwasseranlagen, wegen der Kreditwürdigkeit der Gemeinden). Aus Erfahrung kann gesagt werden, dass die Kreditwürdigkeit eines KWKW (gleich wie KMU-Finanzierung) tief ist, weil es eine zu kleine Nische ist.

#### **4.3.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Es kommt vor, dass ein unerfahrenes Planungsbüro oder ein Ingenieur aufgrund von (lokalen) Beziehungen mit der Projektierung beauftragt wird. Auch kommt es vor, dass ein Ingenieur meint, er könne alle Disziplinen beherrschen.

Bei der Komplexität eines KWKW ist stets mit Problemen zu rechnen. Probleme können anlagenspezifisch sein, oder aber auch durch unsachgemässes Vorgehen oder falsche Einschätzung entstehen. Oft wiederholte Anfängerfehler führen so meist zu einem späteren Aha-Erlebnis.

Es besteht weiter die Gefahr, dass ein Planungsbüro, welches zeitlich begrenzt auf dem Gebiet arbeitet, nur kurzfristig denkt und eigene Vorteile in den Vordergrund stellt.

Zusatznutzen von Trinkwasser-/Abwasseranlagen:

Bei Büros, welche z.B. eine Trinkwasseranlage bauen und nebenbei eine Turbine ausschreiben, fehlt meist die Kompetenz, die Situation richtig zu beurteilen.

Die Ingenieure sollten mindestens sensibilisiert werden, dass sie sich das fehlende Know-how bei Planungsbüros mit Erfahrung einkaufen.

Folgen des heutigen Submissionswesens (Submission: Vergebung öffentlicher Arbeiten) sind, dass der billigste Anbieter den Auftrag bekommt (das kann durch kein Zusatzgesetz korrigiert werden), obwohl das Submissionswesen auch z.B. die Qualität des Planers berücksichtigen sollte. Das kann und/oder das will man nicht überprüfen. Der Preis wird von Politikern als Entscheidungsgrundlage genommen (mit dem Billigsten kann er eine klare Entscheidung vorzeigen, bei der er nicht angegriffen werden kann). Wenn bei Privaten Beiträge von der öffentlichen Hand geleistet werden, kommt das Submissionsgesetz auch bei den Privaten zur Anwendung.

Das Know-how für den Bau von KWKW geht in der Schweiz verloren. Bei den Turbinen ist das Wissen durch die etablierten Firmen sicherlich noch länger verfügbar.

Die stets ändernden politischen Rahmenbedingungen erschweren die Möglichkeit, einen Bankkredit zu erhalten. Einem Bankier ist es schwierig zu erklären, dass die Gestehungskosten für neue Kraftwerke immer teurer werden.

#### **4.3.4 Folgen aus Qualitätsmängeln**

Es ist ein Fall bekannt, bei dem der Ingenieur eine falsche Kostenabschätzung für das Wehr erarbeitete (geschätzt 40kFr. ist 300kFr.), zudem wurde eine zu günstige Turbine gewählt und die Steuerung hatte auch nicht richtig funktioniert. Der Ingenieur baute auch einen Entsander vor einer Durchströmturbine, welcher Steine ( $\varnothing$  3cm) hindurch liess.



Es ist nicht möglich, ein Kraftwerk ohne Erfahrung nach Lehrbuch zu bauen. Es sind Anlagen bekannt, die von Unerfahrenen gebaut wurden und wegen derer Fehler nun die Anlage saniert werden musste.

#### **4.3.5 Lösungsvorschläge aus Interviews**

Damit über das Gesamtprojekt weniger Fehler gemacht werden, sollte für Ingenieurbüros mit wenig Erfahrung eine Checkliste mit Links zu den notwendigen Experten zusammengestellt werden.

Ein umfassendes Werk (Anleitung zum Bau von KWKW) kommt wegen der Varietät von KWKW und dem daraus resultierenden nötigen Umfang nicht in Frage. Ein KWKW wird somit stets Ingenieurleistungen fordern.

Die Vermeidung von grösseren negativen Überraschungen sowie die Minimierung der Gesteungskosten können mit kompetenten und engagierten Planungsbüros mit Erfahrung im KWKW-Bau erreicht werden.

Über eine private AG mit Publikumsbeteiligung kann ein KWKW heute gut finanziert werden.

### **4.4 Grundlagenbeschaffung**

#### **4.4.1 Informationen aus Literatur**

Ziel der Grundlagenbeschaffung ist die Bereitstellung der Dimensionierungsgrundlagen für das Kleinwasserkraftwerkprojekt. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

Verwendungszweck der produzierten Energie, erforderliche Gesamtleistung, verfügbare hydraulische Energie: Wassermenge und Nettofallhöhe, Geographie<sup>18</sup>, Einzugsgebiet und Wasserqualität, Geländeverhältnisse bei der Anlage und bestehende Infrastruktur, Sicherheitsaspekte, rechtliche Voraussetzungen, vorhandene Anlageteile, Vorgaben/Vorschläge des Bauherrn: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997].

Bei einer Modernisierung oder Reaktivierung eines bestehenden Kleinwasserkraftwerks kann im Rahmen der Grundlagenbeschaffung zudem die technische, ökologische und wirtschaftliche Zweckmässigkeit eines Projektes anhand der Altanlage abgeschätzt werden. Die Beurteilungskriterien für diese Abschätzung finden sich in der DIANE-Publikation [23]: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997].

Die Grundlagenbeschaffung wird aus Kostengründen in den meisten Fällen durch den Bauherrn selber vorgenommen. Der Zeitbedarf beträgt ca. 1 Monat, falls bereits Abflussmessungen vorhanden sind. Andernfalls muss zur Durchführung solcher Messungen mindestens ein Jahr eingesetzt werden: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997].

#### **4.4.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Mit neuer Technologie kann man die Leistung alter Anlagen, um einiges verbessern.

Es gilt zu bedenken, dass die ermittelte Fallhöhe und die Abflusskennlinie für die Auslegung und Wirtschaftlichkeit zentrale Werte sind. Die gewonnenen Daten sind gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt von einer zweiten Seite zu überprüfen.

---

<sup>18</sup> Zuständige Behörde: Kreisgeometer Landeshydrologie: Hydrologische Datenbank



#### 4.4.3 Folgen aus Qualitätsmängel

Es wurde ein unerfahrenes Ingenieurbüro mit der Planung beauftragt - regionale Ingenieurbüros wurden bevorzugt. Durch dieses Handeln resultierte ein Planungsfehler (falsche Schätzung des Unterwasserniveaus). Zudem wurde keine saubere Qualitätskontrolle gemacht - wesentliche Daten wurden nicht hinterfragt. Das Unterwasser musste berücksichtigt werden, das ging aber irgendwie unter. Die Sole musste ausgebaggert (Soleabsenkung) werden, um den Fehler zu korrigieren. Nach erneuter Messung lag die Turbine innerhalb des Garantiebereichs.

### 4.5 Vorstudie zur Planung

#### 4.5.1 Informationen aus Literatur

Mittels einer Vorstudie wird das zuvor erarbeitete Grundlagenwissen zur Projektierung der Anlage verwendet. Dabei werden verschiedene Projektvarianten ausgearbeitet und für jede dieser Varianten die erforderlichen Massnahmen zum Schutze der Umwelt ermittelt. Mittels einer Kostenschätzung und einer Kosten/Nutzen-Rechnung werden die einzelnen Varianten verglichen und die Beste der Varianten wird anschliessend ausgewählt.

Anhand dieser ausgewählten Variante wird ein Vorentscheid über die Weiterführung des Projekts gefällt. Wichtig ist dabei, auch die Frage der Projektfinanzierung detailliert zu klären. Falls der Vorentscheid über die Weiterführung des Projekts positiv ausfällt, sollte eine erste Kontaktaufnahme und Orientierung der betroffenen Grundbesitzer und von interessierten Organisationen (Fischereiverbände, Elektrizitätsunternehmen etc.) erfolgen. Meist wird die Vorstudie durch einen Ingenieur oder spezialisierten Lieferanten durchgeführt und beansprucht ca. 2 Monate. Die Infostellen können bei der Erarbeitung der Vorstudie beratend beigezogen werden. Hinweise zu den technischen Aspekten einer Anlage vermitteln die Publikationen „Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz“ [28] und die PACER-Kursunterlagen [14]: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997].

In den nachfolgenden Schritten wird mit verschiedenen Partnern zusammengearbeitet. Neben allfälligen Mitinhabern des KWKWs und dem Planungsbüro/Ingenieur und Installateur ist auch das Elektrizitätsversorgungsunternehmen (*EVU*) zu erwähnen. Das *EVU* ist aufgrund des Energienutzungsbeschlusses derzeit verpflichtet, den vom Betreiber künftig produzierten Strom in das Verteilnetz aufzunehmen und zu vergüten. Unter Umständen<sup>19</sup> kann mit der *EVU* ein besserer Rücknahmevertrag ausgehandelt werden: Absatz gemäss Quelle [m].

Vorabklärungen nach Quelle [m]: Je nach Erfahrung wird ein ausgewählter Installateur beim zuständigen Eigentümer des Stromversorgungsnetzes (*EVU*) unverbindlich über das Vorhaben informieren.

Projektanfrage (via Installateur) an das *EVU*. Das *EVU* verfügt dafür möglicherweise über die entsprechenden Formulare.

Vorprüfung: Das *EVU* klärt die Anschlussmöglichkeiten ab, es informiert den Installateur und der seinerseits den Bauherrn.

Vorstudien werden vom *BFE* unterstützt.

Als Leitfaden kann das Merkblatt 3<sup>20</sup> herangezogen werden.

---

<sup>19</sup> z.B. mit einem Stundenspeicher damit bei den Spitzenzeiten Strom produziert werden kann

<sup>20</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/download/beitraege/mbl3\\_minanforderung.pdf](http://www.kleinwasserkraft.ch/download/beitraege/mbl3_minanforderung.pdf)



Dem Planungsbüro wird empfohlen, Richtofferten/Budgetofferten von Lieferanten und Bauunternehmen einzuholen.

Verhandlungen mit tangierenden Ämtern und Behörden<sup>21</sup> müssen geführt werden.

Im Allgemeinen (auch für die Kostenrechnung) werden für die einzelnen Anlagenteile folgende Lebensdauer angenommen: Angaben aus Quelle [8].

- 80 Jahre für bauliche Anlagen (oder Konzessionsdauer)
- 50 Jahre für allgemeine Kosten und Stahlwasserbau
- 40 Jahre für maschinelle Anlagen und Innenausbau des Maschinenhauses
- 25 Jahre für Hilfs- und Steuereinrichtungen

#### **4.5.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Nach der Budgetofferte verfolgt der Lieferant das Projekt direkt mit dem Bauherrn oder über einen Ingenieur weiter.

Bei Kleinanlagen wird nach einer einfachen, unkomplizierten, naturnahen (keine Bunker in Natur) und kostengünstigen Lösung gesucht.

Auf Nachhaltigkeit und so Wirtschaftlichkeit sollte die Variante ausgewählt werden.

Wenn die hartumkämpften Budgets stehen, geht es an die Bewilligungsverfahren.

Durch die Software von RETScreen<sup>22</sup> können Budgets von verschiedenen Varianten erstellt und untereinander verglichen werden. Die hinterlegten Berechnungsgrundlagen sind aber nicht transparent, deshalb ist Vorsicht geboten.

In einer ersten Phase findet eine Grobplanung statt, welche viele Optionen offen lässt. Im Detail- oder Ausführungsprojekt sind die Freiheiten begrenzt. Beispiel einer Bachfassung: Bachfassungen sind teuer, Änderungen kostenintensiv. Der Rechen ist verhältnismässig günstig. Ein Versuchsrechen kann deshalb eingebaut werden, um den richtigen Abstand zwischen den Stegen zu ermitteln. Die Massivbauten sind teuer und sollten deshalb gut ausgelegt und gebaut werden.

Schulen könnten günstig - d.h. nach Fachhochschulgesetz kostendeckend -, Vorprojekte durchführen, Abklärungen machen, Ideen sammeln. Leider wird das Angebot, das vorhandene Wissenspotenzial wenig genutzt.

#### **4.5.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Meist werden die Betriebskosten nur ungenügend berechnet und optimiert, eine mittelfristige Sichtweise fehlt.

Das Unterwasser wurde bereits bei der Planung falsch eingeschätzt. Zudem wurde im Verlauf der Ausführung die gegebene Abschätzung nicht überprüft → kleinere Leistung, kleinerer Wirkungsgrad, weniger Gewinn.

---

<sup>21</sup> z.B. Fischereiverband, Natur und Heimatschutz

<sup>22</sup> [www.retscreen.net/ang/t.php](http://www.retscreen.net/ang/t.php) (Die Software ist in Englisch, sie kann gratis heruntergeladen werden)





#### 4.5.4 Beispiele von Qualitätsmängeln

Es wurde das Zufrieren des Zulaufes nicht berücksichtigt.

Die Leistung nimmt bei wenig Schwemmgut bereits um ca. 10% ab.

Ein Algenteppich bildete sich im vergangenen Sommer, weil wahrscheinlich der Rechen zu stark an der Sonne liegt. Daraus resultierte eine Minderleistung, ein Betriebsausfall und eine Reinigungsarbeit.

#### 4.5.5 Lösungsvorschläge aus Interviews

Bei der Budgetierung sollte der jeweiligen Komplexität des KWKWs so Rechnung getragen werden, dass ein angemessener Betrag für Unvorhergesehenes budgetiert wird.

Es bestehen Studien über allgemeine Bauwerke in der Schweiz. Die Kosten setzen sich zusammen aus Planung, Bau, Betrieb und Abbruch. Der Kostenanteil von Planung und Bau ist 8%, davon sind 10% Planungskosten (weniger als 1% der Gesamtkosten!). KWKW können mehr oder weniger betriebsintensiv sein.

Es sollte eine Empfehlung abgegeben werden, dass man bei der Planung 1% Mehrkosten (bezogen auf das Gesamtvolumen) aufwenden sollte, um eine höhere Güte des KWKWs zu erreichen. Es wird vermutet, dass, wenn mehr in die Planung investiert würde, der Betrieb weniger intensiv sein würde. Wenn die Rechnung über längere Zeit gemacht würde und die intensivere Planung z.B. das Wartungsintervall erhöht, würden die Gesamtkosten abnehmen.

Gut wäre, wenn nicht das gesamte zur Verfügung stehende Kapital für das Planen und Bauen der Anlage aufgebraucht würde. Optionen müssten wohl bei der Planung offen gehalten werden, aber beim Erbauen noch nicht ausgeführt werden. Später, bei der ersten grossen Revision nach 5-10 Jahren, hat man Erfahrung mit der Anlage. Mit dem zurückgestellten Kapital könnten nun die Optionen, den Erfahrungen entsprechend, ausgeführt werden.

### 4.6 Vorprojekt respektive Konzessionsprojekt

#### 4.6.1 Informationen aus Literatur

Die in der Vorstudie ausgewählte Variante wird als Konzessionsprojekt ausgearbeitet. Dabei wird das Projekt weiter optimiert und verfeinert. Hinweise dazu bieten die Publikationen [11 und 14]. Das optimierte Projekt wird zuhanden der Konzessionsbehörde eingereicht, welche eine Vernehmlassung (öffentliche Auflage) und eine Bereinigung allfälliger Einsprachen durchführt. In den anschliessenden Konzessionsverhandlungen zwischen Behörde und Bauherrschaft werden die Rechte und Pflichten der Bauherrschaft definiert. Am Ende steht die Erteilung der Konzession durch die kantonale Konzessionsbehörde.

Die Ausarbeitung des Konzessionsprojekts wird meist durch den Ingenieur, welcher bereits die Vorstudie verfasst hat, vorgenommen. Die Verhandlungen mit der Behörde führt die Bauherrschaft unter allfälliger Beratung durch den Ingenieur oder *InfoEnergie*. Der Zeitaufwand zur Erlangung der Konzession beträgt ca. 6 Monate: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997].

Pläne: Der projektierende Ingenieur oder der Installateur zeichnet Pläne. Diese werden der örtlichen Baubehörde eingereicht: Absatz gemäss Quelle [m]





Die Gesetzgebung ist generell strenger geworden. Die Regelungsdichte hat sich erhöht. Die Verfahren wurden länger, komplexer und kostspieliger. Dies erschwert eine mittelfristige Planung und fördert das Interesse der Investoren an Gas- oder Kombikraftwerken, die kürzere und einfachere Genehmigungsverfahren aufweisen.

Die Verfahren für Wasserkraftwerke müssen weiter vereinfacht und beschleunigt werden. Damit werden kürzere Realisierungszeiten und kostengünstigere Anlagen erreicht, was die Konkurrenzfähigkeit der Wasserkraft verbessert: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [3]<sup>23</sup>

#### **4.6.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Das Bewilligungsverfahren ist für Erfahrene Routine, für die Erfahrenen ist das Vorgehen bekannt. In *BUVAL*- Broschüren werden gute Beschriebe/Wegleitungen zur Verfügung gestellt: z.B. Vorschriften über „Gemessene Restwassermenge wie könnte sie bestimmt werden“. Ein Restwasserbericht ist nötig für die Konzession (zuständig ist der Kanton), der Bericht gibt Aufschluss über nötige und vorgesehene Restwassermengen und deren Einhaltung. Der Bericht wird stets von extern erstellt.

Es wäre wünschenswert, wenn das Bewilligungsverfahren beschleunigt werden könnte. Vom Bauherrn wird oft beklagt, dass er lange auf Antworten wartet muss. Eine Vereinfachung des Verfahrens wäre positiv.

Bei einer Erneuerung der Rechte gilt das neue Gesetz und somit kommen die neuen Auflagen und Konzessionen zum Zuge. Wenn nur eine Turbine ersetzt wird, gilt weiterhin das ehemalige Recht.

Es soll nach dem Stand der Technik gearbeitet werden - das ist allerdings bei den kleinen Kraftwerken nicht so relevant (Kostengründen). Gewisse Vorschriften müssen aber eingehalten werden. Die Vorschriften müssen bereits im Vorprojekt verankert werden.

Die Steuerung muss möglichst einfach sein, da sie von Ungeschulten bedient wird.

Alle Komponenten sollten nach dem besten Wirkungsgrad ausgelegt und gebaut werden.

#### **4.6.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Bei Trinkwasseranlagen sind die Bewilligungsverfahren relativ einfach. Bei einer Bachfassung kommen die üblichen Vorschriften, Prüfungen, UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung), Fischereiverbände u.s.w. Das wird oft schwierig für den Bauherrn. Aufgrund dieser Hürden, die vor allem Zeit kosten, scheitert manches Projekt (meist Private, Öffentliche sind resisterter).

#### **4.6.4 Beispiele von Qualitätsmängeln**

Es wurde bereits bei der Planung darauf geachtet, dass der Einlauf theoretisch gut liegt. Bei Hochwasser wurde er nun aber regelmässig verstopft. Es wird vermutet, dass aufgrund der Abflussschwankungen (bei Hochwasser wird alles mitgeschwemmt) nur schwer etwas gegen das viele Schwemmgut am Rechen gemacht werden kann. Auch werden Baumabfälle (Äste oder Christbäume) sowohl von Privaten, als vor allem auch von Gemeinden in den Fluss entsorgt.

---

<sup>23</sup>download: [www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier\\_id=00803](http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=00803)



#### 4.6.5 Lösungsvorschläge aus Interviews

Eine Qualitätssicherung könnte sein, eine zweite Meinung auch über die Vorstudie einzuholen. Das Problem: Bei KWKW darf die Zweitmeinung nicht viel kosten. Man könnte sich vorstellen, dass auch Fachhochschulen eine solche Zweitmeinung z.B. im Rahmen einer Diplomarbeit kostendeckend erstellen könnten.

### 4.7 Bauprojekt

#### 4.7.1 Informationen aus Literatur

Das Konzessionsprojekt wird anschliessend als allgemeines Bauprojekt ausgearbeitet. Dabei wird eine detaillierte Kostenschätzung vorgenommen. Die Ausarbeitung des Bauprojekts inkl. Kostenschätzung erfolgt durch den Ingenieur.

Das Bauprojekt wird durch die Bauherrschaft als Baugesuch der zuständigen Stelle eingereicht, welche nach Ablauf des Genehmigungsverfahrens auch die Baubewilligung erteilt. Gleichzeitig mit der Einreichung des Bauprojekts werden auch die Pläne für einen allfällig geplanten Netzanschluss ausgearbeitet und beim Eidg. Starkstrominspektorat (*ESTI*) sowie dem zuständigen Elektrizitätswerk (EW) eingereicht. Falls bezüglich dieser Anschlussverhältnisse ans öffentliche Netz mit dem zuständigen EW keine Einigung erzielt werden kann, wird die kant. Schlichtungsstelle beigezogen.

Für die Erlangung der Baubewilligung muss mit einem Zeitbedarf von ca. 6 Monaten gerechnet werden: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997]

Baubewilligung: Die Gemeinde oder der Kanton erteilt die Baubewilligung und benachrichtigt den Installateur. In einigen Kantonen geht es bei kleineren Anlagen auch ohne Baubewilligung.

Konzession bei Wasserkraftnutzung: Für die Nutzung seiner Gewässer muss beim Kanton um eine Bewilligung ersucht werden.

Vorlage (ev): Anlagen, die mehr als 3x3, 3 kVA einphasig oder 10 kVA dreiphasig erzeugen, sind vorlagepflichtig. Die Anlage muss vom Eidg. Starkstrominspektorat (*ESTI*) überprüft werden. Der Planer oder Installateur reicht die Projektvorlage direkt beim *ESTI* ein.

Installationsanzeige: Sind alle Bewilligungen vorhanden, sendet der Installateur dem *EVU* die Installationsanzeige.

Installations- und Anschlussbewilligung: Den Abschluss der Planungsphase bildet das grüne Licht des *EVU*. Mit dem entsprechenden Tarifblatt gibt es auch die Anschlussbedingungen bekannt: Absatz gemäss Quelle [m]

#### 4.7.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Für das Planungsbüro wäre eine Checkliste mit den auszuführenden Arbeitsschritten, Schlüsselstellen, Killerkriterien und ev. mit konkreten Beispielen hilfreich. Möglich wären auch punktuelle Tools.

### 4.8 Ausführungsprojekt

#### 4.8.1 Informationen aus Literatur

Das detaillierte Projekt mit Offertanfragen und Bauplänen wird durch das beauftragte Ingenieurbüro ausgearbeitet. Die Arbeiten werden ausgeschrieben und die eingehenden Offerten geprüft. Hinweise zur technischen Prüfung von Offerten (Pflichtenhefte für Anlagenteile) sowie zum Umgang mit Lieferanten (technische und finanzielle Vertragsgarantien) bieten die Publikationen [14.1, 14.2, 14.4], [25], [28]



Hinweise auf verschiedene mögliche Lieferanten sind auf der Homepage des *ISKB* aufgeführt<sup>24</sup>.

#### **4.8.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Die Nutzungsvereinbarung NV (Stellt eine Art Pflichtenheft dar und definiert den Prozess: Welche Arbeitsschritte müssen gemacht werden? Was muss berücksichtigt werden? Was muss die Anlage erfüllen? Was ist der Zweck der Anlage?) sollte vom Planer oder Projektkoordinator erstellt werden. Die NV berücksichtigt nicht nur, wie der Werkvertrag, die Vorgaben des Bauherrn, sondern auch das Wissen des Planers (Anforderungen z.B. bezüglich Eisgangs), Gesetze (STEG/STEV) und eine Gefahren/Risikoanalyse. Somit beinhaltet die NV alle erarbeiteten Definitionen der Ausgangslage/Basis. Der Planer erstellt für die Gesamtanlage eine NV (Abstimmung unter den einzelnen Puzzelsteinen), aus welcher Einflüsse auf einzelne Komponenten hervorgehen. Die Komponenten sollten von einem erfahrenen Spezialisten hergestellt werden. Das wird heute bei KWKW nicht so gehandhabt. Die Verantwortungen sollten abgesprochen und vertraglich vereinbart werden (einheitliche Informationsbasis).

Richtlinien für die el. mech. Elemente sind die IEC Normen (Definitionen, Messungen).

Der Endkunde hat den grössten Leidensdruck. Er muss darauf bestehen, dass der Lieferant die Verantwortung über Produkte und Entscheidungen trägt.

Die Käufer müssen auf Ihre Ansprüche und häufige Fehler hingewiesen werden. Sie müssen sensibilisiert werden, dass man sich nicht darauf verlassen darf, dass alles richtig gemacht wird.

Die Pflichtenhefte sollten streng aber mit grossem Toleranzband (3% ist nicht mehr tolerierbar) sein. Wenn der Wirkungsgrad als ungenügend vermutet wird, wird gemessen. Falls der Wirkungsgrad schlecht ist, folgen hohe Poenalen. Dies wird bereits bei der Ausschreibung festgelegt.

Wenn Wirkungsgradmessungen standardmässig vorgeschrieben würden, würden wahrscheinlich die Hersteller besser auf die Qualität achten.

Regulierungen, welche z.B. Normen aufzwingen, sind nicht förderlich (sie verursachen Kosten). Besser wäre eine Selbstdeklaration (z.B. wie in einem Haftpflichtfall: Die wesentlichen Dokumente müssen innert 30 Tage dem Richter vorlegbar sein).

Index Messungen: Die theoretischen Werte gewinnt man durch Herunterskalierung der bekannten Werte von grossen Anlagen. Im Rahmen der Qualitätssicherung werden fertige grosse Anlagen gemessen. Dafür wird die grosse Anlage ausgerüstet. Folgen können bei einer Index-Messung bei einer kleinen Anlage mit einer Druckmessung (vor und nach der Turbine) bei bekanntem Gefälle und mit den herunterskalierten Daten eine zuverlässige Kennlinie erstellt werden (ca. +/-1.5 % genau).

Es ist eine Kostenfrage: Wenn keine Q-Messung eingebaut werden muss, wird die Anlage günstiger und somit wird die Konkurrenzsituation der Lieferanten besser.

Bei Hochdruckanlagen werden oft Indexmessungen geplant. Bei Niederdruckanlagen mit kleinem Gefälle ist es häufig schwierig, eine Index-Messung vernünftig durchzuführen.

---

<sup>24</sup> siehe Marktführer [www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf](http://www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf)



Den Wirkungsgrad mit besserer Genauigkeit als die 1.5% zu bestimmen, ist aufwändig. Es ist aber auch wichtig, dass man den Wirkungsgrad über das gesamte System betrachtet (es darf nicht sein, dass man in der Druckleitung 10% verliert und bei der Turbine um jedes 1/10% kämpft).

Die Schweiz hinkt bezüglich Wirkungsgradmessung z.B. Indien hinterher. Ein Standard sollte sein, bei der Planung die Wirkungsgradmessung zumindest vorzubereiten.

Weil die Elektronik günstiger wurde, kann man sich nun überlegen eine Wirkungsgradmessung zu standardisieren (Vorgehen erstellen).

Beim Dimensionieren von Absetzbecken ist das Problem, dass die Kosten mit zunehmender Grösse steigen. Um Entscheidungen zu treffen, reicht die Formel über das Absetzen von Sand nicht aus.

Verstopfte Wasserfassungen (Rechen) sind meist ein Problem (wunder Punkt von KWKW). Rechenreinigungsmaschinen sind oft zu teuer.

Um Vereisungen zu vermeiden wurde bei einem KW eine spezielle Steuerung ausgeführt. An solche Sachen sollte man als Planerdenken.

#### **4.8.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Die öffentlichen Bauherren müssen sich an die Submissionsgesetze halten, die privaten nicht. Daraus resultieren für das Planungsbüro unterschiedliche Vorgehensweisen. Bei unsachgemäsem Vorgehen hat man bei mangelndem Wirkungsgrad keine Handhabung. Es sind Beispiele bekannt: Weniger Wirkungsgrad, blau angelaufene Welle, zersprungenes Laufrad. Bei vertraglich streng geregelten Bedingungen, hätte der Lieferant wahrscheinlich schon bei der Ausschreibung nicht mitgemacht.

Problematisch ist oft, dass die notwendigen Angaben mangelhaft sind, z.B. wenn nur die Bruttofallhöhe angegeben wird, muss die Nettofallhöhe selbst abgeschätzt werden.

Z.B. der Druckstoss hat je nach Schliesszeit der Klappe eine andere Druckspitze am oberen Ende des Druckrohres. Eine genauere Definition in Form einer Richtlinie wäre wichtig, welche die Bedingungen (z.B. Schliesszeit, Zeitperioden zwischen Schliessvorgängen) beschreibt, mit denen der Druckstoss zu rechnen ist. Als Grundlage könnte man die Werkverträge von Grossturbinen nehmen und „abspecken“. Erfahrungen zeigen, dass die vom Lieferanten formulierten Verträge hauptsächlich sagen, für was sie nicht verantwortlich sind. Es müssten also Verträge sein, die die Verantwortungen zuordnen.

Aufgrund des Kostendruckes hat der Ingenieur nur noch wenig Spielraum, die richtige Lösung zu suchen. Er ist gezwungen die erste Lösung zu nehmen und diese zu vertreten, weil er sonst mit dem Honorar nicht auskommt.

Die Gesamtverantwortung der Anlage ist nicht genau definiert. Jeder versucht sich vertraglich aus der Verantwortung zu stehlen.

Die Zusammenarbeit und Verantwortungen für el. mech. Teile sind nicht so geregelt und standardisiert, wie das z.B. die SIA-Normen im Baubereich regelt. Um ein KWKW zu bauen, ist Wissen aus mehreren Disziplinen notwendig. Die Bereiche überschneiden sich und dadurch wird es schwierig die Verantwortungen genau zuzuordnen. Musterverträge und Checklisten, um ein KWKW Projekt abzuwickeln und die Verantwortungen zuordnen, wären



von Vorteil. Es sollte aber darauf geachtet werden, dass es, wo immer möglich, keinen Mehraufwand entsteht.

Überschneidungen (z.B. Druckrohrklappen) der einzelnen Bereiche, machen es schwierig die Verantwortung zuzuordnen. Zu Beispiel, wenn aufgrund eines Druckstosses ein Schaden auftritt, ist es im Allgemeinen schwierig eine Verantwortlichkeit nachzuweisen. Auch aufwändig ist es, die Verantwortung im Vorherein festzulegen. Für Ing. Büros ist es schwierig, ein ausreichendes Wissen in jedem der für hydraulische Anlagen wichtigen Bereiche zu haben.

Der Betreiber hat oft Schwierigkeiten, enge, licht- und luftarmen Becken von Schlick zu befreien. Die Sammelbecken oder Absetzbecken sollten deshalb stets mit dem Betreiber besprochen werden. Unerfahrene Planer entwerfen flache Böden.

Bei KWKW ist die Durchflussmessung, vor allem für Niederdruckanlagen, nicht Stand der Technik (es hat keine Literatur, es wird nicht dokumentiert).

Aus Sicht des Betreibers kann nicht immer klar gesagt werden, wer die Verantwortung bei einem Mangel trägt und bei wem ein Anspruch geltend gemacht werden kann.

#### **4.8.4 Beispiele von Qualitätsmängeln**

Der sehr grobe Solenrechen (über die ganze Bachbreite) musste täglich gereinigt werden, weil er falsch ausgelegt wurde. Um dem Laubproblem entgegenzuwirken, wurde ein engmaschiges Gitter unter den Rechen geschraubt, was den Rechen sehr schnell verstopfte. Zudem bestand der Rechen aus zu steil angeordneten Vierkantprofilen (50x50 mm). Wenn der Bach viel Wasser führte, strömte das Wasser über den Rechen und nicht in die Fassung. Weiter wurden die zu klein dimensionierten, seitlich angeordneten Kammern bei einem Unwetter, innert 5 min. mit Sand gefüllt.

Die Druckleitung rostete, weil auf der unteren Seite die kleine Leitung (DN 300 mm) in den Beton von/mit dem massiven Fundament der Zentrale eingegossen wurde. Die Leitung war aussen nicht beschichtet und das führte zu einem elektrischen Potentialunterschied, was wiederum die Rostbildung fördert. Das Problem wäre durch die richtige Materialwahl und/oder Beschichtung (ausssen) vermeidbar gewesen. Wichtig ist, dass man die einzelnen Rohre elektrisch nicht verbindet (so kann sich kein Strom aufbauen).

#### **4.8.5 Lösungsvorschläge aus Interviews**

Die Verantwortung trägt meist der Besitzer. Es wird niemand mehr als 5-jährige Garantie abgeben. Deshalb müssen strenge Pflichtenhefte mit langen Garantiezeiten erstellt werden. Es wäre gut, wenn die teureren Hersteller für ihr Produkt eine längere Haftung übernehmen würden als die Billiganbieter. Denn meist kann manche kleine Reparatur mit der Preisdifferenz bezahlt werden. Wenn hingegen die Turbine ersetzt werden muss, war es ein Fehlkauf.

Bei der Planung gilt es zu bedenken, dass Vorkehrungen getroffen werden, damit die Anlage gut eingestellt und die Garantiewerte zuverlässig überprüft werden können.

Die interdisziplinäre Verzahnung von KWKW-Projekten ist ein Hauptproblem. Eine Liste, welche klar die Zuständigkeiten abgrenzt, müsste erarbeitet werden. Eine möglichst detaillierte Liste, welche regelt, wer für welche Aufgabe oder welches Problem verantwortlich ist (z.B. Druckstossfestigkeitsnachweis, Dimension der Generatorwelle). Ist-Zustand: z.B. Hersteller von Generator sagt, dass die Verantwortung für die Stabilität des Schwingungsverhaltens des Gesamtsystems, nicht bei ihm liege (der Generator werde zweckentfremdet). Das



Durchführen der Berechnung liege beim Endkunden. Ein Katalog für Verantwortungen bei Schnittstellen sowie Empfehlungen/Richtlinien, wer diese wahrnehmen solle, würde für den Endkunden Klarheit über seine Verantwortungen bringen. Das könnte im Vertrag geregelt werden. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass bei Problemen die Schuld zugeordnet und der Schaden schneller behoben werden kann. Zudem sollte das den Hersteller zu einer vorsorglichen Vorsicht bringen. Im Katalog sollte auch die Dauer der Garantien (ergänzend zu SIA-Normen) festgelegt werden.

## 4.9 Vergleich der Angebote

### 4.9.1 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Auf in der Offerte angegebene Normen sollte geachtet werden. Oft werden bekannte Richtlinien und Normen nicht angewendet. Normengemässes Vorgehen beim Planen und Ausführen spart Kosten, Zeit, minimiert Fehler und ermöglicht eine bessere Übersicht über die komplexe Planung. Als Beispiel die SIA260 → Ablaufschema: Stur nach Ablauf ist zielgerichtet, spart Zeit beim Berichtschreiben (sehr effizient), erlaubt mehr Übersicht und spart somit Geld. Ablaufschema nach SIA wird erfahrungsgemäss bei KWKW Projekten nicht erstellt.

Einschlägige Normen sind:

STEG/STEV (Bundesgesetz/Verordnung verweisen auf Maschinenrichtlinien)

Bundesgesetz (STEG) und die Verordnung (STEV) über Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten 1996

Maschinenrichtlinien 98/37/EG

SIA 260/261/263 (Engineering Prozess der nicht nur für Bauingenieure zählt)

Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung (Eurocode: Europäische Vornormen)

Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken

DIN 19704/18800 und VSM

Sicherheit/Produkthaftung: Der Einkauf bei einem Lieferanten sollte mit einer Konformitätserklärung gesichert werden. Denn wenn der Hersteller keine Haftung übernimmt, hat der Betreiber das Betriebsrisiko. STEG/STEV verlangt Maschinenrichtlinien, welche grundsätzlich sagen, dass der Sicherheitsstandard nach neustem Wissensstand im Projekt ausgeführt werden muss. Wenn das erfüllt ist und die Papiere, die das belegen innert 30 Tagen dem Richter vorgelegt werden können zahlt die Versicherung im Schadensfall. Die Vorschrift basiert auf Selbstdeklaration – Nichtwissen schützt nicht vor Strafe. Oft wird erst im Schadensfall das Nicht-Beachten von Vorschriften festgestellt.

Der Kauf der Anlage über einen Generalunternehmer/Händler hat den Vorteil, dass dieser einen Fixpreis anbietet. Es kann aber ein Nachteil daraus resultieren, wenn der Generalunternehmer Einsparungen bei einzelnen Komponenten vornimmt: Z.B. eine Rechenreinigungsanlage wird dann plötzlich als Geschiebebagger umgebaut und verwendet.

Bei Produkten aus dem Osten ist dem Käufer meist bewusst, dass er ein Risiko eingeht und deswegen ist er bei einem Mangel weniger enttäuscht, als dass er es bei einem teureren Schweizer Produkt wäre (der Käufer urteilt härter). Bei einem Bau mit Wasserfassung, Zentrale und Druckleitung von einem Kostendach von z.B. 7 Mio. sFr., ist es schwer nachvollziehbar, dass der Betreiber bei der Turbine (die 10% davon kostet) spart (ca. 50 kFr.). Bei einem Turbinenausfall setzt er die Komplettinvestition aufs Spiel.





Eine ISO-Zertifizierung organisiert interne Prozesse, zudem müssen gewisse Dokumente mit dem Produkt mitgeliefert werden. Dies sollte als Verkaufsargument dienen. Für einen Lieferanten bedeutet das Standardisieren von internen Prozessen, die über die Produktpalette gemacht werden. Dies führt zu einem anfänglichen Mehraufwand, in einer späteren Phase dann zu einer gewissen Routine, die sicherlich von Vorteil ist.

Die Konkurrenten für die Turbinenlieferanten im Niederdruckbereich kommen aus Osteuropa und diese Produkte sind wesentlich billiger bei der Anschaffung. Der Unterhalt und der Service (bei einer Firma aus dem Osten kann es eine Woche dauern, bis ein Problem behoben wird) kommen dem Kunden hingegen teurer zu stehen. Zudem können die Wirkungsgrad-Garantien von Firmen aus dem Osten oft nicht eingehalten werden.

Das Ansehen des Herstellers sollte genügend wert sein, um Qualität zu bieten. Das ist heute oft nicht so bei KWKW.

Bei einem guten Ruf darf das Produkt 5-10% mehr kosten. Billige Produkte sind nicht immer rentabler. Scheinbar sind die Mehrkosten für eine gute Qualität der Produkte (über die Gesamtkosten gesehen) für den Lieferanten nicht lohnend. Vielleicht wird aber zu kurzfristig gedacht.

Bei schweizerischen Firmen ist die Qualität meist wichtiger als bei osteuropäischen, folglich benötigen sie höhere Margen, um die Qualität zu finanzieren.

Bei Bau und Planung z.B. der Steuerung könnten Optionen offen gehalten werden und erst im Laufe des Betriebs, die für den Betreiber wirklich wesentlichen Elemente nachgerüstet werden. Das heisst in einem Stadium, wo detaillierte Informationen vorhanden sind und sich der Betreiber beim Fahren bereits mit Problemlösungen befasst hat.

Eine Steuerung muss stets einfach, gut erklärt (z. B. nicht dass eine Operation ausgelöst wird, wenn eine PC-Taste zu lang gedrückt wird) und übersichtlich sein, so dass auch ein Unerfahrener die Störungen beheben kann.

#### **4.9.2 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Es ist zu beobachten, dass der Planer zunehmend zu billigeren, aber qualitativ schlechteren Komponenten neigt. Spezialisten sind meist teurer. Gewährleistungen sind ein Muss und die kann meist nur der Spezialist geben.

Offerten für Komponenten variieren im Preis heute deutlich mehr als früher. Die Kompetenz für das Erstellen von Offerten nimmt ab, da die Erfahrung fehlt. Kostenabschätzung sollten von Spezialisten „aufs Loch“ (+/- 20%) gemacht werden können.

Für den Bauherr wäre es gut, wenn bei der Planung in Sachen Alarmierung und Übermittlung (Instrumente mit dem der Betreiber in erster Linie zu tun hat) mehr Aufklärung seitens des Lieferanten/Planers gemacht würde (z.B. „die teurere dafür bessere Variante kam nie ins Gespräch“).

#### **4.9.3 Beispiele von Qualitätsmängeln**

Ein Rechen wird in einen Geschiebebagger umgebaut und fällt wegen Überbelastung aus. Die Haftung liegt beim Betreiber → unvorhergesehener Mehraufwand.





Todesfall wegen einer nicht gesicherten Stilllegung der Anlage: Die Wasserfassung setzte sich selbstständig in Betrieb. Wären die Maschinenrichtlinien, die für alle Maschinen gelten, befolgt worden, wäre das nicht passiert (Anlage hatte keinen abschliessbaren Hauptschalter).

#### **4.9.4 Lösungsvorschläge aus Interviews**

Das Umfeld ist wegen den logischerweise individuellen Kundenausführungen schwierig. Die Möglichkeit die Fachkompetenz im nötigen Ausmass zur Verfügung zu stellen fehlt, weil es für einen KWKW-Bau im Verhältnis zum Ertrag zuviel kostet.

Eine mögliche Lösung wäre, dass man anstelle von Produkten, eine Dienstleistung einkauft, bei der die Verantwortung mitübernommen. Eine andere Lösung wäre, dass man eine Qualitätssicherung verfolgt, welche auf die wiederkehrenden Mängel aufmerksam macht (vorbeugt).

Es ist wesentlich, dass der Steuerungslieferant eine gute, speditive, effiziente Dienstleistung anbietet. Die Tendenzen gehen bei der Steuerung in die Richtung, dass der Lieferant verantwortlich ist für die ganze Lebensdauer des Produktes, also auch die Wartung übernimmt (Servicemodell).

### **4.10 Konstruktionsarbeiten**

#### **4.10.1 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Eine Regelung verbietet, dass der Planer auch als Lieferant auftritt. Lieferanten leisten in der Offertenphase oft unbezahlte Projektierungsarbeiten, die nicht verrechnet werden können.

Weil man sich in der Schweiz kennt wird die Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und den Planern als gut empfunden.

Entwicklungspotential: Die Hydraulik ist ausgereizt. Gehäuseeinbauten können noch optimiert werden, um das Wasser bei jedem d1/B2 Verhältnis (ca. 17) von der Turbine fernzuhalten.

Heute ist das el. mech. System durch Blöcke standardisiert (z.B. Block: Turbine oder Block: Konzept auf der El. Seite). Mit den standardisierten Blöcken können die Ing.-Kosten tief gehalten werden. Überdrehzahl (Auswirkungen auf Spannungen) und Druckstoss werden/müssen für jede Anlage neu überlegt/berechnet werden, da sie individuell sind. Diese Kosten werden über das Produkt abgegolten und können nicht separat ausgewiesen werden.

Jeder Rechen/Abweisung kann verstopft werden. Man sollte sich immer fragen: was passiert mit dem Element, wenn wirklich viel Schwemmgut kommt?

#### **4.10.2 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Die Auftragsvolumina werden kleiner. Es ist zu beobachten, dass die Kompetenz der Lieferanten abnimmt. Häufig wird die Planung von einem unerfahrenen Ingenieur vorgenommen. Das wird darauf zurückgeführt, dass in heutiger Zeit die Arbeitsstellen öfters gewechselt werden. Das bringt den Nachteil, dass dieselben Erfahrungen immer wieder neu, von neuen Arbeitnehmern gemacht werden müssen. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Produkthaftpflicht oft nicht gewährleistet werden kann, womit das Risiko auf den Betreiber fällt.

Normen: Die SIA Normen regelt das Tun des Planers, die rechtlichen Situationen sowie die tief- und hochbaulichen Angelegenheiten. KWKW spezifische Normen sind keine bekannt.



Der schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW erlässt Richtlinien z.B. zum Bau eines Reservoirs. Das gibt es im KWKW-Bau nicht, weil der Anwendungsbereich so klein ist und somit nicht finanziert werden kann.

Wenn die Kosten knapp werden und die Zusammenarbeit zum Planer nicht gut ist, werden eher Sachen vernachlässigt.

## **4.11 Bauausführung**

### **4.11.1 Informationen aus Literatur**

Nach der Arbeitsvergabe erfolgt die Bausführung unter Überwachung durch die Bauherrschaft. Bezüglich der Arbeiten im Gewässer sind dabei bestimmte Auflagen durch die Umweltgesetzgebung zu beachten.

Über die Versicherungsmöglichkeiten der Bauherrschaft während der Bauzeit bietet die Publikation [25] einen guten Überblick: Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10 Ausgabe 1997]

Montage: Der Bau und die Montage bzw. die Installation müssen gemäss Vorschrift von einer fachkundigen Person durchgeführt werden: Absatz gemäss Quelle [m].

Der Bauherr sollte sich, spätestens jetzt, vertieft mit dem Thema Wasserkraft beschäftigen. Eine kurzgefasste Übersicht bietet z.B. das Handbuch „Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftwerke“ [9]. Eine ausführlichere Übersicht verschafft das „Handbuch zur Planung und Errichtung von Kleinwasserkraftwerken“ (Layman's Guidebook) [5].

### **4.11.2 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Bauherr/operative Leitung: Es wäre zu begrüßen, wenn anhand einer Checkliste, Prüfungen vorgenommen werden könnten (Meilensteine). Zu prüfen ist vor allem, ob auf dem aktuellen Stand der Technik gearbeitet wird. Es sollte so geregelt sein, dass die Verantwortung der Komponenten bei den jeweiligen Lieferanten liegt und nicht dem Betreiber zufällt.

Das Problem ist oft, dass dem Bauherrn das Wissen für eine Beurteilung der Ausrüstung fehlt. Es ist deshalb wünschenswert, dass man die häufigsten Mängel kennt, auf die dann geachtet werden muss. Der Bau eines KWKW fordert Wissen aus unterschiedlichen Richtungen und so ist es nicht möglich, über alle Fachbereiche Bescheid zu wissen. Im Baubereich werden die Verantwortlichkeiten durch die SIA-Normen sehr gut geregelt. Für die el. mech. Ausrüstung sind die SIA-Normen nur schwer zu gebrauchen. ESTI-Vorschriften müssen im elektrischen Bereich eingehalten werden.

Durch die Einzelanfertigung entstehen auch auf der Bauseite Fehler (Planung und/oder Bauausführung). Es sind zwei Anlagen bekannt, die wegen mangelhafter Körperschale, d.h. die Vibrationen wurden weitergeleitet, stillgelegt werden mussten.

## **4.12 Inbetriebnahme**

### **4.12.1 Informationen aus Literatur**

Als erster Schritt bei der Inbetriebnahme erfolgen Testläufe der technischen Anlagenteile unter Führung von Abnahmeprotokollen. Weiter ist sicherzustellen, dass Ausführungspläne und Betriebshandbücher in den Besitz der Bauherrschaft übergehen.

Der Anschluss ans EW wird ebenfalls auf seine Funktionstüchtigkeit hin überprüft.



Ziel der Inbetriebnahmephase ist die Übergabe einer funktionierenden Anlage gemäss Pflichtenheft an die Bauherrschaft/Betreiber.

Später auftretende Garantiefälle werden gemäss den vertraglichen Regelungen gehandhabt. Die Phase der Inbetriebnahme nimmt ca. 1 Monat in Anspruch.

Weitere Ausführungen zur Phase der Inbetriebsetzung finden sich in der Publikation [14.4]. [10 Ausgabe 1997]

Fertigstellungsanzeige: Der Installateur sendet nach Abschluss der Montage die Fertigstellungsanzeige und das Schlussprotokoll ans EVU. Sofern die Anlage vorlagepflichtig ist, muss auch das ESTI benachrichtigt werden.

Zählermontage: Nach der Abnahmekontrolle der Anlage montiert das EVU die Stromzähler.

Kontrollbericht: Das EVU verfasst einen Bericht der erfolgten Kontrolle, worin allfällige Mängel beanstandet werden.

Inbetriebnahme: Sind alle Bewilligungen vorhanden, kann die Stromproduktion beginnen. [m]

#### **4.12.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Durch die nun übliche Installationsmessung durch das Starkstrominspektorat ESTI werden Sicherheitsmängel oft aufgedeckt. Aufgedeckte Mängel müssen behoben werden.

Wird die Leistung nicht erreicht, wird das festgestellt. Der Fehler kann dann bei der Maschine oder bei der Berechnung liegen. Meist wird bei Untersuchungen festgestellt, dass bei einer Rechnung ein „Leck“ ist.

Zahlbare, unabhängige Abnahmemessungen sind sicher wünschenswert. Meist sind die Messungen zu teuer (Flügelradmessungen mit 40 kFr. sind zu teuer, um die Qualität der Turbine festzustellen).

Indexmessungen werden von der ITECO meist vorgesehen, damit der Lieferant die Einstellungen vornehmen kann. Eine Messung seitens des Kunden wurde aber noch nie verlangt.

#### **4.12.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Badegäste kennen immer weniger Respekt vor KWKW Anlagen. Die Gefahr wird nicht erkannt. Mit Beschilderung/Absperrungen/Risiko erkennen und entgegenwirken (Stand der Technik -BfU) sollen Unfälle vermieden werden. Weiter kann man durch das Einholen einer zweiten Meinung über die Sicherheit der Anlage das Haftungs-Risiko minimieren, z.B. Zweitmeinung eines Richters (Fallkonstruktion) oder von Sicherheitsleuten.

Heute ist es oft schwierig, die Garantiewerte bei Teillast zu beurteilen, weil die notwendige Instrumentierung nicht vorgesehen wurde. Nur bei Volllast kann die elektrische Leistung mit den Garantiewerten verglichen werden.

Es gibt keine Fehleranalyse, wie z.B. das bei Windturbinen in DE gemacht wird.

Druckleitungen werden vor der Inbetriebsetzung nicht sauber gespült und abgepresst. Dadurch werden unter Betriebsdruck, bei Betriebsfliessgeschwindigkeiten Steine mitgerissen und so gehen das Mundstück und die Düse defekt. Die Verantwortung kann in einem solchen Fall über das Pflichtenheft zugeordnet werden.



## 4.13 Betrieb der Anlage

### 4.13.1 Informationen aus Literatur

Neben den durch die Umweltschutzgesetzgebung verlangten Massnahmen sind durch den Betreiber eines Kleinwasserkraftwerks weitere Pflichten zu erfüllen. So ist er im Staubereich seiner Anlage für den Hochwasserschutz sowie den Gewässerunterhalt und der wasserbaulichen Anlagen zuständig. Weiter obliegt ihm der Unterhalt von Wegen und Stegen inkl. der nötigen Sicherheitsmassnahmen für Menschen. Zu den Pflichten des Betreibers sind Angaben zu finden in [10, Ausgabe 1997 (Kap. Rechte und Pflichten)] sowie die Publikation [25].

Im Elektrobereich der Anlage muss die Sicherheit von Personen gewährleistet sein. Um dies sicherzustellen sind periodische Kontrollen des Kleinwasserkraftwerks durch einen vom ESTI beauftragten Elektrotechniker vorzunehmen. Bei diesen Kontrollen wird zudem der Netzanschluss auf allfällige Probleme hin überprüft.

Bezüglich der Versicherungsmöglichkeiten und -pflichten des Betreibers eines Kleinwasserkraftwerks in der Betriebsphase siehe [10, (Kap. Geldfragen)] .

Für den Betrieb eines Kleinwasserkraftwerks sollte ein einfaches Sicherheitskonzept erstellt werden. Wichtig sind dabei Punkte wie:

- Erstellung einer Alarmorganisation für den Brandfall,
- Ausbildung und Schulung des Personals für den Brandfall,
- richtige Anlagenauslegung und -material,
- Einbau von Brandsperren (auch in Kabelkanälen),
- richtige Lagerung der Betriebsstoffe (Brandsicherheit, Gewässerschutz), Ersatz von gefährlichen Stoffe (z.B. PCB in Kondensatoren),
- Kontrolle der Anlage auf Leckagen (z.B. tropfendes Maschinenöl).

Absatz ist ein Zitat aus Quelle [10, Ausgabe 1997]

### 4.13.2 Allgemeine Kommentare aus Interviews

Unterhalts-Empfehlung: Die CKW stellt einen Artikel mit wesentlichen Wartungsschritten zur Verfügung. Das Beste ist aber beim täglichen Rundgang hören, riechen, fühlen – gesunder Menschenverstand.

Probleme im Betrieb: Die Ausführung der Anlage ist stets anders. Das Wasser kann z.B. Sand führen oder das Trinkwasser darf nicht verunreinigt werden (meist kein Problem). Einiges kann nicht vorhergesehen werden, so z.B. das Hochwasserverhalten. Bei Bächen hat man oft mit Verschmutzungen zu kämpfen. Vor allem im Herbst mit dem Laub sowie Astgabeln, die den Einlauf verstopfen. Die stetige Reinigung (im Herbst alle 2 Stunden möglich) erfolgt durch den Betreiber. Eine Massnahme dagegen ist in der Bachfassung das Tirolerwehr (Rechen parallel zum Grund) oder die Behälterfassung.

Die Komponentenhersteller können sich zu wenig über ihre Qualität profilieren. Auch wenn sie das könnten, ist das Problem über die gesamte Anlage nicht gelöst. Negative Ereignisse bleiben länger in Erinnerung als „positive“. Vielleicht wäre es gut, wenn diejenigen Hersteller bekannt gemacht würden, bei denen ein Schaden ihrer Teile nachgewiesen wurde.

Ein Restwasserbericht ist für die Konzession nötig (zuständig ist der Kanton), der Bericht gibt Aufschluss über nötige und vorgesehene Restwassermengen und deren Einhaltung. Dieser Bericht wird stets von extern erstellt.



Abrasion am Laufrad (Pelton und Francis) durch Sand sind oft ein Problem und machen Reparaturen notwendig (kostengünstiger als Beschichtungen).

Bei einem Hochwasser, also bei abgeschalteter Maschine, bilden sich im Einlaufbereich vor dem Rechen wegen des Totwassers Sandhaufen/Ablagerungen (Schwebestoffe), aber die kriegt man im normalen Betrieb innerhalb einer Stunde fort. Die Turbinenspülung wird automatisch ausgelöst.

#### **4.13.3 Qualitäts-Kommentare aus Interviews**

Schwierig ist, dass jedes Kraftwerk ein anderes Problem hat. Dies auszuwerten ist schwierig, weil der Betreiber meist nicht zugibt, dass er einen Fehlkauf tätigte.

Ein weit verbreitetes Problem ist, dass die Wasserfassungen zufrieren. Eine gute Lösung ist der Koandarechen. Die Betreiber helfen sich oft selbst: Weil im Winter kein Hochwasser kommt nehmen Betreiber den Rechen im Herbst weg und installieren ihn rechtzeitig im Frühling wieder.

Wenn die Fassung unterhalb der Baumgrenze liegt, ist Laub immer ein Thema.

Abrasion am Laufrad (Pelton und Francis) durch Sand sind oft ein Problem und machen Reparaturen (kostengünstiger als Beschichtungen) notwendig.

#### **4.13.4 Beispiele von Qualitätsmängeln**

Der Betriebsaufwand wird schnell unterschätzt. Bei jedem kleineren Hochwasser muss unter Umständen der Rechen vom Schwemmgut befreit werden. Ab einer grösseren Zuflussmenge ist so der Betrieb nicht mehr vernünftig, da das Schwemmgut den Rechen blockiert. Eine permanente Betreuung wird dann so teuer, dass die Anlage abgeschaltet werden muss.

Einlauf wird beim jährlichen Hochwasser mit Geschiebe oder Eisschollen gefüllt, da die Leitmauern 2m unter dem Höchstwasserpegel sind. Bereits einmal die Reinigungskosten des Einlaufs belaufen sich auf den Betrag um das Problem zu eliminieren. Bewilligungen einholen ist mühsam, trotzdem würde es sich lohnen.

Im Moment wird die gewünschte Leistung nicht erreicht, es wird vermutet, dass Steine im Rechen eingekeilt sind, welche man von Hand hinausmeisseln müsste.

Im ganzen Generatorhaus spürte man eine starke Vibration. Grund dafür war eine Unwucht wegen eines verklemmten Isolationsrohres an einer Kaplanschaufel.

### **4.14 Garantie**

#### **4.14.1 Allgemeine Kommentare aus Interviews**

Haftung: Die Verantwortung des Planers hört nach 5 Jahren nach Übergabe/Abnahmen der Anlage auf, z.B. bei einem Generatorausfall innerhalb von zwei Jahren vertritt der Planer den Kunden beim Hersteller (Kundenpflege). Die Verantwortlichkeiten (Garantierichtlinien) werden in den SIA-Normen geregelt.

Es geht um eine defekte Druckrohrklappe, die vom Hersteller ersetzt werden sollte, der Hersteller sollte zudem einen Unkostenbeitrag für den Ein- und Ausbau leisten (Kostenumfang einige wenige kFr.). Der Bericht wurde an den Hersteller der Druckrohrklappe weitergeleitet.



Eine Schadensersatzforderung wurde vom Endkunden angedroht. Der Lieferant ist nach wie vor von seiner Unschuld überzeugt. Über den Anwalt abgeklärt: auch der Endkunde kann mit dem Hersteller Verhandlungen führen (Lieferant sagt, sie seien nur ihrem Kunden gegenüber verpflichtet). Der potentielle Imageschaden beeindruckt gewisse Hersteller nicht.

Die Verantwortungen werden, wo immer möglich, nicht wahrgenommen. Wahrscheinlich ist das eine Überforderung und mangelnde Fachkompetenz der kleinen unabhängigen Hersteller. Die nötigen Fachkräfte sind ihnen zu teuer oder sie finden sie nicht. Bei Serienprodukten, kann man Schritt für Schritt die Qualität verbessern. Mängel beheben kostet viel Energie und erzeugt Frust.

Betreuung der Anlagen: Wenn die Anlage funktioniert hört man nichts. Die VA TECH pflegt ein dauernder Kontakt mit dem Kunden. Dadurch werden wertvolle Informationen für zukünftige Anlagen gesammelt. Durch die Erfahrungen können Probleme gelöst werden (Maschine in Wohnhaus → Lärmschutz). Zudem wird der Kontakt von den (wissensdurstigen) Kunden geschätzt.

#### **4.14.2 Beispiele von Qualitätsmängeln**

Klebemuscheln verursachen vor allem im Einlauf Probleme. Dammbalken können im Revisionsfall nicht reibungslos eingesetzt werden, oder die Kühlwasserleitung wird verstopft.

Kurzgeschlossenes Relais von der Steuerung: Durch die permanente Wärme, verkohlte die Epoxydharzisolierung und wurde zu einem Leiter.

Die Sicherungen waren zu knapp dimensioniert.

Ein Geschwindigkeitssensor wurde abgeschliffen, weil die Mutter nicht gesichert wurde.

Ein ungeschützter Thermoschalter wurde von Tropfwasser (Kupferzersetzung) zerstört.





## 5 Auswertung der Interviews

### 5.1 Eingrenzung der Informationen aus den Interviews

Das Ziel des vorliegenden Vorprojektes war die Identifikation des Inhaltes von zu erarbeitenden Guidelines zur Unterstützung des Bauherrn eines KWKW zur prophylaktischen Vermeidung von Qualitätsmängeln.

Ausgeklammert werden im Folgenden Qualitätsmängel, die auf politische Rahmenbedingungen zurückzuführen sind, und Themen, die mit der Kapitalbeschaffung zu tun haben.

Die folgenden Abschnitte gliedern Aussagen aus den geführten Interviews, die den Bau und den Betrieb eines KWKW behandeln, gesondert nach den Betreiber und die Planungsbüros betreffenden Gesichtspunkten. Abschnittsweise werden daraus auch mögliche Inhalte von Guidelines zur Unterstützung des Bauherrn gefolgert.

### 5.2 Betreiberspezifisches

#### 5.2.1 Vergabe eines Planungsauftrages

##### 5.2.1.1 Problemskizze

Für jeden Neu- und Umbau sollte die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund stehen. Dabei muss einerseits bedacht werden, dass eine Fehlplanung oder ein Fehlentscheid unerwartete Kosten und Bauverzögerungen verursachen. Andererseits kann eine engagierte und vorausdenkende Planung Unterhaltskosten minimieren. Die Komplexität und Varietät eines KWKW-Baus erlauben keine vollständig standardisierte Bauanleitungen und Vorgehensrichtlinien. Somit werden bei jedem Neu- und Umbau Ingenieurleistungen nötig sein. Es ist daher von zentraler Bedeutung, dass der Bauherr das geeignete Planungsbüro für sein Vorhaben beauftragt. Durch das Submissionswesen und/oder den Kostendruck gegeben durch die Rentabilitätsbedingung der Wasserkraftanlage sind die Planungsbüros gezwungen ihre Ingenieurleistungen, so tief wie möglich zu offerieren. Wenn unerwartete Probleme auftreten oder das Planungsbüro etwas vergessen hat, arbeitet das Büro häufig wegen des ungeplanten Mehraufwands unrentabel. Als meist suboptimal erweist sich dann, wenn zur erstbesten Lösung gegriffen wird. Durch solche Rückschläge bedingt nimmt für den weiteren Verlauf das nötige Engagement unter Umständen ab. Um hier entgegenwirken zu können, würden Honorierungen bei Etappenzielerreichungen das Engagement steigern. Insbesondere bei Schwierigkeiten erweist sich eine gut kooperierende und enge Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn und dem Ingenieurbüro als wesentlich.

Der Bauherr darf also das günstigste Angebot nicht zwangsläufig als das Wirtschaftlichste betrachten. Zentral ist auch, dass lokale Beziehungen einen sekundären Einfluss auf die Wahl eines Planungsbüros haben sollten.

##### 5.2.1.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Aussagen der obigen Problemskizze in Guidelines einflechten.  
Bemerkung: Für die Offertanfragen kann auf das Fragemuster aus dem Programm Kleinwasserkraftwerke<sup>25</sup> verwiesen werden.

---

<sup>25</sup> [www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/angebote.htm](http://www.kleinwasserkraft.ch/web/deutsch/ib/privat/selbstbau/angebote.htm)





- Bestehende Offerten, Offertanfragen und Auswertungen zusammengetragen, auswerten und zu Muster-Beispielen zusammenstellen.
- Eine Vertragsvorlage zwischen Bauherr und Planungsbüro in Zusammenarbeit mit einem Juristen erarbeiten. Vorschlag: Als Grundgerüst sollen die Nutzungsvereinbarungen der SIA Norm 262 herangezogen werden.

## 5.2.2 Grundlagenbeschaffung

### 5.2.2.1 Problemskizze

Wenn die Rahmenbedingungen in der Phase zwischen der Grundlagenbeschaffung und der Inbetriebsetzung an neue Randbedingungen angepasst werden müssen, ist es wichtig, alle wesentlichen Daten den geänderten Rahmenbedingungen anzupassen und allen Involvierten die Änderungen zu kommunizieren.

Ein Qualitätssicherungssystem muss in entscheidenden Zeitpunkten sicherstellen, dass die verwendeten Daten den aktuellen Gegebenheiten entsprechen. Die Literatur [4] weist auf zwei unterschiedliche Ansätze von Qualitätsmangelbeseitigung (siehe Kapitel 5.3 und 5.4) hin: Entweder detektiert man den Mangel am Ende eines Prozesses mittels „Endproduktprüfung“ oder man überlegt sich vorgängig, wo und welche Fehler entstehen können, um sie dort durch gezielte und starre Abläufe so zu vermeiden, dass keine Endkontrolle nötig ist.

### 5.2.2.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Entscheidende Dimensionierungsdaten über alle KWKW-Typen und Varianten zusammenstellen.
- Passendes Qualitätssicherungssystem für das Anpassen aller Daten an sich ändernde Rahmenbedingungen wählen. Notwendige Kontroll- und Arbeitsschritte für die Guidelines formulieren.

## 5.2.3 Vorstudie

### 5.2.3.1 Problemskizze

Anhand der Budgetofferten der notwendigen Elemente und Arbeiten werden die Kosten und der Nutzen einzelner Varianten abgeschätzt und verglichen. Ist die Umweltverträglichkeit der Varianten erfüllt, so ist die wirtschaftlichste Offerte/Variante zu wählen, zu planen und auszuführen.

Neben den Planungs-, Baukosten und Kosten der Elemente müssen auch die Unterhaltskosten richtig in die Wirtschaftlichkeitsrechnung einfließen.

Bei deren Berechnung gilt es, die Anlage auf mögliche Betriebsszenarien zu untersuchen und zu bewerten (Eis-/ Algen-/ Laubproblem). Wenn ein zentrales Bauteil (z.B. Steuerung oder Turbine) ausfällt, entsteht neben den Reparaturkosten ein Ertragsausfall. Je rascher die Reparatur vorgenommen werden kann, desto geringer wird der Ertragsausfall sein.

Durch die Individualität der Standorte und die immer ändernden klimatischen Bedingungen können nicht alle Betriebsbedingungen vorhergesehen werden. Daher können bei extremen Betriebsbedingungen unerwartete Probleme auftreten. Wenn durch die Problembeseitigung (bauliche, mechanische Massnahmen, Steuerungs-, Überwachungsmaßnahmen) die Wirtschaftlichkeit erhöht werden kann, ist es sinnvoll, diese notwendigen Änderungen



vorzunehmen. Um solchen Änderungen aber finanzieren zu können, ist bereits bei der Planung ein Betrag bei der Kosten-/ Nutzenrechnung einzubeziehen.

Wie im Kapitel 5.2.1 angedeutet, offerieren die Planungsbüros ihre Leistungen meist knapp. Eine gute Planung ist ein entscheidender Faktor für den Projekterfolg. Es wird deshalb eine Empfehlung zur Diskussion gestellt, die Planungskosten um 10% höher (als offeriert) zu kalkulieren. Damit könnte das Planungsbüro beim Erreichen von Meilensteinen honoriert werden, was wiederum der Qualität des KWKWs zu Gute kommen könnte.

#### 5.2.3.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Richtlinien für das Vorgehen der Berechnung der Unterhaltskosten erstellen.
- Eine Empfehlung für einen Betrag für Unvorhergesehenes, Reserve und Optionen zurückzustellen in Richtlinien einfügen.
- Meilensteine definieren, um bei Erfolg Honorierungen vornehmen zu können.

### 5.2.4 Vorprojekt

#### 5.2.4.1 Problemskizze

Bei KWKW-Projekten mit hohen Baukosten, ist es sinnvoll in der Phase bevor die grossen Kosten anfallen, eine Zweitmeinung einzuholen.

Eine Überprüfung der Daten der ausgewählten Variante erfolgt sinnvollerweise durch eine aussenstehende Stelle und Person. Die Überprüfung muss effizient und kostengünstig sein. Es wird in einem der Interviews wurde zur Diskussion gestellt, dass hier das Angebot der Fachhochschulen vermehrt genutzt werden könnte, um z.B. in studentischen Projektarbeiten eine 2. Meinung zu erarbeiten.

Eine Überprüfung muss sicherstellen, dass alle Daten den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen (richtige Gefälls- und Durchflussabschätzung), dass jedes Element mit dem besten Wirkungsgrad und/oder besten Kosten/Nutzen-Verhältnis ausgelegt wurde und dass die Anlage als Ganzes optimiert wurde.

#### 5.2.4.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Zu überprüfende Punkte zusammentragen/definieren.
- Grobe Aufwandabschätzung für eine Zweitmeinung erarbeiten.

### 5.2.5 Bauprojekt

#### 5.2.5.1 Problemskizze

Die versprochene Qualität ist bei der Abnahme der Anlage zu prüfen. Eine solche Prüfung beinhaltet auch Wirkungsgradmessungen oder Indexmessungen (Messungen im Bestpunkt oder bei Vollast alleine sind nicht ausreichend). Diese Messungen sollen vom Planungsbüro von Anfang an eingeplant und die Vorkehrung dafür getroffen werden. Der Vorteil einer Wirkungsgradmessung liegt darin, dass der Bauherr Klarheit über die Effizienz seiner Anlage auch in Teillastbereichen hat und gegebenenfalls Massnahmen auslösen kann.

#### 5.2.5.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Vorgehensmöglichkeiten zur Wirkungsgradmessung in Kleinwasserkraftwerken zusammenstellen.
- Kosten/Nutzen der notwendigen Anschlüsse (Leistung, Druck) für eine Wirkungsgradmessung aufzeigen
- Aufwand für eine Wirkungsgradmessung für unterschiedliche KWKW-Typen abschätzen



## 5.2.6 Vergleich der Angebote

### 5.2.6.1 Problemskizze

Einzelanfertigungen von Komponenten sind teuer. Durch die Wirtschaftlichkeitsgrenze entsteht dadurch oft ein Kostendruck, der sich sowohl auf das Planungsbüro aber auch auf die Komponentenhersteller überträgt. Bei einem Qualitätsmangel tendieren die Beteiligten häufig dazu die Verantwortung nicht wahrzunehmen. Wenn kein verantwortungsabgrenzender Vertrag zwischen den Beteiligten abgeschlossen wurde, bleibt die Beseitigung des Schadens oft beim Betreiber.

Die Steuerung muss während des Betriebs des KWKWs vom Betreiber oder instruiertem Personal nach dessen Wünschen bedient werden können. Deshalb muss der Bauherr bei deren Wahl mitentscheiden. Dazu sollte er über die Vor-, Nachteile und Optionen der in Frage kommenden Steuerungen in Kenntnis gesetzt werden. (z.B. wie möchte er bei unterschiedlichen Ereignissen alarmiert werden? Wer bedient die Anlage? Hat das instruierte Personal genügend Computerkenntnisse?)

### 5.2.6.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Vorschlag (Nutzungsvereinbarung) ausarbeiten für die Abgrenzung der Verantwortung. (Die Verantwortung der einzelnen Lieferanten, des Planungs-/ und Bauunternehmens muss durch den Betreiber überprüft und gutgeheissen werden, damit er das Restrisiko kennt).
- Hinweis für den Betreiber, dass er bei der Wahl der Steuerung mitentscheiden soll.

## 5.2.7 Bauausführung

### 5.2.7.1 Problemskizze

Der Bauherr darf nicht davon ausgehen, dass jeder Projektbeteiligte seine Arbeit gemäss Abmachung ausführt. Eine periodische Begehung der Baustelle muss dem Bauherrn empfohlen werden. Wenn Abmachungen grob nicht eingehalten werden, sollte es ihm möglich sein, durch eine Begehung oder Abnahme der einzelnen Elemente den Mangel festzustellen und anschliessend in den Prozess korrigierend einzugreifen. Das Aufkommen für den entstandenen materiellen Schaden sollte durch die Nutzungsvereinbarung geregelt worden sein.

### 5.2.7.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Dem Bauherrn soll Literatur empfohlen werden, damit er über die Funktion der einzelnen Elemente und damit verbundene mögliche Qualitätsmängel informiert ist (z.B. Layman's Guidebook).
- Empfehlung für den Bauherrn, die Bauausführungen eng zu begleiten.

## 5.2.8 Inbetriebnahme

### 5.2.8.1 Problemskizze

Vor der Inbetriebsetzung müssen die herstellerepezifischen Richtlinien studiert und befolgt werden. (Es ist z.B. vorgekommen, dass die Druckleitung nicht sauber gespült und abgepresst wurde und dadurch Steine die Düse einer Pelton turbine beschädigten).

Wenn eine Vermutung besteht, dass die Garantiewerte nicht eingehalten werden, sollte eine Wirkungsgradmessung in Auftrag gegeben werden.



Im Fall, dass Sicherheitsmängel zu einem Schaden bei Drittpersonen führen, haftet vorgängig der Betreiber. Alle Dokumentationen müssen vollständig beim Betreiber sein, um diese bei einem Schadensfall dem Richter termingerecht vorzulegen.

Im Fall von „Badeunfällen“ zeigen Erfahrungen, dass wenn eine Gefahrenanalyse erstellt wurde und die daraus notwendigen Abschränkungen und Beschilderungen ordnungsgemäss ausgeführt und gut sichtbar aufgestellt wurden, der Betreiber von der Haftung befreit wird. Bei Inbetriebnahme einer Anlage ist eine Begehung mit z.B. einem Richter zum Thema von Sicherheitsfragen empfehlenswert, eventuell auch Gutachten einholen.

Grundsätzliche Empfehlungen für eine Gefahrenanalyse eines KWKW und das Vorgehen für eine Beschilderung einer Anlage sind im Rahmen dieser Vorstudie keine gesichtet worden.

#### 5.2.8.2 Inhaltsangaben Guidelines

- Für die Inbetriebsetzung einen Ablaufbeschrieb zusammentragen und den Guidelines anhängen.
- Vorhandene Abnahmeprotokolle, Checklisten zusammenstellen.
- Kontrolle der Garantiewerte durch eine Wirkungsgradmessung empfehlen.
- Die Dokumentationen (Ausführungspläne) auf Vollständigkeit hin prüfen und archivieren (Empfehlung, siehe auch Kapitel 4).
- Grundsätzliches Vorgehen für eine Gefahrenanalyse erstellen.
- Vorschläge für die Beschilderung verfassen.

### 5.2.9 Betrieb

#### 5.2.9.1 Problemskizze

Neben der Projektdokumentation müssen dem Bauherrn auch eine Dokumentation und Anleitung (Betriebsunterlagen) zum Unterhalt und zur Wartung ausgehändigt werden.

Der Betreiber sollte eine Zertifizierung (Ökolabel) der Anlage in Betracht ziehen (siehe Kapitel 1.2.6.7).

#### 5.2.9.2 Inhaltsangaben Guidelines

Um die geplanten Guidelines stetig ergänzen oder korrigieren zu können, wäre es sinnvoll, wenn die Betreiber ihr Feedback in Form z.B. eines Erfahrungsberichts abfassten.

Dazu muss eine Stelle bestimmt werden, die zweckmässige Änderungen in den Guidelines fortlaufend nachträgt.

- Betriebsunterlagen auf Vollständigkeit hin prüfen (Empfehlung)
- Umfang der Erfahrungsberichte definieren (ev. vorgefertigtes Formular erstellen)
- Für die Qualitätssicherung der Guidelines müssen Erfahrungsberichte von den Betreibern verlangt werden (ev. sogar mit Beurteilung der Komponentenhersteller).

## 5.3 Planungsbürospezifisches

### 5.3.1 Vergabe eines Planungsauftrages

Einem Planungsbüro mit wenig Erfahrung im Gebiet der Wasserkraft, das eine Anlage (z.B. Trinkwasseranlage) für die Stromproduktion planen möchte, sollten Informationsstellen bekannt gemacht und empfohlen werden. Nicht spezialisierte Planungsbüros sollten die Gefahren kennen und, falls das Risiko für sie zu gross ist, für die Planung und die Offertanfrage fehlendes Wissen bei Planungsbüros mit Erfahrung einkaufen.



Ein Marktführer zu spezialisierten Planungsbüros und Lieferanten ist vorhanden:<sup>26</sup>

### **5.3.2 Vorstudie**

Die nötigen Komponenten, Ausführungsbeispiele, deren Bemessung und Ausführungsschritte werden von der hier gesichteten Literatur gut abgedeckt:

In den unter in Abschnitt 7 aufgeführten Publikationen wird die Theorie für den Bau von KWKW vermittelt. Es werden auch die notwendigen Elemente mit Ausführungsbeispielen beschrieben.

Nicht abgedeckt werden z.B. das Wissen über die Gewichtung der einzelnen Planungsphasen (Entscheidungskriterien) und die Konsequenzen von Qualitätsmängeln auf die Betriebskosten sowie die Abgrenzung der Verantwortungen zwischen den Beteiligten.

Aufgrund der Vorstudie wird aus den umweltverträglichen Varianten die wirtschaftlichste Variante ausgewählt. Dabei müssen neben der geforderten Wirtschaftlichkeit der reibungslose Betrieb und einfache Wartungen im Vordergrund stehen. Bei Unsicherheiten sind, wo sinnvoll und möglich, Optionen offen zu halten, um aufgrund von erst mit laufenden Betriebserfahrungen bekannt gewordenen Randbedingungen die geeigneten Elemente (z.B. Rechenreinigung) auszuwählen.

Um die Varianten untereinander vergleichen zu können, müssen neben den Baukosten die Betriebs- und Wartungskosten richtig abgeschätzt werden.

### **5.3.3 Konzessionsprojekt**

Eine durch Erfahrungen zusammengetragene Checkliste mit bekannten Schwierigkeiten und entsprechenden Lösungsvorschlägen würde Ingenieurbüros bei der Planung helfen.

Wirkungsgrad-Optimierungen sind nicht nur für einzelne Komponenten (z.B. Turbine) vorzunehmen sondern sind über das gesamte System zu machen.

### **5.3.4 Ausführungsprojekt**

Leider kann nicht immer davon ausgegangen werden, dass der Lieferant die anvertraute Arbeit gemäss Absprachen ausführt. Deshalb muss die Qualität der Elemente und/oder Arbeiten vom Planungsbüro stets geprüft werden. Um unmittelbar handeln zu können, muss die Baustelle eng betreut werden.

Nutzungsvereinbarungen gemäss SIA 260 machen deshalb Sinn, weil dadurch die Verantwortungen abgegrenzt werden könnten. Wenn ein Mangel auftritt, ist der dafür verantwortliche Lieferant definiert. Das Risiko, das das Planungsbüro oder der Betreiber auf sich nimmt, wird damit reduziert. Wenn das Planungsbüro die Verantwortungen über die Arbeiten genau definiert und zuweist, haben kann einzelnen Lieferanten ein Mehraufwand entstehen, welcher abgegolten werden muss.

Muster-Nutzungsvereinbarungen spezifisch für KWKW mit Definitionen zum Wesentlichen (z.B. Druckstossberechnung) könnten durch ein erfahrenes Planungsbüro ev. mit Begeleitung eines Juristen ausgearbeitet werden.

---

<sup>26</sup> [www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf](http://www.iskb.ch/downloads/marktfuehrer.pdf)



### **5.3.5 Vergleich der Angebote**

Neben dem Preis, der Funktionalität/Unterhaltskosten und den Gewährleistungen ist auch auf die Serviceleistung zu achten.

Wenn der Ausfall eines Produktes zu einem Betriebsunterbruch zwingt, ist es für die Wirtschaftlichkeit des KWKWs wichtig, dass der Lieferant das Produkt so schnell wie möglich wieder instand stellen kann. Ein Servicemodell ist z.B. bei Steuerungen vorzuziehen. Die Referenzliste, der Ruf des Lieferanten und dessen Spezialisierungsgrad sind in die Kosten/Nutzenanalyse einzubeziehen.

### **5.3.6 Bauausführung**

Die Projektdokumentation wird mit den Dokumentationen und den gemachten Werkstattprüfungen der einzelnen Komponenten ergänzt.

Auch für die Prüfung der Bauausführung wäre eine Checkliste hilfreich.

### **5.3.7 Inbetriebnahme**

Bei der Inbetriebnahme werden immer wieder Fehler (z.B. Druckleitungen werden vor der Inbetriebnahme nicht richtig gespült) gemacht. Die Inbetriebnahme sollte deshalb stets mit einer Checkliste durchgeführt werden.



## 6 Projektvorbereitung

Zielsetzung ist es, dem Bauherrn eines KWKW ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, mit dem er während der Planungs- und Bauphase in den Prozess qualitätssichernd eingreifen kann. Mit solchen Guidelines sollten Qualitätsmängel mit Kostenfolge möglichst vermieden werden können. Im Kapitel 5.2 wurde der nötige Inhalt solcher qualitätssichernden Guidelines diskutiert.

Die Nutzung der Guidelines muss für den Bauherrn etappenweise nutzbar aufgebaut werden, entsprechend der Projektstufe, in der sich sein Projekt befindet. Das heisst, die Struktur der Guidelines kann den in Kapitel 4.2 entsprechenden Projektstufen gestaltet werden. Einleitend soll dem Bauherrn eine Übersicht über die jeweils notwendigen Schritte einer Projektstufe gegeben werden. In diese Abschnittseinleitung gehören auch ergänzende Informationen über passende Literatur- und Kontaktstellen (ähnlich wie im Handbuch Kleinwasserkraftwerke [10]), die dem Bauherrn bei Bedarf erlauben, sich vertieft in die Materie einzuarbeiten. Daraus folgend sollten die zugehörigen qualitätssichernden Punkte mithilfe einer Checkliste (Spreadsheet) durchgeführt werden können. Mit dieser Checkliste soll der Bauherr auf eventuelle zentrale Probleme aufmerksam gemacht werden und, wenn die Thematik für sein Projekt relevant ist, Anhaltspunkte zur Problemlösung bieten.

In einem ersten Schritt der Projektabwicklung sollen die in Kapitel 5.2 skizzierten Inhaltsangaben der Guidelines mit dem Auftraggeber und über Rückmeldungen zum Vorprojekt diskutiert und, wo nötig, angepasst, gestrichen oder erweitert werden. Bei Bewilligung eines Projektes zur Erstellung von Guidelines erfolgt dann die detaillierte Abarbeitung der aufgeführten Punkte.

Wo sinnvoll, sollten Projektteile jeweils bei denjenigen Stellen in Auftrag gegeben werden, wo das entsprechende Know-how vertieft vorhanden ist. Bei der Vergabe dieser Unterprojekte ist vor allem darauf zu achten, dass die nötige technische Tiefe auch geliefert wird und am Schluss eine einheitliche Stilebene erreicht werden kann. Dem Projektkoordinator obliegt es, anschliessend das gelieferte Material zu Guidelines zu verarbeiten, welche schlussendlich den Bauherrn von KWKW nützlich sein werden.

Eine geeignete Verbreitung der Guidelines und der darin erarbeiteten Spreadsheets ist in der Projektplanung vorzusehen. Ebenfalls einzuplanen sind die Massnahmen zur stetigen Ergänzung und Aktualisierung der Guidelines nach Projektabschluss.





## 7 Quellennachweis

### 7.1 Literatur

- [1] Buser Manuel (2004): Energieforschung 2004; KLEINWASSERKRAFTWERKE Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2004 (ab S. 145)
- [2] Ausbaupotential der Wasserkraft; Studie von der Electrowatt-Ekono, die im Rahmen des Forschungsprogramms „Energiewirtschaftliche Grundlagen“ des Bundesamt für Energie BFE im November 2004 erstellt wurde.
- [3] Bundesamt für Energie (2005): Zur Situation der Wasserkraftnutzung
- [4] Karl Janowsky, Qualität sichern statt kontrollieren (1996), ISBN 3-8169-1319-9
- [5] Handbuch zur Planung und Errichtung von Kleinwasserkraftwerken ESHA (2004); Deutsche Version des „Layman.s Guidebook on how to develop a small hydro site“ von Celso Penche
- [6] Ruedi Sigg, Werner Röthlisberger (2002): Der Wasserzins – die wichtigste Abgabe auf der Wasserkraftnutzung in der Schweiz; Berichte des Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Serie Wasser
- [7] Bundesamt für Energie; Programm Kleinwasserkraftwerke; Forschungsprogramm 2004-2007
- [8] Sándor O. Pálffy und 9 Mitautoren (1994): Wasserkraftanlagen; Klein- und Kleinstkraftwerke; Expert-Verlag; ISBN 3-8169-1100-5
- [9] Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg e.V (1994); Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftanlagen; Franckh-Kosmos; ISBN 3-440-6487-5
- [10] Martin Bölli (entec), Sandra Schalkowski, (entec), Ausgabe 2006, Handbuch Kleinwasserkraftwerke Informationen für Planung, Bau und Betrieb

### 7.2 PACER Publikationen

- [11] BfK-PACER, 1993; Einführung in Bau und Betrieb von Kleinstwasserkraftwerken: Grundlagenwerk. Bietet einen breiten Einstieg in die Thematik. Nützliche Informationen, reich bebildert, mit Tabellen für erste Grobanalysen, Vorgehenshinweisen und Verständnishilfen für die Kommunikation mit Fachleuten. Sprache: d/f. Bezug: EDMZ Nr. 724.244 d/f (724.245 d/f, zugehöriger Prospekt für Entscheidungsträger)
- [12] BfK-PACER, 1993; Faltprospekt Kleinstwasserkraftwerke; Informationsprospekt für Neueinsteiger und Projektpromotoren; Werbung für die Hauptpublikation [2]; Sprache: d/f/i; Bezug: Bestellnummer EDMZ 724.245 d
- [13] BfK-PACER, 1995. Informationsblätter der Kantone: Die Informationsblätter der Kantone sind nicht mehr durchwegs vorhanden. Auskunft erteilt das zuständige kantonale Amt



- [14] BfK-PACER, 1995; Kursunterlagen sowie Anleitung für die Praxis der Projektierung und Ausführung von Kleinwasserkraftwerken; Sprache d/f; Bezug: Bestellnummer EDMZ 724.247.1-4 d
- [14.1] Wasserturbinen
- [14.2] Generatoren und elektrische Installationen
- [14.3] Turbinenregelung und Schutzmassnahmen
- [14.4] Wahl, Dimensionierung und Abnahme einer Kleinturbine
- [15] BfK-PACER, 1997; Rechtsvergleichung und Vorschläge zur Vereinheitlichung kantonaler Bewilligungsverfahren (Arbeitstitel); Sprache d. Bezug: ??

### 7.3 DIANE Schriftenreihe

- [16] BEW-DIANE, 1995; Elektrizität aus Abwasser-Systemen / L'eau usée génératrice d'électricité: Konzept, Realisation, Potential / Concept, réalisation, potentiel. Sprache d/f. Bezug: EDMZ Nr. 805.209 df
- [17] BEW-DIANE, 1994; Elektrizität aus Trinkwasser-Systemen / L'eau potable génératrice d'électricité: Inventar und Potentialerhebung Trinkwasser-Kraftwerke in der Schweiz / Inventaire et étude du potentiel. Sprache d/f. Bezug: EDMZ Nr. 805.752 df
- [18] BEW-DIANE, 1996; Energiebilanzen von Kleinwasserkraftwerken: Energierückzahldauer und Energieerntefaktor. Sprache d. Bezug: EDMZ Nr. 805.760 d
- [19] BEW-DIANE, 1997; Gesamtschau Kleinwasserkraftwerke: Ökonomische und ökologische Aspekte. Sprache d/f. Bezug: Bestellnummer EDMZ Nr. 805.634 d
- [20] BEW-DIANE, 1997; Geschwemmsel in Kleinwasserkraftwerken. Optimierung der Wasserrfassung. Wasserbauliche Massnahmen zur Verminderung des Schwemmguteintrages und Informationen für die Planung, Optimierung und den Betrieb. Sprache: d. Bezug: Bestellnummer EDMZ 805.636 d
- [21] BEW-DIANE, 1996; Kleinwasserkraftwerke und Gewässerökologie: Situationsanalyse. Sprache d. Bezug: EDMZ Nr. 805.631 d
- [22] BEW-DIANE, 1997; Fische und Kleinwasserkraftwerke / Poissons et petites centrales hydrauliques; Kostengünstige Aufstiegshilfen für Fische und Kleinlebewesen / Solutions avantageuses de franchissement pour les poissons et la microfaune aquatique. Sprache: d/f; Bezug: Bestellnummer EDMZ 805.635 df
- [23] BEW-DIANE, 1994; Nutzen statt Aufgeben: Modernisieren und reaktivieren von Kleinwasserkraftwerken, Beurteilungskriterien. Sprache d/f. Bezug: EDMZ Nr. 805.173 df
- [24] BEW-DIANE, 1997; Ökonomie und Ökologie bei der Erneuerung: Faltblatt; Sprache d
- [25] BEW-DIANE, 1994; Pico-Kraftwerke / Pico-centrales: Kleinste Wasserkraftwerke mit Eigenleistung bauen / Les toutes petites centrales à installer soi-même. 8 Beispiele im Detail / 8 exemples en détail. Sprache d/f. Bezug: Bestellnummer EDMZ Nr. 805.196 df



- [26] BEW-DIANE, 1997; Trinkwasser-Kraftwerke / Petites centrales hydroélectriques sur l'eau potable: Technische Anlagendokumentation / Documentation technique. 8 Beispiele im Detail / 8 exemples en détail; Sprache d/f; Bezug: EDMZ: 805.632 df
- [27] BEW-DIANE, 1997; Vernetzung bei Kleinwasserkraftwerken: Biologisches Kontinuum der Gewässer erhalten. Untersuchungen über das Gewässerkontinuum für Fische und Kleinlebewesen; Sprache: d; Bezug: Bestellnummer EDMZ 805.637 d
- [28] BWW, 1987; Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz, Teil III.: Grundlagenwerk. Sprache: d/f. Bezug: EDMZ Nr. 804.101 df
- [29] Bundesamt für Energiewirtschaft BEW, 1996; Checkliste für Selbstversorger: Checklisten und Ratschläge für die Planung einer eigenen Stromerzeugungsanlage, BFE
- [30] Empfehlungen des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes für die Berechnung und Vergütung der von Selbstversorgern abgegebenen Elektrizität. Sprache d/f/i. Bezug: BfE
- [31] EVED, 1994; Mustervertrag Elektrizität zur Festlegung der Anschlussbedingungen für Selbstversorger, die Strom aus Energieerzeugungsanlagen in das Netz der öffentlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen einspeisen. Sprache: d/f/i; Bezug: BFE
- [32] BEW, 1993; Konfliktgruppe Wasserkraft (KOWA): Konfliktlösungsdialog zwischen Kraftwerksgesellschaften und Umweltorganisationen. Arbeitsgruppe Potential: Produktionspotentiale aus Umbauten von Wasserkraftanlagen. Sprache d. Bezug: BFE
- [33] BEW, 1994; Konfliktgruppe Wasserkraft (KOWA): Konfliktlösungsdialog zwischen Kraftwerksgesellschaften und Umweltorganisationen. Arbeitsgruppe Kriterien: Wegleitung sowie Erhebungsbögen für die Nutzungs- und Schutzinformationen. BEW, 1994. Sprache: d. Bezug: BFE
- [34] BEW, 1993; Wasserkraftprojekte – Empfehlungen zur Verfahrenskoordination an die Kantone (Gemeinden) und an die Gesuchsteller. Sprache: d / f / i. Bezug: Bestellnummer EDMZ 805.069 d

## 7.4 Internetadresse (2006)

- [a] [www.bfe.admin.ch/energie](http://www.bfe.admin.ch/energie)
- [b] [www.esha.be](http://www.esha.be)
- [c] [www.iskb.ch](http://www.iskb.ch)
- [d] [www.strom.ch](http://www.strom.ch)
- [e] [www.sfv-fsp.ch](http://www.sfv-fsp.ch)
- [f] [www.revita.ch](http://www.revita.ch)
- [g] [www.mhylab.ch](http://www.mhylab.ch)
- [h] [www.mountain-water-net.ch](http://www.mountain-water-net.ch)
- [l] [www.greenhydro.ch](http://www.greenhydro.ch)
- [m] [www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch) rsp. [www.kleinwasserkraft.ch](http://www.kleinwasserkraft.ch)
- [n] [www.oekostrom.eawaq.ch](http://www.oekostrom.eawaq.ch)



- [o] [www.swv.ch](http://www.swv.ch)  
[p] [www.naturemade.ch](http://www.naturemade.ch)

## Publikationen

[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)  
[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

## Gesetze

[www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html)



## 8 Anhang

### 8.1 Regulatorische Rahmenbedingungen für KWKW

Text aus Quelle [2] (Seite 67-70); Dokument download: <sup>27</sup>

#### 8.1.1 Relevante Treiber

Einerseits spielt die Organisation des Stromsektors (Monopol, Liberalisierung und Marktöffnungsgrad) eine entscheidende Rolle, wobei die Versorgungssicherheit und Energieunabhängigkeit mit einzubeziehen sind, und andererseits sind Abgaben wie Wasserzinse, Restwasservorschriften, UVP's, ökologische Ersatzmassnahmen und CO<sub>2</sub>-Lenkungsmassnahmen zu beachten. Dazu kommen noch neuere Entwicklungen wie Emissionshandel, Förderbeiträge, allfällige Steuerbefreiungen und Möglichkeiten von Grünen Zertifikaten und Ökolabeln als Vermarktungsinstrumente. [2]

#### 8.1.2 Wasserzinse

Der Wasserzins ist eine öffentliche Abgabe für die mit einer Konzession eingeräumten Sondernutzung an einem öffentlichen Gewässer. Die Regelung des Wasserzinses ist obligatorischer Inhalt der Konzession. Die Abgabe ist grundsätzlich jährlich wiederkehrend und während der gesamten Konzessionsdauer zu bezahlen.

Gemäss dem Wasserrechtsgesetz bildet die mittlere mechanische Bruttoleistung (in kW) die Basis für die Berechnung des Wasserzinses. Seit dem 1. Mai 1997 gilt ein maximaler Ansatz von 80 CHF pro kW. Die mittlere Belastung der Wasserkraft durch Wasserzinse und wasserzinsähnliche Abgaben 21 betrug im Jahr 2000 ca. 1.2 Rp./kWh, was mit den Steuern 20% bis 30% der Gestehungskosten ausmacht. [2]

Kleinwasserkraftwerke mit weniger als 1000 kW Bruttoleistung sind seit 1997 vom Wasserzins befreit. [6]<sup>28</sup> (siehe s.22 Abb.6)

#### 8.1.3 Umwelt

Gegen Ende der 80er Jahre wuchs in der Bevölkerung das Bewusstsein für umweltrelevante Fragen. Strengere Verfahren für die Bewilligung von neuen Projekten wurden eingeführt, und die Frage der Restwassermenge wurde neu geregelt. [2]

Gemäss der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 19. Oktober 1988 unterliegen Speicher- und Laufkraftwerke sowie Pumpspeicherwerke mit mehr als 3 MW der Umweltverträglichkeitsprüfung nach Artikel 9 des Umweltschutzgesetzes. [2]

Das Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG) bildet die Grundlage für die Ermittlung der Restwassermengen. Dieses Gesetz wurde im Mai 1992 vom Volk angenommen. [2]

Artikel 31 - 33 sind massgebend für die Ermittlung der Restwassermengen. Artikel 31 bestimmt die Restwassermenge, welche unbedingt erreicht werden muss. Gemäss Artikel 32 können die Kantone die

---

<sup>27</sup> [www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier\\_id=00803](http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=00803)

<sup>28</sup> [www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier\\_id=00803](http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=00803)



Restwassermenge tiefer ansetzen, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt sind (Ausnahmebewilligung). Gemäss Artikel 33 können die Kantone die Mindestrestwassermenge erhöhen. Um dies zu tun, sollen aber die unterschiedlichen Interessen gegen und für eine Wasserentnahme abgewogen werden. [2]

Diese Bestimmungen kommen bei Neukonzessionierungen, Konzessionserneuerungen oder bei wesentlichen Änderungen der bestehenden Konzessionen zur Anwendung. Bei laufenden Konzessionen kommen die Sanierungsbestimmungen nach Art. 80 ff. GSchG zum Zuge. [2]

Diese Bestimmungen führen zu einer Energieminderproduktion. In den letzten 10 bis 15 Jahren wurden verschiedene Studien durchgeführt, mit dem Ziel, diese Energieminderproduktion zu quantifizieren. Zusätzlich wurden in den letzten Jahren Konzessionen erneuert und dabei die Bestimmungen des neuen Gesetzes angewendet. [2]

Die Sensibilisierung der Bevölkerung für Umweltfragen hat auch zu positiven Konsequenzen für die Wasserkraft geführt. Seit einigen Jahren haben Ökoprodukte auf vielen Märkten eine Nische erobert. Dies gilt auch in einem gewissen Mass für die Wasserkraft. Heute bieten praktisch alle Schweizer Versorgungsunternehmen unter verschiedenen Namen Ökoprodukte an. Diese Ökoprodukte, welche auch Anteile aus Schweizer Wasserkraft enthalten, werden auf dem Markt mit einem Mehrpreis angeboten. [2]

#### **8.1.4 Energieabgaben und Förderungsmassnahmen**

In der zweiten Hälfte der 90er Jahre erfolgte [...] ein Rückgang der Strompreise. Diese Situation liess Befürchtungen aufkommen, dass gewisse Schweizer Stromproduzenten nicht mehr in der Lage sein könnten, ihre finanziellen Verpflichtungen wahrzunehmen. [2]

Eine der vorgeschlagenen Massnahmen sah die Einführung einer Abgabe auf nicht erneuerbare Energiequellen vor. Der Erlös dieser Abgaben hätte unter anderem der Finanzierung der Erneuerung der bestehenden Wasserkraftanlagen dienen sollen. Mit der Abstimmung vom 24. September 2000 wurde die Einführung dieser Abgabe vom Volk abgelehnt. [2]

Schliesslich wurden noch andere Ideen für die Unterstützung der Wasserkraft entwickelt, wie z.B. Investitionsbeihilfen (Fondslösungen/Darlehen, Einspeisetarifregelungen).

#### **8.1.5 CO<sub>2</sub>-Gesetz**

Am 1. Mai 2000 wurde das CO<sub>2</sub>-Gesetz vom Bundesrat in Kraft gesetzt. Die Schweiz muss gemäss diesem Gesetz ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoss bis ins Jahr 2010 auf 10 Prozent unter das Niveau von 1990 senken. Dieses Ziel soll in erster Linie mit freiwilligen Massnahmen erreicht werden. Genügen diese Massnahmen nicht, kann ab dem Jahr 2004 eine Lenkungsabgabe eingeführt werden. Mit dieser Lenkungsabgabe werden die Gestehungskosten der Gasturbinen- und der Kombi-Kraftwerke erhöht und die Konkurrenzsituation der Wasserkraft verbessert. [2]

#### **8.1.6 Hemmende und fördernde Einflüsse**

Die politischen und umweltrelevanten Rahmenbedingungen haben sich in den letzten 15 bis 20 Jahren stark verändert. Obschon für die Wasserkraft auch positive Entwicklungen zu verzeichnen sind, sind in dieser Periode eher negative Einflüsse registriert worden.

Als hemmend gelten:

- die Verteuerung durch erhöhte Wasserzinse;



- die Erhöhung der Restwassermengen;
- die komplexeren Bewilligungsverfahren;
- die Ablehnung von Unterstützungsmassnahmen.

Als positiv gelten:

- die Sensibilisierung der Behörden und der relevanten Gremien für die Frage der Konkurrenzfähigkeit der Wasserkraft;
- das CO<sub>2</sub>-Gesetz und die mögliche Einführung einer CO<sub>2</sub>-Abgabe. [2]





## 8.2 Auszüge aus Verfahren und Gesetzen

### 8.2.1 Konzessionsverfahren und administrative Belangen

Text aus Quelle [3]

Dem formellen Entscheid zur Erteilung einer Konzession geht ein längeres Verwaltungsverfahren voraus, in das neben der verleihungsberechtigten Behörde (meistens der Kanton, seltener der Bezirk oder die Gemeinde) auch Fachstellen des Bundes und des Kantons einbezogen werden.

Das Gesuch des Bewerbers (natürliche oder juristische Person) wird gemäss vorgedrucktem Formular der Konzessionsbehörde mit Planbeilagen und technischem Bericht allgemeiner Art (ohne Konstruktionsdetails) und allenfalls weiteren Unterlagen eingereicht. Der Gesuchsteller hat auch die voraussichtlichen Auswirkungen der Anlage auf die Umwelt zu ermitteln und die vorgesehenen Schutzmassnahmen darzulegen. Die Federführung des Konzessionsverfahrens liegt in den meisten Kantonen bei der Baudirektion. Das Gesuch wird anschliessend den Interessierten kantonalen Fachstellen zur Vernehmlassung unterbreitet. Spezielle Bewilligungen wie fischereipolizeiliche Bewilligung, Rodungsbewilligung und Bewilligung für das Entfernen der Ufervegetation oder für Bauten ausserhalb der Bauzone sind gegebenenfalls von den zuständigen Fachbehörden einzuholen. Das Projekt wird öffentlich aufgelegt; Einsprache gegen das Vorhaben kann vorbringen, wer eine Beeinträchtigung privater oder öffentlicher Interessen geltend machen kann. Interessenkonflikte können durch Projektänderungen noch vor Abschluss des Verfahrens beigelegt werden. Kommt jedoch keine Einigung zustande, so muss die Konzessionsbehörde entscheiden, falls Verletzungen öffentlicher Interessen geltend gemacht werden. Sofern private Interessen tangiert werden und Klage erhoben wird, kann der Streit nur durch ordentliche Gerichte beigelegt werden. Die Wasserrechtskonzession enthält unter anderem:

- Umfang der verliehenen Wasserkraft (Gefälle und Wassermenge)
- Restwassermenge (Dotierpflicht)
- Fischereiauflagen (z. B. Fischtreppe)
- Natur- und Landschaftsschutzauflagen
- Bestimmungen über allfällige Staubbedingungen
- Konzessionsgebühr, Wasserzins, ev. Energielieferung und Wasserabgabe
- Verleihungsdauer der Konzession
- Fristen (Baubeginn, Betriebsaufnahme)
- Rückkaufs- und Heimfallbestimmungen

Ein Konzessionsverfahren ist auch bei Umbauten erforderlich, wenn der Inhalt der Konzession in irgendeiner Weise verändert wird (insbesondere durch eine Vergrösserung der hydraulischen Leistung durch vergrössertes Gefälle oder höhere Wassermenge). Vor der Konzessionserteilung durch den Kanton ist das Vorhaben dem Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) zur Prüfung gemäss Art. 5 Abs. 3 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte zu unterbreiten (Oberaufsicht des Bundes). Das BWW beurteilt, ob die geplante Anlage das Wasserkraftpotential technisch sinnvoll nutzt. Zudem werden weitere Bundesstellen wie das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) oder das Bundesamt für Raumplanung (BRP) konsultiert. Nach dem Konzessionsverfahren – aber vor dem Baubeginn – sind die Detailpläne noch einmal öffentlich aufzulegen. Falls das Konzessions- und das Detailprojekt identisch sind (keine Änderungen), und/oder die Leistung des Kleinstwasserkraftwerkes unter 100 PS (74 kW) liegt, ist keine nochmalige Auflage nötig.



### 8.2.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Text und Tabelle aus Quelle [4]

Die geschätzten Betriebs- und Unterhaltskosten werden in Prozenten der Investitionskosten angegeben.

Anlagenteile	Jahreskostenansatz	Bezugsgrösse für den Jahreskostenansatz
1. Turbinen und elektrische Anlagenteile	3 bis 6%	Investitionen für die betroffenen Anlagenteile
2. Wehre, Wasserfassungen und Druckleitungen	1.2 bis 1.6%	Investitionen für die betroffenen Anlagenteile
3. Maschinenhaus und Nebenanlagen	0.4 bis 0.6%	Investitionen für die betroffenen Anlagenteile
4. Wasserzins, Steuern, Versicherungen, Administration	0.8 bis 1.5%	Gesamtinvestition

*Tabelle 4.3:  
Jahreskostenansätze für  
Betrieb und Unterhalt von  
Kleinwasserkraftwerken*

### 8.2.3 Kostenanteil

Text aus Quelle [2]

Die Wasserkraftanlagen sind grosse Bauwerke, die immer zwei Teile beinhalten: nämlich einen baulichen Teil mit Zentrale, Stollen, Schächten, Talsperren, usw. und einen elektromechanischen Teil mit Turbinen, Generatoren, Leittechnik, Schutzvorrichtungen, usw. Der bauliche Teil macht bei Hochdruckanlagen oft 80 bis 90% der Baukosten und bei Flusskraftwerken bis zu 70% aus.

Nebst den technischen Entwicklungen der Maschinengruppen, die international ausgerichtet durch die Zulieferbranche bestimmt werden, ist die Bautechnik und Logistik für die technologische Entwicklung mitentscheidend.

### 8.2.4 Bedingungen für ein maximales Ausbaupotential

Text aus Quelle [2] S.78

#### *Übersicht der Treiber bei vier unterschiedlichen Voraussetzungen*

Tabelle aus Quelle [2]



Treiber	Ausrüstungs- ersatz	Gefällser- höhungen	Umbauten/ Erweiterun- gen	Neubauten
Liberalisierung	11.7 %	9.7 %	10.8 %	12.3 %
Förderbeiträge	7.0 %	7.7 %	9.0 %	10.8 %
Angebot/Nachfrage	7.9 %	8.4 %	8.7 %	4.5 %
Regelenergiebedarf	1.1 %	1.9 %	3.5 %	6.0 %
Baukosten	2.3 %	7.5 %	6.1 %	7.4 %
Elektrizitätspreise	1.9 %	4.6 %	5.7 %	6.1 %
Standorte	1.9 %	4.6 %	2.9 %	6.1 %
Zinsen	2.8 %	3.1 %	5.0 %	6.1 %
Versorgungssicherheit	4.3 %	3.5 %	3.3 %	2.8 %
Restwassermengen	4.3 %	4.0 %	4.1 %	3.2 %
Wasserzinse	4.3 %	3.5 %	2.9 %	2.1 %
CO <sub>2</sub> -Abgaben	3.8 %	3.1 %	2.9 %	2.5 %
Unabhängigkeit	6.6 %	5.5 %	5.8 %	5.6 %
Emissionshandel	6.6 %	5.5 %	5.1 %	4.4 %
Export/Import	5.3 %	4.4 %	4.9 %	4.9 %
Technologie	7.5 %	5.3 %	3.3 %	1.4 %
Grüne Zertifikate	5.8 %	4.8 %	3.5 %	2.1 %
Betreibermodelle	2.6 %	2.1 %	3.0 %	3.4 %
Betriebskosten	3.7 %	5.0 %	5.6 %	7.2 %
Elektromechanische Kos- ten	8.6 %	5.7 %	4.0 %	1.1 %

Tabelle 7.3: Definitive prozentuale Gewichtung der Treiber

Dieses Szenario kann nur dann auftreten, wenn ökonomische und regulatorische Rahmenbedingungen eine untergeordnete Rolle spielen. Insbesondere sind die Kostenaspekte (Investitionen) weitgehend ausser Acht gelassen, da es sich definitionsgemäss um das technische Ausbaupotential handelt. Alle Treiber weisen demnach eine durchwegs positive Entwicklung auf, welche aber durch gewisse Rahmenbedingungen gemindert werden:

Leicht positive Tendenzen:

- Förderbeiträge werden erhöht und führen zu einer besseren Entwicklung;
- Baukosten und Zinsen nehmen leicht ab und verbessern das Investitionsumfeld;
- Die Standorte sind attraktiver, da die Rahmenbedingungen vor allem in ökologischer Hinsicht nicht ins Gewicht fallen;
- Die Restwassermengen werden herabgesetzt und tragen zu einer vermehrten Realisierung von Ausbauprojekten bei;
- Die Technologie entwickelt sich dank verbesserten Absatzchancen besser als erwartet und bewirkt durch Neuerungen Effizienzsteigerungen terminlicher und preislicher Art;
- Die Kosten für den Betrieb und für die elektromechanische Ausrüstung können gesenkt werden, so dass sich bessere Rentabilitäten einstellen.



### 8.2.5 Verfahrensarten

Text aus Quelle [5]

Die Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes kann aus mehreren Standpunkten betrachtet werden:

- Energieproduktion
- Beeinflussung der Wasserqualität, Flora und Fauna des Flusses und aller Umweltaspekte
- Konstruktive Erfordernisse
- Anbindung an das Elektrizitätsversorgungsnetz
- Angrenzende Liegenschaften

usw.

Regeln müssen diese Aspekte in Betracht ziehen, für die verschiedene Behörden verantwortlich sind. Diese Behörden und Zuständigkeiten sind in allen Mitgliedsstaaten unterschiedlich und abhängig von der politischen und administrativen Organisation und deren Einsatz für die Entwicklung erneuerbarer Energiequellen.

In diesem Zusammenhang variieren die Verfahren von einem Land zum anderen, aber auch innerhalb einzelner Länder von Region zu Region und hin und wieder sogar innerhalb einer Region von einem Verfahren zum anderen. Diese Verfahren, die weit entfernt sind von Transparenz, Objektivität und Gleichbehandlung, werden von einigen lokalen Verwaltungsstellen überwacht. Diese sind sehr leicht durch Interessensvertretungen zu beeinflussen, wodurch immer mehr Personen am Entscheidungsprozess teilhaben und diesen folglich verlangsamen (in Italien sind bis zu 58 Bescheide von verschiedenen Behörden notwendig). In allen Ländern müssen Projekte öffentlich gemacht werden, um Menschen die Möglichkeit zu geben, darauf zu reagieren.

### 8.2.6 Energiegesetzgebung und Wasserrechte

Text aus Quelle [5]

Das fließende Wasser wird für verschiedene Zwecke verwendet: Bewässerung, Fischerei, industrielle Nutzung, Erholung, u.s.w.. Regelungen sind notwendig, um den bestmöglichen Zugang für alle Beteiligten zu gewährleisten. In fast allen Mitgliedsstaaten ist Wasser ein öffentliches Gut (in Irland und einigen nordischen Ländern werden Wasserrechte nach den Uferrechten vergeben).

Mit der Entwicklung der Elektrizität im 20. Jahrhundert wurden Regeln bzgl. der energiewasserwirtschaftlichen Nutzung erstellt. Zum Beispiel wurde in Artikel 1 des französischen Gesetzes vom 16. Oktober 1919 festgelegt, dass niemand die Energie der Gezeiten, Seen oder anderen Wasserströmungen ohne die Erlaubnis des Staates verwenden darf.

Es spezifiziert, dass Kleinkraftwerke (<4.500 kW, seit 1980) von privaten Produzenten mit Genehmigung betrieben werden dürfen, große Kraftwerke müssen jedoch ein eigenes Konzessionsverfahren durchlaufen.

Das Verfahren ist langwierig, weil die im Allgemeinen hierfür verantwortlichen Gewässeraufsichtsbehörden mit den regionalen, für den Umweltschutz zuständigen Behörden Informationen austauschen sollten. In einigen Ländern kann ein Genehmigungsverfahren mehr als 5 Jahre in Anspruch nehmen. Wenn das Kraftwerk einmal gebaut ist, sollten die Behörden noch vor Ort überprüfen, ob das Kraftwerk konform zum erteilten Wasserrecht errichtet wurde.

Das Protokoll dieser Begehung sollte die Genehmigung begründen, die Anlage zu betreiben.

### 8.2.7 Umweltschutzverfahren

Text aus Quelle [5]



Da seit den 70er Jahren die Umweltintegration zu einem wichtigen Bestandteil bei der Errichtung von Kleinkraftwerken geworden ist, beinhalten die meisten gültigen Gesetze in den einzelnen EU Mitgliedsstaaten den Gedanken des Umweltschutzes.

Auf europäischer Ebene gibt es derzeit zwei Gesetzeswerke, die Kleinkraftwerksprojekte betreffen: Natura 2000; RL 2000/60/CE (Wasserrahmenrichtlinie)

#### **8.2.8 Umweltverträglichkeitsuntersuchung**

In den meisten Mitgliedsländern muss eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden, um ein Wasserbenutzungsrecht zu erhalten. Diese Untersuchung ist eine wissenschaftliche und technische Analyse, die zunächst eine Ist-Zustandsbewertung durchführt und die zu erwartenden Umwelteinflüsse, die durch das Projekt entstehen, prognostiziert. Dies betrifft Fauna und Flora, die Anlagen und Landschaften, den Untergrund, das Wasser, die Luft, das Klima, die natürliche Umgebung, das biologische Gleichgewicht, den Eigentumsschutz und Schutz der Kulturgüter, die Lebensqualität der Anrainer (Lärm, Vibration, Geruch, Beleuchtung),

Hygiene, Sicherheit öffentliche Gesundheit und Wohlbefinden.

Es geht um eine Synthese verschiedener wissenschaftlicher Expertisen, die am Kraftwerksstandort implementiert wird: Hydrobiologische Bewertung, Wahl der Restwasserdotation, Landschaftsbildbetrachtung, usw.

Eine UVP hat 3 Hauptzwecke:

- **Umweltschutz:** Es geht nicht nur um den Schutz von Lebensräumen und Arten und die Klassifikation jener Gebiete, die von menschlicher Aktivität freizuhalten sind, sondern der Umweltschutzaspekt ist in die Planungen mit einzubeziehen. Aus diesem Grund hat er zum Ziel, Menschen, Landschaften und natürliche Ressourcen zu achten, den Raum und natürliche Ressourcen zu teilen, und Wasser-, Luft- und Bodenverschmutzung zu begrenzen.
- **Information der Behörden und der Öffentlichkeit:** Als Werkzeug für die Information der Behörden ist die UVP ein offizieller Bestandteil des Verwaltungsaktes. Es ist auch ein Werkzeug, um die Öffentlichkeit zu informieren. Im Speziellen in Bürgerbeteiligungsverfahren
- **Hilfe bei der Entscheidungsfindung:** Die UVP als wissenschaftliche und technische Analyse der Umweltauswirkungen ist eine der ersten Studien, die der Planer durchzuführen hat. Gemeinsam mit den technischen und wirtschaftlichen Untersuchungen trägt sie zur gesamtheitlichen Verbesserung des Projektes bei.

#### **8.2.9 Pflichtwasserdotation**

Text und Abbildung aus Quelle [5]

Definiert als der Durchfluss, der noch eine zufrieden stellende Stromproduktion ermöglicht und dennoch den Lebensraum „Wasser“ bewahrt, andere Umweltparameter einhält und die verschiedenen Wassernutzungsansprüche erfüllt, war traditionell der Hauptdiskussionspunkt zwischen Investoren auf der einen und Fischern und Umweltschutzorganisation auf der anderen Seite.

Während Stromproduzenten, die nicht die Erdatmosphäre zerstören, jede Art der Unterstützung ohne wesentliche Kürzungen der Produktionskapazität verdienen, ist für Umweltschutzorganisationen und verschiedene andere Vereinigungen, die sich mit Umweltschutz befassen, eine niedrige Pflichtwasserdotation gleichbedeutend mit einem Angriff auf das öffentliche Gut: die aquatische Fauna.

Die Regeln wurden generell auf nationalem Niveau erstellt und fixieren nur einen Minimalwert. Dies hat lokale Behörden dazu ermächtigt, zumindest ein Minimum zu fixieren und in vielen Fällen Pflichtwasserdotationen auf unbegründet hohem Niveau festzulegen. Der Wasserrahmenrichtlinie (Direktive 2000/60/EC) folgend, die am 23 Oktober 2000 vom Rat verabschiedet wurde, werden Wasserrechtsbehörden immer mehr in die Festlegung der Dotationshöhe involviert. Während die nationale Gesetzgebung in der Vergangenheit die Restwasserdotation als Prozentsatz des MQ (jährlicher Mittelwasser-



abfluss) festlegte, untersuchen Wasserbehörden heutzutage verschiedene Gewässerabschnitte, sammeln hierzu Daten zur Hydrologie, Wildtieren, Wasserqualität und erstellen aquatische 1D/2D Modelle. Die Werte, die dadurch für die Pflichtwasserdotation gefunden werden, sind normalerweise höher aber sind zumindest wissenschaftlich belegt.

Der Planer muss in der UVP die von ihm vorgeschlagenen Werte und ihre Berechnungsart offen legen. Aber, wie in Kapitel 7 (siehe Quelle [5]) beschrieben, sind die Formeln hierzu unzählig und deren Anzahl erhöht sich Tag für Tag.

Dies stellt ein Problem für die Gesetzgebung dar, die Regeln aufstellen muss, und in speziellen Fällen ist es schwer, sich auf Referenzwerte oder Formeln zu einigen. Die am häufigsten angewendeten Methoden werden in Kapitel 7 beschrieben.

- Methoden basierend auf hydrologischen oder statistischen Werten
- Formeln basierend auf Geschwindigkeit und Wassertiefe
- Methoden basierend auf Mehrziel-Planung, die auch ökologische Parameter in Betracht ziehen.

In einer gegebenen Gruppe an Methoden können sich die einzelnen Ergebnisse wesentlich voneinander unterscheiden.

Es kann daher kein globaler Vergleich zwischen den verschiedenen Gruppen gemacht werden, da sich diese nicht auf dieselben Daten beziehen. Es ist nur möglich, die Methoden an einem konkreten Fall zu vergleichen, bei dem man alle notwendigen Daten kennt. Die Anwendung von 24 verschiedenen Methoden an einem weiten Fluss mit geringem Gefälle ergab 24 verschiedene Ergebnisse und das Verhältnis zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert war 192! Sogar wenn die vier höchsten und die vier niedrigsten Werte nicht betrachtet werden, war das Verhältnis noch immer 14.

Eine Schlussfolgerung aus diesem Methodenvergleich ist, dass sich auch die nationalen Regeln sehr von einander unterscheiden.

Obwohl die Schweiz nicht zur EU gehört, sind ihre Regeln bezüglich der Restwasserdotation erwähnenswert. Die Festlegung basiert auf dem  $Q_{347}$  (Abfluss, der während 95 % des Jahres erreicht oder überschritten wird), grundsätzlich eine Art Niederwasser. Die folgende Graphik zeigt die Abhängigkeiten:

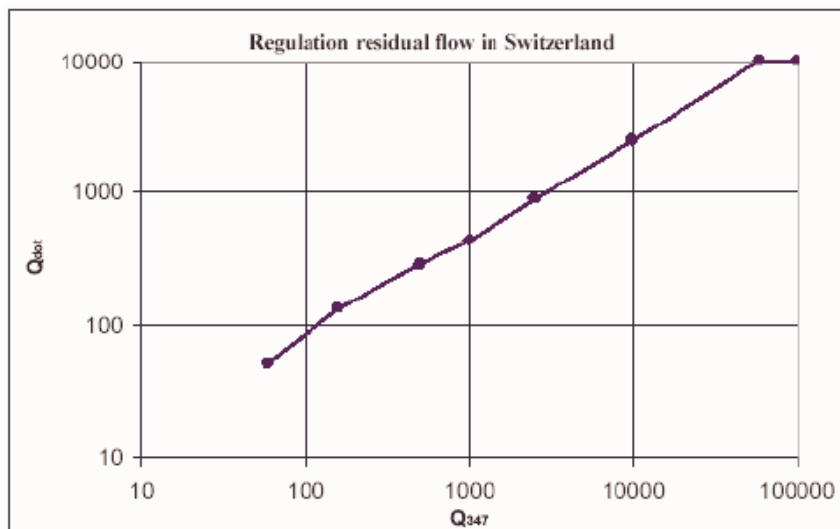


Abbildung 9.1 Regelung der Pflichtwasserdotation in der Schweiz

Bei sehr geringem Abfluss beginnt die Pflichtwasserdotation bei 80 % des  $Q_{347}$ , ab 10.000 l/s wird der Prozentsatz auf 25 % reduziert und ab 60.000 l/s bleibt es bei 10.000 l/s.





Wie jeder Staat hat auch die Schweiz Regeln, die aber von einem Kanton zum anderen variieren. Trotzdem sind sich die Verfahren sehr ähnlich und es sind einige Bundesgesetze anwendbar:

- Gesetz zum Wasserschutz: [www.admin.ch/ch/f/rs/c814\\_20.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/c814_20.html) (Pflichtwasserdotation)
- Energiegesetz: [www.admin.ch/ch/f/rs/c730\\_0.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/c730_0.html) (Verbindung zum Netz und Einspeisekonditionen)
- Gesetz zu den hydraulischen Kraftanlagen: [www.admin.ch/ch/f/rs/c721\\_80.html](http://www.admin.ch/ch/f/rs/c721_80.html) (Regulierung der Konzessionen)

Die genannten sind die wichtigsten Gesetze, die für die Schweiz den rechtlichen Rahmen für hydroelektrische Kraftwerke, im Speziellen Kleinkraftwerke bilden. Ausserdem beinhaltet das neue zukünftige Atomenergiegesetz ein Energiegesetz, welches einen Kompensationsfonds vorsieht, der von der Hochspannungstransmission gespeist wird, um die den Kleinkraftwerken garantierten Vorzugstarife zu finanzieren.

Die Verleihung der Konzession kann auf kantonaler (z.B. Kanton von Vaud), kommunaler (z.B. Valais) oder bourgeoisialer (in einigen Kantonen) Ebene erfolgen. Es gibt keinen Antrag auf Konzession, der auf Bundesebene gestellt wird. Es gibt allerdings eine Behörde, die für die Überprüfung von großen Anlagen zuständig ist.

Die Anlagen, die Trinkwasser und Abwasser verwenden, brauchen keine Konzession. Generell ist eine einfache Genehmigung des Kantons ausreichend. Das ist nicht systematisiert. Das normale Verfahren ist in Kapitel 7 (siehe Quelle [5]) in „Einleitung zum Bau und Nutzung von Kleinwasserkraftwerken“ beschrieben. Dieses Dokument kann man downloaden unter:

[http://www.smallhydro.ch/français/download/download\\_f.htm](http://www.smallhydro.ch/français/download/download_f.htm)

Für mehr Information kontaktieren sie das Bundesamt für Energie:

([www.suisseenergie.ch/internet/02007/index.html?lang=fr](http://www.suisseenergie.ch/internet/02007/index.html?lang=fr))

#### **8.2.10 Gewässerschutzgesetz GSchG 814.20 / Verordnung 814.201**

KWKW brauchen eine Bewilligung die unter anderem die Mindestwassermenge regelt:

Mindestrestwassermenge

1 Bei Wasserentnahmen aus Fliessgewässern mit ständiger Wasserführung muss die Restwassermenge mindestens betragen:

bis 60 l/s Abflussmenge Q347 50 l/s

und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 8 l/s

für 160 l/s Abflussmenge Q347 130 l/s

und für je weitere 10 l/s Abflussmenge Q347 4,4 l/s mehr,

für 500 l/s Abflussmenge Q347 280 l/s

und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 31 l/s mehr,

für 2500 l/s Abflussmenge Q347 900 l/s

und für je weitere 100 l/s Abflussmenge Q347 21,3 l/s mehr,

für 10 000 l/s Abflussmenge Q347 2 500 l/s

und für je weitere 1000 l/s Abflussmenge Q347 150 l/s mehr,

ab 60 000 l/s Abflussmenge Q347 10 000 l/s.

Art. 32 Ausnahmen

Die Kantone können in folgenden Fällen die Mindestrestwassermengen tiefer ansetzen:

a. auf einer Strecke von 1000 m unterhalb einer Wasserentnahme aus einem Gewässer, das höher als 1700 m ü. M. liegt und dessen Abflussmenge Q347 kleiner als 50 l/s ist;





- b. bei Wasserentnahmen aus Nichtfischgewässern bis zu einer Restwasserführung von 35 Prozent der Abflussmenge Q347;
- c. im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung für ein begrenztes, topographisch zusammenhängendes Gebiet, sofern ein entsprechender Ausgleich durch geeignete Massnahmen, wie Verzicht auf andere Wasserentnahmen, im gleichen Gebiet stattfindet; die Schutz- und Nutzungsplanung bedarf der Genehmigung des Bundesrates;

Nach Art. 33 kann die Mindestwassermenge auch erhöht werden.

Durch Messungen oder Nachweise muss die Dotierwassermenge nachgewiesen werden.

Nach Art. 41 muss das Treibgut bei der Stauanlage eingesammelt werden.

### **8.2.11 Fischschutz Gesetz**

Der Bund verfolgt mit dem Gesetz BGF 293.0/ VBGF 293.01 die Ziele:

- a. die natürliche Artenvielfalt und den Bestand einheimischer Fische, Krebse und Fischnährtiere sowie deren Lebensräume zu erhalten, zu verbessern oder nach Möglichkeit wiederherzustellen;
- b. bedrohte Arten und Rassen von Fischen und Krebsen zu schützen;
- c. eine nachhaltige Nutzung der Fisch- und der Krebsbestände zu gewährleisten;
- d. die Fischereiforschung zu fördern.

Für technische Eingriffe ist nach Abs. 8 eine Bewilligung für Neubauten notwendig. Als Neubauten gelten auch Umbauten und Revitalisierungen. Massnahmen nach müssen bereits bei der Projektierung der technischen Eingriffe vorgesehen werden.

Die Bewilligung hängt von folgenden Massnahmen ab:

- a. günstige Lebensbedingungen für die Wassertiere zu schaffen hinsichtlich:
  1. der Mindestabflussmengen bei Wasserentnahmen,
  2. der Ausbildung des Durchflussprofils,
  3. der Beschaffenheit der Sohle und der Böschungen,
  4. der Zahl und Gestaltung der Fischunterschlupfe,
  5. der Wassertiefe und -temperatur,
  6. der Fliessgeschwindigkeit;
- b. die freie Fischwanderung sicherzustellen;
- c. die natürliche Fortpflanzung zu ermöglichen;
- d. zu verhindern, dass Fische und Krebse durch bauliche Anlagen oder Maschinen getötet oder verletzt werden.

### **8.2.12 CO2 Gesetz 641.71 (Stand 2000)/ Kyoto-Protokoll**

Durch das CO2 Gesetz fördert der Bund die erneuerbaren Energien.

Abgabe 35 Fr. /Tonne CO2

### **8.2.13 Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) 814.011**

Bei der Prüfung wird festgestellt, ob das Projekt den bundesrechtlichen Vorschriften über den Schutz der Umwelt entspricht. Dazu gehören das Umweltschutzgesetz USG und die Vorschriften, die den Natur- und Heimatschutz, den Landschaftsschutz, den Gewässerschutz, die Walderhaltung, die Jagd und die Fischerei betreffen.



Das Ergebnis der Prüfung bildet eine Grundlage für den Entscheid über die Bewilligung, Genehmigung oder Konzessionierung des Vorhabens im massgeblichen Verfahren (Art. 5) sowie für weitere Bewilligungen zum Schutz der Umwelt (Art. 21).  
Art. 7 Pflicht zur Erstellung des Berichts.

