



Energiehaushalt am Alpenrhein

Internationale Regierungskommission Alpenrhein
Projektgruppe Energie

1997 / 2003

INTERNATIONALE KOORDINATIONSGRUPPE ALPENRHEIN
PROJEKTGRUPPE ENERGIE

Energiehaushalt am Alpenrhein

Erarbeitet 1997, ergänzt Oktober 2003

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Teil 1:	
Energiehaushalt am Alpenrhein	6
1. Aufgabenstellung und Vorgehen	7
2. Zusammenfassung	7
3. Besonderheiten der elektrischen Energie	8
3.1. Umwandelbarkeit und Wertigkeit	8
3.2. Elektrizität gleich Schlüsselenergie	8
3.3. Einsatzmöglichkeiten der elektrischen Energie	8
3.3.1. <i>Elektrische Energie als Energieträger</i>	9
3.3.2. <i>Elektrizität als Nachrichtenträger</i>	9
4. Vorhandene und genutzte Energieressourcen	9
4.1. Wasserkraft	9
4.2. Oberflächengewässer und Grundwasser	10
4.3. Energieholz	10
4.4. Sonnenenergie	10
4.5. Industrielle Abwärme	11
4.6. Weitere potentielle Energiequellen	11
5. Effizienzsteigerungen und Einsparungen	12
5.1. Effizienzsteigerung	12
5.2. Einsparungen	13
6. Nahtstellen zu den anderen Projektgruppen	13
7. Empfehlungen	14
8. Anhang	16
8.1. Überblick über den Energiehaushalt in der Region (Schätzung)	16
8.2. Quellen und getroffene Annahmen	20
8.2.1. <i>Wasserkraft</i>	20
8.2.2. <i>Oberflächengewässer und Grundwasser</i>	21
8.2.3. <i>Energieholz</i>	22
8.2.4. <i>Industrielle Abwärme</i>	22
8.2.5. <i>Sonnenenergie</i>	24
8.2.6. <i>Einwohner</i>	25
8.2.7. <i>Energieumwandlung</i>	26
8.2.8. <i>Effizienzsteigerung</i>	28
8.2.9. <i>Gebäudesanierungen</i>	28

Teil 2:

Einfluss des gewässer- und fischökologischen Konzeptes auf die Wasserkraftnutzung	30
1. Ausgangslage	31
2. Aufgabenstellung und Vorgehen	31
3. Leitbild	31
3.1. Grundsätze	31
3.2. Energieversorgung	31
3.3. Versorgung mit Grundnahrungsmitteln	32
3.4. Natur und Lebensräume erhalten und aufwerten	32
3.5. Nachhaltigkeit	32
4. Einfluss von Revitalisierungsmassnahmen auf die Wasserkraftnutzung am Alpenrhein	33
4.1. Beschreibung der geplanten Massnahmen	33
4.2. Auswirkungen auf die geplante Stromproduktion	33
4.3. Machbarkeit von Schwallwasserableitungen, von Hochwasser und von Schwellen zur Energienutzung	34
4.4. Einfluss der Revitalisierungsprojekte auf die Wasserkraftnutzung der Seitengewässer	35
5. Mögliche ökologisch und ökonomisch verträgliche Lösungswege betreffend Wasserkraftnutzung	35
5.1. Hintereinander von Ökologie und Nutzung	36
5.2. Nebeneinander von Ökologie und Nutzung	36
5.3. Ineinander von Ökologie und Nutzung	36
5.4. Beurteilung	37
6. Weitere energiepolitische Optionen	37
7. Zusammenfassung und Empfehlungen	38
7.1. Zusammenfassung	38
7.2. Empfehlungen	38
8. Beilagen	39
8.1. Beilage 1 Übersicht über die geplanten Massnahmegebiete und die Wasserkraftnutzung	39
8.2. Beilage 2 Schematischer Flussquerschnitt mit Einstau durch Kraftwerk bzw. mit Revitalisierungsmassnahme	40
8.3. Beilage 3 Szenarien für Kombinationen von Nutzung und Revitalisierung	41
8.4. Beilage 4 zu Kapitel 4.2. Gesamtübersicht über das nutzbare Energiepotential der Wasserkraft und ihre Reduktion durch die vier Revitalisierungsbeispiele	42

Energiehaushalt am Alpenrhein

Zusammenfassung

Einleitung

Der vorliegende Bericht über den Energiehaushalt des Alpenrheins beinhaltet die Bestandesaufnahme der vorhandenen, bereits genutzten und noch nutzbaren Energieressourcen im Bereich des Talbodens des Alpenrheins. Der Energiebericht vom 26. Februar 1997 (Teil 1) dokumentiert diese Bestandesaufnahme.

Am 9. Juli 1997 befasste sich die Regierungskommission (IRKA) mit dem Bericht "Gewässer- und fischökologisches Konzept Alpenrhein". Besonders zu diskutieren gab dabei die Frage der Wasserkraftnutzung. Es sei deshalb der Einfluss der Revitalisierungsmassnahmen auf die energetische Nutzung des Alpenrheins zu prüfen. Die Projektgruppe Energie (PGE) wurde beauftragt, diesen Sachverhalt abzuklären. Dazu erarbeitete sie den Ergänzungsbericht vom 10. Oktober 1997 zum Energiebericht (Teil 2).

Die IRKA wünschte ausserdem, das Energiepotenzial des Grundwassers in den Bericht einzuarbeiten.

Zu Beginn des Jahres 2003 lag der Bericht "Thermische Nutzung der Gewässer des Alpenrheins" vor. Er zeigt das Energiepotenzial der Oberflächengewässer und des Grundwassers auf. Damit konnte der Energiebericht vervollständigt werden. Die im Energiebericht enthaltenen Daten aus dem Jahre 1997 wurden mit den Daten des Grundwassers ergänzt.

Der vorliegende Bericht befasst sich mit dem Talboden des Alpenrheins. Es ist darauf hinzuweisen, dass im Einzugsgebiet des gesamten Alpenrheins weitere Kraftwerke betrieben werden. Sie produzieren jährlich rund 8'000 GWh erneuerbare Energie. Die einzelnen Länder und Kantone liefern dazu im Durchschnitt folgende Anteile: Graubünden 4'950 GWh, Vorarlberg 2'670 GWh, St. Gallen 342 GWh und Liechtenstein 76 GWh. Am Alpenrhein selbst, d.h. von Reichenau bis zum Bodensee, ist derzeit ein Laufkraftwerk bei Domat Ems (Graubünden) in Betrieb. Es verfügt über 19 Megawatt installierte Leistung. Die durchschnittliche jährliche Produktion beträgt 110 GWh.

Energiehaushalt am Alpenrhein (Teil 1)

Im Talboden des Alpenrheins wird der Energieverbrauch (Strom und Wärme ohne Verkehr) auf rund 10'757 GWh geschätzt (Stand 1990), wovon 77% auf thermische (vorwiegend Öl, Gas und Holz) und 23% auf elektrische Energie entfallen.

Das gesamte vorhandene Energiepotenzial wird auf 3'142 GWh geschätzt. Davon werden 423 GWh bereits genutzt. Das heute noch nutzbare Energiepotenzial ergibt somit 2'626 GWh. Es setzt sich wie folgt zusammen

– Wasserkraft	1'559 GWh
– Industrielle Abwärme	369 GWh
– Grundwasser	421 GWh
– Energieholz	52 GWh
– Sonnenenergie Photovoltaik	(50 GWh)
– Sonnenenergie Warmwasserkollektoren	225 GWh

Der energetische Selbstversorgungsgrad liegt heute im Talboden des Alpenrheins bei 5%. Würde das gesamte verfügbare Potenzial von 2'626 GWh genutzt, so könnte der Selbstversorgungsgrad auf 29% gesteigert werden. Bei der elektrischen Energie beträgt der Selbstversorgungsgrad 11%. Er könnte durch das noch nutzbare Potenzial der Wasserkraft auf 78% erhöht werden. Bei der thermischen Energie beträgt der Selbstversorgungsgrad heute 3%. Er liesse sich auf 15% verbessern.

Es wurde also festgestellt, dass der auf die Energie bezogene Selbstversorgungsgrad der Region heute sehr bescheiden ist. Er lässt sich durch Reduktion des Bedarfs, durch Effizienzsteigerungen, durch Einsparungen sowie durch Ausschöpfung des noch nutzbaren Potentials erheblich verbessern. Das bedeutendste Potential besteht einerseits bei der energetischen Sanierung von Bauten und Anlagen sowie andererseits bei der Nutzung des Alpenrheins zur Stromerzeugung.

Ergänzungsbericht (Teil 2)

Der Ergänzungsbericht zeigt auf, dass das für die Wasserkraftnutzung heute verfügbare Potenzial von jährlich 1'559 GWh durch die im Projekt des gewässer- und fischökologischen Konzeptes vorgesehenen Revitalisierungsmassnahmen massiv geschmälert würde. Wenn das Projekt in der vorliegenden Form realisiert würde, bedeutet das einen Verzicht des noch nutzbaren Energiepotenzial von jährlich rund 800 GWh (rund 51 %).

Da die Wasserkraft die einzige Grosstechnologie zur umweltfreundlichen Stromerzeugung ist, bei der die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden können, wird empfohlen, dass eine Lösung gesucht wird, bei der die Nutzung des Wasserkraftpotenzials und die Revitalisierungsmassnahmen nebeneinander realisiert werden können.

Hinweis auf weitere Untersuchungen

Das sich zurzeit vor dem Abschluss befindende Projekt "Revitalisierung und Wasserkraftnutzung" zeigt beispielhaft auf, wie ein Nebeneinander von Revitalisierungsmassnahmen und Wasserkraftnutzung zur Stromerzeugung realisiert werden kann und wie im Falle der Realisierung von Wasserkraftwerken Defizite am Alpenrhein positiv beeinflusst werden können.

Das laufende Projekt "Mögliche Massnahmen und deren Auswirkungen zur Schwallreduktion und/oder zur Abminderung von Hochwasserspitzen" soll zudem abklären, mit welchen energiewirtschaftlichen und finanziellen Folgen eine Reduktion der Schwallbildung verbunden wäre. Ferner soll untersucht werden, welche Wirkung freie Speichervolumen in den Stauseen auf die Hochwasserabminderung im Alpenrhein haben sowie welche finanziellen und energiewirtschaftlichen Auswirkungen dabei zu erwarten sind.

Das Projekt "Entwicklungskonzept Alpenrhein" wird schliesslich Varianten mit und ohne Einbezug der Wasserkraftnutzung vorlegen.

Mitwirkende

Der vorliegende Bericht wurde vom Amt für Energie Graubünden erarbeitet.

In der Projektgruppe Energie Alpenrhein, welche das Projekt leitete, hatten folgende Herren Einsitz:

- Werner Böhi, Amt für Energie Graubünden, 7000 Chur (Vorsitz)
- Johannes Bärtsch, Amt für Energie Graubünden, 7000 Chur
- Dr. Ivo Fecker, Amt für Umweltschutz, 9001 St. Gallen
- Dr. Ernst Pürer, Vorarlberger Illwerke AG, A-6780 Schruns
- Edmund Sele, Amt für Volkswirtschaft, FL-9490 Vaduz

Teil 1

Projektgruppe Energie

Energiehaushalt im Bereich des Alpenrheins

1. Aufgabenstellung und Vorgehen

Die Projektgruppe Energie hat die Aufgabe zu lösen, einen Überblick über die aktuelle Energiesituation des Rheintales zu geben. Aufgezeigt werden zu diesem Zweck Schätzungen des heutigen Energieverbrauches, der gegenwärtigen Nutzung der im Bereich des Talbodens des Alpenrheins vorhandenen Energieressourcen sowie des noch vorhandenen, aber noch nicht genutzten Potentials an Energieressourcen.

Energieverbrauch und Energieressourcen werden zunächst getrennt nach Energieträgern und bezogen auf die einzelnen beteiligten Länder und Kantone (Vorarlberg, Fürstentum Liechtenstein, St. Gallen und Graubünden) ermittelt. Dann erfolgt der Zusammenzug für die ganze Region. Bedingt durch die unterschiedliche Umwandelbarkeit und Bedeutung von elektrischer und thermischer Energie werden sämtliche Energiemengen getrennt nach Energieträger und technischer Nutzung entweder einer oder beiden dieser nutzbaren Energieformen (elektrisch/thermisch) zugeordnet.

2. Zusammenfassung

Beim Überblick über den Energiehaushalt in der Region wird der heutige Verbrauch dem Potential gegenübergestellt. Beim Potential wird unterschieden, ob dieses heute bereits genutzt wird oder ob es in Zukunft noch nutzbar ist. Wegen den unterschiedlichen Eigenschaften und der wichtigen Tatsache, dass der Strom die Schlüsselenergie darstellt, wird elektrische und thermische Energie getrennt ausgewiesen.

Überblick über den Energiehaushalt

Tabelle 1

<u>Potential</u>				<u>Verbrauch</u>	
	bereits genutztes Potential	noch nutzbares Potential	totales Potential		
elektrisch	282	1'674	1'956	elektrisch	2'508
thermisch	234	952	1'186	thermisch	8'249
Summe	516	2'626	3'142	Summe	10'757

Alle Angaben in GWh = Gigawattstunden = Mio. Kilowattstunden

Vergleicht man den heutigen Gesamtverbrauch von 10'757 GWh mit dem bereits genutzten Potential von 516 GWh, so erhält man den derzeitigen Selbstversorgungsgrad im Talraum des Rheintales von 5%. Würde das totale Potential von 3'142 GWh genutzt, so könnte in Zukunft bei gleichbleibendem Verbrauch der Selbstversorgungsgrad auf 29% gesteigert werden.

Betrachtet man die elektrische Energie gesondert, so beträgt der aktuelle Selbstversorgungsgrad 11%. Er könnte durch das noch nutzbare Potential auf 78% erhöht werden. Bei der thermischen Energie beträgt der Selbstversorgungsgrad heute 3%. Er liesse sich auf 15% verbessern.

Erhöhen lässt sich der Selbstversorgungsgrad ebenfalls durch Reduktion des Bedarfs, durch Effizienzsteigerungen und Einsparungen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

Der auf die Energie bezogene Selbstversorgungsgrad der Region ist heute sehr bescheiden. Er lässt sich jedoch durch Reduktion des Bedarfs, durch Effizienzsteigerungen, durch Einsparungen sowie durch Ausschöpfung des noch nutzbaren Potentials erheblich verbessern. Das bedeutendste Potential besteht einerseits bei der energetischen Sanierung von Bauten und Anlagen sowie andererseits bei der Nutzung des Alpenrheins zur Stromerzeugung.

Bei der Planung von korrigierenden Massnahmen im Raume des Alpenrheins ist darauf zu achten, dass keine Hindernisse aufgebaut werden, welche die Verbesserung des Selbstversorgungsgrades einschränken. Gewisse flussbauliche Massnahmen sollten mit der Wasserkraftnutzung kombiniert werden.

3. Besonderheiten der elektrischen Energie

3.1. Umwandelbarkeit und Wertigkeit

Die verschiedenen Energieträger werden im wesentlichen auf drei verschiedene Arten genutzt:

- Mechanische Energie (Kraft, z. B. Motor);
- Thermische Energie (Wärme, z. B. Heizung);
- Strahlungsenergie (Licht, z. B. Beleuchtung).

Diese drei Nutzenergieformen lassen sich über mehrere Umwandlungsstufen erreichen (siehe Anhang Kapitel 8.2.7. a), Schema 1). So wird beispielsweise bei der Wasserkraft die mechanische Energie des Wassers in einer Turbine und einem Generator in elektrische Energie umgewandelt.

Nach erfolgter Nutzung verbleibt die Energie in Form von Wärme, die jedoch aufgrund ihres tiefen Temperaturniveaus kaum mehr weiter genutzt werden kann. Es gilt der physikalische Grundsatz: Energie bleibt in ihrer Menge erhalten, ihre Wertigkeit nimmt durch Umwandlung jedoch ab (siehe Anhang Kapitel 8.2.7. b), Schema 2).

Die elektrische Energie nimmt hierbei eine besondere Stellung ein. Im Vergleich zu den anderen Energien kann sie mit nur geringen Umwandlungsverlusten in alle drei Nutzenergieformen umgewandelt werden. Es handelt sich deshalb bei der elektrischen Energie um eine höherwertige Energieform. In einer modernen Volkswirtschaft ist sie die Schlüsselenergie.

3.2. Elektrizität gleich Schlüsselenergie

"Mit Strom läuft alles, ohne Strom läuft nichts!"

Die elektrische Energie nimmt in unserer hochtechnisierten Wirtschaft eine Schlüsselstellung ein. Die Elektrizität dient nämlich nicht nur als Energieträger sondern auch als Nachrichtenträger. Durch elektrische Impulse werden Daten transportiert und verarbeitet. Es gibt heute kaum eine technische Einrichtung, welche nicht mit Strom angetrieben, geregelt oder überwacht wird. Während der Strom als Energieträger in gewissen Fällen durch einen anderen Energieträger substituiert werden könnte, ist die Substitution von Strom als Nachrichtenträger nicht möglich.

3.3. Einsatzmöglichkeiten der elektrischen Energie

Der Elektromotor bzw. Generator, welcher elektrische in mechanische bzw. mechanische in elektrische Energie umwandelt, ist einer der effizientesten Energiewandler. Der Antrieb mit Elektromotoren findet praktisch überall in der Technik Anwendung. Wie kaum ein anderes An

triebsprinzip lassen sich Elektromotoren von der kleinsten (CD-Laufwerk) bis zur grössten Bauform (Lokomotive) flexibel dem entsprechenden Antriebsproblem anpassen.

3.3.1. Elektrische Energie als Energieträger

Mechanische Nutzenergie

- Verkehr (z. B. Bahnen, Skilifte);
- Haushalt (z. B. Staubsauger, Lüftungen);
- Industrie (z. B. Werkzeugmaschinen, Fertigungsstrassen).

Thermische Nutzenergie

- Heizung (z. B. Elektroheizung, Wärmepumpe, Kochherd);
- Kühlung (z. B. Kälteaggregate, Klimaanlage);
- Prozesswärme.

Chemische Nutzenergie

- Elektrolyse (z. B. Aluminiumherstellung, Galvanisieren).

Strahlungsenergie

- Beleuchtung (z. B. Glühbirne, FL-Röhren).

3.3.2. Elektrizität als Nachrichtenträger

- Telekommunikation (z. B. Telefon, Radio, Fernsehen);
- Informatik (z. B. Computer);
- Automatisierung (z. B. Steuerungen, Regelungen, Messtechnik, Überwachungen).

4. Vorhandene und genutzte Energieressourcen

Es sind die folgenden potentiellen Energiequellen untersucht worden:

- Elektrische Energie aus der Wasserkraft des Alpenrheins sowie seiner wichtigsten Zuflüsse;
- Thermische Energie der Oberflächengewässer und des Grundwassers;
- Thermische Energie des Energieholzes im Talboden des Rheintals sowie an den Talflanken;
- Sonnenenergie, unterschieden nach elektrischer oder thermischer Nutzung (Photovoltaik, bzw. Warmwasserkollektoren) auf denselben Flächen;
- Industrielle Abwärme bei der Kehrichtverbrennung (KVA) und bei der Methangasnutzung in Abwasserreinigungsanlagen (ARA).

Auf der Verbraucherseite wurden die heutigen Energiemengen der bedeutendsten Energieträger Heizöl, Erdgas, Energieholz und Strom abgeschätzt.

Die detaillierten Daten und Angaben über die Quellen finden sich im Anhang, Kapitel 8.

4.1. Wasserkraft

Das bereits genutzte Wasserkraftpotential des Alpenrheins und seiner wichtigsten Zuflüsse wurde anhand der Energieproduktionsstatistiken der einzelnen Länder/Kantone ermittelt. Das noch nutzbare Potential stützt sich auf Projektstudien früherer Ausbauprojekte.

Vom Potential von 1'800 GWh werden heute erst 13% (241 GWh) genutzt. Davon fallen 44% auf das bestehende Rheinkraftwerk (105 GWh) im Kanton Graubünden bei Domat/ Ems.

4.2. Oberflächengewässer und Grundwasser

Die Gewässer im Untergrund und an der Oberfläche verfügen über ein beträchtliches Potential an thermischer Energie.

Die Bedingungen einer derartigen Energienutzung sind sehr stark von den jeweiligen lokalen Verhältnissen abhängig und deshalb nur mit sehr hohem Aufwand quantifizierbar. Weiter zu berücksichtigen ist die Tatsache, dass sich die dem Grund- bzw. Oberflächenwasser entnommene Wärme nicht direkt als Heizwärme verwenden lässt. Dies wird nur möglich durch den Einsatz einer Wärmepumpe. Diese wiederum bedarf der Hilfe eines weiteren Energieträgers - Strom - zum Antrieb. Der Wärmebedarf ist im Winterhalbjahr gross. Gerade zu dieser Jahreszeit liegt insbesondere die Temperatur der Oberflächengewässer nur noch wenige °C über dem Gefrierpunkt. Unter diesen Umständen reduziert sich das nutzbare Potential stark und es besteht latente Vereisungsgefahr. Schliesslich kann das Grund- bzw. Oberflächenwasser nicht nur als Wärmequelle zu Heizzwecken, sondern genauso als Wärmesenke zu Kühlzwecken verwendet werden.

Da die Nutzung der Oberflächengewässer aus den vorerwähnten Gründen für Kühlzwecke nicht geeignet und zu Heizzwecken sehr aufwendig ist, wird im Rahmen dieses Berichtes auf die Ausführung dieses Potentials als nutzbares Potenzial verzichtet.

Das nutzbare Potenzial des Grundwassers wird auf 514 GWh geschätzt. Davon werden für Kühlanlagen bereits 59 GWh und für Wärmepumpen 93 GWh genutzt. Für die Wärmeentnahme (Wärmepumpen) noch nutzbar sind 421 GWh oder 82%. Nach Ländern/Kantonen aufgeteilt sind das 212 GWh im Vorarlberg, 35 GWh in im Fürstentum Lichtenstein, 173 GWh in St. Gallen und 1 GWh in Graubünden.

4.3. Energieholz

Das Energieholzpotential sowie der heutige Umfang der Energieholznutzung werden aufgrund der Daten aus den Energie- bzw. Forststatistiken und -studien der einzelnen Länder/Kantone ermittelt. Berücksichtigt werden die Wälder des Talbodens sowie der angrenzenden Talflanken. Der Nutzung wird das Prinzip der Nachhaltigkeit zugrunde gelegt. Es soll nur soviel genutzt werden, wie in der gleichen Zeitperiode wieder nachwachsen kann. Eingeschränkt wird die Holznutzung im Bereich der zum Teil sehr steilen Talflanken durch die schlechte oder mangelnde Erschliessung. Das Holz ist sowohl ein erneuerbarer als auch ein CO₂-neutraler Energieträger. Holz kann prinzipiell auch vergast werden. Damit kann ein Gasmotor betrieben und mittels eines Generators Strom produziert werden. Wird zusätzlich noch die Abwärme des Motors genutzt, so spricht man von einer Wärmekraftkopplung (WKK).

Im Rahmen dieser Untersuchung wird angenommen, dass das Holz vollumfänglich zu Heizzwecken eingesetzt, also rein thermisch genutzt wird.

Die heute genutzte Energieholzmenge beträgt 77 GWh. Dies entspricht einem Anteil von 60% des nutzbaren Potentials von 129 GWh.

4.4. Sonnenenergie

Bei der Sonnenenergie wird die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche entweder elektrisch oder thermisch genutzt. Die elektrische Nutzung erfolgt mit Hilfe von Solarzellen. Bei der thermischen Nutzung erfolgt die Umwandlung mit Hilfe von Warmwasserkollektoren. Der Nutzung der Solarenergie sind von der Natur her Grenzen gesetzt. Die maximal mögliche Strahlungsenergie ist physikalisch gegeben. Davon kann jedoch - bedingt durch den jahres- und tageszeitlich varia

blen Sonnenstand und durch Witterungsverhältnisse - nur ein Teil genutzt werden. Weiter eingeschränkt wird die Nutzung durch die Umwandlungswirkungsgrade.

Angenommen wird für das nutzbare Potential, dass die Kollektor- bzw. Solarzellenfläche aus praktischen Gründen etwa $1,5 \text{ m}^2/\text{Einwohner}$ betragen könnte. Heute bereits genutzt werden lediglich etwa $0,1 \text{ m}^2$ pro Einwohner. In der Praxis wird nur entweder die elektrische Nutzung mit Solarzellen oder aber die thermische Nutzung mit Warmwasserkollektoren in Frage kommen. Deshalb wird die gleiche Fläche sowohl für die elektrische als auch für die thermische Nutzung zugrunde gelegt. Nicht berücksichtigt werden die lokalen Standortverhältnisse wie Aufstellung (optimal ist eine Ausrichtung nach Süden), die Horizontalneigung (optimal ist ein Neigungswinkel von 45°) sowie Abschattungseffekte durch Gebirge oder andere Gebäude. Nur die wenigsten Dachflächen dürften in bezug auf diese Standortverhältnisse ideal sein. Korrigierend berücksichtigt worden ist lediglich die Anzahl Nebeltage. Diese nimmt tendenziell rheinabwärts in Richtung Bodensee zu.

Das nutzbare Energiepotential, welches mit Hilfe von Warmwasserkollektoren gewonnen werden könnte, beträgt 239 GWh. Davon werden heute schätzungsweise 6% (14 GWh) genutzt.

Das gleiche nutzbare Energiepotential durch Solarzellen umgewandelt beläuft sich auf 51 GWh. Davon genutzt wird heute ein sehr kleiner Anteil. Die Anlage an der N13 bei Felsberg erzeugt pro Jahr rund 0.15 GWh, entsprechend 0,3% des Potentials.

4.5. Industrielle Abwärme

Als industrielle Abwärme wird hier die Kehrichtverbrennung (KVA) und die Abwasserreinigung (ARA) betrachtet.

Das bereits genutzte Energiepotential bei der Kehrichtverbrennung wurde anhand der Betriebsstatistiken der beiden Anlagen in Trimmis (GEVAG) und in Buchs (VfA) ermittelt. In beiden Anlagen wird sowohl Strom produziert als auch Wärme abgegeben. Das noch nutzbare Potential bei der Kehrichtverbrennung wird anhand des mittleren Heizwertes und des durchschnittlichen Kehrichtanfalles pro Einwohner ermittelt. Auch hier wird vorausgesetzt, dass mit der anfallenden Müllmenge Strom und Wärme gekoppelt produziert werden. Der Müll des Fürstentum Liechtensteins wird vollumfänglich in der KVA Buchs entsorgt. Dieser Anteil wurde, obwohl die Anlage im Kanton St. Gallen steht, dem Fürstentum Liechtenstein als Potential zugerechnet. Das Land Vorarlberg besitzt keine Müllverbrennungsanlagen. Der anfallende Kehricht wird auf Deponien abgelagert. Hier wird bei der Ermittlung des Potentials angenommen, dass dieser Müll ebenso verbrannt und die Energie mittels WKK genutzt würde.

Bei den ARA wird lediglich die Nutzung des bei der Vergärung anfallenden Methangases untersucht. Anhand der Betriebsstatistiken der einzelnen Anlagen wird das heute genutzte Potential eruiert. Das noch nutzbare Potential lässt sich anhand von Erfahrungswerten berechnen. Es ist zu bedenken, dass die so gewonnene Energie jedoch bestenfalls den Eigenbedarf der Anlage zu decken vermag. Denkbar wäre weiter noch die Nutzung der im gereinigten Abwasser enthaltenen thermischen Energie. Diese lässt sich jedoch nur schwer abschätzen. Die Nutzung dieser Wärme bedarf aufgrund des tiefen Temperaturniveaus einer Wärmepumpe und die Standorte der ARA's sind häufig nicht in der Nähe von Abnehmern dieser Energie. Deshalb wurde hier auf eine Quantifizierung verzichtet.

Das nutzbare Potential an industrieller Abwärme beträgt 460 GWh. Davon werden heute 20% (91 GWh) genutzt.

4.6. Weitere potentielle Energiequellen

Als weitere Möglichkeiten seien der Vollständigkeit halber noch die Windkraft und die Biomassennutzung erwähnt. Die Windkraft käme in der Region nur an ganz wenigen ausgewählten

Standorten in Frage. Die landwirtschaftliche Biomassennutzung umfasst verschiedene Möglichkeiten:

- Anbau von Raps, Chinaschilf etc. Die Energienutzung erfolgt entweder durch Pflanzenöl- bzw. Alkoholherstellung oder durch Direktverbrennung;
- Biogasnutzung von Grossvieh oder Kompost.

Alle diese Verfahren sind sehr aufwendig und gehören noch nicht zum etablierten und erprobten Stand der Technik. Bereits realisierte Anlagen weisen grundsätzlich noch Pilotcharakter auf.

Über die Menge dieser weiteren potentiellen Energiequellen kann aufgrund der vielen Unsicherheiten keine Aussage gemacht werden.

5. Effizienzsteigerungen und Einsparungen

Genauso betrachtenswert wie die Erschliessung weiterer Potentiale auf der Produktionsseite ist die Untersuchung von Potentialen zur Effizienzsteigerung und zur Einsparung von Energie auf der Verbraucherseite.

Bei den Effizienzsteigerungen wird versucht, die Energie in bezug auf ihre Wertigkeit optimal einzusetzen, während bei den Einsparungen der Verbrauch durch geeignete technische Massnahmen reduziert wird.

5.1. Effizienzsteigerung

Sämtliche Energieformen lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Umwandelbarkeit generell in höher- und niederwertigere Energieformen unterteilen (siehe auch Kapitel 3.1.).

Zusammengefasst die wichtigsten Erkenntnisse:

- Der Konsument ist an der Nutzenergie interessiert (mechanische Energie "Kraft", Strahlungsenergie "Licht" und thermische Energie "Wärme").
- Diese Nutzenergie lässt sich durch Umwandlung aus anderen Energieformen erzeugen (siehe Anhang Kapitel 8.2.7. a), Schema 1).
- Jede Umwandlung ist mit Verlusten verbunden. Diese Verluste fallen immer in Form von thermischer Energie an.
- Die Grösse dieser Verluste ist prinzipiell von der Wertigkeit der verschiedenen Energieformen abhängig. So lassen sich höherwertige Energieformen (elektrisch, mechanisch, chemisch) mit wesentlich geringeren Verlusten in andere Energieformen überführen, als dies bei der niederwertigeren thermischen Energieform der Fall ist (siehe Anhang Kapitel 8.2.7. b), Schema 2).

Um eine hohe Energieeffizienz und damit einen minimalen Verbrauch an Ressourcen zu erreichen, sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Bei der Umwandlung von einer Energieform in eine andere ist darauf zu achten, dass der Wertigkeitsverlust jeweils minimal wird.
- Die bei jeder Umwandlung anfallenden thermischen Verluste sind je nach ihrem Temperaturniveau direkt als Heizwärme zu nutzen. Ist dieses zu tief, kann es mit Hilfe einer Wärmepumpe auf das zu Heizzwecken notwendige Temperaturniveau gebracht werden.

Für die Praxis bedeutet dies im Sinne von Effizienzsteigerungen:

- Elektrizität sollte grundsätzlich zur Umwandlung in mechanische Energie (Kraft), Strahlungsenergie (Licht) oder zur Aufwertung von niederwertiger thermischer Energie (Wärmepumpe) in nutzbare Heizwärme eingesetzt werden.

- Elektrizität sollte nicht in grossem Umfang eingesetzt werden, um damit direkt niederwertige thermische Energie (Widerstandsheizungen) zu erzeugen.
- Die Energieträger Erdöl, Erdgas, Holz und weitere Brennstoffe (bei all diesen handelt es sich um chemische Energie) weisen ebenfalls eine hohe Wertigkeit auf. Statt verbrannt sollten diese möglichst in mechanische bzw. elektrische Energie umgesetzt werden. Dies kann in einem Verbrennungsmotor, einer Gas- oder Dampfturbine gekoppelt mit einem Generator geschehen. So lassen sich diese hochwertigen chemischen Brennstoffe zu etwa 20 - 55% in hochwertige Elektrizität umwandeln. Die Verluste dieses Umwandlungsprozesses können zudem zu Heizzwecken eingesetzt werden.

Kapitel 8.2.8, Schema 3, im Anhang erläutert ein Beispiel von Effizienzsteigerung.

5.2. Einsparungen

Einsparungen lassen sich auf dreierlei Arten realisieren. Erstens durch technische Massnahmen, zweitens durch Einschränkungen und drittens durch Verzicht. Nur durch Kombination aller drei Möglichkeiten kann Energie in grösserem Umfang eingespart werden.

Bei den technischen Massnahmen wird durch Optimierung der Energiebedarf vermindert.

Beispiele: Verbesserung der Gebäudeisolation, Ersatz eines alten Heizkessels, Anschaffung eines Autos mit geringem Verbrauch.

Bei den Einschränkungen wird versucht, einen bestehenden Energieeinsatz bewusst in seiner Intensität zu reduzieren.

Beispiele: Reduktion der Raumtemperatur von 24° C auf 20° C, Temporeduktion auf Autobahnen.

Beim Verzicht fallen gewisse Energieanwendungen, welche meistens Komfortbedürfnisse befriedigen, weg.

Beispiele: Verzicht auf Klimaanlage, Bahn statt Auto benutzen, Wäsche aufhängen statt im Tumbler trocknen.

Das grosse Potential der Einsparungen lässt sich vor allem dann wirksam erschliessen, wenn durch günstige Rahmenbedingungen Anreize geschaffen werden, welche das entsprechende Handeln begünstigen.

6. Nahtstellen zu den anderen Projektgruppen

Die Nahtstellen der von der Projektgruppe Energie bearbeiteten Themen zu den anderen Projektgruppen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Beeinflussung anderer Gebiete durch Energienutzungen

Tabelle 2

	Beeinflussung
Wasserkraftnutzung	Flussbau Gewässer- und Fischökologie Grundwasser
Energieholz	Hochwassersicherheit Lufthygiene
Sonnenenergie elektrisch und/oder thermisch	Landschaftsbild Landschaftsverbrauch
Industrielle Abwärmenutzung	Gewässer- und Fischökologie Grundwasser
Thermisches Energiepotential Grundwasser	Grundwasser
Thermisches Energiepotential Oberflächengewässer	Gewässer- und Fischökologie Grundwasser

7. Empfehlungen

Sowohl auf der Erzeugerseite als auch auf der Verbraucherseite bestehen prinzipiell Handlungsmöglichkeiten. Auf der Erzeugerseite kann das Angebot an Energie durch die Erschliessung noch nicht genutzter Potentiale vergrössert werden. Auf der Verbraucherseite lässt sich die Nachfrage nach Energie durch Schaffung geeigneter Anreize reduzieren. Rationelle, aufeinander abgestimmte Massnahmen sowohl auf der Erzeuger- als auch auf der Verbraucherseite sind volkswirtschaftlich optimal. Dadurch können längerfristige Erfolge erzielt werden. Unter Berücksichtigung der Kosten der Umweltbelastung ist abzuwägen, ob es nicht vorteilhafter ist, vorerst Energie vor allem aus fossilen Ressourcen einzusparen und erst danach zusätzliche Energie bereitzustellen.

Das noch nicht genutzte Energiepotential von 2'626 GWh in der Region setzt sich wie folgt zusammen:

- Wasserkraft 1'559 GWh
- Industrielle Abwärme 369 GWh
- Grundwasser 421 GWh
- Energieholz 52 GWh
- Sonnenenergie Photovoltaik (50 GWh)
- Sonnenenergie Warmwasserkollektoren 225 GWh

(siehe Anhang 8.1., Überblick über den Energiehaushalt in der Region, Tabelle 3)

Fazit:

Um Umwelt- und Energieziele zu erreichen, sind drei Stossrichtungen zu verfolgen, nämlich:

- Bewusstseinsbildung;
- planerische Massnahmen;
- technische Massnahmen.

Die Sensibilität der Bevölkerung für die Bedeutung der sicheren Energieversorgung zu wecken sowie das Umweltbewusstsein zu stärken (Bewusstseinsbildung), sind in erster Linie politische Aufgaben.

Im Zusammenhang mit der Planung von korrigierenden Massnahmen ist sicherzustellen, dass keine Hindernisse geschaffen werden, welche eine zukünftige Nutzung von Energiepotentialen und somit Verbesserung des energetischen Selbstversorgungsgrades einschränken oder unmöglichen. So können flussbauliche Massnahmen (z.B. Sohlenstabilisierung, Hochwasserschutz oder Grundwasserbeeinflussung) beispielsweise mit der Wasserkraftnutzung kombiniert werden.

Den Selbstversorgungsgrad der Region bezüglich Energieversorgung zu verbessern, ist grundsätzlich auf zwei technische Arten möglich:

- Reduktion des Verbrauches durch Effizienzsteigerungen und Einsparungen;
- Ausschöpfung des noch nutzbaren Potentials.

8. Anhang

8.1. Überblick über den Energiehaushalt im Talraum des Alpenrheins (Schätzung)

Zusammengefasst und differenziert nach Kantonen / Ländern bzw. nach Energieträgern, ergibt sich folgendes Bild:

Überblick und Differenzierung des Energiehaushalts in der Region

Tabelle 3

<u>Potential</u>				<u>Verbrauch</u>					
		bereits genutztes Potential	Noch nutzbares Potential			bereits genutztes Potential	noch nutzbares Potential	totales Potential	
Wasserkraft	GR	105	544						
	SG	50	523						
	FL	69	222						
	VB	17	270						
	Regionen	241	1'559						
Sonnenenergie (Photovoltaik)	GR	(0,2)	(8)	elektrisch	(299)*	(1'724)*	2'023*		
	SG	(0,3)	(14)						
	FL	(0,1)	(4)						
	VB	(0,6)	(24)						
	Regionen	(1,0)	(50)						
Industrielle Abwärme	GR	25	36						
	SG	54	71						
	FL	10	26						
	VB	2	235						
	Regionen	91	369						
Grundwasser	GR	9	1	thermisch	234	952	1'186		
	SG	19	173						
	FL	9	35						
	VS	56	212						
	Regionen	93	421						
Energieholz	GR	8	2						
	SG	32	14						
	FL	11	8						
	VB	26	28						
	Regionen	77	52						
Sonnenenergie (Warmwasserkollektoren)	GR	2	36						
	SG	4	61						
	FL	1	18						
	VB	7	110						
	Regionen	14	225						
Summe				516	2'626	3'142			
Summe								10'757	
Strom		GR	488					elektrisch	2'508
		SG	625						
		FL	252						
		VB	1'143						
Regionen			2'508						
Heizöl		GR	639					thermisch	8'249
		SG	1'100						
		FL	297						
		VB	3'900						
Regionen			5'936						
Erdgas		GR	261					thermisch	8'249
		SG	327						
		FL	229						
		VB	1'419						
Regionen			2'236						
Energieholz		GR	8					thermisch	8'249
		SG	32						
		FL	11						
		VB	26						
Regionen			77						

Alle Angaben in GWh = Gigawattstunden = Mio. Kilowattstunden

*Die Zahlen in Klammern () basieren auf den gleichen "Kollektorflächen" wie die thermische Nutzung. Sie werden hier nur pro memoria ausgewiesen.

Anhand der Zahlen in den Tabellen 3 bis 7 können für den Energiehaushalt im Gebiet des Alpenrheins folgende Aussagen abgeleitet werden:

Der heutige geschätzte Energieverbrauch in der Region beträgt 10'757 GWh. Davon werden 8'249 GWh oder 77% in Form von thermischer Energie, der Rest im Umfang von 2'508 GWh (23%) als elektrische Energie benötigt. Die prozentuale Aufteilung der thermischen Energie (8'249 GWh) nach Energieträgern aufgeschlüsselt zeigt, dass der Löwenanteil mit 72% (5'936

GWh) beim Heizöl liegt, gefolgt vom Erdgas mit 27% (2'236 GWh). Auf das Energieholz entfallen derzeit lediglich 1% (77 GWh) (siehe Tabelle 3).

Beim Energiepotential wird zwischen dem bereits genutzten und dem noch nicht genutzten Potential unterschieden. Die Summe ergibt dann das total vorhandene Potential. Dieses beträgt 3'142 GWh wovon heute lediglich 516 GWh (16%) genutzt werden. Noch nutzbar wären also 2'626 GWh (84%). Das bereits vom totalen genutzte Potential in Form von elektrischer Energie beträgt 282 GWh (14%) und 234 GWh (20%) in Form von thermischer Energie. Beim noch nutzbaren im Vergleich zum totalen Potential fällt der Anteil in Form von elektrischer Energie mit 1'674 GWh (86%) etwas höher aus als in Form von thermischer Energie mit 952 GWh (80%) (siehe Tabellen 4 und 6).

Aufgeschlüsselt nach Energieträgern ergibt sich folgendes Bild: Beim bereits genutzten Potential von 516 GWh beträgt der Anteil der Wasserkraft 241 GWh (47%), des Grundwassers 93 GWh (18%), bei der industriellen Abwärme 91 GWh (17%), beim Energieholz 77 GWh (15%) und bei der Sonnenenergienutzung mit Warmwasserkollektoren lediglich 14 GWh (3%). Der Beitrag der Sonnenenergienutzung durch Photovoltaik - falls die gleichen Verhältnisse, welche für die thermische Nutzung zugrunde gelegt wurden, auch für Solarzellen angewendet werden - ist von marginaler Bedeutung. Er beträgt lediglich 1 GWh (0.2%) (siehe Tabelle 4).

Beim noch nutzbaren Potential von 2'626 GWh zeigt sich ein ähnliches Bild (siehe Tabelle 4). Der Anteil der Wasserkraft beträgt 1'559 GWh (59%), derjenige des Grundwassers 421 GWh (16%), der industriellen Abwärme 369 GWh (14%), beim Energieholz sind es 52 GWh (2%) und bei der Sonnenenergienutzung mit Warmwasserkollektoren 225 GWh (9%). Der Beitrag der Sonnenenergienutzung durch Photovoltaik beträgt sogar unter diesen optimistischen Voraussetzungen lediglich 50 GWh (2%).

Bei der Wasserkraft werden heute 13% des totalen Potentials genutzt, beim Grundwasser 18%, bei der industriellen Abwärme sind es 20%, beim Energieholz 60% und bei der Sonnenenergienutzung mit Warmwasserkollektoren lediglich 6% (siehe Tabelle 6).

Vergleicht man den heutigen Verbrauch von 10'757 GWh mit dem heute genutzten Potential von 516 GWh, erhält man den Selbstversorgungsgrad. Dieser beträgt lediglich 54%, bei der thermischen Form sogar nur 3%, bei der elektrischen Energieform hingegen immerhin 11% (siehe Tabelle 5).

Durch die Nutzung des heute noch nicht genutzten Potentials könnte der Selbstversorgungsgrad der Region auf 29% gesteigert werden. Bei der elektrischen Form wäre mit 78% ein hoher Grad an Selbstversorgung zu erreichen, bei der thermischen Form ein solcher von 15% (siehe Tabelle 5).

Überblick und Differenzierung über das elektrische und thermische Energiepotenzial

Tabelle 4

elektrisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Gesamtpotenzial	Verbrauch
Wasserkraft	241	1559	1800	
Sonnenenergie	(1)	(50)	(51)	
Industrielle Abwärme	41	115	156	
Summe	282	1674	1956	2508

thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Gesamtpotenzial	Verbrauch
Grundwasser	93	421	514	
Energieholz	77	52	129	
Sonnenenergie	14	225	239	
Industrielle Abwärme	50	254	304	
Summe	234	952	1186	8249

elektrisch und thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Gesamtpotenzial	Verbrauch
Wasserkraft	241	1559	1800	
Grundwasser	93	421	514	
Sonnenenergie	14	225	239	
Energieholz	77	52	129	
Industrielle Abwärme	91	369	460	
Summe	516	2626	3142	10757

Alle Angaben in GWh = Gigawattstunden = Mio. Kilowattstunden
 *Die Zahlen in Klammern () basieren auf den gleichen "Kollektorflächen" wie die thermische Nutzung. Sie werden hier nur pro memoria ausgewiesen.

Anteile des elektrischen und thermischen Energiepotenzials am Verbrauch (Selbstversorgungsgrade)

Tabelle 5

elektrisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Wasserkraft	9.6%	62.2%	71.8%	
Sonnenenergie	(0.04%)	(2.0%)	(2.03%)	
Industrielle Abwärme	1.6%	4.6%	6.2%	
Summe	11%	67%	78%	100%

thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Grundwasser	1.1%	5.1%	6.2%	
Energieholz	0.9%	0.6%	1.6%	
Sonnenenergie	0.2%	2.7%	2.9%	
Industrielle Abwärme	0.6%	3.1%	3.7%	
Summe	3%	12%	15%	100%

elektrisch und thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Wasserkraft	2.2%	14.5%	16.7%	
Grundwasser	0.9%	3.9%	4.8%	
Sonnenenergie	0.1%	2.1%	2.2%	
Energieholz	0.7%	0.5%	1.2%	
Industrielle Abwärme	0.8%	3.4%	4.3%	
Summe	5%	24%	29%	100%

*Die Zahlen in Klammern () basieren auf den gleichen "Kollektorflächen" wie die thermische Nutzung. Sie werden hier nur pro memoria ausgewiesen.

Anteile des elektrischen und thermischen Energiepotenzials am gesamten Nutzungspotenzial

Tabelle 6

elektrisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe
Wasserkraft	13.4%	86.6%	100%
Sonnenenergie	(2.0%)	(98.0%)	(100%)
Industrielle Abwärme	26.3%	73.7%	100%
Summe	14%	86%	100%

thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe
Grundwasser	18.1%	81.9%	100%
Energieholz	59.7%	40.3%	100%
Sonnenenergie	5.9%	94.1%	100%
Industrielle Abwärme	16.4%	83.6%	100%
Summe	20%	80%	100%

elektrisch und thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe
Wasserkraft	13.4%	86.6%	100%
Grundwasser	18.1%	81.9%	100%
Sonnenenergie	5.9%	94.1%	100%
Energieholz	59.7%	40.3%	100%
Industrielle Abwärme	19.8%	80.2%	100%
Summe	16%	84%	100%

*Die Zahlen in Klammern () basieren auf den gleichen "Kollektorflächen" wie die thermische Nutzung. Sie werden hier nur pro memoria ausgewiesen.

Anteile des gesamten Verbrauchs am Energiepotenzial

Tabelle 7

elektrisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Wasserkraft	12.3%	79.7%	92.0%	
Sonnenenergie	(0.05%)	(2.56%)	(2.61%)	
Industrielle Abwärme	2.1%	5.9%	8.0%	
Summe	14%	86%	100%	128%

thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Grundwasser	7.8%	35.5%	43.3%	
Energieholz	6.5%	4.4%	10.9%	
Sonnenenergie	1.2%	19.0%	20.2%	
Industrielle Abwärme	4.2%	21.4%	25.6%	
Summe	20%	80%	100%	696%

elektrisch und thermisch	bereits genutztes Potenzial	noch nutzbares Potenzial	Summe (Selbstversorgung)	Verbrauch
Wasserkraft	7.7%	49.6%	57.3%	
Grundwasser	3.0%	13.4%	16.4%	
Sonnenenergie	0.4%	7.2%	7.6%	
Energieholz	2.5%	1.7%	4.1%	
Industrielle Abwärme	2.9%	11.7%	14.6%	
Summe	16%	84%	100%	342%

*Die Zahlen in Klammern () basieren auf den gleichen "Kollektorflächen" wie die thermische Nutzung. Sie werden hier nur pro memoria ausgewiesen.

8.2. Quellen und getroffene Annahmen

8.2.1. Wasserkraft

Nutzung und Potential Wasserkraft

Tabelle 8

	heutige Energieproduktion (GWh)	noch nutzbares Energiepotential (GWh)
GR	105	544
SG	50	523
FL	69	222
VB	17	270
Region	241	1'559

Die heutige Energieproduktion aus Wasserkraft umfasst folgende bestehenden Kraftwerke:

- GR Kraftwerke Reichenau AG, Domat/Ems
- SG 3 Binnenkanalkraftwerke der SAK; Anlagen der EW's Buchs, Wangs, Grabs und Sevelen sowie weitere kleinere Kraftwerke
- FL Kraftwerke Samina und Lawena, Jenny-Spoerry, Schlosswald
- VB Kraftwerk F. M. Hämmerle und andere (geschätzt); ohne Kraftwerk der Stadtwerke Feldkirch und ohne KW Rieden der VKW mit zusammen 22.5 GWh

Das noch nutzbare Potential umfasst das heute noch nicht genutzte Wasserkraftpotential des Alpenrheins und seiner wichtigsten Zuflüsse. Die Potentialabschätzung erfolgt aufgrund bestehender Studien. Wo solche fehlen, wird das Potential mit der jährlichen mittleren Abflussmenge und dem nutzbaren Höhengefälle rechnerisch ermittelt.

- GR – Rheinkraftwerkstufen Felsberg, Chur, Trimmis, Zizers, Mastrils, Maienfeld, Bad Ragaz, Fläsch
→ Aus Studie "Elektrowatt, Rheinkraftwerke Ems-Fläsch";
- Plessur (Sand - Rheinmündung);
 - Landquart (Klus - Rheinmündung)
→ Errechnet aus mittlerem Abfluss (hydrologischer Atlas der Schweiz) und Höhendifferenz (Landkarte 1:25'000).
- SG – Rheinkraftwerkstufen
→ Der Rhein grenzt an GR, FL und VB. Entsprechend diesen Grenzverhältnissen wurde SG die entsprechenden Potentiale von GR, FL und VB hälftig angerechnet;
- Wasserrecht von Anlagen, welche ausser Betrieb sind.
- FL – Rheinkraftwerkstufen;
- Binnenkanal;
 - Diverse Trinkwasserkraftwerke.
- VB – Rheinkraftwerkstufen
→ Aus Konzessionsprojekt 1979/80 der Rheinkraftwerke Schweiz / Liechtenstein;
- Ill (Feldkirch - Rheinmündung)
→ Aus "Wasserwirtschaftliches Gesamtkonzept; Ill - Frutz - Schwemmfächer" (Mündungskraftwerk);
 - Frutz, Spirsbach, Ehbach, System um Emmebach, Dornbirnerach
→ Ermittlung nach der Methode "Verbleibendes Wasserkraftpotential im Kanton Graubünden, November 1982, August 1994 aktualisiert".

8.2.2. Oberflächengewässer und Grundwasser

a) Thermisches Potenzial Oberflächengewässer

Gemäss Studie "Thermisch Nutzung der Gewässer des Alpenrheins" ergibt sich ein rein theoretisches Potenzial vom 13'000 GWh.

Die Nutzung des thermischen Potenzials an Oberflächengewässern ist jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Die Nutzung für Heizzwecke kann wegen der geringen Temperaturen im Winter (mittlere Monatstemperatur im Januar im Rhein: 2.8 - 3.5°C) ausgeschlossen werden. Die Nutzung für Kühlzwecke ist praktisch extrem aufwändig bzw. technisch kaum möglich (Schwebstoffe, Geschiebeführung, Einbauten in Gewässer). Eine Beurteilung kann nur nach detaillierter Prüfung der Eignung und technischen Machbarkeit sowie Einhaltung der ökologischen Rahmenbedingungen an Einzelgewässern erfolgen.

Aufgrund dieser Nutzungsschwierigkeiten und auf Empfehlung der Projektgruppe Grundwasser (PGG) wird auf die Erfassung der Oberflächengewässer als nutzbares Potenzial verzichtet.

b) Thermisches Potenzial Grundwasser

Gemäss Studie "Thermische Nutzung der Gewässer des Alpenrheins" werden heute aus dem Grundwasserleiter im Untersuchungsraum mittels ca. 1400 Wärmepumpen und Kühlanlagen - gesamthaft gesehen - 150 GWh Energie pro Jahr gewonnen. Das zusätzlich nutzbare thermische Potenzial hängt - regional betrachtet - nicht von der resultierenden Änderung der Grundwassertemperatur ab, sondern von den erzielbaren Grundwasserumsätzen. Aus einer Wärmebilanzierung ergibt sich für eine mittlere regionale Temperaturveränderung gegenüber dem unbeeinflussten Zustand von 1° eine theoretisch zusätzlich nutzbare Energiemenge von ca. 930 GWh. Dieses Potenzial ist aber theoretisch anzusehen und wird in der Praxis nicht voll ausgeschöpft werden können.

Aus Sicht der PGG ist davon auszugehen, dass das in der Praxis als nutzbar zu betrachtende thermische Potenzial des Grundwassers, berechnet auf Basis der thermischen Flächenbelastung, 50% kleiner als die 930 GWh sein wird bzw. entsprechend reduziert werden muss. Wesentliche Beschränkungen ergeben sich aus den aus hydrologischer Sicht tatsächlich nutzbaren Bereiche, der Beachtung der Grundwasser-Schutzzonen und der bestehenden Nutzungsrechte. Die Berücksichtigung eines hydraulischen bzw. thermischen Kurzschlusses zwischen Entnahme und Rückgabe stellt den begrenzenden Faktor für die Nutzungen dar. Das effektiv nutzbare Potenzial kann daher nur im Einzelfall unter Berücksichtigung der hydraulischen Gesichtspunkte ermittelt werden.

Die als nutzbaren zu betrachtenden 50%-Werte teilen sich wie folgt auf die Länder und Kantone auf:

	Kühlanlagen (GWh)			Wärmepumpen		
	Potenzial	Bestand	Nutzbar	Potenzial	Bestand	Nutzbar
Vorarlberg	268	51	217	268	56	212
Graubünden	10	0	10	10	9	1
St. Gallen	192	8	184	192	19	173
Liechtenstein	44	0	44	44	9	35
Summe	514	59	455	514	93	421

Zur Berechnung des noch nutzbaren Gesamtpotenzial unter Berücksichtigung der Wärmeeinträge durch Kühlanlagen und Wärmeentnahmen durch Wärmepumpen, so würde sich theoretisch ein noch nutzbares Potenzial von 480 GWh (514+59-93) ergeben. Da aber die Wärmeentnahme in der Regel nicht gleichzeitig mit der Wärmezuleitung erfolgt - geheizt mit Wärmepumpen wird

im Winter und gekühlt mit Kühlanlagen wird im Sommer - ist diese Kumulation nicht praxistauglich. Für die weitere Betrachtung ist deshalb nur noch das Wärmepumpenpotenzial mit einem noch nutzbaren Potenzial von 421 GWh von Bedeutung.

Quellen: Thermische Nutzung der Gewässer des Alpenrheins, Endbericht Januar 2003

8.2.3. **Energieholz**

Nutzung und Potential Energieholz

Tabelle 9

	heutige Energieholznutzung (GWh)	noch nutzbares Energiepotential (GWh)
GR	7,6	1,7
SG	31,8	14,2
FL	10,5	7,5
VB	26,0	28,0
Region	75,9	51,4

Annahmen:

- Holz: 540 kg/m³ und 14,6 MJ/kg (Angaben in Festkubikmeter)

Quellen:

- GR - Angaben "Kantonales Forstinspektorat";
 - Studie "Jährliches Holzenergiepotential in den Gemeinden Graubündens, Juli 1985".
- SG - Angaben "Amt für Umweltschutz St. Gallen".
- FL - Angaben "Amt für Volkswirtschaft Fürstentum Liechtenstein";
 - "Energiestatistik 1995 Fürstentum Liechtenstein".
- VB - Angaben der "Vorarlberger Illwerke AG" nach Energieholzstudie Vorarlberg 1991.

8.2.4. **Industrielle Abwärme**

a) **KVA**

Nutzung und Potential Kehrlichtverbrennung

Tabelle 10

	heutige Energieproduktion (GWh)		noch nutzbares Energiepotential (GWh)	
	el.	th.	el.	th.
GR	7,1	15,9	12,3	22,9
SG	24,2	23,1	14,9	55,0
FL	4,3	4,1	6,6	17,6
VB	-	-	75,7	151,4
Region	35,6	43,1	109,5	246,9

Heutige Energieproduktion:

- KVA Trimmis (GEVAG)
- KVA Buchs (VfA)
 → Strom und Wärmeerzeugung anhand der Betriebsstatistiken.

Noch nutzbares Energiepotential:

Annahmen:

- Kehricht: 3.4 MWh/t (Angaben GEVAG)
356.0 kg/Einwohner

davon könnten genutzt werden:

- 30% Strom
- 60% Wärme

Weitere Randbedingungen:

- Bei KVA Trimmis und Buchs wurde nur der aus den Gemeinden der Region stammende Kehricht berücksichtigt;
- Der Kehricht des FL wurde dem Potential des FL zugerechnet, obwohl dieser in der KVA Buchs entsorgt wird.

b) ARA

Nutzung und Potential Abwasser

Tabelle 11

	heutige Energieproduktion (GWh)		noch nutzbares Energiepotential (GWh)	
	el.	th.	el.	th.
GR	0,6	1,1	0,4	0,6
SG	1,5	5,2	1,2	-
FL	1,2	0,5	0,8	1,3
VB	1,7	-	3,0	5,1
Region	5,0	6,8	5,4	7,0

Heutige Energieproduktion:

Annahmen:

- Klärgas: 6,3 kWh/m³
- Wirkungsgrad: Gasmotor 25%
Gaskessel 85%
- Studie "Energie in ARA", Bundesamt für Energiewirtschaft.

GR – ARA Chur und Landquart.

SG – div. ARA's inkl. Anteil ARA Altenrhein proportional Wohnbevölkerung.

FL – ARA Bendern, Balzers und Vaduz.

VB – div. ARA's.

Noch nutzbares Energiepotential:

Annahmen:

- Strom: 100 Wh/m³ Abwasser
- Wärme: 170 Wh/m³ Abwasser
- Studie "Energie in ARA", Bundesamt für Energiewirtschaft.

oder Angaben der entsprechenden Energiefachstelle:

- GR – ARA Chur, Landquart, Trimmis und Domat/Ems.
- SG – div. ARA's inkl. Anteil ARA Altenrhein proportional Wohnbevölkerung.
- FL – ARA Bendern.
- VB – div. ARA's, Abwassermenge aufgeschlüsselt nach Gemeinden.

8.2.5. Sonnenenergie

Annahmen:

- nutzbare Fläche: 1,5 m²/Einwohner
- heute genutzte Fläche: 0,1 m²/Einwohner

Diese Werte können sowohl auf die thermische als auch auf die elektrische Sonnenenergienutzung angewendet werden. Effektiv in Frage kommt jedoch nur die eine oder andere Nutzungsart. In unserem Fall wird die thermische Nutzung aufgrund der besseren Wirtschaftlichkeit bevorzugt.

Infolge der unterschiedlichen Anzahl Nebeltage wird in den einzelnen Gebieten mit folgenden Werten gerechnet (kWh/m² Jahr):

Ausbeute der Sonnenenergie (Annahmen)

Tabelle 12

	thermisch	elektrisch
GR	450	100
FL	400	89
VB	350	78

In SG ist je nach Gebiet der entsprechende obige Werte verwendet worden.

8.2.6. Einwohner

Einwohnerzahlen der Gemeinden der Region (Stand 1997)

Tabelle 13

Graubünden		Fürstentum Liechtenstein	
Chur	30'091	Balzers	3'738
Domat/Ems	6'697	Eschen	3'349
Felsberg	2'011	Gamprin	1'003
Fläsch	506	Mauren	3'021
Haldenstein	742	Planken	320
Igis	7'152	Ruggell	1'516
Jenins	722	Schaan	5'160
Maienfeld	2'057	Schellenberg	900
Malans	1'737	Triesen	3'589
Mastrils	537	Triesenberg	2'405
Says	169	Vaduz	4'887
	52'421		29'888

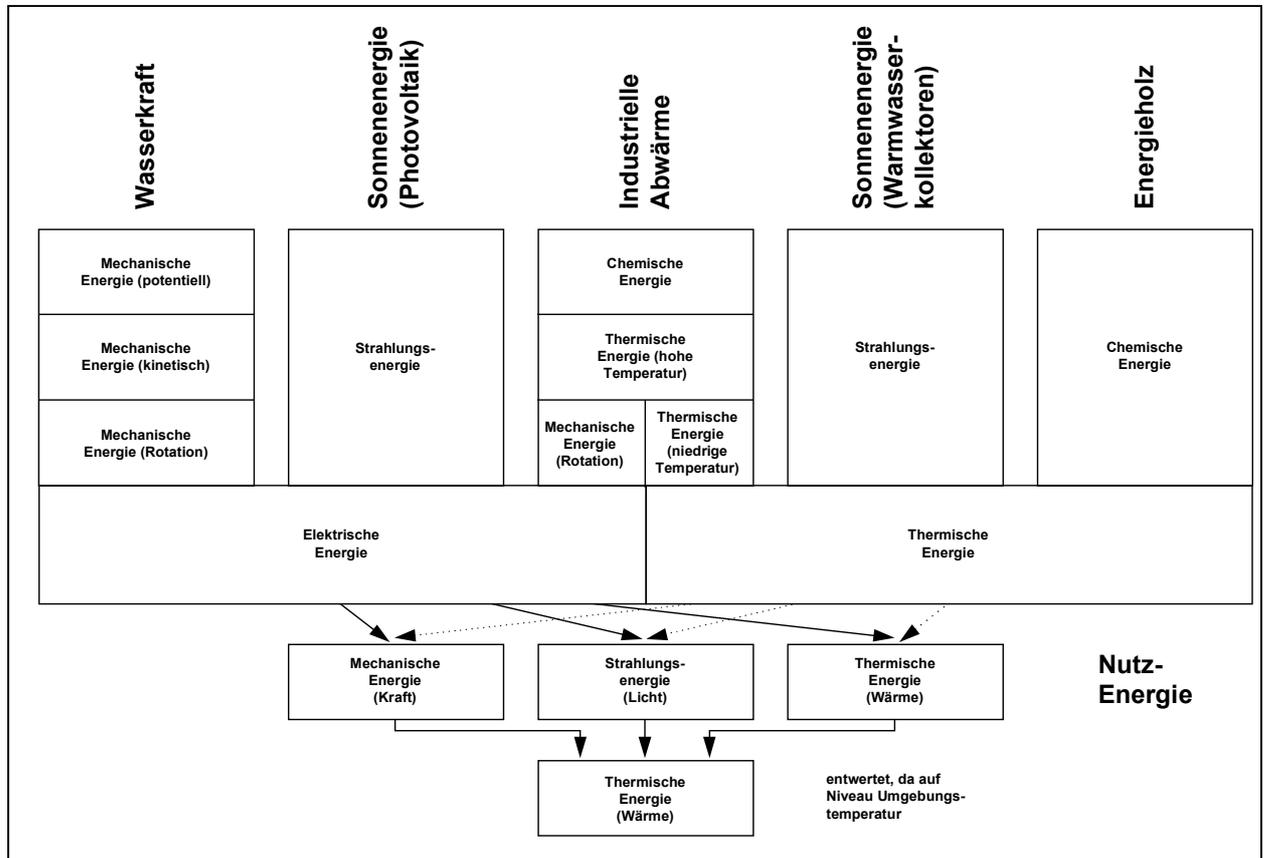
St. Gallen		Vorarlberg	
Altstätten	10'496	Altach	4'911
Au	6'099	Bregenz	27'097
Bad Ragaz	4'800	Dornbirn	40'735
Balgach	3'824	Feldkirch	26'730
Berneck	3'339	Fussach	3'073
Buchs	10'300	Gaissau	1'160
Diepoldsau	4'505	Götzis	9'512
Eichberg	1'126	Hard	10'747
Gams	2'780	Höchst	6'423
Grabs	6'018	Hohenems	13'531
Marbach	1'596	Kennelbach	2'128
Oberriet	7'250	Klaus	2'465
Pfäfers	1'693	Koblach	3'171
Rebstein	3'872	Lauterach	7'555
Rheineck	3'334	Lustenau	18'484
Rüti	1'901	Mäder	2'724
Sargans	4'931	Meiningen	1'590
Sennwald	4'246	Rankweil	10'509
Sevelen	4'193	Röthis	1'933
St. Margrethen	5'465	Schwarzach	3'122
Vilters-Wangs	3'829	Sulz	2'123
Wartau	4'933	Weiler	1'536
Widnau	7'049	Wolfurt	7'289
	107'579		208'548

8.2.7. Energieumwandlung

a) Umwandlungsstufen

Umwandlungsstufen

Schema 1



Erläuterung zum Schema 1:

Bei der Wasserkraft wird die im Stauraum gespeicherte potentielle mechanische Energie in der Druckleitung in kinetische mechanische Energie umgewandelt. In der Turbine erfolgt die Umwandlung in mechanische Rotationsenergie. Diese treibt den Generator an, welcher schliesslich die Umwandlung in elektrische Energie vornimmt.

Bei der Photovoltaik wird die Strahlungsenergie des Sonnenlichtes in einer Solarzelle in elektrische Energie umgewandelt.

Bei der industriellen Abwärmenutzung (ARA und KVA) wird die im Methangas bzw. im Müll gespeicherte chemische Energie durch Verbrennung in thermische Energie umgesetzt. Ein Teil davon wird nun in einem Gasmotor bzw. in einer Dampfturbine in mechanische Rotationsenergie und in einem Generator in elektrische Energie umgewandelt. Ein Teil der bei der Verbrennung entstandenen thermischen Energie auf hohem Temperaturniveau wird umgewandelt in thermische Energie auf einem niedrigeren Temperaturniveau.

Bei der Sonnenenergienutzung wird Strahlungsenergie im Warmwasserkollektor direkt in thermische Energie umgewandelt.

Beim Energieholz ist die Energie chemisch gespeichert. Bei der Verbrennung wird diese umgewandelt in thermische Energie.

b) Umwandelbarkeit

Das folgende Schema 2 zeigt, wie und wie gut sich die einzelnen Energieformen in andere umwandeln lassen:

Umwandlung von Energieformen in andere

Schema 2

von \ in	chemisch	Strahlung	mechanisch	elektrisch	thermisch (höhere Temperatur)	thermisch (niedrige Temperatur)
chemisch	X					
Strahlung		X				
mechanisch			X			
elektrisch				X		
thermisch (höhere Temperatur)					X	
thermisch (niedrige Temperatur)						X

gute Umwandelbarkeit (mit geringen Umwandlungsverlusten)
 schlechte Umwandelbarkeit (mit grossen Umwandlungsverlusten)
 Umwandlung technisch unbedeutend oder nicht möglich

Die Interpretation des Schema 2 (Matrix) gestattet folgende Schlussfolgerungen:

- Allein elektrische Energie lässt sich in alle anderen Energieformen umwandeln;
- Jede Energieform lässt sich in thermische Energie niederer Temperatur umwandeln.

Daraus folgt, dass sich die Energieformen aufgrund ihrer unterschiedlichen Umwandelbarkeit in höher- und niederwertigere Energieformen unterteilen lassen:

- Höherwertigere Energieformen:
 Chemische, mechanische und besonders elektrische Energie lassen sich mit geringen Verlusten in andere Energieformen umwandeln.
- Niederwertigere Energieformen:
 Thermische Energie lässt sich nur mit grösseren Verlusten in andere Energieformen umwandeln. Die Höhe dieser Verluste ist vom Temperaturniveau abhängig.

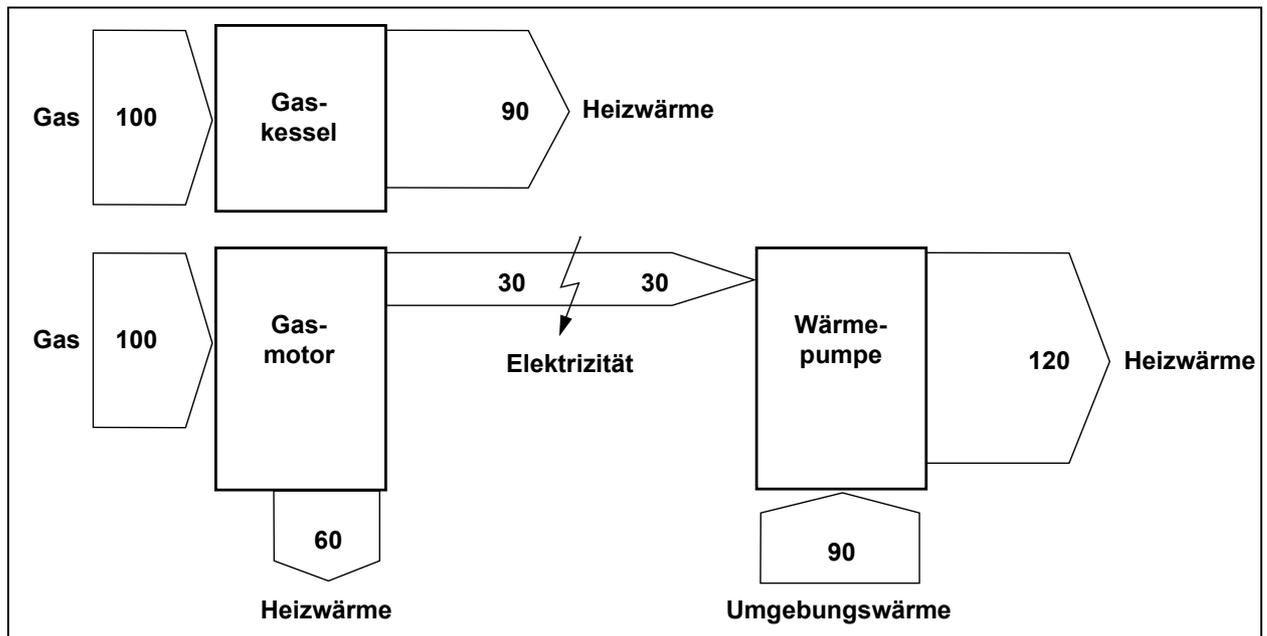
Unter Einsatz einer höheren Energieform lässt sich thermische Energie in ihrer Wertigkeit steigern. So kann niederwertige thermische Energie beispielsweise mit Hilfe einer Wärmepumpe aus der Umgebung auf ein höheres Temperaturniveau bringen, so dass diese zu Heizzwecken eingesetzt werden kann.

Energie ist also nicht gleich Energie. So ist eine Kilowattstunde elektrische Energie bedeutend "mehr Wert" als eine Kilowattstunde thermische Energie.

8.2.8. Effizienzsteigerung

Effizienter Energieeinsatz

Schema 3



Mit dem Gaskessel können aus 100 Energie-Einheiten Gas 90 Einheiten Wärme erzeugt werden. Der kombinierte Einsatz von Gasmotoren und Wärmepumpe verdoppelt die Effizienz: Aus 100 Einheiten Gas können 180 Einheiten an Wärme erzeugt werden.

Wie ineffizient die Energieträger oft bezüglich ihrer Wertigkeit eingesetzt werden, lässt sich anhand des folgenden Beispiels erläutern:

Erdgas kann in einem Brenner verbrannt werden. Dabei wird hochwertige chemische Energie in niederwertige zwanziggrädige Raumwärme umgesetzt.

Bei der Umwandlung von Erdgas in einem Gasmotor wird das Erdgas zunächst durch die Verbrennung im Motor in thermische Energie umgesetzt. Diese ist immer noch relativ hochwertig, da sie sich auf hohem Temperaturniveau befindet. Der Motor wandelt sodann etwa ein Drittel in mechanische Energie um. Die zwei Drittel thermische Energie (Kühlwasser, Abgas und Abwärme des Motorblockes) können aufgrund des genügend hohen Temperaturniveaus direkt als Heizenergie eingesetzt werden. Die hochwertige Elektrizität steht zum Antrieb einer Wärmepumpe zur Verfügung. Da sich Strom ohne grosse Verluste über das Netz transportieren lässt, können sich Wärmepumpe und Gasmotor geographisch an verschiedenen Orten befinden. Die Wärmepumpe ist in der Lage, etwa drei Mal soviel Umgebungswärme auf ein zu Heizzwecken notwendiges Temperaturniveau zu bringen, als zu deren Antrieb an elektrischer Energie benötigt wird.

8.2.9. Gebäudesanierungen

In Anbetracht des relativ geringen, noch nutzbaren Potentials im Wärmebereich scheint es wichtig, auf das grosse Einsparpotential bei Gebäudesanierungen hinzuweisen. Die Tabelle 14 (Volkszählung 1990 Fürstentum Liechtenstein) zeigt, dass über 80% des Gebäudebestandes vor 1980 erstellt wurden.

Baupperioden der Wohnungen und Gebäude im Fürstentum Liechtenstein

Tabelle 14

Baujahr	Zahl der Wohnungen		Zahl der Gebäude	
	Total	in %	Total	in %
Vor 1947	2'338	20.5%	1'808	24.8%
1947 - 1970	3'644	32.0%	2'530	34.7%
1970 - 1980	3'043	26.7%	1'567	21.5%
1980 - 1990	2'363	20.7%	1'380	18.9%
Gesamt	11'388	100.0%	7'285	100.0%

Um das Sparpotential quantitativ abzuschätzen, könnte man sich am "Absenkpfad des SIA" orientieren. Der SIA und "Energie 2000" gehen demgemäss von einer Reduktion des spezifischen Verbrauchs von Gebäuden (Energiekennzahl) zwischen 1990 und 2020 auf rund die Hälfte aus.

(Quelle: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Fachkommission Energie, Postfach, 8039 Zürich, Juni 1996)

Teil 2

Projektgruppe Energie

Energiehaushalt im Bereich des Alpenrheins

Ergänzungsbericht

**Betreffend
Einfluss des gewässer- und fischökologischen
Konzeptes auf die Wasserkraftnutzung**

1. Ausgangslage

Gestützt auf den Energiebericht vom 26. Februar 1997 und auf das damals im Entwurf vorliegende gewässer- und fischökologische Konzept hat die Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) am 9. Juli 1997 erkannt, dass die Umsetzung der im gewässer- und fischökologischen Konzept vorgesehenen Revitalisierungsmassnahmen relativ grossen Einfluss auf das im Alpenrhein vorhandene Potenzial zur Stromerzeugung aus Wasserkraft hat. Die IRKA beauftragte deshalb die Projektgruppe Energie, die Auswirkungen der Revitalisierungsmassnahmen auf die Wasserkraftnutzung abzuklären.

Die entsprechenden Erkenntnisse sind im vorliegenden Ergänzungsbericht dargelegt.

2. Aufgabenstellung und Vorgehen

Entsprechend dem oben erwähnten Auftrag der IRKA vom 9. Juli 1997 klärte die Projektgruppe ab, welcher Anteil des nutzbaren Wasserkraftpotentials in welchem Umfang beeinträchtigt würde. Ausserdem wird im vorliegenden Ergänzungsbericht die Machbarkeit von Schwall- und Hochwasserableitungen sowie von Schwellen zur Energienutzung erläutert. Überdies erachtet es die Projektgruppe als wichtig und notwendig, den politischen Gremien ökologisch und ökonomisch verträgliche Lösungswege aufzuzeigen.

Dazu liess sich die Projektgruppe am 19. August 1997 durch den Vorsitzenden der Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, Th. Kindle, über das gewässer- und fischökologische Konzept orientieren. Unter Mitwirkung von Dr. W. Hauenstein, NOK, Projektleitung Rheinkraftwerke CH und FL, wurden Berichtsentwürfe erarbeitet und der Ergänzungsbericht am 10. Oktober 1997 verabschiedet. An dieser Sitzung nahm auch die Koordinationsgruppe der IRKA teil.

3. Leitbild

Die Regierungskommission hat in ihrem ersten Bericht festgehalten, dass die primären Bedürfnisse von Mensch und Natur vorrangig beachtet werden müssen. Daraus ergeben sich aus energetischer Sicht die nachfolgenden Erkenntnisse.

3.1. Grundsätze

- Eine ausreichende Versorgungssicherheit mit Energie ist zu gewährleisten, vorzugsweise durch Nutzung einheimischer, erneuerbarer Energieträger;
- Bei der Wahl unter verschiedenen Energieträgern stehen die umweltverträglichen im Vordergrund;
- Die Wirtschaftlichkeit ist auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten zu beurteilen;
- Die Nachhaltigkeit verlangt sowohl eine effiziente Nutzung der einheimischen Energie, als auch deren sparsame und rationelle Verwendung durch die Endverbraucher.

3.2. Energieversorgung

Um die Versorgungssicherheit am Wohn- und Arbeitsort zu garantieren, muss eine ausreichende Verfügbarkeit von Energie zu angemessenen Preisen unter allen Umständen gewährleistet sein. Die Anstrengungen zum sparsamen und rationellen Gebrauch aller Energien können und sollen noch verstärkt werden.

Die Versorgungssicherheit bildet die zentrale Aufgabe jeder Energiepolitik. Jede Volkswirtschaft ist auf Energie angewiesen. Die Elektrizität spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Sie ist die

hochwertigste Energieform. Elektrische Energie kann direkt in mechanische, thermische und chemische Energie umgesetzt werden. In einer modernen Volkswirtschaft ist sie unabdingbar - sie ist **die** Schlüsselenergie.

In der heutigen Situation ist hinsichtlich der Sicherheit der physischen Versorgung mit Energieträgern kein dringender Handlungsbedarf auszumachen, wenngleich angesichts der wachsenden Importabhängigkeit und des Preisschockrisikos die Eigenversorgung nicht ausser Acht gelassen werden darf. Durch eine verstärkte Nutzung der erneuerbaren einheimischen Energiequellen kann die Diversifizierung und damit auch die Versorgungssicherheit - aber auch die Umweltbelastung - langfristig verbessert werden.

Die Region Alpenrhein verfügt - nach heutigem Wissen - über keine fossilen Energievorkommen. Es verbleiben demnach als mögliche einheimische Energieträger zur Stromgewinnung:

- Wasser
- Holz
- Sonnenenergie
- Wind
- Biomasse
- Abfall

Der weitaus bedeutendste nachhaltige Energieträger für die Stromgewinnung in unserer Region ist die Wasserkraft. Mit der Erhöhung der Eigenproduktion werden wir unabhängiger von Stromimporten und Preisänderungen. Sie leistet einen Beitrag zugunsten der regionalen Volkswirtschaft. Daher dient der Ausbau der Wasserkraftnutzung auch indirekt der Sicherheit am Wohn- und Arbeitsort.

3.3. Versorgung mit Grundnahrungsmitteln

Zu den Grundbedürfnissen der Menschen nach sicherer Versorgung mit Lebensmitteln gehört auch die Versorgung mit Trinkwasser.

Die langfristige Sicherstellung der Grundwasservorkommen zur Brauch- und Trinkwassergewinnung ist daher zu gewährleisten.

Die in den letzten Jahren beobachteten Absenkungen des Grundwasserspiegels und der Rheinsohle sind offenkundig. Allfällige flussbauliche Massnahmen zur Anhebung des Grundwasserspiegels und der Rheinsohle können und sollten nach Möglichkeit mit der Wasserkraftnutzung kombiniert werden.

3.4. Natur und Lebensräume erhalten und aufwerten

Die Umweltverträglichkeit der Energiegewinnung und -nutzung bildet eine unverzichtbare Forderung der Energie- und Umweltpolitik. Ökologisch verträgliche oder mindestens vertretbare Energienutzung ist heute unbestrittenermassen ein übergeordnetes Ziel. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine nachhaltige Entwicklung auch im Energiebereich notwendig.

Moderne Formen der Wasserkraftnutzung bieten interessante Möglichkeiten, Lebensraum für Flora und Fauna zu schützen, die Erfordernisse des Grundwasserhaushaltes zu berücksichtigen und den Hochwasserschutz zu gewährleisten. (Siehe auch Projekt "Revitalisierung und Wasserkraftnutzung am Alpenrhein".)

3.5. Nachhaltigkeit

Bereits heute zeichnen sich mittel- bis langfristig (ab ca. 2010) Versorgungslücken in der Elektrizitätsversorgung im Winterhalbjahr ab (Restwasserregelungsbeschluss beginnt zu greifen; 40

Jahre Betriebsdauer der Kernkraftwerke und die Verträge für den Elektrizitätsimport aus Frankreich laufen aus). Falls ein weiterer Ausbau der Wasserkraftnutzung verunmöglicht wird und der Bau neuer bzw. der Ersatz bestehender Kernkraftwerke aus politischen Gründen immer unwahrscheinlicher wird, bleibt aus heutiger, wirtschaftlicher Sicht als einziger Ausweg für die zukünftige Elektrizitätsversorgung nur die Stromproduktion mit fossilen Brennstoffen oder der Import. Beide Wege führen schwergewichtig über die fossile Stromerzeugung, welche jedoch beträchtliche CO₂-Emissionen verursachen. Gerade auf den Alpenraum könnte der damit verbundene Treibhauseffekt Auswirkungen haben. Die Stromproduktion aus Wasserkraft ist dagegen CO₂-frei.

4. Einfluss von Revitalisierungsmassnahmen auf die Wasserkraftnutzung am Alpenrhein

4.1. Beschreibung der geplanten Massnahmen

Die Projektgruppe Gewässer und Fischökologie schlägt in vier verschiedenen Gebieten Beispiele für Revitalisierungsmassnahmen vor.

Die Beispiele betreffen (vgl. schematische Skizze, Beilage 1)

- Rheinau Fläsch bis Sargans oberhalb Autobahnanschluss Trübbach/Balzers
- Eschner Aue zwischen den Strassenbrücken Buchs/Schaan und Haag/Eschen
- Illspitz unterhalb Landesgrenze Fürstentum Liechtenstein/Österreich
- Diepoldsauer Durchstich und Alter Rhein

Die Massnahmen bestehen in Ausweitungen des Flussbettes und Verbesserungen der Vernetzung von Hauptgerinne und Binnenkanälen bzw. Altläufen. Es wird erwartet, dass sich dadurch die Strukturvielfalt im Fluss verbessert. Nebst den direkten lokalen Auswirkungen der beschriebenen baulichen Anpassungen wird auch bezweckt, dass die Durchgängigkeit des Rheins für Fische und Fischnährtiere verbessert wird.

4.2. Auswirkungen auf die geplante Stromproduktion

Auf der Rheinstrecke von Ellhorn bei Sargans bis zum Bodensee wurden zwei Vorschläge zur Wasserkraftnutzung ausgearbeitet. Im oberen Abschnitt sind dies die Rheinkraftwerke Schweiz-Liechtenstein, für welche ein Konzessionsgesuch Ende der 80er Jahre bei den betroffenen Bewilligungsbehörden eingereicht wurde. Das Projekt sah den Bau von 5 Kraftwerken vor. Auf dem unteren Abschnitt besteht ein unveröffentlichtes Konzessionsprojekt aus den frühen 80er Jahren, welches vier analoge Kraftwerkstufen umfasst. Die Lage dieser geplanten Kraftwerkstufen ist aus der Übersichtsskizze (Beilage 1) ersichtlich. Mit allen Kraftwerken wäre eine Stromproduktion von rund 800 GWh/a zu erreichen.

Welche Auswirkungen hätte die Realisierung der Revitalisierungsmassnahmen auf die Stromproduktion, wie sie in den Konzessionsprojekten auf den beiden Grenzstrecken vorgesehen ist?

Zur Beantwortung dieser Frage muss man zwischen den unmittelbaren Auswirkungen der Massnahmen und den indirekten, die Ziele der Massnahmen ebenfalls tangierenden Auswirkungen, unterscheiden.

Im unmittelbaren Bereich der Massnahmen zur Revitalisierung der Flussstrecke könnte kein Wasser aufgestaut werden, wie dies für die Stromproduktion erforderlich ist (vgl. Beilage 2), weil durch diesen Aufstau das Mäandrieren des Flusses und die Bildung verschiedenartiger Gerinneabschnitte verhindert werden. Der Bau der Kraftwerkstufen Trübbach-Balzers, Haag-Bendern, Oberriet-Meiningen, Diepoldsau-Widnau wäre gänzlich verunmöglicht, die Stufe St. Margrethen-Lustenau, welche im oberen Staubereich ebenfalls von Massnahmen betroffen ist, müsste redi

mensioniert werden. Die mögliche Stromproduktion würde dabei um rund 400 GWh pro Jahr reduziert.

Die Beilage 4 zeigt auf, wie sich das nutzbare Energiepotential durch die vier Revitalisierungsvorschläge auf den gesamten Talboden des Alpenrheins und auf die einzelnen Länder / Kantone auswirkt.

Die Renaturierungsmassnahmen werden auch mit der Wiederherstellung des natürlichen Feststoffregimes und dem Erhalt der Durchgängigkeit des Gerinnes für Fische und Benthos begründet. Die Erreichung dieser Ziele wäre durch die Revitalisierung der zwischen den Massnahmen liegenden "restlichen" Kraftwerkstufen, also einem "Hintereinander" von genutzten und renaturierten Flussabschnitten, ebenfalls behindert. Das Feststoffregime wird in den Stauhaltungen gegenüber dem heutigen Zustand verändert, indem sich in den Stauhaltungen mindestens temporär Feststoffe ablagern. Es lagern sich auch feinere Feststoffe ab, als dies bei uneingestautem Fließregime der Fall ist. Für die Drift der Fischnährtiere stellen grössere Stauanlagen gewisse Hindernisse dar und die Fischwanderung kann zwar flussaufwärts mit Hilfe von Fischaufstiegs- hilfen gewährleistet werden, flussabwärts ist sie mit einer gewissen Verletzungsgefahr für die Fische verbunden.

Es muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Beeinträchtigung der bisherigen Form der Wasserkraftnutzung durch die Ziele der empfohlenen Revitalisierungsmassnahmen auch die zwischen den Massnahmegebieten noch möglichen Anlagen betreffen würde. Es müssten an diesen Kraftwerkstufen Kompromisse in Kauf genommen werden, welche eine geschlossene wirtschaftliche Nutzung gänzlich in Frage stellen würden. Damit wäre nur ein Teil der potentiellen Produktion von 800 GWh/a erneuerbarer und CO₂-freier Energie möglich.

Die kombinierte Nutzung und Revitalisierung des Rheins durch Hintereinanderschalten (vgl. Beilage 3, a) von genutzten und revitalisierten Flussabschnitten ist demzufolge kein praktikabler Kompromiss. Ein solcher müsste durch ein Nebeneinander der beiden Interessen gesucht werden.

4.3. Machbarkeit von Schwallwasserableitungen, von Hochwasser und von Schwellen zur Energienutzung

Grundsätzlich ist einer energiewirtschaftlichen Betrachtung von Nutzungslösungen folgendes voranzustellen:

Die Realisierbarkeit eines Nutzungsmodelles hängt vom energiewirtschaftlichen Wirkungsgrad ab, der sich aus

- Ausnutzung der vorhandenen Höhendifferenz
- Ausnutzung der vorhandenen Wasserfracht sowie
- dem Anlagenwirkungsgrad

zusammensetzt.

Dieser wasserwirtschaftliche Gesamtwirkungsgrad liegt bei ausgeführten konventionellen Laufstufen im Alpenraum etwa zwischen 75 - 85%. In diesem Wirkungsgradbereich gelten diese derzeit als wirtschaftlich machbar, wobei in diese Betrachtung immer auch ein Anteil für ökologische Begleitmassnahmen eingerechnet ist.

- Im Fall einer Schwallnutzung ist zwar die volle Höhe nutzbar, jedoch nur ein geringer Teil der gesamten Wasserfracht;

- für den Fall der Nutzung von Hochwasserspitzen gilt sinngemäss dasselbe. Zudem ist die Nutzung nur auf kurze Intervalle beschränkt, deren Auftreten nicht mit der Energienachfrage übereinstimmt;
- im Fall der energetischen Nutzung von Sohlstufen steht zwar die volle Wasserfracht, aber nur ein Bruchteil der Fallhöhe zur Verfügung,

In allen drei Fällen fällt der wasserwirtschaftliche Gesamtwirkungsgrad in einen wirtschaftlich nicht realisierbaren Bereich.

Als Beispiel sei angeführt, dass konventionelle Wasserkraftwerke, die sowohl die verfügbare Fallhöhe als auch einen Grossteil der Jahreswasserfracht konzentriert nutzen, unter den heutigen Rahmenbedingungen wirtschaftliche Grenzfälle darstellen. Bei den oben genannten Nutzungsarten wird hingegen nur ein Bruchteil der möglichen Fallhöhe sowie ein Bruchteil der Jahreswasserfracht genutzt. Ausserdem sind hierfür deutlich höhere Investitionsaufwendungen als bei konventionellen Kraftwerken erforderlich.

Die oben aufgeführten Nutzungsbeispiele sind somit technisch wohl möglich, wirtschaftlich jedoch nicht machbar.

4.4. Einfluss der Revitalisierungsprojekte auf die Wasserkraftnutzung der Seitengewässer

Die vier vorgesehenen Revitalisierungsprojekte haben auf die bestehenden Wasserkraftnutzungen der Seitengewässer keinen direkten Einfluss. Indirekt könnte sich eine Veränderung des Grundwasserspiegels durch die Revitalisierungsprojekte jedoch auf die Wasserführung der Seitengewässer, insbesondere der Binnenkanäle, auswirken. Um eine quantitative Aussage über die Folgen dieser Beeinflussung machen zu können, wären umfangreiche Abklärungen notwendig. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen, gemessen an der heutigen Energieproduktion aus Wasserkraft in der Region des Alpenrheins, geringe sind.

5. Mögliche ökologisch und ökonomisch verträgliche Lösungswege betreffend Wasserkraftnutzung

Was für jede anthropogene Nutzung gilt, nämlich, dass sie einen Eingriff in das System "Natur" darstellt und mit Auswirkungen verbunden ist, gilt auch für die Wasserkraftnutzung.

Allerdings macht erst die Wasserkraftnutzung in vielen Fällen die Verwirklichung ökologischer Massnahmen möglich. Dies nicht nur, um den Auswirkungen des Einriffes entgegenzusteuern, sondern auch, um Ökologieprojekte zu ermöglichen, die in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung stehen (Biotope, Reservate etc.).

Die Wasserkraftnutzung trägt aber auch wirksam dazu bei, ein vitales Grundbedürfnis des Menschen zu decken. Es sollte deshalb alles daran gesetzt werden, aus dem "Entweder-oder" ein "Sowohl-als-auch" zu machen. Im folgenden sind einige Ideen für eine solche Kombination von Nutzung und Schutz skizziert.

Für die Verknüpfung von Ökologieprojekten mit der Wasserkraftnutzung an Flüssen wie dem Alpenrhein gibt es grundsätzlich drei Lösungswege. Den Ökologieprojekten werden dabei die im gewässer- und fischökologischen Konzept formulierten Ziele unterstellt (Strukturvielfalt, Durchgängigkeit des Flusslaufes im Hauptlauf und zu den Nebenläufen, Vernetzung mit Vorlandgerinnen).

5.1. Hintereinander von Ökologie und Nutzung

Beschreibung:

Entlang des Flusslaufes werden Gefällsabschnitte energetisch genutzt, während in anderen Abschnitten die Fließstrecke in ihrer ökologischen Funktion aufgewertet wird (Strukturvielfalt, Fließdynamik, Morphologie etc.; vgl. Beilage 3, a).

Bewertung:

Diese Art der Nutzung ist in Fließstrecken angebracht, wo der Gefällsverlauf ausgeprägte Stufen (Nutzung durch Ausleitung) und dazwischenliegende flache Abschnitte (Gestaltung) aufweist. Entlang des Alpenrheins wäre eine Abfolge von Gestaltungsräumen und Staustufen insbesondere aus ökologischer Sicht kaum - und wenn überhaupt nur mit Elementen aus 5.2 ("Nebeneinander") und 5.3 ("Ineinander") vertretbar.

5.2. Nebeneinander von Ökologie und Nutzung

Beschreibung:

Ein Teil des Abflusses wird in einem Triebwassergerinne (Kanal, Rohrleitung oder Stollen) in Stufen energetisch genutzt, während unabhängig davon daneben ein Wildflussgerinne geschaffen wird, das unter Einhaltung der ökologischen Zielsetzungen weitgehend seiner Eigendynamik überlassen ist (vgl. Beilage 3, b).

Bewertung:

Ein isoliertes Triebwassergerinne schafft neben der Gefällsnutzung auch die Möglichkeit, im Hinblick auf Schwälle aus der Oberlaufnutzung, Geschiebegleichgewicht, Grundwasserhaushalt etc., steuernd und kompensierend einzugreifen. Daneben kann frei von allen nutzungsbedingten Einflüssen ein Wildflussgerinne (und bereichsweises Reservat) gestaltet werden. Durch die Aufteilung der Wasserfracht geht der wasserwirtschaftliche Wirkungsgrad für die Nutzung bei einer solchen Lösung allerdings entsprechend zurück, wodurch natürlich auch der mögliche finanzielle Spielraum für Begleitmassnahmen verringert wird.

5.3. Ineinander von Ökologie und Nutzung

Beschreibung:

Der Flusslauf wird (weitgehend geschlossen) durch Staustufen genutzt, wobei die Stauräume so gestaltet werden, dass neben dem Hauptgerinne Flach- und Stillwasserbereiche, Inseln und beruhigte Unterzonen wie Buchten und Schilfgürtel entstehen. Die Staustufe selbst wird mit einem Umgehungsgerinne für Fische und bedingt auch für Kleinlebewesen passierbar (vgl. Beilage 3, c).

Bewertung:

An zahlreichen Alpenflüssen in Österreich wie Inn, Salzach, Isar, Lech, Mur etc. wurde diese Kombination mit zum Teil beachtlichem Erfolg verwirklicht. Da diese Art der Nutzung wasserwirtschaftlich den höchsten Wirkungsgrad erreicht, sind hier auch die Mittel, die für ökologische Begleit- und Kompensationsprojekte verfügbar gemacht werden können, entsprechend hoch. Ein Problem bleibt die Vernetzung mit dem Vorland und besonders der Umstand, dass der Hauptanteil der Wasserfracht und der Feststoffe, sowohl Stau- als auch freien Abflussbedingungen unterliegt.

5.4. Beurteilung

Die Aufteilung in zwei Systeme, eines mit anthropogener Nutzung und eines mit natürlicher Dynamik, wie im "Nebeneinander" (Ziff. 5.2.) beschrieben, schafft hier sicher den grosszügigsten Kompromiss im Nutzungskonflikt um das Wasser.

Für das "Ineinander" (Ziff. 5.3.) gibt es bei vertretbaren Auswirkungen auf das gewässer- und fischereiökologische Konzept erfolgreiche Beispiele.

Am wenigsten spricht bei der gegebenen Situation am Alpenrhein für das "Hintereinander" von Nutzung und Ökologie (Ziff. 5.1.).

Eine für alle Seiten vertretbare Lösung wird Kosten verursachen, die entsprechend dem Nutzen auf alle Interessensbereiche aufzuteilen sein werden.

Die kombinierte Umsetzung von Revitalisierungsmassnahmen unter Einbezug der Wasserkraftnutzung ist in weiteren Projekten näher zu untersuchen.

6. Weitere energiepolitische Optionen

Die Projektgruppe hat in ihrem Bericht (datiert 27.02.1997) zwei Hauptstossrichtungen aufgezeigt, in welchen gehandelt werden kann:

"Sowohl auf der Erzeugerseite als auch auf der Verbraucherseite bestehen prinzipiell Handlungsmöglichkeiten."

Auf der Erzeugerseite steht die Nutzung des vorhandenen Wasserkraftpotentials im Vordergrund. Dazu sind oben Ausführungen gemacht worden.

Die Politik kann auf die Verbraucher einen gewissen Einfluss nehmen.

Bewusstseinsbildung:

Der Bürger weiss zu wenig über die "lebenswichtige" Bedeutung der Energie. Die ständige Präsenz der elektrischen Energie ist Voraussetzung für praktisch alle Arbeitsplätze. Sie ist auch der Lebensnerv der "Freizeitindustrie" sowie der Medien und weiterer Bereiche. Der Strom macht rund 20% unseres Gesamtenergiebedarfs aus. Er ist aber zwingend erforderlich zur Nutzung der übrigen 80% der Energie.

Fazit: Wir müssen wirkungsvoller aufklären.

Reduktion des Energieverbrauchs:

Gerade die Billigkeit der Energie ganz allgemein hat den Verbrauch in dem vergangenen Jahrzehnt ansteigen lassen. Die Öl-Krise in den 70er-Jahren hat wohl einiges bewegt. Unsere Verletzlichkeit in der Energieversorgung (Auslandabhängigkeit Schweiz 1996 = 83.8%) gebietet, den Selbstversorgungsgrad auch durch Einsparungen und Effizienzsteigerungen zu beeinflussen. In der Schweiz dient das Programm "Energie 2000" der Erreichung dieses Ziels.

Fazit: Die Länder / Kantone des Alpenrheins können gemeinsame oder koordinierte Aktionen beschliessen.

7. Zusammenfassung und Empfehlungen

7.1. Zusammenfassung

Die Projektgruppe Energie hat im Teil 1 des vorliegenden Berichts ein noch nutzbares Wasserkraftpotential im Talraum des Rheintales von 1'559 GWh pro Jahr ausgewiesen (siehe auch Beilage 4). Die Umsetzung der Revitalisierungsvorschläge am Rhein würden dieses Potential an erneuerbarer, einheimischer und umweltfreundlicher elektrischer Energie unmittelbar um mindestens rund 400 GWh p. a. (26%) schmälern. Die Hälfte der zwischen Sargans und dem Bodensee möglichen Kraftwerksstufen könnte nämlich nicht gebaut werden. Weil jedoch auch die übrigen, nicht direkt verhinderten Kraftwerksstufen mit dem zur Diskussion stehenden Revitalisierungsprojekt im Widerspruch stehen, würde das Projekt in dieser Form einen Totalverzicht einer noch nutzbaren Energiemenge von rund 800 GWh p.a. (rund 51 %) bedeuten.

Eine Teilnutzung des nutzbaren Wasserkraftpotentials, wie es die Schwälle, die Hochwasserspitzen und die Gefälle von Schwellen darstellen, liegt weit ausserhalb des wirtschaftlichen Bereichs. Dennoch gibt es durchaus Lösungen, die beiden Zielen - Sicherung der ökologischen Funktion des Gewässers einerseits und Bereitstellung von elektrischer Energie aus Wasserkraft andererseits - gerecht werden. Von den verschiedenen Möglichkeiten stellt das "Nebeneinander" von Ökologie und Wasserkraftnutzung hier den optimalen Interessenausgleich dar.

Würde der Revitalisierungsgedanke analog den vier Beispielen auch auf die übrigen Alpenrheinstrecken ausgedehnt, dann könnte das gesamte nutzbare Wasserkraftpotential von 1'559 GWh p. a. nicht mehr genutzt werden.

Eine Gesamtbetrachtung der ökologischen und volkswirtschaftlichen Aspekte zeigt jedoch noch andere Handlungsmöglichkeiten auf. Die Projektgruppe Energie stellt fest, dass die Bedeutung des Stromes für industrialisierte Länder viel zu wenig bekannt ist. Mit Öffentlichkeitsarbeit kann dieses Bewusstsein verstärkt werden. Der Selbstversorgungsgrad einer regionalen Volkswirtschaft kann auch durch Energieeinsparungen und durch Effizienzsteigerung erhöht werden.

7.2. Empfehlungen

Da die Wasserkraft die einzige Grosstechnologie zur Stromerzeugung ist, bei der die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden können, sollte der Schritt in ein Nebeneinander gesucht werden, wobei die Kosten der Revitalisierung - wie bei der alleinigen Verwirklichung der Revitalisierung - der Wasserkraft nicht angelastet werden sollte. Damit könnte die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftnutzung erreicht werden.

Die Projektgruppe Energie empfiehlt deshalb, vor der Beschlussfassung über die Durchführung von Revitalisierungsmassnahmen, Varianten zu studieren, welche die Nutzung des noch nutzbaren Wasserkraftpotentials nicht derart schmälern, wie dies durch die vorgeschlagenen Revitalisierungsbeispiele notwendig wäre.

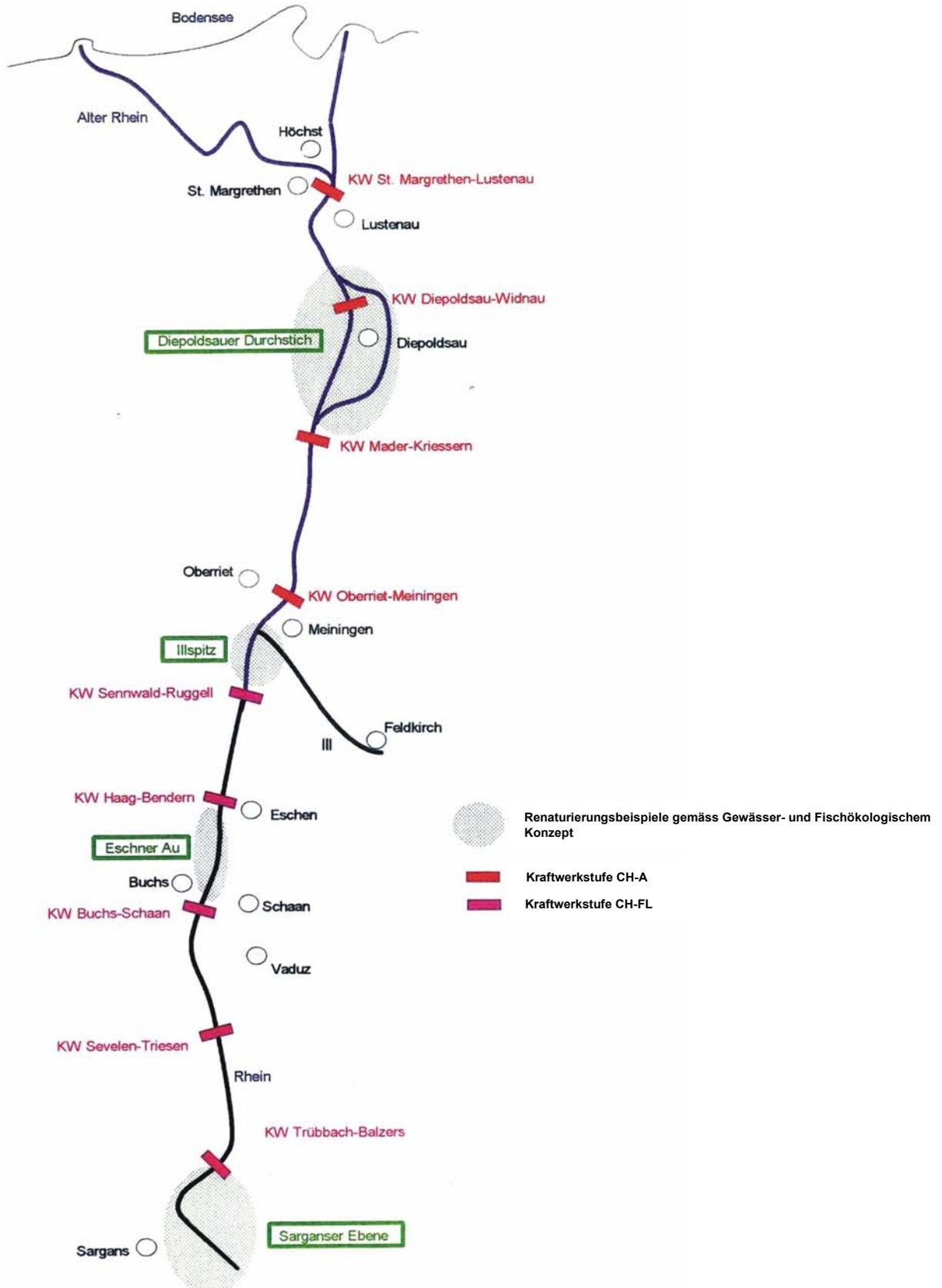
In weiteren Projekten soll deshalb das Nebeneinander von Revitalisierungsmassnahmen in Kombination mit der Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung näher untersucht werden.

Parallel dazu sollten die involvierten Länder bzw. Kantone gemeinsame Aktionen planen und durchführen, welche einen wirkungsvollen Beitrag an die sparsamere und rationellere Verwendung sämtlicher Energien leisten.

8. Beilagen

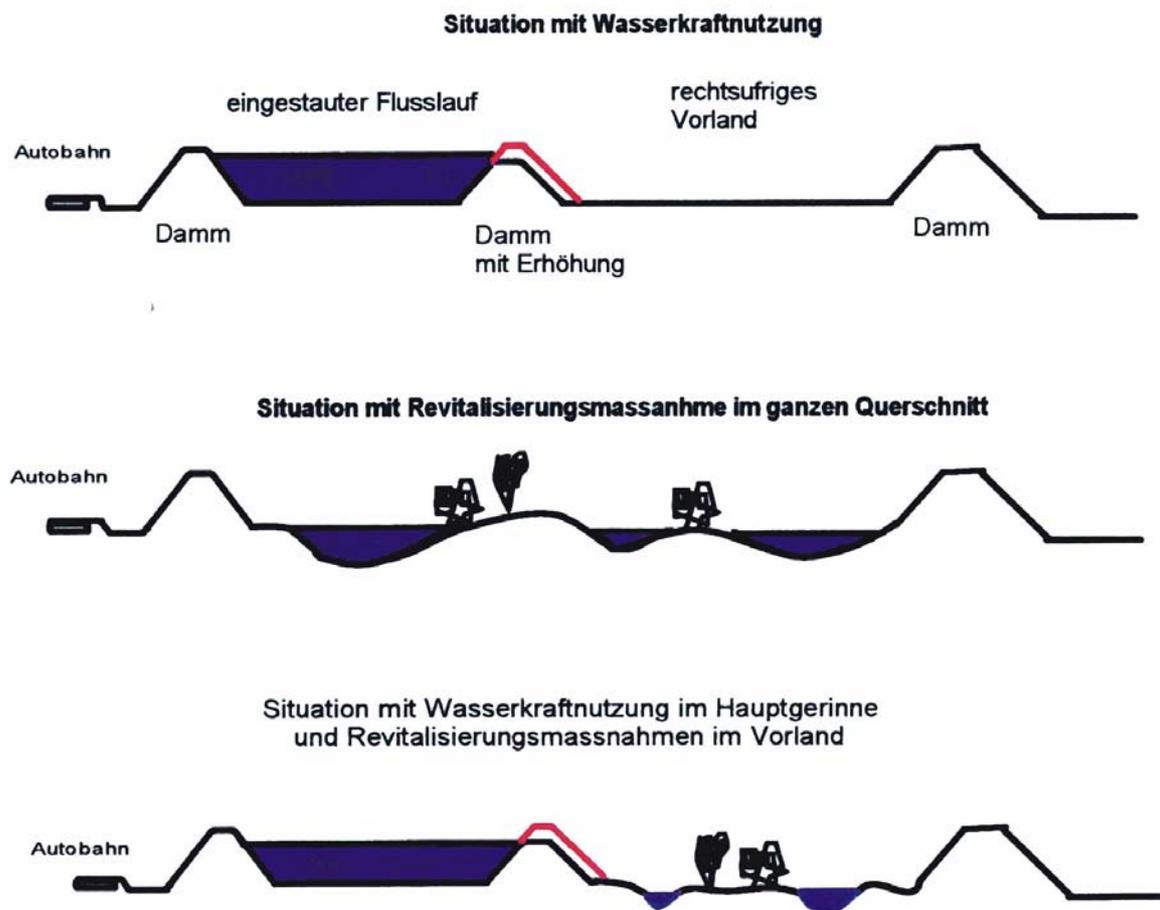
8.1. Beilage 1

Übersicht über die mögliche Wasserkraftnutzung



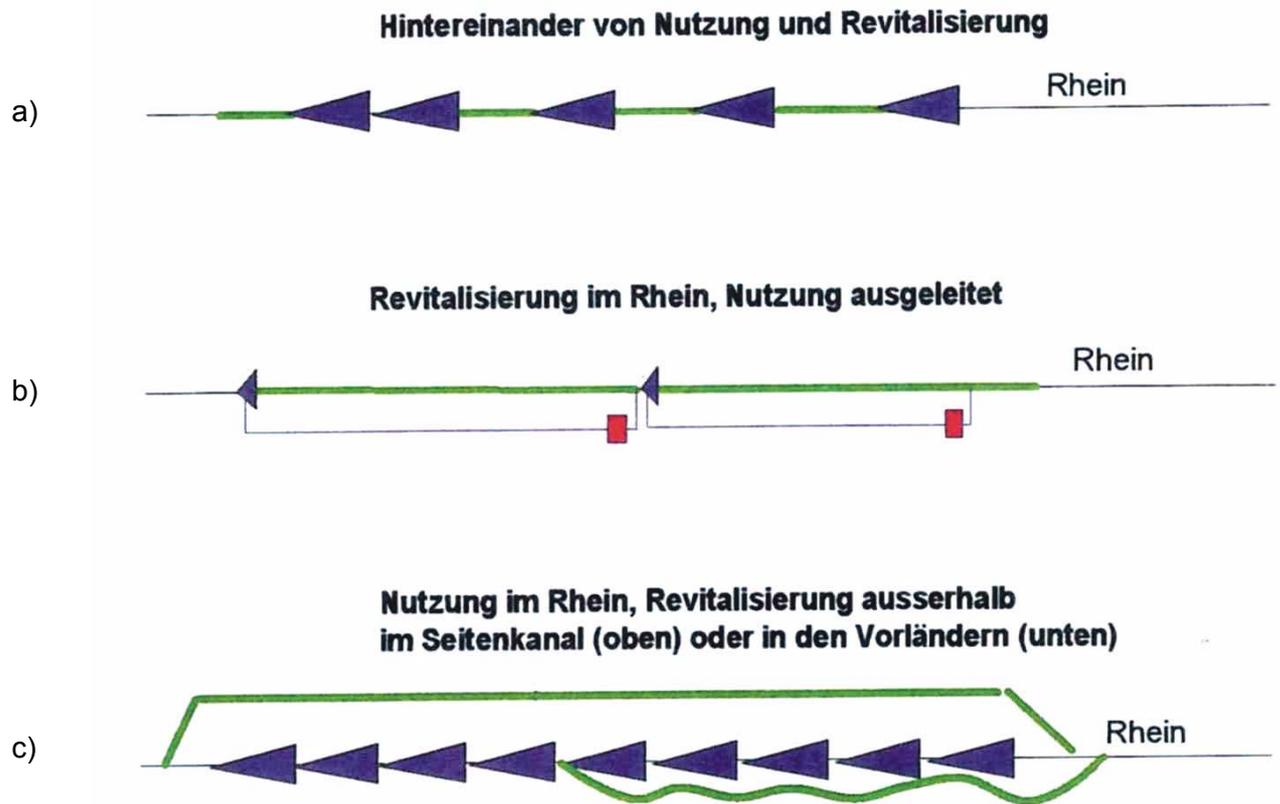
8.2. Beilage 2

Schematischer Flussquerschnitt mit Einstau durch Kraftwerk bzw. mit Revitalisierungsmassnahme



8.3. Beilage 3

Szenarien für Kombinationen von Nutzung und Revitalisierung



8.4. Beilage 4 zu Kapitel 4.2.

Gesamtübersicht über das nutzbare Energiepotential der Wasserkraft und ihre Reduktion durch die vier Revitalisierungsbeispiele

Kanton/Land	Kraftwerk	nutzbares Potential in GWh/Jahr	unmittelbare Reduktion durch Revitalisierung in GWh/Jahr
Graubünden	Felsberg	66	
	Chur	69	
	Trimmis	84	
	Zizers	84	
	Mastrils	71	
	Sand-Rheinmündung	16	
	Klus-Rheinmündung	33	423
Graubünden/St. Gallen	Maienfeld	80	
	Bad Ragaz	80	
	Fläsch	84	244
St. Gallen/Fürstentum Liechtenstein	Trübbach-Balzers	88	88 (entfällt zu 100%)
	Sevelen-Triesen	88	
	Buchs-Schaan	88	
	Haag-Bendern	88	88 (entfällt zu 100%)
	Senwald-Rungell	88	440
St. Gallen/Vorarlberg	Oberriet-Meiningen	90	90 (entfällt zu 100%)
	Mader-Kriessern	90	
	Diepoldsau-Widnau	90	90 (entfällt zu 100%)
	St. Margrethen-Lustenau	90	44 (Redimensioniert)
Fürstentum Liechtenstein	übrige	2	2
Vorarlberg	Ill-Frutz-Schwemmfächer	38	
	übrige	52	90
Total		1559 (100%)	400 (26%)

Wie der Bericht der Projektgruppe Energie vom 26. Februar 1997 aufzeigt, umfasst das gesamte noch nutzbare Wasserkraftpotential im Talboden des Alpenrheins insgesamt 1'559 GWh/Jahr. Eine Reduktion von 400 GWh/Jahr würde eine Potentialeinschränkung von rund 26% bedeuten.

Davon betroffen ist der Kanton St. Gallen, das Fürstentum Lichtenstein sowie das Vorarlberg. Eine Reduktion von 400 GWh/Jahr hätten an diesem Rheinabschnitt eine Potentialeinschränkung von 50% zur Folge.

Die anschliessende Tabelle zeigt auf, wie das direkt unmittelbare ausbaubare Wasserkraftpotential der einzelnen Kantone/Länder durch die Revitalisierungsmassnahmen reduziert wurde.

Kanton/Land	nutzbares Potential in GWh/Jahr	unmittelbare Reduktion durch Revitalisierung	
		in GWh	in %
Vorarlberg	270	112	41
Fürstentum Liechtenstein	222	88	40
St. Gallen	523	200	38
Graubünden	544	-	-
Total	1'559	400	26

Impressum:

Herausgeber:

IRKA Internationale
Regierungskommission Alpenrhein
Projektgruppe Energie

Bezugsadressen:

Mitglieder der Projektgruppe Energie

Werner Böhi (Vorsitz)
Vorsteher Amt für Energie GR
Rohanstrasse 5, CH-7001 Chur
Tel.: +41 / 81 / 2573621, Fax: / 2572031,
e-mail: werner.boehi@afe.gr.ch

Johannes Bärtsch, Abteilung Energieversorgung,
Amt für Energie des Kantons GR
Rohanstrasse 5, CH-7001 Chur
Tel.: +41 / 81 / 2573623, Fax: / 2572031,
e-mail: johannes.baertsch@afe.gr.ch

Dr. Ivo Fecker, Amt für Umweltschutz SG
Lämmlibrunnenstrasse 54, CH-9001 St. Gallen
Tel.: +41 / 71 / 2292400, Fax: / 2294267,
e-mail: ivo.fecker@bd-afu.sg.ch

Dr. Ernst Pürer, Prokurist, Vorarlberger Illwerke AG
Batloggstrasse 36, A-6780 Schruns
Tel.: +43 / 5556 / 701-0, Fax: / 7171223,
e-mail: ernst.puerer@illwerke.at

Edmund Sele, Amt für Volkswirtschaft
Kirchstrasse 7, FL-9490 Vaduz
Tel.: +423 / 2366893, Fax / 2366889,
e-mail: edmund.sele@avw.llv.li

Die "Internationale Regierungskommission Alpenrhein" (IRKA)

ist eine gemeinsame Plattform der vier Regierungen von Liechtenstein, Vorarlberg, Graubünden und St. Gallen. Sie dient dem länderübergreifenden Informationsaustausch, der Diskussion, Entscheidungsfindung und Planung wasserwirtschaftlicher und ökologischer Massnahmen am Alpenrhein.



IRKA

Internationale Regierungskommission Alpenrhein
www.alpenrhein.net



Liechtenstein



Vorarlberg



Graubünden



St. Gallen