

Technische Universität Graz
Dekanat für Bauingenieurwissenschaften
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Hermann Grengg Laboratorium

Hochdruckanlagen in der Steiermark

Bestand und Ausbaupotential

Diplomarbeit
von
Gisbert KULTERER

Vorgelegt zur Erlangung des
akademischen Grades eines Diplomingenieurs
der Studienrichtung Bauingenieurwesen

Graz, im April 2010

Betreuer der Diplomarbeit:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald ZENZ

Mitbetreuender Assistent:
Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut KNOBLAUCH

Eid (Ehrenwörtliche Erklärung)

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin oder einem Beurteiler) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, im April 2010

.....

Danksagung

Allen voran möchte ich mich bei meinem mitbetreuenden Assistenten Herrn Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Knoblauch für die umfassende Betreuung bedanken. Er hat mir stets bei Problemen und Fragen geholfen und alle Mittel bereitgestellt, um meine Arbeit durchführen zu können.

Einen Dank aussprechen möchte ich dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz, allen voran Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Zenz, der es mir ermöglicht hat, dieses Projekt abwickeln zu dürfen.

Ein großes Dankeschön ergeht an die Arbeitskollegen in der Abteilung Technische Innovation und Erzeugung Wasserkraftprojekte (E-TEW) der Energie Steiermark AG für ihre engagierte Zusammenarbeit und das ständig freundliche Arbeitsklima.

Ein besonderer Dank geht an meine Schwestern Heidrun, Sigrid und Karin und an meine Freunde, die mich während meines Studiums in vielen Situationen motiviert und unterstützt haben.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, die es mir ermöglicht haben, dieses Studium zu absolvieren.

Kurzfassung

Aufgrund des jährlichen Anstiegs des Stromverbrauchs in Österreich um derzeit 2,6 % müssen Maßnahmen getroffen werden, damit die Versorgungssicherheit weiterhin gewährleistet werden kann. Die Stromproduktion aus regenerativen Energiequellen steht hierbei im Vordergrund des öffentlichen Interesses. In der vorliegenden Diplomarbeit wird der Fokus auf die Erzeugung von Spitzenstrom aus Wasserkraft in der Steiermark gelegt.

Einleitend werden die bereits existierenden steirischen Speicherkraftwerke im Einzelnen vorgestellt. In diesem Zusammenhang werden die Funktionsweise und die Anlagenteile von Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken detailliert erklärt.

Ziel der Diplomarbeit ist die Erstellung eines Kriterienkataloges, anhand dessen eine qualitative Beurteilung von möglichen Projektstandorten durchgeführt werden kann. Die technischen und wirtschaftlichen Standortkriterien sowie rechtliche Rahmenbedingungen werden ausführlich beschrieben und bewertet. Zu diesen Faktoren zählen unter anderen die Geomorphologie, Hydrologie, Geologie, Schutzgebiete und Infrastruktur.

Als Ergebnis werden elf mögliche Standorte in der Steiermark dargestellt, deren Beurteilung anhand des entwickelten Kriterienkataloges erfolgt. Ein ausgearbeitetes Vorprojekt soll die Möglichkeit aufzeigen, ein Pumpspeicherkraftwerk in der Steiermark realisieren zu können. Zu diesem Zweck werden am Standort Übelstein bei Bruck an der Mur die für das Vorhaben notwendigen Bauwerke geplant und eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.

Abstract

Due to the annual increase of electric power consumption by approximately 2,6 % measures have to be taken for the continuing security of energy supplies. Generation of electricity from regenerative energy sources comes to the fore of public interest. The present diploma thesis is focusing on generation of surge current by hydropower in Styria.

To begin with, the existing styrian storage power stations are presented in depth. In this context the operation mode and the plant sections are explained in detail.

The goal of this thesis is the creation of a criteria catalogue to make the qualitative evaluation of possible project sites clearly arranged. The technical and economic criteria's of places of interest as well as judicial basic conditions are described extensively and reviewed. These criteria's include among others geomorphology, hydrology, geology, protective areas and infrastructure.

As a result eleven possible sites in Styria are described with their evaluation being carried out by using the developed criteria catalogue. One elaborated technical pre-project ought to show the possibility to realize a pump storage power station in Styria. For this purpose necessary structures are planned at the place of Übelstein near Bruck an der Mur and a profitability analysis is accomplished.

Inhaltsverzeichnis

Eid (Ehrenwörtliche Erklärung).....	i
Danksagung.....	ii
Kurzfassung.....	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis.....	v
1. Einleitung.....	1
1.1 Allgemeine Aufgabenstellung.....	1
1.2 Zielsetzungen der Diplomarbeit.....	2
2. Definition Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerk.....	4
2.1 Allgemeines.....	4
2.2 Speicherkraftwerke.....	5
2.3 Pumpspeicherkraftwerke.....	7
3. Hochdruckanlagen in der Steiermark.....	11
3.1 Teigitsch-Kraftwerke.....	12
3.2 Kraftwerk Salza.....	16
3.3 Kraftwerk Sölk.....	17
3.4 Kraftwerk Bodendorf.....	19
4. Rechtliche Rahmenbedingungen.....	22
4.1 Globales Wasserdargebot.....	22
4.2 Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).....	23
4.3 Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP).....	27
4.4 Umweltverträglichkeitserklärung (UVE).....	31
4.5 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP).....	33
4.6 Naturverträglichkeitsprüfung.....	36
4.7 Staubeckenkommission.....	37
5. Standortkriterien.....	39
5.1 Vorbemerkungen.....	39
5.2 Geomorphologie.....	40
5.2.1 Relief.....	40
5.2.2 Einzugsgebiet und Höhenverhältnisse.....	46
5.3 Geologie.....	50

5.4	Hydrologie	52
5.5	Schutzgebiete.....	54
5.5.1	Naturschutzgebiete.....	55
5.5.2	Landschaftsschutzgebiete	56
5.5.3	Naturdenkmale und geschützte Landschaftsteile.....	57
5.5.4	Kohärentes europäisches ökologisches Netz „NATURA 2000“	58
5.6	Infrastruktur, Siedlungsgebiete und Wasserrechte	62
5.7	Ausschließungsgründe.....	63
6.	Untersuchte Standorte	65
6.1	Vorbemerkungen.....	65
6.2	Talbach.....	66
6.3	Sattentalbach	68
6.4	Kleinsölkbach	70
6.5	Gulling	71
6.6	Grimming.....	72
6.7	Weißbach bei Liezen.....	73
6.8	Turrach	74
6.9	Lorenzer Bach.....	75
6.10	Ingeringbach.....	76
6.11	Liesing	77
6.12	Übelstein	78
6.13	Übersicht	79
7.	Beispiel KW Übelstein (Bruck an der Mur).....	81
7.1	Vorbemerkungen.....	81
7.2	Projektbeschreibung.....	81
7.3	Beschreibung der Anlagenteile	83
7.4	Wirtschaftlichkeit	85
8.	Zusammenfassung	90
9.	Verzeichnisse.....	94
9.1	Literaturverzeichnis	94
9.2	Abbildungsverzeichnis.....	97
9.3	Tabellenverzeichnis.....	100

1. Einleitung

1.1 Allgemeine Aufgabenstellung

Laut www.e-control.at, der offiziellen Homepage der Energie-Control GmbH, steigt der Stromverbrauch in Österreich jährlich um ca. 2,6 % bzw. 1,7 GWh (E-Control, Jahresbericht 2007). Um diese zusätzlich nötige Energie produzieren zu können, müsste man jedes Jahr ein neues Wasserkraftwerk an der Donau errichten. Österreich hat sich aufgrund zu wenig Investition in die heimische Energieproduktion in den letzten Jahren vom Stromexportland zum Stromimportland entwickelt. Die Versorgungssicherheit ist zwar nicht akut gefährdet, jedoch kam es in den Ländern, aus denen Österreich Strom bezieht, bereits zu Engpässen in der Stromerzeugung in der Vergangenheit, wie zum Beispiel im November 2006 in Deutschland.

Eine Möglichkeit, die sichere Energieversorgung weiterhin gewährleisten zu können, besteht in der Erhöhung des Stromimportvolumens aus dem Ausland. Allerdings wird auch in den verbleibenden großen europäischen Exportländern, wie Frankreich, Deutschland und Tschechien, immer mehr Strom verbraucht. Das bedeutet, dass sie über kurz oder lang ihre Energieproduktion für den Eigenbedarf benötigen werden. Demnach sind auch hier Engpässe zu erwarten. Des Weiteren ist der Zukauf von Strom aus dem Ausland aus umweltpolitischer Sicht heraus zu überdenken, da nicht garantiert werden kann, Energie aus regenerativen Ressourcen zu erhalten. Somit wird die Investition in die heimische Energieerzeugung zu einer wichtigen Aufgabe der kommenden Jahre.

Der Ausbau und die Verbesserung der Effizienz von bereits bestehenden Anlagen einerseits, sowie andererseits die Neuerrichtung von Wasserkraftwerken, stellen dabei Möglichkeiten dar, den steigenden Verbrauch auf dem heimischen Energiesektor zu decken. So könnten durch technologische Innovationen und Weiterentwicklungen Maßnahmen ergriffen werden, um Optimierungen in der Energieerzeugung zu erreichen.

Die Nutzung von neuen ökologisch, topographisch und wirtschaftlich sinnvollen Standorten im wasserreichen Land Österreich für die heimische Stromversorgung aus der Kraft des Wassers sollte daher dringend forciert werden.

1.2 Zielsetzungen der Diplomarbeit

Ein Ziel dieser Diplomarbeit ist, die bestehenden Hochdruckanlagen in der Steiermark vorzustellen. Die Funktionsweise und Anlagenteile von Speicher- und Pumpspeicherkraftwerken, wie Oberbecken, Triebwasserführung, Krafthaus und Sicherheitseinrichtungen, werden einführend vorgestellt und erklärt. Des Weiteren werden die bereits existierenden Kraftwerke im Einzelnen vorgestellt. Anhand von Plänen, Abbildungen und Erläuterungen bezüglich ihrer technischen Daten soll ein Überblick geschaffen werden.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit soll das noch vorhandene Speicher- bzw. Pumpspeicherpotenzial ermittelt werden. Hierfür ist es notwendig, einen Kriterienkatalog zu erstellen, in dem alle Randbedingungen zusammengefasst werden, welche für diese Art von Kraftwerksprojekten maßgebend sein können. Die Liste umfasst Kriterien in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, ebenso wie soziale und ökologische Gesichtspunkte.

- Relief und Höhenverhältnisse
- Einzugsgebiete und hydrographische Werte
- Flächenangebot für Oberbecken, Krafthaus, eventuell Unterbecken
- Siedlungsflächen
- Bestehende Wasserrechte und Kraftwerksanlagen
- Schutzgebiete

Eine Kategorisierung der steirischen Berglandschaft soll mittels der festzulegenden Kriterien und Ausschließungsgründen durchgeführt werden, um schließlich eine Karte zu erhalten, aus der ersichtlich wird, in welchen Gebieten wirtschaftliche und umweltverträgliche Speicher- bzw. Pumpspeicherwerke errichtet werden könnten.

In der Steiermark sind über 40 Prozent der Landesfläche als Schutzgebiete verschiedenster Art ausgewiesen, wie zum Beispiel Nationalparks, Landschafts- oder Europaschutzgebiete. Diese geschützten Flächen befinden sich größtenteils in Gebieten, welche für die Wasserkraftwerksplanung von großem Interesse wären, wie etwa im Bergland und entlang von Flussläufen. Deshalb ist es notwendig und Teil der vorliegenden Arbeit, näher auf die verschiedenen Arten der Schutzgebiete und die EU-Wasserrahmenrichtlinie einzugehen und die entstehenden Auswirkungen auf die Planung von Hochdruckanlagen zu betrachten. Die in der Steiermark vorkommenden Schutzgebiete werden im Zuge der Auseinandersetzung mit den übrigen Standortkriterien besprochen.

Gesetze und Richtlinien, die für die Planung und Ausführung von Speicherkraftwerken relevant sind, werden in einem eigenen Kapitel „Rechtliche Rahmenbedingungen“ zusammenfassend dargestellt.

Des Weiteren soll anhand eines ausgesuchten Beispiels die Vorgehensweise bei der Standortauswahl aufgezeigt werden. Unter Berücksichtigung der im Kapitel „Standortkriterien“ beschriebenen Kriterien wird ein Vorprojekt erarbeitet, dessen technische und wirtschaftliche Darstellbarkeit geprüft und die technische Ausführung anhand von Berechnungen und Plänen dargestellt. Diese Hochdruckanlage soll die Möglichkeit belegen, trotz hohem Ausbaugrad in der Steiermark, neue Kraftwerksprojekte entwickeln zu können.

2. Definition Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerk

2.1 Allgemeines

Im Wasserbau unterscheidet man zwischen Hoch-, Mittel- und Niederdruckkraftwerken. Ihre Einteilung erfolgt anhand der unterschiedlichen Fallhöhen. Zu den Niederdruckkraftwerken zählt man Anlagen mit Fallhöhen bis zu 15 m, wie beispielsweise Fluss- und Gezeitenkraftwerke. Mitteldruckkraftwerke weisen Höhenunterschiede zwischen 15 m und 100 m auf und werden neben großen Laufkraftwerken auch als Speicherkraftwerke ausgeführt. Der Begriff der Hochdruckanlage deckt per Definition jene Kraftwerke ab, welche Fallhöhen über 100m aufweisen (Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3, Wasserkraft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992). Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke arbeiten mit diesem großen Höhenunterschied, um auf wirtschaftliche Weise teuren Spitzenstrom zu erzeugen.

Die verschiedenen Arten von Wasserkraftwerken können auch nach dem Verhältnis vom Regelarbeitsvermögen zur Nennleistung, der Auslastung,

Bezeichnung	Auslastung	Bauarten
Grundlastkraftwerke	>50%	Fluss-, Gezeitenkraftwerke
Mittellastkraftwerke	30-50%	Fluss-, Speicherkraftwerke
Spitzenlastkraftwerke	<30%	Speicher-, Pumpspeicherkraftwerke

gegliedert werden, wie in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1: Einteilung von Wasserkraftwerken nach Auslastungsgrad

In Abbildung 2.1 wird ein Lastprofil eines Stromerzeugungstages dargestellt. Ein Lastprofil ist eine Kurve, die den zeitlichen Verlauf des Leistungsbedarfs wiedergibt. Sie kann im Laufe eines Tages erheblich schwanken. Aus dieser

Kurve kann man ableiten, dass die Spitzenlast den geringsten Teil ausmacht. Allerdings ist sie auch den größten Schwankungen unterworfen und somit nur durch Kraftwerke mit speziell auf diese Schwankungen zugeschnittenen Fähigkeiten abzudecken.

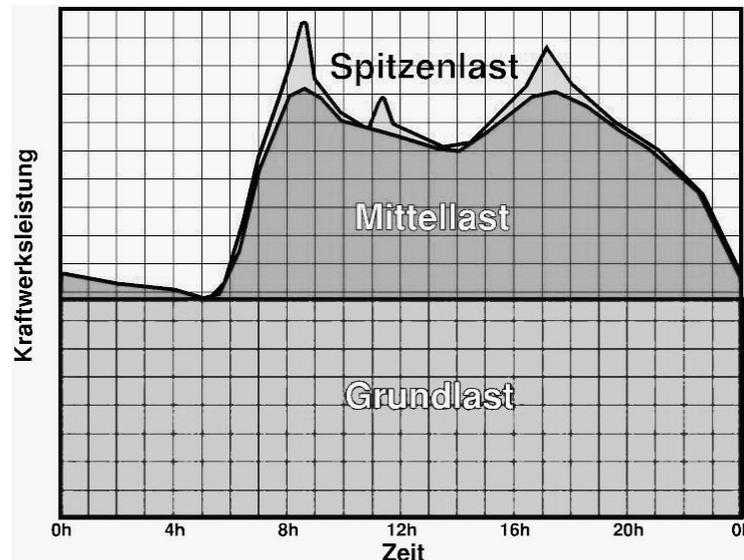


Abbildung 2.1: Lastprofil Stromerzeugung (Quelle: www.computerbase.de)

2.2 Speicherkraftwerke

Ein Speicherkraftwerk ist ein Wasserkraftwerk, dessen Zufluss einem oder mehreren Speichern entnommen wird. Sein Einsatz ist damit weitgehend unabhängig vom zeitlichen Verlauf der Zuflüsse in seine(n) Speicher (Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3, Wasserkraft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992). Das abzuarbeitende Wasser wird in einem höher gelegenen Becken gesammelt. Dies kann ein natürlicher See oder ein künstlicher Stausee sein, welcher durch Aufstauen mittels Staudamm oder Staumauer entsteht. Dieses Staubecken wird durch den natürlichen Zufluss gespeist. Zusätzlich können Beileitungen von anderen Einzugsgebieten und ihren jeweiligen Flüssen die Wassermenge erhöhen. Das Wasser wird gesammelt und gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt über Stollen oder Rohrleitungen dem tiefer gelegenen Krafthaus zugeführt. Hier wird es von einer oder mehreren Turbinen dazu verwendet, diese in Rotation zu versetzen und die zugehörigen Generatoren anzutreiben. Diese wiederum erzeugen den elektrischen Strom. Einmal durch die Turbine geströmt fließt das

Wasser in das Unterbecken. Unterbecken können ihrerseits wieder Staubecken für weiter unten liegende Staustufen, aber auch Vorfluter sein.

Der Entleerungs- und Füllrhythmus von Speicherkraftwerken kann sehr unterschiedlich ausgebildet sein. Abhängig hiervon werden Anlagen in Tages-, Wochen-, Saison und Jahresspeicher eingeteilt.

Speicher	Entleerungsdauer
Tagesspeicher	etwa ca. 6 Stunden
Wochenspeicher	zwischen etwa 6 und 25 Stunden
Saisonspeicher	etwa bis 500 Stunden
Jahresspeicher	über etwa 500 Stunden

Tabelle 2.2: Einteilung Speicher (Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3, Wasserkraft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992)

In Österreich werden Jahresspeicher häufig dazu verwendet, um Schmelzwasser von Gletschern im Sommer aufzufangen und zu speichern und im wasserarmen Winter in elektrische Energie umzuwandeln. Wochenspeicher speichern die zufließende Wasserfracht und geben diese an das Krafthaus ab wie jedes andere Speicherkraftwerk. Im speziellen wird hierbei der Stauraum der Anlage stetig gefüllt und, sobald Spitzenstrom produziert werden soll, unstetig entleert. Innerhalb einer Woche erreicht die Speicherganglinie sowohl das Stauziel als auch das Absenkziel. Auf die gleiche Art funktioniert auch der Tagesspeicher, allerdings hat dieser einen täglichen und keinen wöchentlichen Rhythmus.

Speicherkraftwerke sind Spitzenkraftwerke. Sie sollen die Spitzen am Strommarkt abdecken. Erreichen können sie dies, indem sie ihre Leistung in kurzer Zeit zur Verfügung stellen. Außerdem sind sie regelbar im Gegensatz zu beispielsweise Flusskraftwerken oder Windkraftanlagen. Weiters können sie eingesetzt werden, um bei Ausfall anderer Energieerzeuger den notwendigen Strom bereitzustellen. Bei einem totalen Stromausfall sind sie in der Lage,

selbständig hochzufahren und den von ausgefallenen Kraftwerken benötigten Strom zum Anfahren zu liefern.

2.3 Pumpspeicherkraftwerke

Pumpspeicherkraftwerke sind, analog zu Speicherkraftwerken, Spitzenkraftwerke. Wenn nicht genügend Zuflüsse auf dem Niveau eines möglichen Speichersees verfügbar sind, werden Speicherkraftwerke so konzipiert, dass Wasser von einem tiefer gelegenen Unterbecken zum Oberbecken gepumpt wird. Auf diese Weise wird der natürliche Zufluss künstlich vergrößert.

Im Gegensatz zu Laufkraftwerken kann ein Pumpspeicherkraftwerk in seinem Staubecken für Zeiten erhöhten Bedarfs Triebwasser zwischenspeichern. Bei Stromüberschuss wird mit billigem Strom das Wasser über die Druckrohrleitung auf das höhere Niveau im Stauraum des Oberbeckens gepumpt. Zum angesprochenen Zeitpunkt des erhöhten Bedarfs kann im Turbinenbetrieb diese potentielle Energie in teuren Strom umgewandelt werden. Diese Verbrauchsspitzen treten zu bestimmten Tageszeiten auf, aber auch zum Beispiel bei großen Veranstaltungen. Die Preisspanne zwischen Pumpstrom und Spitzenstrom hängt wiederum von Angebot und Nachfrage an der Strombörse ab. Diese wickelt den Verkauf von erzeugtem Strom ab. Ein Tagesergebnis der österreichischen Strombörse EXAA (Energy Exchange Austria) kann unter <http://www.exaa.at> abgerufen werden (EXAA Daily Spotlight).

Die folgende Abbildung 2.2 zeigt beispielhaft die Schwankung des Strompreises innerhalb eines Tages.

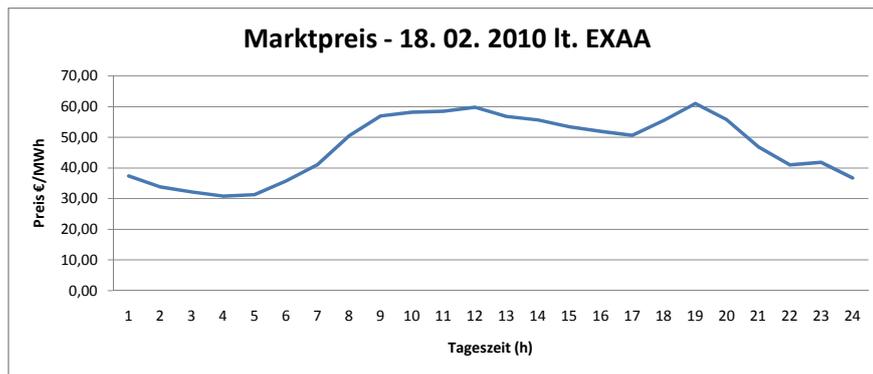


Abbildung 2.2: Marktpreis vom 17.02.10 für den 18.02.10 (Quelle: www.EXAA.at)

An der Strombörse wird am Tag vor der Stromauslieferung der Strompreis für den nächsten Tag festgesetzt. Wie auf der vorangegangenen Grafik (Abbildung 2.2) ersichtlich kann ein Pumpspeicherkraftwerk zwischen 23 Uhr und 5 Uhr früh Strom zum Preis von unter € 40/MWh einkaufen und zum Pumpbetrieb nutzen. Während den Mittagsstunden und am Abend kann nun das gepumpte und gespeicherte Wasser abgearbeitet werden und der produzierte Strom zu deutlich höheren als den Einkaufspreisen verkauft werden. Welche Preisspannen hierbei durchaus möglich sind zeigt eine Übersicht (Abbildung 2.3) mit Daten von der Energy Exchange Austria (Marktinformation, Spotmarkt Strom 2010).

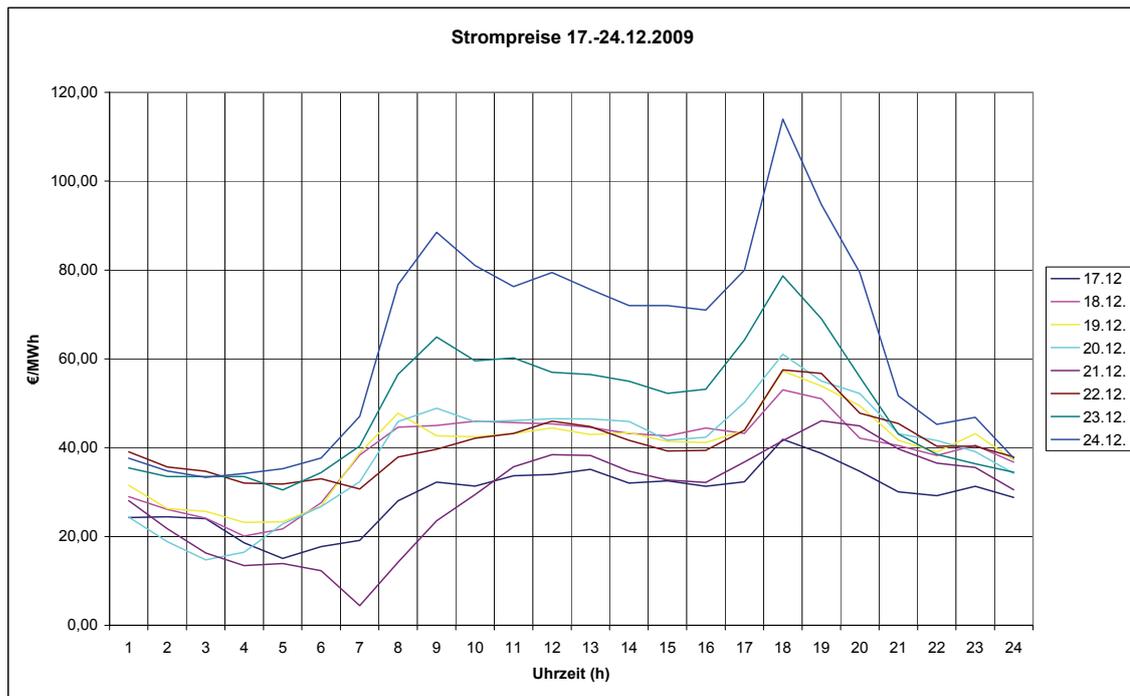


Abbildung 2.3: Strompreise 17.-24.12.09 (EXAA, Marktinformation Spotmarkt Strom)

Die erheblichen Unterschiede zwischen Einkaufs- und Verkaufspreis machen die Pumpspeicherung interessant und wirtschaftlich.

Mit dem Bau eines Speicherkraftwerks geht zumeist ein bedeutender Eingriff in die Natur einher. Dies und der Umstand, dass immer mehr Energie zum Pumpbetrieb benötigt wird als erzeugt werden kann und somit Energie verloren geht, tragen dazu bei, den Neubau solcher Anlagen aus ökologischer Sicht in Frage zu stellen. Dem gegenüber steht aber die Tatsache, dass Pumpspeicherung mit sehr guten Wirkungsgraden elektrische Energie bei Netzschwankungen zwischenspeichern kann. Außerdem gibt es gestalterische Möglichkeiten, um Anlagenaußenbereiche an das Umfeld anzupassen und den Eingriff in die Natur gering zu halten. Beispielhaft sei hier auf den Packer Stausee verwiesen (Abbildung 2.4).



Abbildung 2.4: Packer Stausee (Quelle: www.panoramio.com)

Dieser Stausee stellt aufgrund der vielen möglichen Aktivitäten ein beliebtes Ausflugsziel dar.

Der Neubau von Speicherkraftwerken bleibt zwar umstritten. Aber eine sorgfältige Planung unter Einbeziehung der Öffentlichkeit und Abwägung aller Vor- und Nachteile führt dazu, dass die Realisierung dieser Art von Projekten möglich ist.

3. Hochdruckanlagen in der Steiermark

Das Bundesland Steiermark bietet aufgrund seiner Geographie eine besondere Grundlage für den Bau von Hochdruckanlagen. Nicht nur im westlichen Teil des Landes, welches durch sehr gebirgiges Gelände geprägt wird, sondern auch im hügeligen Osten findet man heute bereits einige Tages- und Jahresspeicherkraftwerke. Ebenso ist die in diesen Gebieten anzutreffende Geologie für Speicherkraftwerksprojekte günstig. Im Kapitel 5.3 wird hierauf näher eingegangen.

In Abbildung 3.1 und Tabelle 3.1 wird eine Übersicht der steirischen Speicherkraftwerke dargestellt.

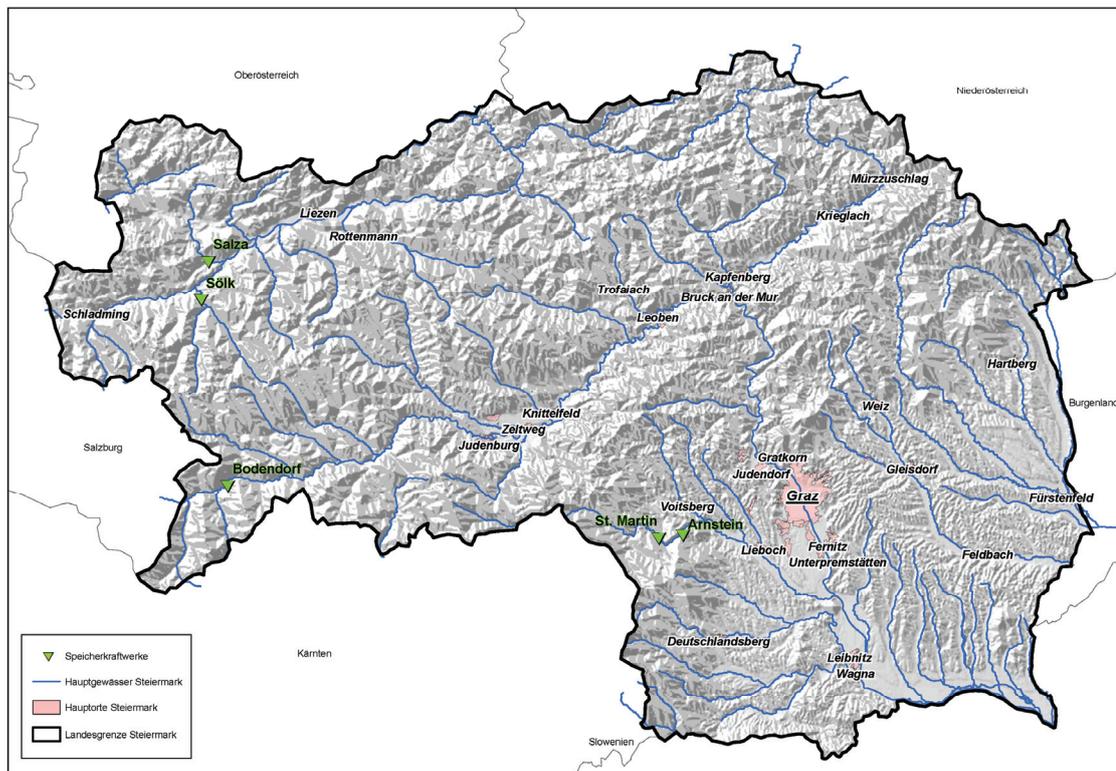


Abbildung 3.1: Speicherkraftwerke in der Steiermark (Quelle: AMapFly, GIS Steiermark)

Kraftwerksanlage	Typ	Flussgebiet	Inbetriebnahme	EPL/MW	RAV/GWh
Sölk	T	Enns	1978	61,0	206,0
Salza	J	Enns	1949	8,5	28,5
Bodendorf – Paal	T	Mur	1982	27,0	86,0
St. Martin	J	Teigitsch	1965	9,8	15,5
Arnstein	J	Teigitsch	1925	30,0	50,0

T: Tagesspeicher, J: Jahresspeicher, EPL: Engpassleistung, RAV: Regelarbeitsvermögen

Tabelle 3.1: Speicherkraftwerke in der Steiermark (Quelle: Verbund-AHP)

Der Jahresspeicher Arnstein ist Teil der Teigitsch-Kraftwerke auf der Pack an der Grenze zu Kärnten. Bereits in den Zwischenkriegsjahren 1922 bis 1925 wurde diese älteste steirische Anlage erbaut und in Betrieb genommen. Es folgten die Jahresspeicher Salza (1949) und St. Martin (1965) sowie der größte Tagesspeicher Hieflau an der Enns (1956). Zwischen 1978 und 1985 gingen schließlich die Speicher Sölk, Bodendorf und Mandling an das Energienetz. Im Folgenden werden diese Anlagen genauer dargestellt.

3.1 Teigitsch-Kraftwerke

Die Teigitsch-Gruppe besteht aus zwei Laufkraftwerken und zwei Speicherkraftwerken. In Kombination nutzen sie optimal das Energiepotential der Speicher Pack, Hierzmann und Langmann.

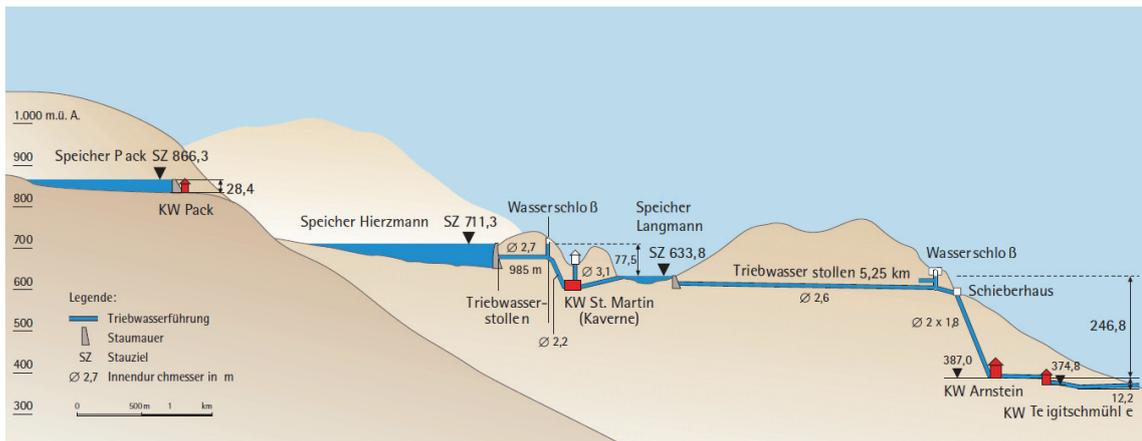


Abbildung 3.2: Teigitsch-Kraftwerke, Übersichtslängenschnitt (Quelle: Verbund AHP)

Der Packer Stausee wird nicht nur zur Stromgewinnung, sondern auch als Freizeitanlage, unter anderem zum Baden und Fischen, genutzt. Sein Nutzinhalt von 5,4 Mio. m³ wird gefasst durch eine 33 m hohe Gewichtsmauer, das Stauziel liegt hierbei auf 866,3 m.ü.A.



Abbildung 3.3: Teigitsch-Kraftwerke, Packer Stausee (Quelle: Verbund-AHP)

Mit einer Engpassleistung von 800 kW und einer Ausbaufallhöhe von 28,5 m arbeitet das am Sperrenfuß befindliche Kleinkraftwerk Pack das Wasser aus diesem Jahresspeicher ab und leitet es dem ebenso als Jahresspeicher betriebenen Stausee Hierzmann zu.

Die höchste Staumauer in der Steiermark mit 58,6 m Kronenhöhe (Gewölbemauer) schließt den 7,1 Mio. m³ fassenden Jahresspeicher Hierzmann ab. Das Stauziel liegt auf 711,3 m.ü.A. Auch dieser See wird als attraktives Ausflugs- und Urlaubsziel genutzt. Ein 985 m langer Druckstollen, ein Wasserschloss und der 121 m lange Druckschacht führen das Triebwasser dem Kavernenkraftwerk St. Martin zu. Der Maschinensatz besteht aus einer Kaplan turbine und einem Asynchrongenerator mit jeweils horizontaler Achse und hat eine Engpassleistung von 9,8 MW.



Abbildung 3.4: Teigitsch-Kraftwerke, Speicher Hierzmann (Quelle: Verbund-AHP)

Als Unterbecken für das Kraftwerk St. Martin dient der Tagesspeicher Langmann. In der ersten Ausbaustufe der Teigitsch-Kraftwerke wurde der Stausee zwischen 1922 und 1925 als Oberbecken für das Kraftwerk Arnstein geplant und errichtet. Sein Nutzinhalt beträgt 0,32 Mio. m³ und das Stauziel liegt auf 633,8 m.ü.A. Vom Abschlussbauwerk, einer 26 m hohen Gewichtsmauer, führt ein 5,25 km langer Stollen mit 2,6 m Innendurchmesser und dem

Kraftabstieg, welcher aus zwei 690 m langen gepanzerten Druckrohrleitungen besteht, zum Krafthaus Arnstein und erschließen so eine Ausbaufallhöhe von 246,8 m. Der während dem Betrieb auftretende Druckstoß wird durch ein Wasserschloss vermindert. Im Krafthaus befinden sich drei Maschinensätze mit insgesamt 30 MW Engpassleistung. Das abgearbeitete Triebwasser wird über einen 820 m langen Unterwasserkanal weitergeleitet zum im Jahr 1926 erbauten Laufkraftwerk Teigitschmühle. Dieses hat eine Ausbaufallhöhe von 11,6 m und weist eine Engpassleistung von 1200 kW auf.

Insgesamt haben diese vier Kraftwerke eine Engpassleistung von 41800 kW und erzeugen im Regeljahr 69 GWh.

Kraftwerk	Pack	St. Martin	Arnstein	Teigitschmühle
Kraftwerkstyp	Laufkraftwerk	Jahresspeicherkraftwerke		Laufkraftwerk
Inbetriebnahme	1931	1965	1925	1926
Einzugsgebiet	63 km ²	162 km ²	175 km ²	170 km ²
Engpassleistung	800 kW	9800 kW	30000 kW	1200 kW
Erzeugung im Regeljahr	1,8 GWh	15,5 GWh	50,0 GWh	2,0 GWh
Ausbaufallhöhe	28,5 m	73,5 m	246,8 m	11,6 m
Turbinen				
Anzahl	1	1	3	1
Bauart	Francisturbine	Kaplanturbine	Francisturbine	Francis-Doppeltrubine
Anordnung	vertikal	horizontal	horizontal	horizontal
Nennleistung	745 kW	11000 kW	11000 kW	1435 kW
Nenndurchfluss	3,0 m ³ /s	16,5 m ³ /s	5,5 m ³ /s	15,0 m ³ /s

Tabelle 3.2: Teigitsch-Kraftwerke, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)

3.2 Kraftwerk Salza

Das Kraftwerk Salza in St. Martin am Grimming wurde 1949 in Betrieb genommen. Gespeist wird es durch den sechs Kilometer langen und 11 Mio. m³ fassenden Speicher Salza. Dessen Stauziel liegt auf 769 m.ü.A. und wird von den steilen Hängen und der 53 m hohen Salza-Sperre begrenzt. Die Nennfallhöhe von ca. 100 Metern und gleichzeitigem Nenndurchfluss von 8,6 m³/s führen im Krafthaus (Engpasseleistung 8,5 MW) mit einer Franzis-Turbine gekoppelt mit einem Synchrongenerator zu einer Jahreserzeugung von 28,5 GWh.

Stausee Salza		Sperre Salza		Kraftwerk Salza	
Stauziel	769 m.ü.A.	Höhe	53 m	Engpasseleistung	8,5 MW
Gesamtinhalt	11 Mio. m ³	Basisbreite	12 m	Jahreserzeugung	28,5 GWh
Länge	ca. 6 km	Kronenbreite	3 m	Nennfallhöhe	104 m
Staufläche	0,8 km ²	Kronenlänge	121 m	Nenndurchfluss	8,6 m ³ /s

Tabelle 3.3: Kraftwerk Salza, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)

Im Zeitraum von 2007 bis 2008 wurde die 60 Jahre alte Staumauer revitalisiert. Hierbei wurde die gesamte Anlage an den derzeitigen Stand der Technik adaptiert.

- Errichtung eines neuen Grundablasses durch den Sperrkörper
- Erneuerung der Absperrvorrichtung beim vorhandenen Grundablass
- Verbesserung des Sperrmonitorings
- Errichtung von winterfesten Zugängen entlang des Sperrfußes
- Adaptierung des Tosbeckens und der Hochwasserentlastung
- Sanierung der Wasserseite der Sperre

In der folgenden Abbildung (Abbildung 3.5) sind das Kraftwerk Salza inklusive Speicher und die Adaptierungen grafisch dargestellt.

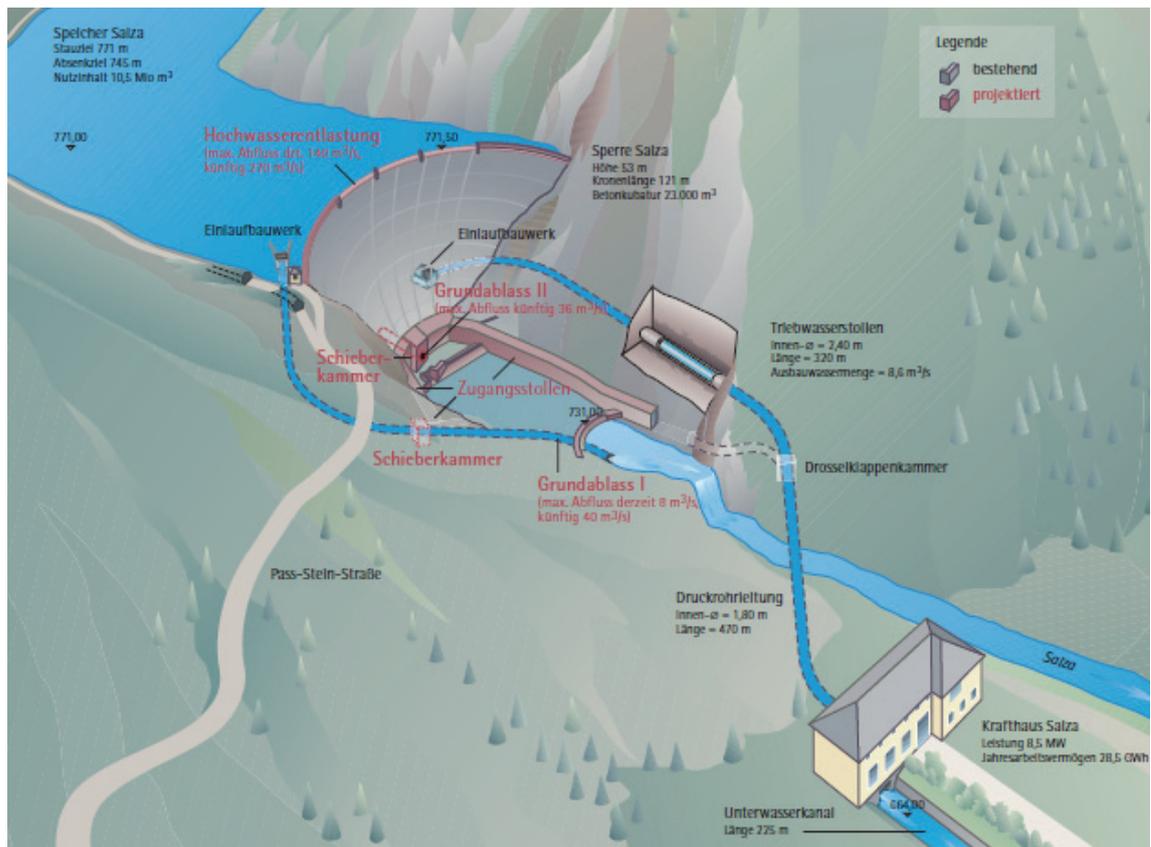


Abbildung 3.5: Revitalisierung der Salza-Sperre (Quelle: Verbund-AHP)

3.3 Kraftwerk Sölk

Im Großsölketal wurde 1978 der Speicher Großsölk mit einem Nutzinhalt von 1,5 Mio. m³ und einem Stauziel auf Höhe 901,8 m.ü.A. errichtet. Abgeschlossen wird dieser durch eine 39 m hohe Gewölbemauer. Ein ca. 12 km langer Freispiegelstollen leitet das Wasser des Donnersbachs sowie des Walchenbachs von Osten kommend in den Speicher und von Westen wird über einen 3,3 km langen Beileitungsstollen der Kleinsölkbach beigeleitet. Auf diese Weise wird ein Einzugsgebiet von 376,8 km² erschlossen und somit die hohe Jahreswasserfracht der Sölkäler wirtschaftlich genutzt.



Abbildung 3.6: Stausee und Sperre Großsölk (Quelle: Verbund-AHP)

Die Triebwasserführung besteht aus einem 5 km langen Druckstollen, einem Wasserschloss und einer ca. einen Kilometer langen überdeckten gepanzerten Druckrohrleitung.

Das 230 m tiefer gelegene Krafthaus Stein wurde in der Gemeinde Stein an der Enns errichtet. In diesem befindet sich ein Maschinensatz mit vertikaler Welle und einer Engpassleistung von 61,0 MW. Mittels einer Francis-Spiralturbine und einem Synchrongenerator werden hier im Regeljahr 206,0 GWh erzeugt.

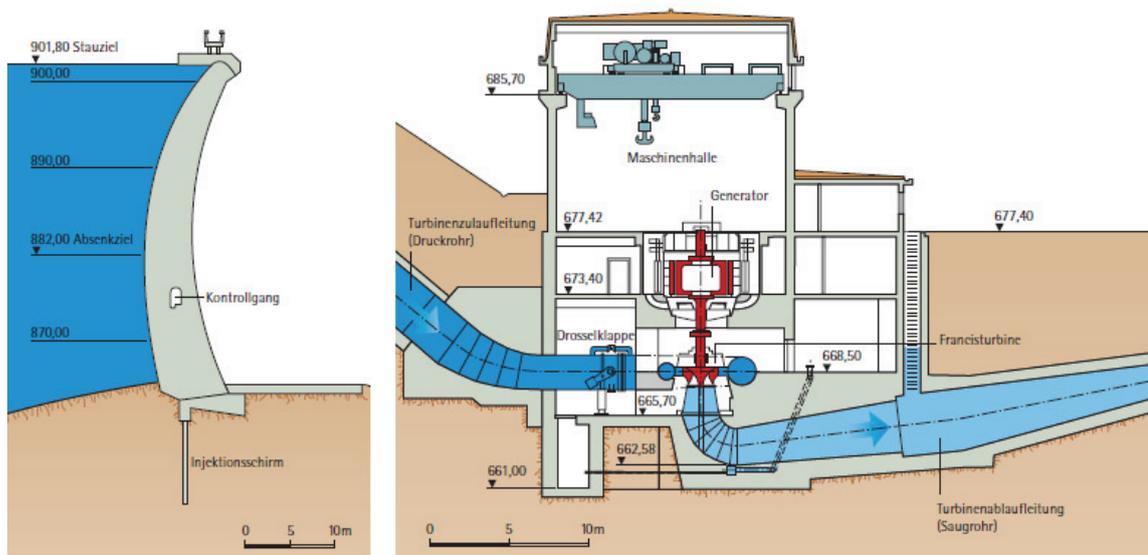


Abbildung 3.6: Sperre Sölk, Krafthaus Stein, Querschnitte (Quelle: Verbund-AHP)

Speicher Sölk		Sperre Sölk		Kraftwerk Stein	
Speichertyp	Tagesspeicher	Höhe	39 m	Engpassleistung	61 MW
Stauziel	901,8 m.ü.A.	Basisbreite	8,0 m	Erzeugung im Regeljahr	206,0 GWh
Absenkziel	882,0 m.ü.A.	Kronenbreite	3,0 m	Ausbaufallhöhe	231,8 m
Nutzinhalt	1,5 Mio. m ³	Kronenlänge	128 m	Nenndurchfluss	34,0 m ³ /s

Tabelle 3.4: Kraftwerk Sölk, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)

3.4 Kraftwerk Bodendorf

Das Kraftwerk Bodendorf ist das oberste Kraftwerk in der Mur. Die vorteilhafte geographische Lage machte es möglich, im Krafthaus Bodendorf nicht nur die Maschinensätze der Niederdruckanlage KW Bodendorf – Murstufe unterzubringen, sondern dieses auch als Krafthaus für die Hochdruckanlage KW Bodendorf – Stufe Paalbach zu nutzen.

Die Stufe Paalbach besteht aus einem Tagesspeicher im Paalbachtal mit Stauziel auf Höhe 1158 m.ü.A. und einem Nutzinhalt von 0,22 Mio. m³. Des Weiteren wurde ein 8,9 km langer Freispiegelstollen erbaut, der das Wasser des Turrachund des Minibaches zum Speicher leitet. Von diesem führen ein 9,1 km langer Druckstollen zum Wasserschloss und die daran anschließende 1,0 km lange gepanzerte Druckrohrleitung zum Krafthaus.

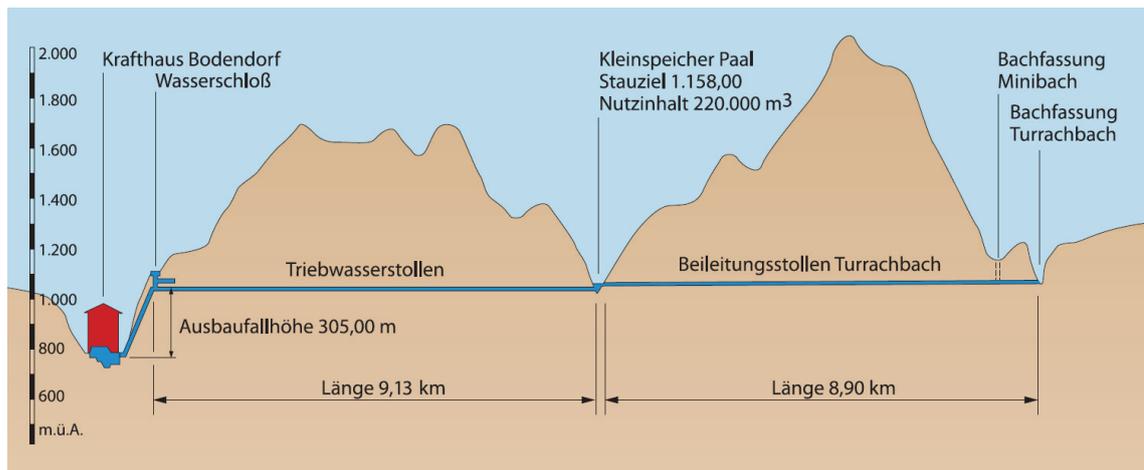


Abbildung 3.7: Stufe Paalbach, Übersichtslängenschnitt (Quelle: Verbund-AHP)

Im Krafthaus ist ein Maschinensatz mit vertikaler Welle verbaut, der aus einer Francis-Spiralturbine und einem Synchrongenerator besteht. Diese Maschine erreicht bei einem Nenndurchfluss von $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$ und $305,0 \text{ m}$ Ausbaufallhöhe eine Leistung von 27260 kW . Das Einzugsgebiet des Paal-, Turrach- und Minibaches mit insgesamt ca. 200 km^2 wird genutzt, um im Regeljahr $34,0 \text{ GWh}$ zu produzieren.

Für die Murstufe wurde der Fluss auf Höhe der beiden Wehrfelder um 11 m aufgestaut, während im Unterwasser die Sohle auf einer Länge von ca. einem Kilometer um bis zu 5 m eingetieft wurde. Der Maschinensatz, bestehend aus einer Kaplan turbine und einem Drehstrom-Synchrongenerator, nutzt das Wasser der Mur bei $50 \text{ m}^3/\text{s}$ Nenndurchfluss und einer Engpassleistung von 7000 kW . Im Regeljahr werden 34 GWh produziert.

Zusammen erreichen die Stufe Paalbach und die Murstufe eine Stromerzeugung von $120,0 \text{ GWh}$ im Regeljahr.

Speicher Paal		Sperre Paal		Kraftwerk Bodendorf – Stufe Paal	
Speichertyp	Tagesspeicher	Höhe	37,5 m	Nennleistung	27,0 MW
Stauziel	1158 m.ü.A.	Basisbreite	9,0 m	Erzeugung im Regeljahr	86,0 GWh
Absenkziel	1146 m.ü.A.	Kronenbreite	3,0 m	Ausbaufallhöhe	305,0 m
Nutzhalt	0,22 Mio. m ³	Kronenlänge	128 m	Nenndurchfluss	10,0 m ³ /s

Tabelle 3.5: Kraftwerk Bodendorf – Stufe Paal, technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)

Kraftwerk Bodendorf – Murstufe			
Kraftwerkstyp	Laufkraftwerk	Bauart	Kaplanturbine
Einzugsgebiet	1359 km ²	Anordnung	Vertikal
Engpassleistung	7,0 MW	Anzahl	1
Erzeugung im Regeljahr	34,0 GWh	Nennleistung	7415 kW
Ausbaufallhöhe	16,8 m	Nenndurchfluss	50,0 m ³ /s

Tabelle 3.6: Kraftwerk Bodendorf – Murstufe, technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)

Die Kraftwerksanlage wurde im Jahr 1983 aufgrund einer besonders umweltschonenden Ausführung mit der Geramb Rose ausgezeichnet. Das „Geramb-Dankzeichen für gutes Bauen“ wird vom Verein „BauKultur Steiermark“ für Leistungen verliehen, die der Erhaltung und Schaffung einer qualitätsvollen Baukultur dienen.

4. Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Errichtung von wasserbaulichen Anlagen birgt mehr oder weniger weit reichende Konsequenzen für den Staat, umliegende Gemeinden und deren Bürger. Ganz entscheidend können aber auch die Auswirkungen auf die Natur und Umwelt sein. Um bei der Planung und Ausführung nicht nur das Gemeinwohl sondern vor allem auch den Umweltschutz zu berücksichtigen, müssen eine Vielzahl von Gesetzen eingehalten und behördlich geregelte Genehmigungsverfahren durchlaufen werden. Aufgrund der großen Menge an Vorschriften wird in diesem Kapitel eine Übersicht der relevanten rechtlichen Grundlagen geboten.

4.1 Globales Wasserdargebot

Die Erde, der blaue Planet, wird an seiner Oberfläche zu 71% von Wasser bedeckt. Insgesamt gibt es 1,4 Mrd. m³ Wasser. Allerdings besteht dieses Vorkommen fast zur Gänze aus Salzwasser (96,5%) und ist somit nicht bzw. nur mit viel Aufwand als Trinkwasser für den Menschen nutzbar. Die restlichen 3,5 Prozent sind zwar Süßwasser, jedoch ist ein großer Teil wiederum in den Polen und Gebirgen der Erde als Eis gespeichert. Die als Lebensmittel nutzbare Komponente des Süßwassers kommt unter anderem in Fließgewässern und Binnenseen vor. Diese machen allerdings nur einen Bruchteil aus, im Gegensatz zum Grundwasservorkommen, welches mit ca. 23 Mio. m³ angegeben wird. (STROBL, T.; ZUNIC, F.: „Wasserbau“, Aktuelle Grundlagen-Neue Entwicklungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006)

Behördliche Regulierungsmaßnahmen sind notwendig, um „das kostbare Gut“ zu schützen. Ohne Wasser kein Leben! Dennoch ist die Wasserkraft, besonders in einem alpinen Land wie der Steiermark, eine besonders wirtschaftliche und umweltfreundliche Art, Strom zu erzeugen. Die beiden Forderungen, Schutz des Wassers und Investition in Wasserkraft, müssen zusammengeführt werden. Dies geschieht durch Gesetze, Bauvorschriften, Regulierungen und Verträglichkeitsprüfungen durch staatliche Institutionen.

Die folgende tabellarische Zusammenfassung (Tabelle 4.1) verdeutlicht die Dringlichkeit, gesetzlich geregelten Einfluss auf Vorhaben zu nehmen, die Auswirkungen auf Wassersituation haben können.

Globale Wassersituation
Weniger als ein Prozent des Wassers auf der Erde steht für den menschlichen Verbrauch zur Verfügung.
Über 1,2 Mrd. Menschen steht kein sauberes Trinkwasser zur Verfügung. Verglichen mit der Lage in manch anderen Teilen der Welt ist der Zustand der europäischen Wasservorkommen relativ gut: der Kontinent leidet nicht unter einer allgemeinen Wasserknappheit und extreme Wasserprobleme wie Dürreperioden und Überschwemmungen sind selten. Bei näherer Betrachtung wird jedoch klar, dass die Qualität der europäischen Gewässer alles andere als zufrieden stellend ist.
20% des gesamten Oberflächenwassers in der Europäischen Union sind schwer schadstoffbelastet.
65% des Trinkwasserbedarfs in Europa werden durch Grundwasservorkommen gedeckt.
60% der europäischen Städte übernutzen ihre Grundwasservorräte.
50% der Feuchtgebiete sind aufgrund der Übernutzung des Grundwassers gefährdet.
Die Fläche von künstlich bewässertem Land im südlichen Europa hat sich seit 1985 um 20% vergrößert.

Tabelle 4.1: Globale und europäische Wassersituation (Strobel und Zunic, Wasserbau, S. 555)

4.2 Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die einzelnen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union haben in der Vergangenheit Normen und Richtlinien zum Umgang mit Wasser entwickelt, die auf die Bedürfnisse, Probleme und Gegebenheiten des jeweiligen Staates zurechtgeschnitten waren. Das Zusammenwachsen Europas machte es umso wichtiger, Lösungen zu finden, um nicht nur die wasserwirtschaftliche Zusammenarbeit in Einzugsgebieten von grenzüberschreitenden Oberflächengewässern zu vereinfachen. Ziel war, ein europaweites modernes und einheitliches Wasserrecht zu erstellen, nämlich die Schaffung eines offiziellen Rahmens für den Schutz aller Gewässer in Europa. Dazu zählen

auch schutzwürdige Landökosysteme und Feuchtgebiete. In Kraft getreten ist die europäische Wasserrahmenrichtlinie am 22. Dezember 2000.

Die drei Hauptaussagen der WRRL gelten für Grundwasser und Oberflächengewässer. Diese sind

- Verschlechterungsverbot!
- Verbesserungsgebot!
- Nachhaltigkeit!

Bis zum 22. Dezember 2015 soll für jedes europäische Gewässer ein so genannter „guter ökologischer Zustand“ erreicht werden. Bei stark veränderten Gewässern kann kein guter ökologischer Zustand herbeigeführt werden, hier wird das Ziel als „gutes ökologisches Potential“ definiert. Des Weiteren soll bis zum Ende der Frist europaweit eine nachhaltige Wassernutzung sichergestellt werden. Neben der notwendigen grenzüberschreitenden Zusammenarbeit der Mitgliedsstaaten fordert die Wasserrahmenrichtlinie die aktive Beteiligung der kommunalen Politik, ihrer Bürger und Gemeinden, sowie aller sonstigen involvierten Parteien bei jeder Art von Wasserbewirtschaftung. Theodor Strobl und Franz Zunic (Strobl, T.; Zunic, F.: „Wasserbau“, Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006) fassen die Ziele der WRRL wie folgt zusammen.

- Herstellung eines guten ökologischen und chemischen Zustands der oberirdischen Gewässer einschließlich der Küstengewässer. Für künstliche oder erheblich veränderte Gewässer soll ein gutes ökologisches Potential und ein guter chemischer Zustand erreicht werden. Dieses Ziel soll europaweit bis zum Jahr 2015 erreicht werden, außer in begründeten Ausnahmefällen.
- Die Verschmutzung der Oberflächengewässer durch prioritäre Stoffe soll schrittweise reduziert werden, gefährliche Stoffe aus den Gewässern gänzlich eliminiert werden.
- Verschlechterungsverbot für Oberflächengewässer und Grundwasser.

- Erreichung eines guten chemischen und quantitativen Zustands beim Grundwasser und eine Trendumkehr bei dessen Verschmutzung.
- Einführung des Verursacher- und Kostendeckungsprinzips bei der Wasserpreisgestaltung bis zum Jahr 2010. Das bedeutet, dass die Wassergebühren auch Umwelt- und Ressourcenkosten beinhalten und damit einen Anreiz zur effizienten Nutzung der Ressource Wasser bieten.
- Minderung der ökologischen Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren.

Die Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie in der nationalen Rechtsprechung wurde in Österreich mit dem 82. Bundesgesetz im Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich im Jahr 2003 durchgeführt. Mit diesem Gesetz wurde das Wasserrechtsgesetz 1959 und das Wasserbautenförderungsgesetz 1985 geändert sowie das Hydrografiegesetz aufgehoben.

Das Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der Technischen Universität Graz hat im Juli 2005 eine Studie herausgebracht, welche die potentiellen Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft bewertet (Stigler, H., et al., „Energiewirtschaftliche und ökonomische Bewertung potenzieller Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft“, 2005). Um diese Konsequenzen übersichtlich darstellen zu können, wird im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit nur auf die Problematiken bei Speicherkraftwerken eingegangen, nämlich die Herstellung der Durchgängigkeit, Restwasserproblematik und Schwall- und Sunkbeschränkungen.

(Pump-) Speicherkraftwerke nutzen, wie in Kapitel 2 erläutert, den natürlichen Zufluss eines Einzugsgebietes zur Erzeugung von teurem und somit wertvollem Strom. Die Fassung von Fließgewässern zum Zweck der Speicherung erfordert Querbauwerke wie Wehranlagen und Staudämme. Diese verändern den natürlichen Sedimenttransport. Das Fließgewässerkontinuum wird unterbrochen. Dies stellt für Fische und im Sediment lebende Kleintiere ein

unüberwindbares Hindernis dar. Die Folge ist die Unvereinbarkeit mit den Forderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie, den guten ökologischen Zustand zu erhalten. Erst die im Zuge der Baumaßnahmen herzustellenden Fischaufstiegshilfen (FAH) oder Umgehungsgerinne stellen die Durchgängigkeit eines solchen veränderten Fließgewässerabschnittes her. Für das Kraftwerksprojekt bedeutet dies einen Mehraufwand an Baukosten und des Weiteren einen nicht zu unterschätzenden Energieverlust aufgrund der Dotation der FAH bzw. der Restwasserstrecke.

Unter Restwasser versteht man den Abfluss, der flussabwärts nach einer Ausleitung in einem Querschnitt des natürlichen Gewässerbettes vorhanden ist (Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3, Wasserkraft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992). Die Wassermenge ist behördlich vorgeschrieben und richtet sich nach Gewässertyp, Sensitivität und natürlichen Abflussverhältnissen. Ein Bach oder Fluss, dem aufgrund baulicher Veränderungen zu wenig Wasser zugeführt wird, kann teilweise oder total trocken fallen. Die Folgen wären der Verlust der ökologischen Funktionsfähigkeit und Zerstörung von aquatischen Lebensgemeinschaften. Natürlich widerspricht dies den Forderungen der EU-WRRL. Deshalb müssen bei Ausleitungsbauwerken wie auch bei Sperrren bauliche Maßnahmen ergriffen werden, um den guten ökologischen Zustand dieser so genannten Restwasserstrecken zu erhalten. Für den Kraftwerksbetreiber bedeutet dies wie schon bei der Herstellung der Durchgängigkeit einen Energieverlust und erhöhte Investitionskosten.

Die Schwall-und Sunkproblematik betrifft in besonderem Maße die Speicherkraftwerke. Sie beschreibt das Verhältnis von maximaler zu minimaler Wasserführung im Vorfluter. Diese Art von Anlagen arbeiten mit großen Ausbauwassermengen, um in kurzer Zeit möglichst viel teuren Strom produzieren zu können. Gleichzeitig ist das Verhältnis von Ausbaudurchfluss und im Vorfluter geführte Wassermenge groß, besonders in den Wintermonaten bei geringeren natürlichen Abflüssen. Durch die Kraftwerkseinsatzweise kann es auf der einen Seite zur Trockenlegung von Bereichen des Unterwassers kommen, was nicht nur die Durchgängigkeit vermindert. Es verkleinert sich auf diese Weise auch der verfügbare Lebensraum von Pflanzen und Organismen.

Auf der anderen Seite führt der Kraftwerksschwall während der Stromproduktion zu einer erhöhten Wassergeschwindigkeit, der manche Organismen nicht standhalten können und somit abgeschwemmt werden. Der Sedimenttransport wird künstlich erhöht.

Um diese Probleme zu lösen gibt es zwei Ansätze. Den Schwall zu reduzieren durch betriebliche Maßnahmen oder durch bauliche Veränderungen. Die baulichen Mittel beschränken sich hauptsächlich auf den Bau von Ausgleichsbecken. Je nach örtlichen Gegebenheiten könnten auch Eingriffe direkt im Vorfluter zielführend sein. Während die Errichtung eines Schwallausgleichsbeckens am Platzbedarf scheitern kann, müssen bei Veränderungen des natürlichen Flusslaufes die Forderungen der WRRL berücksichtigt werden.

Den Kraftwerksbetrieb für eine Schwallreduktion zu ändern ist immer mit Einschränkungen der Leistungsfähigkeit verbunden. Hier wird die erlaubte Abflussänderung, das Verhältnis von maximalem Abfluss (Schwall) und minimalem Abfluss (Sunk), innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes betrachtet. So darf bei einem vorgeschriebenen Verhältnis von z.B. 1:10 innerhalb von 24 Stunden innerhalb eines Tages der Abfluss in einem Fließgewässer maximal um das Zehnfache erhöht werden. Anders herum muss die minimale Abflussmenge mindestens ein Zehntel der Abflussspitze betragen. Gleichzeitig darf der Wasserspiegel nicht beliebig schwanken, um die Flora und Fauna im Uferbereich nicht übermäßig zu gefährden oder zu zerstören.

4.3 Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP)

Die zuständige österreichische Behörde für die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Der Bundesminister ist verantwortlich für die Erstellung des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans unter Einbeziehung der Öffentlichkeit. Zu diesem Zweck liegen Entwürfe und zugehörige Unterlagen öffentlich auf. Sinn dieser Aufgabe ist es, vom IST-Zustand, der in der WRRL beschrieben wird, den in derselben Richtlinie geforderten SOLL-Zustand bis zum Jahr 2015 zu

erreichen. Der NGP-Entwurf wurde am 27. 04. 2009 veröffentlicht und kann auf der Internetseite des Bundesministeriums (wisa.lebensministerium.at) abgerufen werden. Die folgende Zusammenfassung des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans bezieht sich auf dieses Dokument.

Österreich wird in die drei internationalen Flussgebietseinheiten Donau, Rhein und Elbe unterteilt. Um eine bessere Überschaubarkeit zu erreichen wurden diese drei Gebiete aufgeteilt auf acht nationale Planungsräume (Abbildung 4.1). Diese sind:

- Rhein,
- Donau bis Jochenstein,
- Donau oberhalb Jochenstein,
- March,
- Drau,
- Mur und
- Leitha, Raab und Rabnitz.



Abbildung 4.1: Die acht nationalen Planungsräume in Österreich (BMLFUW)

„Ziel der flussgebietsbezogenen Planung ist – aufbauend auf einer allgemeinen Beschreibung der Merkmale der Flussgebietseinheiten und einer zusammenfassenden Darstellung der signifikanten Belastungen und anthropogenen Einwirkungen auf den Zustand der Gewässer – die für die Entwicklung der Lebens- und Wirtschaftsverhältnisse der Flussgebietseinheit anzustrebende wasserwirtschaftliche Ordnung, in möglicher Abstimmung der verschiedenen Interessen der verschiedenen Interessen darzustellen.“
(Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan, BMLFUW-UW.4.1.1/0003-I/4/2009)

Für verschiedene Belastungstypen bzw. Herausforderungen sollen Maßnahmen im NGP erarbeitet werden, die den Zustand der österreichischen Gewässer verbessern und auch vor zukünftigen Beeinträchtigungen schützen. Zwei Hauptbelastungskategorien wurden formuliert.

- Verbesserung der Gewässerstrukturen, Abflussverhältnisse und der Durchgängigkeit in Fließgewässern.
- Reduzierung der Belastung von Oberflächengewässern durch Nährstoffe und des Grundwassers durch Nitrat .

Für die erste der beiden Aufgaben werden folgende Maßnahmenkombinationen vorgestellt, um einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potential zu erreichen.

Kategorie	Maßnahmen
Große Staue und Stauketten, regulierte Gewässerabschnitte	Schaffung und Vernetzung von Lebensräumen. Wiederherstellung des Fließkontinuums, Anbindung von Zuflüssen, Nebengewässern und Altarmen. Strukturierungen im Gewässerbett mit lokalen Aufweitungen
Restwasserstrecken	Sicherstellung Mindestabfluss
Schwallstrecken	Bauliche Maßnahmen zur Schwalldämpfung: Ausgleichsbecken (wenn technisch und wirtschaftlich möglich) oder Reduktion der Schwallauswirkungen (Restrukturierungen, Nebengewässernanbindungen)

Tabelle 4.2: Maßnahmenkombinationen zur Erreichung des guten Zustands bzw. des guten Potentials (Quelle: BMLFUW)

Das Ziel dieser Programme, saubere und naturnahe Gewässer sicherzustellen, darf allerdings nicht jeden wirtschaftlichen Rahmen sprengen. Eine Analyse der Kosten und Nutzen muss in jedem Fall geprüft werden. Beispielhaft seien hier die Kosten zur Herstellung der Durchgängigkeit und für Maßnahmen zur Verbesserung des morphologischen Zustands angeführt. Eine Studie der TU Graz (Stigler, et al., *Energiewirtschaftliche und ökonomische Bewertung potenzieller Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft*, Kapitel 2.2.3.2, S. 2-36, 2005) gibt als Investitionskosten für die Herstellung der Durchgängigkeit bei allen Wasserkraftwerken (ohne bestehende FAH) mittels Fischaufstiegshilfen mit 160 Mio. € (ohne Anbindung der Nebengewässer) bis 234 Mio. € (mit Anbindung der Nebengewässer) an. Die Kosten dieser Maßnahme können relativ genau ermittelt werden, da man den Herstellungspreis einer einzelnen FAH einfach abschätzen und somit über die Anzahl der betroffenen Wasserkraftanlagen summieren kann. Im Gegensatz hierzu sind Einschätzungen bezüglich Restrukturierungsmaßnahmen und deren Kosten deutlich schwieriger. Sie hängen stark vom Gewässer selbst und den notwendigen Maßnahmen ab, da diese separat auf jedes Gewässer speziell zugeschnitten werden müssen. Trotzdem kann die genannte Studie der TU Graz grobe Schätzwerte angeben. Diese belaufen sich im Bereich der Maßnahmen zur Verbesserung des morphologischen Zustands auf mehrere hundert Mio. €.

Weitere wesentliche Aufgaben des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans sind zum einen die Einstufung der einzelnen Gewässerabschnitte als erheblich verändert oder künstlich. Zum anderen legt der Plan fest, auf welche Weise die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen geregelt wird (Bescheide und Verordnungen) und wie die Fortschritte der Realisierung überwacht werden sollen.

Der vorliegende Entwurf des NGP besteht derzeit aus folgenden Teilen.

- Planungsdokument Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan,
- Wasserkörpertabellen, Karten und Verzeichnisse und

- Ergänzende Dokumente (Allgemeine Hintergrunddokumente, Methodik, Rechtsdokumente, Maßnahmenkataloge, Berichte der Europäischen Kommission, Internationale Abstimmung).

Die aufgeführten Unterlagen sind öffentlich unter www.lebensministerium.at im Bereich Beteiligung Öffentlichkeit NGP zugänglich.

Nach Abschluss des Verfahrens zur Beteiligung der Öffentlichkeit und nach Einarbeitung der Stellungnahmen und Anpassungen wird, laut dem vorliegenden Entwurf, der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan auf der Internetpräsenz des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft veröffentlicht.

4.4 Umweltverträglichkeitserklärung (UVE)

Die Umweltverträglichkeitserklärung stellt die Grundlage für die Umweltverträglichkeitsprüfung, die im nächsten Kapitel beschrieben wird, dar. In dieser Erklärung muss der Projektwerber das geplante Projekt beschreiben und vor allem jegliche umweltrelevanten Angaben inkludieren. Die rechtliche Grundlage hierfür bildet das Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit (Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 – UVP-G 2000) und ist auf der Internetseite des Umweltbundesamtes unter www.umweltbundesamt.at (Umweltthemen/ UVP) nachzulesen.

Der Projektwerber hat nach dem UVP-G 2000 § 6. (1) eine ausführliche Beschreibung des Vorhabens nach Standort, Art und Umfang vorzulegen. Die physischen Merkmale des gesamten Projekts inklusive des Bedarfs an Grund und Boden während des Bauens und des Betriebes müssen in diesem Bericht ebenso aufgeführt werden wie die wichtigsten Merkmale der Produktions- bzw. Verarbeitungsprozesse. Die Art und Menge von zu erwartenden Rückständen und Emissionen ist aufzuschlüsseln. Im Fall eines Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerks muss hier insbesondere auf Belastungen des Wassers eingegangen werden, ebenso auf Belastungen der Umwelt durch Lärm und Erschütterungen. Strahlung, Licht und Wärme sind weitere Beispiele für aufzuführende Belastungen.

Ein wichtiger Bereich der UVE befasst sich mit dem Klima- und Energiekonzept des Vorhabens. Der Energiebedarf, geordnet und aufgeschlüsselt nach Art der Anlagenteile, sowie nach Energieträgern und ebenso die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz müssen dargestellt werden. Es werden zudem Gutachten verlangt, die den im Klima- und Energiekonzept enthaltenen Maßnahmen den Stand der Technik beglaubigen.

Nicht nur das Bauwerk selbst, sondern auch die durch das Bauvorhaben erheblich beeinträchtigte Umwelt muss ausführlich beschrieben werden. Hierzu gehören im Speziellen die Menschen, Tiere, Pflanzen und deren Lebensräume, Boden, Wasser, Landschaft und Sach- und Kulturgüter, ebenso wie die Wechselwirkungen zwischen diesen schutzwürdigen Gütern. Nach dieser Aufzählung müssen die voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt formuliert werden. Auswirkungen infolge

- des Vorhandenseins des Vorhabens,
- der Nutzung der natürlichen Ressourcen,
- der Emission von Schadstoffen, der Verursachung von Belästigungen und der Art, Menge und Entsorgung von Abfällen.

Die UVE hat einen Überblick über die wichtigsten untersuchten Lösungsvarianten zu geben. Die Null-Variante muss unbedingt mit angeführt werden. Eine Null-Variante ist die Nicht-Umsetzung des Vorhabens und beschreibt die Konsequenzen dieser Vorgangsweise auf die Umwelt und Gesellschaft. Dies ist eine wichtige Variante, da sie den Behörden eine Beurteilungsmöglichkeit bietet, ob an der Umsetzung des Projekts durchaus öffentliches Interesse bestehen kann.

Sind also Belastungen bei der gewählten Variante zu erwarten, muss der Projektwerber Maßnahmen ergreifen und im Zuge der UVE anführen und beschreiben, mit denen nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt vermieden oder eingeschränkt werden und, falls möglich, Ausgleichsmaßnahmen vorstellen.

Für einzelne Vorhaben kann der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zusätzliche Auflagen bezüglich der vorzulegenden Angaben erlassen.

Das Ziel der Umweltverträglichkeitsprüfung soll eine nachvollziehbare Bewertung der verbleibenden Auswirkungen darstellen. Diese ist eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit eines Vorhabens im Verlaufe des weiteren UVP-Verfahrens.

4.5 Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung muss bei Vorhaben durchgeführt werden, bei denen beträchtliche Auswirkungen auf die Umwelt auftreten könnten. Im Anhang 1 des UVP-G 2000 (nachzulesen auf www.umweltbundesamt.at) werden eben solche Vorhabentypen aufgeführt.

- Abfallwirtschaft,
- Energiewirtschaft,
- Infrastruktur,
- Bergbau,
- Wasserwirtschaft,
- Land- und Forstwirtschaft sowie
- Industrie.

Meist werden diese Vorhaben erst ab einer bestimmten Größe UVP-pflichtig. Schwellenwerte sind im Anhang 1 angegeben.

Im selben Gesetz wird der Begriff „Vorhaben“ definiert als „Errichtung einer Anlage oder sonstiger Eingriff in Natur und Landschaft unter Einschluss sämtlicher damit in einem räumlichen und sachlichen Zusammenhang stehender Maßnahmen. Ein Vorhaben kann eine oder mehrere Anlagen oder Eingriffe umfassen, wenn diese in einem räumlichen und sachlichen Zusammenhang stehen.“ (UVP-G 2000, §1 Abs. 2)

Im Anhang 2 wird festgehalten, dass Vorhaben, welche in oder zum Teil in Schutzgebieten situiert sind, auch dann einer UVP unterzogen werden müssen, obwohl dies aufgrund der Vorgaben aus Anhang 1 nicht zwingend vorgeschrieben wäre. Diese Zonen teilen sich wie folgt auf.

Kategorie	Schutzwürdiges Gebiet	Anwendungsbereich
A	besonderes Schutzgebiet	nach der RL 79/409/EWG des Rates über die Erhaltung der wild lebenden Vogelarten (Vogelschutzrichtlinie), ABl. Nr. L 103/1, zuletzt geändert durch die Richtlinie 94/24/EG des Rates vom 8. Juni 1994, ABl. Nr. L 164/9, sowie nach der Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen (Flora-FaunaHabitat-Richtlinie), ABl. Nr. L 206/7, in der Liste der Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung nach Artikel 4 Abs. 2 dieser Richtlinie genannte Schutzgebiete; Bannwälder gemäß § 27 ForstG; bestimmte nach landesrechtlichen Vorschriften als Nationalpark ¹) oder durch Verwaltungsakt ausgewiesene, genau abgegrenzte Gebiete im Bereich des Naturschutzes oder durch Verordnung ausgewiesene, gleichartige kleinräumige Schutzgebiete oder ausgewiesene einzigartige Naturgebilde; in der Liste gemäß Artikel 11 Abs. 2 des Übereinkommens zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt (BGBl. Nr. 60/1993) eingetragene UNESCO Welterbestätten
B	Alpinregion	Untergrenze der Alpinregion ist die Grenze des geschlossenen Baumbewuchses, dh. Der Beginn der Kampfzone des Waldes (siehe § 2 ForstG 1975)
C	Wasserschutz- und Schongebiet	Wasserschutz- und Schongebiete gemäß §§34, 35 und 37 WRG 1959
D	Belastetes Gebiet (Luft)	Gemäß § 3 Abs. 8 festgelegte Gebiete
E	Siedlungsgebiet	in oder nahe Siedlungsgebieten: Als Nahebereich eines Siedlungsgebietes gilt ein Umkreis von 300 m um das Vorhaben, in dem Grundstücke wie folgt festgelegt oder ausgewiesen sind 1. Bauland, in dem Wohnbauten errichtet werden dürfen (ausgenommen reine Gewerbe-, Betriebs- oder Industriegebiete, Einzelgehöfte oder Einzelbauten), 2. Gebiete für Kinderbetreuungseinrichtungen, Kinderspielplätze, Schulen oder ähnliche Einrichtungen, Krankenhäuser, Kuranstalten, Seniorenheime, Friedhöfe, Kirchen und gleichwertige Einrichtungen anerkannter Religionsgemeinschaften, Parkanlagen, Campingplätze und Freibeckenbäder, Garten- und Kleingartensiedlungen

Tabelle 4.3: Kategorisierung Schutzgebiete, UVP-G 2000, Anhang 2

Für die Durchführung der UVP muss der Projektwerber der Behörde eine UVE (Umweltverträglichkeitserklärung) vorlegen, siehe vorangegangenes Kapitel 4.4. Diese beschreibt das geplante Vorhaben ausführlich und alle Auswirkungen auf die Umwelt. Durchgeführte Variantenstudien müssen ebenso aufgelegt werden wie auch Vorschläge und Maßnahmen, die die Konsequenzen für die Umwelt entweder vermeiden oder verringern können. Diese Unterlagen sind dann die Grundlage für das von den Sachverständigen der zuständigen Behörde zu erstellende Umweltverträglichkeitsgutachten. Unter

Miteinbeziehung der Öffentlichkeit werden letztlich die Auswirkungen des anstehenden Vorhabens auf

- Menschen,
- Flora und Fauna (inklusive deren Lebensräume),
- Boden, Luft und Klima,
- Wasser,
- sowie Sach- und Kulturgüter

untersucht, bewertet und diskutiert. Das Ergebnis einer UVP ist dann entweder ein Verbot für das Vorhaben, eine Bewilligung, oder eine Bewilligung mit Auflagen.

4.6 Naturverträglichkeitsprüfung

Wird bei einem Wasserkraftvorhaben festgestellt, dass eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden muss, hat die zuständige Behörde dabei das steiermärkische Naturschutzgesetz 1976 (NschG 1976) inklusive des europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ mitzubehandeln.

Das Schutzgebietnetzwerk „Natura 2000“ basiert auf der im Jahr 1992 herausgegebenen Fauna-Flora-Habitatrichtlinie und der Vogelschutzrichtlinie von 1979. Das Hauptziel dieser beiden Richtlinien ist die Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt innerhalb der Europäischen Union. Die Mitgliedsstaaten verpflichten sich zum Schutz von Tier- und Pflanzenarten und deren Lebensräumen. Eine genaue Auflistung aller zu schützenden Arten liegt als Anlage der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie vor. In der älteren der beiden Richtlinien wurden bereits alle wildlebenden Vogelarten zu diesem Zweck aufgezählt. Der Artenschutz soll durchgeführt werden, indem europaweit Schutzgebiete ausgewiesen werden.

Steht das geplante Projekt in direktem Zusammenhang mit den Naturschutzmaßnahmen in einem solchen „Natura 2000“ Gebiet bzw. einem anders gearteten Schutzgebiet, wie zum Beispiel ein Naturpark oder

Landschaftsschutzgebiet, oder ist es für solche notwendig und ist zugleich keine UVP erforderlich, so muss eine Naturverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden.

Basierend auf den zuvor angesprochenen Richtlinien und dem NschG 1976 werden Auswirkungen auf das Umfeld des Vorhabens diskutiert.

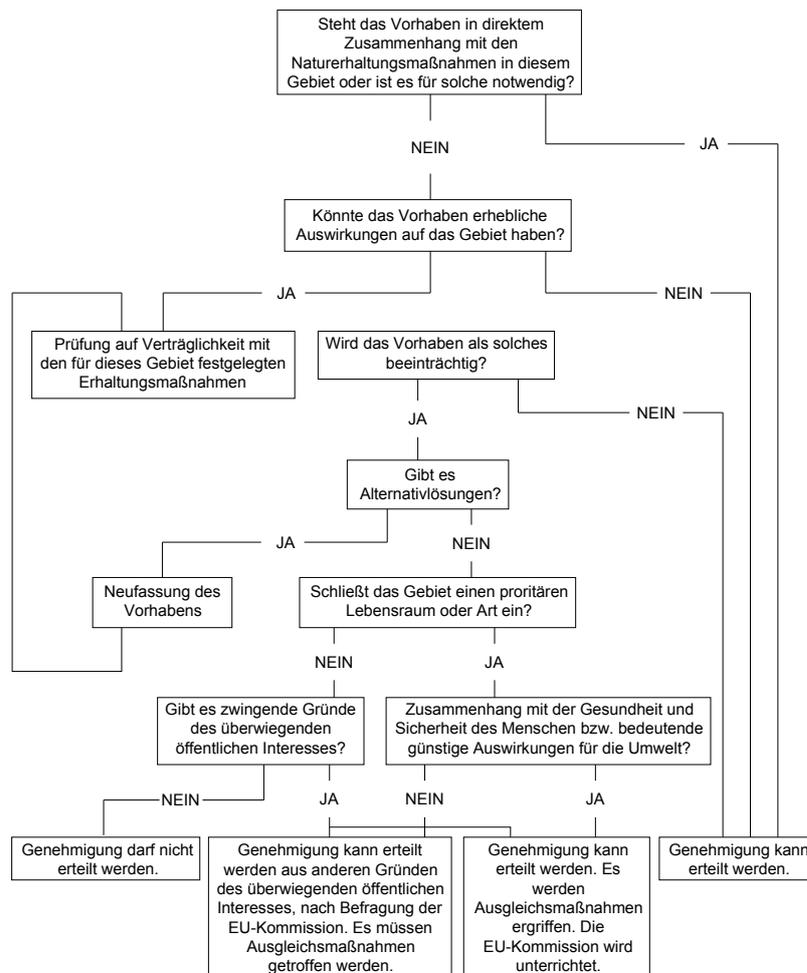


Abbildung 4.2: Ablauf Naturverträglichkeitsprüfung

Aus oben angeführter Grafik ist ersichtlich, wie die eingesetzte Kommission letztlich entscheiden kann.

4.7 Staubeckenkommission

Das Wasserrechtsgesetz 1959 regelt die Genehmigung und Durchführung von Vorhaben im Bereich des Wasserbaus. Ein besonderes Augenmerk liegt auf

der Sicherheitsbeurteilung von Stauanlagen sowie deren Überwachung. Ab einer Höhe des Abschlussbauwerks (z.B. Staudamm, Staumauer) von 15 m und/oder einem Staurauminhalt von über 500.000 m³ ist hierfür die aus einer Expertengruppe gebildete Staubeckenkommission zuständig. Diese erstellt Gutachten zur Sicherheitslage von Speichervorhaben, überprüft diese auch nach Bauabschluss in periodischen Abständen und verfügt, falls notwendig, die Einsetzung von Personal zur ständigen Sperrenüberprüfung. Die Staubeckenkommission gibt Richtlinien und Leitfäden heraus für verschiedene Berechnungsvorgänge und Überwachungsabläufe.

- Richtlinie zur Erdbebenberechnung von Talsperren, Grundlagen, Erdbebenkennwerte, Richtlinien, Berechnung, Karten, Berechnungsbeispiele
- Richtlinie zum Nachweis der Standsicherheit von Staudämmen
- Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren
- Leitfaden für Zentrale Warten beim Betrieb von Stauanlagen
- Leitfaden: Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von „Kleinen Stauanlagen“
- Handbuch für Betrieb und Überwachung von „kleinen Stauanlagen“ mit länger dauernden Staubebelastungen.

Diese Unterlagen sind öffentlich zugänglich und liegen auf der Internetseite des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft www.wassernet.at aus.

5. Standortkriterien

5.1 Vorbemerkungen

Die Entscheidung, ein Speicherkraftwerksprojekt in einem Tal zu planen und zu verwirklichen, hängt unmittelbar von den charakteristischen Merkmalen des Standorts ab, in dem das Vorhaben umgesetzt werden soll.

Die Hydrographie stellt hierbei ein entscheidendes Kriterium dar. Ohne Wasser kann ein Wasserkraftwerk nicht arbeiten. Allerdings ist dies im wasserreichen Land Österreich kein großes Problem (die Wintermonate ausgenommen). Viel eher muss erst einmal der Platz für die Anlage vorhanden sein. Der zur Energieerzeugung notwendige Wasserdruck erfordert Höhenunterschiede zwischen Oberbecken und Unterbecken. Diese Höhendifferenzen sind ebenso wichtig wie die geomorphographische und geologische Beschaffenheit des Standorts.

Schutzwürdige Gebiete schließen zwar nicht unbedingt die Durchführbarkeit eines Kraftwerkprojekts aus, aber sie müssen in jedem Fall in die Planung einbezogen werden. Je nach Art des Schutzgebiets gibt es Verschlechterungsverbote, allgemeine Bauverbote und sonstige Verordnungen, die beachtet werden müssen.

Siedlungsgebiete wirken sich ebenso auf das Vorhaben aus, wie bestehende Kraftwerke und andere Wasserrechte im Bereich des untersuchten Standorts.

Zufahrtsstraßen und verfügbare Stromanbindungsmöglichkeiten sind als Grundvoraussetzung zur Verwirklichung eines Kraftwerkprojekts von Vorteil. Sie können allerdings auch neu errichtet werden und stellen, falls beim Planungsbeginn nicht vorhanden, somit keinen direkten Hinderungsgrund dar.

Man kann hierbei eine Gewichtung der unterschiedlichen Kriterien herausarbeiten. Einige Merkmale sind mit erheblichen Nachteilen behaftet, andere wiederum von Vorteil. Und im schlechtesten Fall schließen sie die Weiterverfolgung der Ziele im betrachteten Gebiet sogar aus. Die Kriterien

werden in diesem Kapitel im Einzelnen qualitativ diskutiert. Eine quantitative Beschreibung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

5.2 Geomorphologie

Die Geomorphologie ist ein Teilgebiet der physischen Geographie und untersucht die Formen und formbildenden Prozesse der Oberfläche der Erde. Im Gegensatz zur Geologie, die sich im Speziellen mit den physikalischen Eigenschaften und der Entwicklungsgeschichte der Erde befasst, analysiert die Geomorphologie die feineren Oberflächenformen und deren Entstehung. Sie umfasst unter anderem die Teilgebiete

- Geomorphographie: Beschreibung von Erdformen und deren Formelementen mit *qualitativen* Methoden und
- Geomorphometrie: Beschreibung von Erdformen und deren Formelementen mit *quantitativen* Methoden.

5.2.1 Relief

Als Relief bezeichnet man im Allgemeinen die Oberflächengestalt der Erde, wie sie durch innere, geologische und äußere Kräfte geformt ist. (Wörterbuch Allgemeine Geographie, Hrsg. Hartmut Leser, Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1997, S. 698) Die Beschreibung erfolgt anhand qualitativer Methoden und fällt somit in den Aufgabenbereich der Geomorphographie.

Vor dem Hintergrund, ein Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerk realisieren zu wollen, ist das Relief des betrachteten Gebiets von großer Bedeutung. Die Berg- und Talform ist entscheidend, ob hier ein Oberbecken situiert werden kann. Falls die Möglichkeit gegeben ist muss zusätzlich geklärt werden, welche Bauarten für das Abschlussbauwerk infrage kommen.

Im Folgenden werden Beispiele angeführt, die für den gegebenen Zweck besonders vorteilhaft sind, beginnend mit einer kurzen Beschreibung der in den Alpen vorkommenden Talformen.

Prinzipiell entsteht ein Tal durch das Wechselspiel von Erosion und Denudation. Als Erosion bezeichnet man die Veränderung der Erdoberflächenform durch linienhafte Abtragung, zum Beispiel durch Fließgewässer. Die Denudation ist die großflächige Abtragung bzw. Einebnung von Landstrichen oder Teilgebieten. Diese Massenbewegung erfolgt unter anderem durch Wind, Gletscher, Porenwasser und auch, künstlich hervorgerufen, durch unkonzentrierte Wassermengen wie bei Stauraumpülungen. Ein linienhaft fließendes Gewässer hat die Eigenschaft, Material im Gewässerbett abtragen zu können. Das ist die genannte Erosion und sie führt dazu, dass das Bett des Gerinnes tiefer gelegt wird. Damit kann nun an den Talhängen die Denudation angreifen. Die unterschiedlichen Erosions- und Denudationsvorgänge führen schließlich zu verschiedenen Talformen, wobei geologische Gegebenheiten sowie das Klima und die daraus entstehende Abflussänderungen die Talbildung maßgeblich mitbestimmen können.

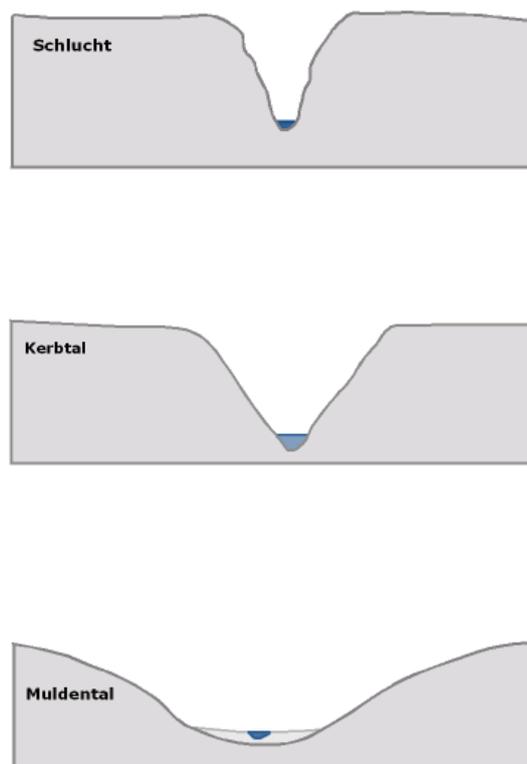


Abbildung 5.1: Talformen (Quelle: Freie Universität Berlin, PG-Net)

In Abbildung 5.1 werden die Talformen Schlucht, Kerbtal und Muldental dargestellt.

Die Schlucht ist das Ergebnis einer Talbildung, bei der die Tiefenerosion die Denudation stark überwiegt. Dies geschieht dann, wenn das Fließgewässer von sehr hartem Gestein begrenzt wird und das Wasser genug Schleifkraft, das heißt Kraft durch Geschwindigkeit, hat. Auf diese Weise kann das Schleifmaterial das Gewässerbett stärker angreifen als das umgebende Gestein. Eine Sonderform der Schlucht ist die Klamm. In ihrem Fall sind die Denudationsvorgänge so schwach, dass nur noch die Vertiefung stattfindet. Das Ergebnis sind tiefe Einschnitte mit senkrechten oder sogar überhängenden Seitenwänden.

Bei der Entstehung des Kerbtals halten sich Erosion und Denudation im Gleichgewicht. Somit greift das Wasser nicht nur die Tiefenlinie sondern auch die Hänge an. Das abgetragene Material wird von der Kraft des Wassers weggeschwemmt und so kommt es zu der für Kerbtäler charakteristischen V-Form, deshalb auch V-Tal genannt.

Die Form des Muldentals ist im Gegensatz zur Kerbtalform auf das Überwiegen der Denudation gegenüber der Tiefenerosion zurückzuführen. Die stärkere Hangerosion bewirkt ein Abflachen der Talflanken, das Erosionsmaterial lagert sich in Richtung Talsohle ab. Die deutlichen Übergänge des Kerbtals werden zu ausgerundeten Geländeübergängen.

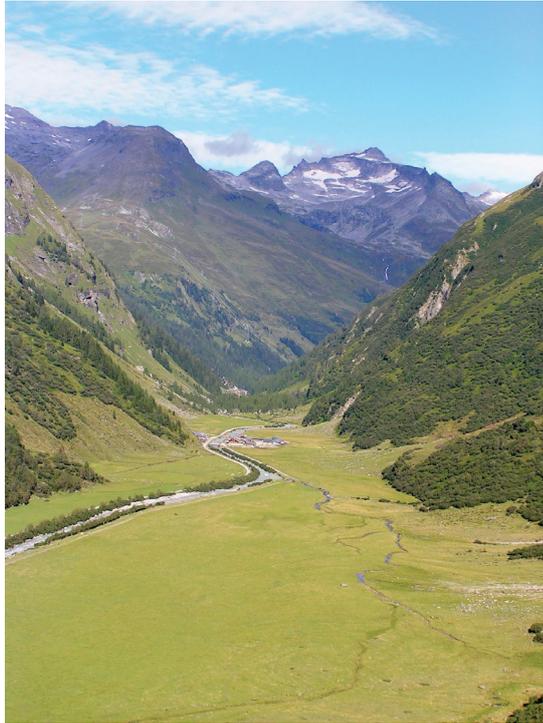


Abbildung 5.2: Gschlößbach, Hohe Tauern (Foto: Magnuss, 2009)

Durch Gletscherschliff entstehen Trogtäler oder, aufgrund ihrer Form, auch U-Täler (Abbildung 5.2, Gschlößbach, Hohe Tauern). Der breite, flache Talboden wird seitlich von steilen Hängen begrenzt. Das Erosionsmaterial lagert sich in der Ebene des Fliessgewässers ab.

In Abbildung 5.3 wird der Schnitt durch einen Kargletscher gezeigt. Durch dessen Ausräumungsbewegung entsteht das Kar. Geprägt wird es durch steilen, hangseitigen Rückwänden und einer Karschwelle. In der beckenartigen Unternagungskehle entsteht häufig ein Karsee.

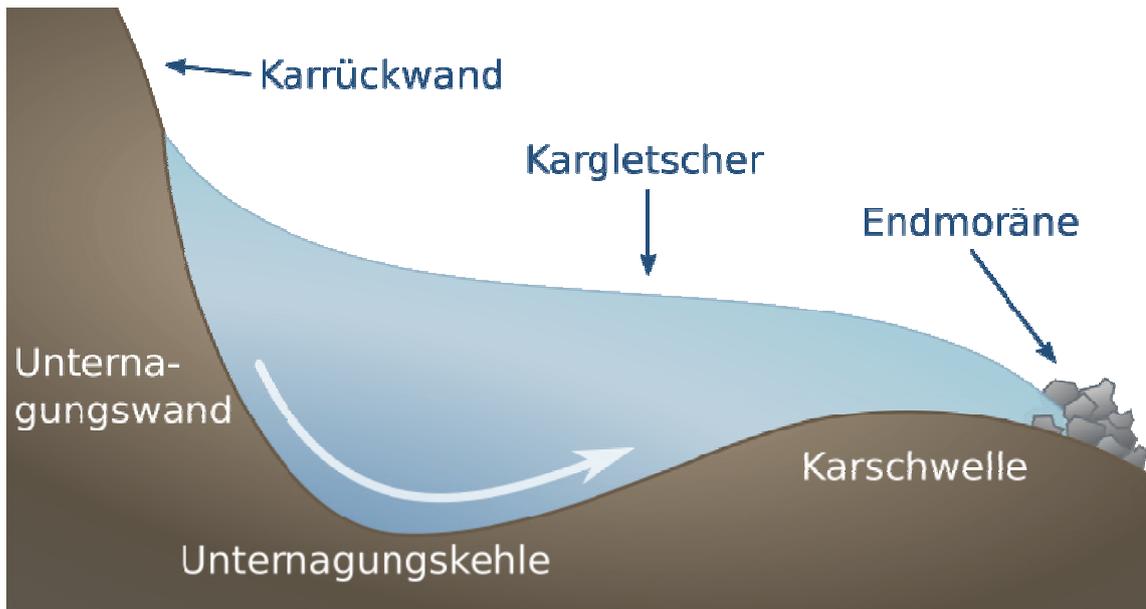


Abbildung 5.3: Schnitt durch einen Kargletscher

Dazwischen gibt es noch weitere ausgewiesene Talformen, die Misch- oder Sonderformen darstellen.

Jedes Tal hat seine eigenen Merkmale. Man kann theoretisch in jedem ein Abschlussbauwerk errichten, allerdings eignet sich das eine besser als das andere. Vor allem der wirtschaftliche Aspekt, die Kosten zur Herstellung der Sperre, ist meist letztendlich ausschlaggebend, ob eine Realisierung im Bereich des Möglichen liegt. Nur die Abwägung aller Vor- und Nachteile führt zu einer optimalen Entscheidung über die Wahl der baulichen Ausführung.



Abbildung 5.4: Seitental des Val Avers, Schweiz

Die Abbildung 5.4 zeigt den Blick in ein Seitental des Val Avers in der Schweiz. Ein Tal mit dieser Form vereint mehrere Vorzüge. Aufgrund der Hangneigungen und dem niedrigen Gefälle des Talbodens bietet sich als Abschlussbauwerk ein Damm an. Ein niedriger Damm bringt hier einen großen Staurauminhalt. Je steiler die Hänge werden, desto höher muss auch der Staudamm bzw. die Staumauer werden, um den gleichen Wasserinhalt darin speichern zu können. Selbiges gilt auch für das Gefälle der Talsohle. Je steiler, desto höher das Abschlussbauwerk.



Abbildung 5.5: Kölnbreinsperre und Galgenbichlspeicher (Foto: Michael Glanznig)

Auf der Abbildung 5.5 sind der Speicher Kölnbrein und der Vorspeicher Galgenbichl der Maltakraftwerke zu sehen. Steile Hänge und die sichtbaren natürlichen Engstellen ergeben eine gute Gelegenheit, das Tal (Kerbtal) an einer solchen Stelle mit einer gekrümmten Staumauer abzuschließen. Dort können die Talflanken als seitliche Auflager dienen und über den Wasserdruck wird dann die Mauer mit dem Gebirge verkeilt.

Für weitere Beispiele sei auf die steirischen Speicherkraftwerke in Kapitel 3, Hochdruckanlagen, verwiesen.

5.2.2 Einzugsgebiet und Höhenverhältnisse

Die Leistung eines Wasserkraftwerks ist direkt abhängig vom Durchfluss durch die Turbine(n) und die Fallhöhe des gestauten Wassers. Diese Fallhöhe wird durch den Bau von höher gelegenen Speichern erzeugt. Im Krafthaus, welches sich auf niedrigerem Niveau befindet, wird das über Triebwasserwege zugeführte Wasser in Energie umgewandelt.

Da in dieser Arbeit nur Hochdruckanlagen behandelt werden, beschränkt sich die Betrachtung auf Höhenunterschiede zwischen Krafthaus und Speicher von über 100 Metern. Aus diesem Grund kann sich die Untersuchung auf Gebiete begrenzen, die Höhendifferenzen von mindestens 100 m zwischen Talboden und potentiellen Staubeckenstandorten aufweisen. Für ein Pumpspeicherkraftwerk ist dies das wichtigste Kriterium, da das Wasser zur Gänze durch Pumpen in den Stauraum gepumpt werden kann und kein Zufluss zum Oberbecken gegeben sein muss. Im Folgenden wird ein Beispiel für ein Kraftwerk gegeben, dessen Zufluss rein aus dem Pumpvorgang aus dem Unterbecken besteht.

Für das Pumpspeicherkraftwerk Avče in Slowenien an der Soča, wurde ein Staubecken an exponierter Stelle auf einer Bergkuppe errichtet (Abbildung 5.6). Der Stauraum wird auf drei Seiten von Dämmen begrenzt und hat 2,17 Mio. m³ Nutzinhalt. Dieses Oberbecken besitzt keinen natürlichen Zufluss außer durch Niederschlag auf dessen Oberfläche.

Pumpspeicherkraftwerk Avče			
Ausbaudurchfluss Turbinenbetrieb	40 m ³ /s	Engpassleistung	185 MW
Ausbaudurchfluss Pumpbetrieb	34 m ³ /s	Erzeugung im Regeljahr	426 GWh
Nutzfallhöhe	498 m	Stauziel	625 m.ü.A.
Nutzinhalt Oberbecken	2,17 Mio. m ³	Nutzinhalt Unterbecken	0,42 Mio. m ³

Tabelle 5.1: Technische Daten KW Avče (Quelle: SENG, Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o.)

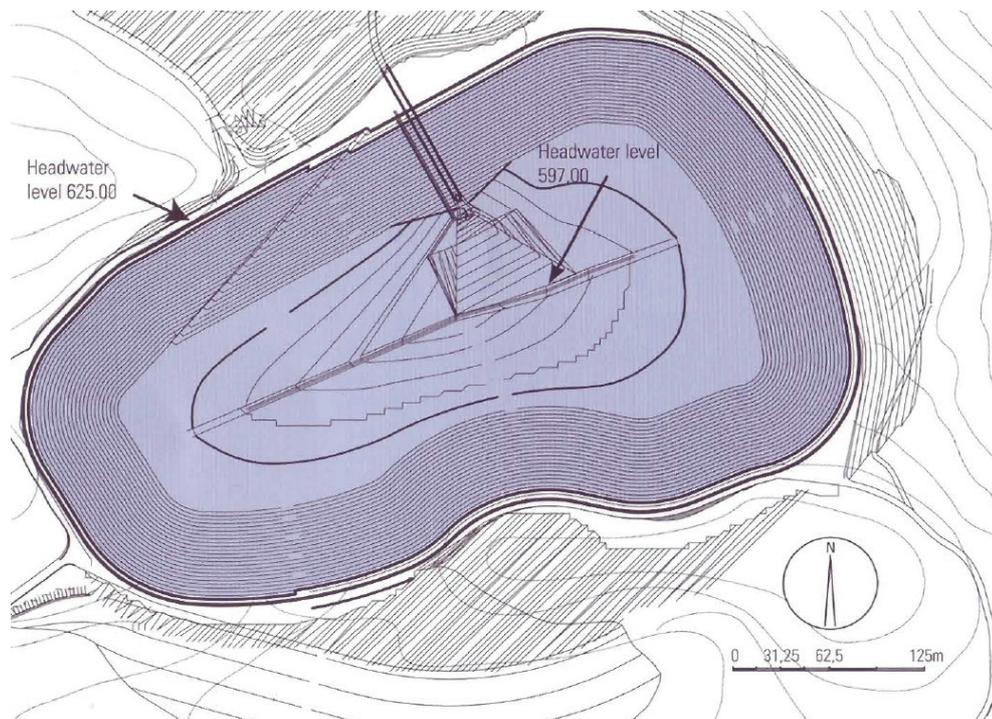


Abbildung 5.6: Oberbecken Avče (Quelle: Firmenprospekt, SENG, Slowenien)

Als Besonderheit soll hier erwähnt werden, dass das Unterbecken des Kraftwerks gleichzeitig der Staubeereich des Ausleitungskraftwerks Plave an der Soča ist. Dieses arbeitet mit einem Ausbaudurchfluss von 105 m³/s. Beide Wasserkraftwerke sind Anlagen der slowenischen SENG (Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o.). Im Pumpbetrieb des Pumpspeicherkraftwerks verringert

sich der Durchfluss und somit die erzeugbare Energie im Ausleitungskraftwerk. Kompensiert wird dieser Verlust durch die Erzeugung von wertvollerem Spitzenstrom im Kraftwerk Avče.

Die nächste Abbildung 5.7 zeigt das Oberbecken des Pumpspeicherkraftwerks Vianden in Luxemburg.



Abbildung 5.7: Oberbecken PSKW Vianden, Luxemburg (Foto: dipsy, www.fotocommunity.de)

Hier ist noch deutlicher das exponierte Gelände zu erkennen, auf dem der Speicher errichtet wurde. Dessen Damm umschließt das gesamte Staubecken.

Ein natürlicher Zufluss erhöht die Effizienz des Pumpspeicherkraftwerks, da zur Füllung des Stauraumes weniger aus dem Tal/Unterbecken gepumpt werden muss. Reine Speicherkraftwerke benötigen hingegen unbedingt ein Einzugsgebiet oberhalb des Oberbeckenstauziels. Laut Definition ist das Einzugsgebiet die in der Horizontalprojektion gemessene Fläche eines Gebietes, aus dem das Wasser einem bestimmten Ort (Staustufe, Speicher) zufließt. Die Grenzen zwischen Einzugsgebieten sind Wasserscheiden. Das wirksame Einzugsgebiet ist das in seiner Fläche veränderte Einzugsgebiet aufgrund von Zu- und/oder Ableitungen aus bzw. in andere Einzugsgebiete (Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft, Teil 3, Wasserkraft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992). Die Fläche und die topographischen Verhältnisse des Einzugsgebietes sind jedoch nicht allein für

den Abfluss ausschlaggebend. Ebenso entscheidend sind die Beschaffenheit des Bodens und die Flächenvegetation, die sich beide auf die Versickerung auswirken. Die Wasserbilanz schließt nämlich neben den oberirdischen auch die unterirdischen Abflüsse mit ein. Die unterirdischen Abflüsse können in andere Täler und somit andere Einzugsgebiete strömen, oder aber in tieferen Lagen, also unterhalb des betrachteten Speicherstandortes, zu tage treten und sind dann für das Kraftwerk nicht mehr nutzbar.

Auf der Abbildung 5.8 ist das Einzugsgebiet eines Tales hervorgehoben. Am Schnittpunkt von weißer Tiefenlinie und gelber Kammlinie (Wasserscheide) befindet sich der Punkt, für den das Einzugsgebiet dargestellt werden soll.



Abbildung 5.8: Einzugsgebiet (Quelle: Bayerisches Bundesamt für Umwelt, 2009)

Ein an diesem Standort errichtetes Oberbecken eines Speicherkraftwerkes würde ausschließlich durch das weiß markierte Gewässer und dem auf der Oberfläche abfließenden Niederschlag gefüllt. Im Kapitel 3.2, Kraftwerk Salza, wird ein Beispiel für einen auf diese Art gespeisten Speichersee beschrieben.

Bei der Suche nach einem Speicherstandort muss somit neben der notwendigen Höhendifferenz zwischen Krafthaus und Oberbecken auch die Größe des Einzugsgebietes und dessen geologische Eigenschaften beachtet werden. Im folgenden Kapitel wird unter anderem auf diese Bodenverhältnisse näher eingegangen.

5.3 Geologie

Die Beschaffenheit des Untergrunds ist für die Planung und Bauausführung eines Speicherkraftwerks in vielerlei Hinsicht von großer Bedeutung. Die Standsicherheit eines Abschlussbauwerkes, wie auch die Sicherstellung dessen Dichtigkeit, stellen diverse Anforderungen an den gegebenen Untergrund.

Damit in der Abdichtung des Stauraumes keine Risse entstehen, sind unterschiedliche Setzungen zu vermeiden. So benötigen Staumauern tragfähiges Bodenmaterial als Aufstandsfläche, Bogenstaumauern zusätzlich im Bereich der Talflanken. Staudämme können sowohl auf Fels, als auch auf Lockerboden gegründet werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass organische, weiche und plastische Böden entfernt und ersetzt werden müssen. Je nach geplanter Dammhöhe kann die Austauschtiefe dieses nicht tragfähigen Bodens zwischen 5 und 20 m liegen.

Weiters muss der Untergrund die zu erwartenden hydraulischen Belastungen aushalten. Dabei darf auch die den Stauraum umschließende Hangfläche nicht unberücksichtigt bleiben. Eventuelle Hangrutschungen können unter anderem die Betriebssicherheit beeinträchtigen. Durch geeignete Maßnahmen wie der Auskleidung mit Asphalt werden Hangrutschungen aufgrund der Wasserspiegelschwankung und die Durchsickerung des Dammkörpers ausgeschlossen.

Abschlussbauwerke befinden sich meist in abgelegenen Tälern. Der Transport von Baumaterial über weite Strecken bis zu solchen Baustellen ist teuer. Besonders bei der Errichtung von Dämmen müssen große Mengen Schüttmaterial herangeführt werden. Zum Beispiel hat der 83 m hohe Schüttdamm des Speichers Durlaßboden in Tirol ein Bauwerksvolumen von ca. 2,5 Mio. m³ (Firmenprospekt Verbund-AHP). Die Zulieferung von so viel

Material kann nur entfallen, wenn vor Ort geeignetes Schüttgut abgebaut und aufbereitet werden kann. Ähnliches gilt für den Bau von Staumauern. Die Gewinnung und Aufbereitung von Betonzuschlagstoffen in der Nähe der Baustelle verringert die Kosten des Bauwerks deutlich.



Abbildung 5.9: Geologische Karte der Steiermark (Quelle: Geologische Bundesanstalt Wien ©)

In Abbildung 5.9 ist die Geologie der gesamten Steiermark dargestellt. Die Karte liegt im Anhang in größerem Maßstab bei. Sie soll einen Überblick über die vorkommenden Gesteinsarten geben. Auf geologischen Karten kann der Planer erkennen, welche Bodenformen im untersuchten Gebiet zu erwarten sind. Genauere Erkenntnisse können erst durch geologische Aufschlüsse vor Ort erlangt werden. Diese Karten können allerdings bereits ausreichende Einsichten für die Wahl des Standortes gewähren.

Für die geologischen Voruntersuchungen müssen in der Regel mehrere Prozent der gesamten Baukosten einkalkuliert werden. Je genauer und umfangreicher die Erkundungen durchgeführt werden umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass unerwartete geologischen Eigenschaften an der

Aufstandsfläche eines Absperrbauwerks zu Tage treten. Ganz auszuschließen sind unvorhergesehene Untergrundverhältnisse, die während der Freilegung sichtbar werden, trotzdem nicht.

5.4 Hydrologie

Die Planung und Errichtung wasserbaulicher Anlagen hängt wesentlich von den hydrologischen Merkmalen und den wasserwirtschaftlichen Zusammenhängen im Einzugsgebiet ab. Sie geben die Bemessungsgrößen für die Anlage an. Der optimale Ausbau wird nur durch genaue Kenntnisse dieser Vorgaben möglich. Die Hydrologie liefert außerdem Daten über Hochwässer und deren Häufigkeit.

Die wichtigsten hydrologischen Kennwerte für den Bereich des Kraftwerkbaus sind

- Abflüsse,
- Grundwasserstände,
- Wasserstände an Flüssen, Seen und Wasserspeichern,
- Niederschlag und
- Schneehöhen.

Die Messung der Daten wird von hydrologischen Instituten aufgezeichnet und können von diesen angefordert werden. In der Steiermark ist das der Hydrografische Dienst der Fachabteilung 19A Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft des Landes Steiermark. (www.wasserwirtschaft.steiermark.at)

Die Darstellung der Jahressummen der Niederschlagshöhen ist die am stärksten vereinfachte und verallgemeinerte Aussage über dieses Klimaelement. Allerdings ist sie die wichtigste Aussage über die verfügbaren Eingangsgrößen für den Jahres-Wasserhaushalt, da die Niederschlagshöhe die restlichen Kennwerte direkt beeinflusst.

Auf speziellen Karten werden die Verteilungen und Mächtigkeiten von Niederschlägen grafisch dargestellt. Auf der folgenden Abbildung 5.10 wird die

durchschnittliche Niederschlagssumme im Jahr, bezogen auf die Periode 1971 bis 2000, der Steiermark gezeigt.

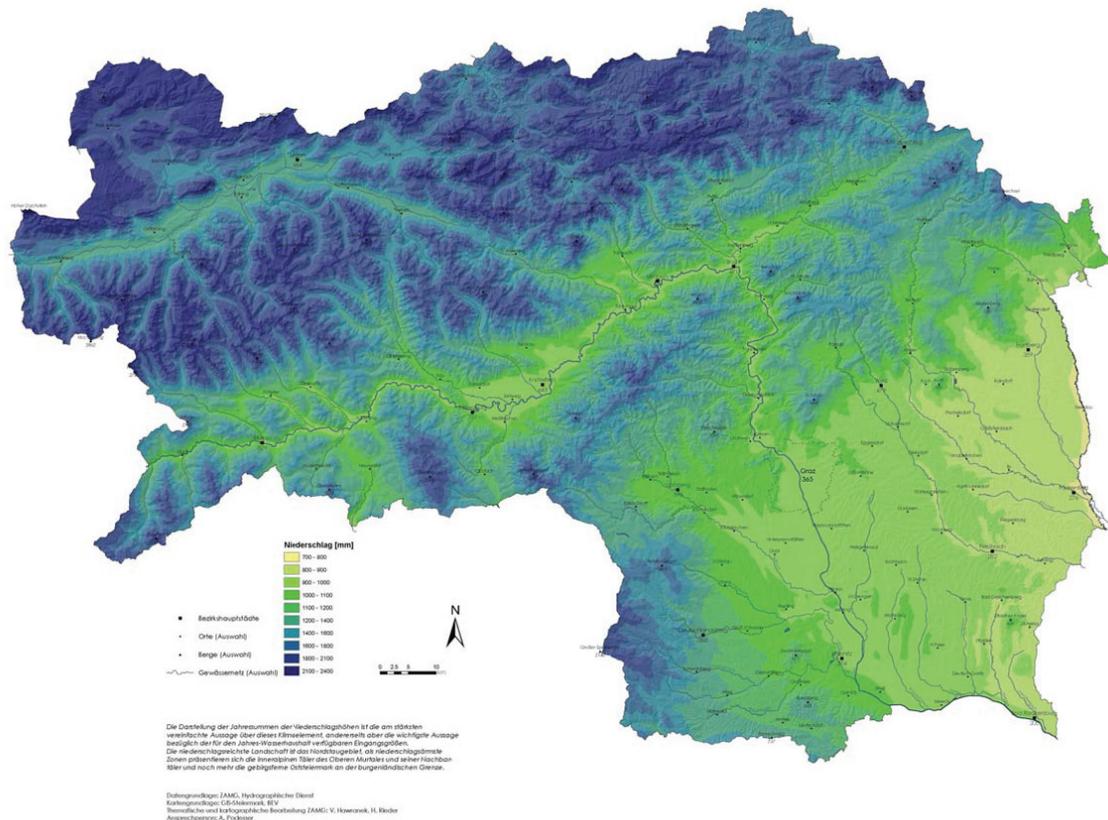


Abbildung 5.10: Durchschnittliche Niederschlagssumme im Jahr, 1971-2000 (Quelle: Klimaatlas Steiermark, Umweltinformationen Land Steiermark)

Mehrere Erkenntnisse lassen sich aus dieser Karte ablesen.

- Zunahme der Niederschläge mit wachsender Seehöhe.
- Abnahme der Niederschläge von Norden nach Süden bis zur Mittelachse „Oberes Murtal bis nördliche Oststeiermark“; südlich dieser Achse wiederum Zunahme aufgrund stärkerer Einfluss von Mittelmeerwetterlagen.
- Lokaler Einfluss des Reliefs aufgrund der Staueffekte.

Die deutlich zu erkennende Verteilung ist das Ergebnis dieser Faktoren. Am niederschlagsreichsten ist das Nordstaugebiet, niederschlagärmer hingegen sind die inneralpinen Täler des Oberen Murtales und dessen Nachbartäler. Der

geringste Niederschlag fällt in der gebirgsfernen Oststeiermark an der burgenländischen Grenze.

5.5 Schutzgebiete

In der Steiermark sind über 40 Prozent der Landesfläche als Schutzgebiete verschiedener Art ausgewiesen, zum Beispiel Nationalparks, Landschafts- oder Europaschutzgebiete. (Naturschutzfachlich bedeutende Gebiete in Österreich, Umweltbundesamt, Wien, 2002)

Diese geschützten Flächen befinden sich größtenteils in Gebieten, welche für die Wasserkraftwerksplanung von großem Interesse sind, wie etwa im Bergland und entlang von Flussläufen. Deshalb ist es notwendig und Teil der vorliegenden Arbeit, näher auf die verschiedenen Arten der Schutzgebiete einzugehen und die entstehenden Auswirkungen auf die Planung von Hochdruckanlagen zu betrachten.

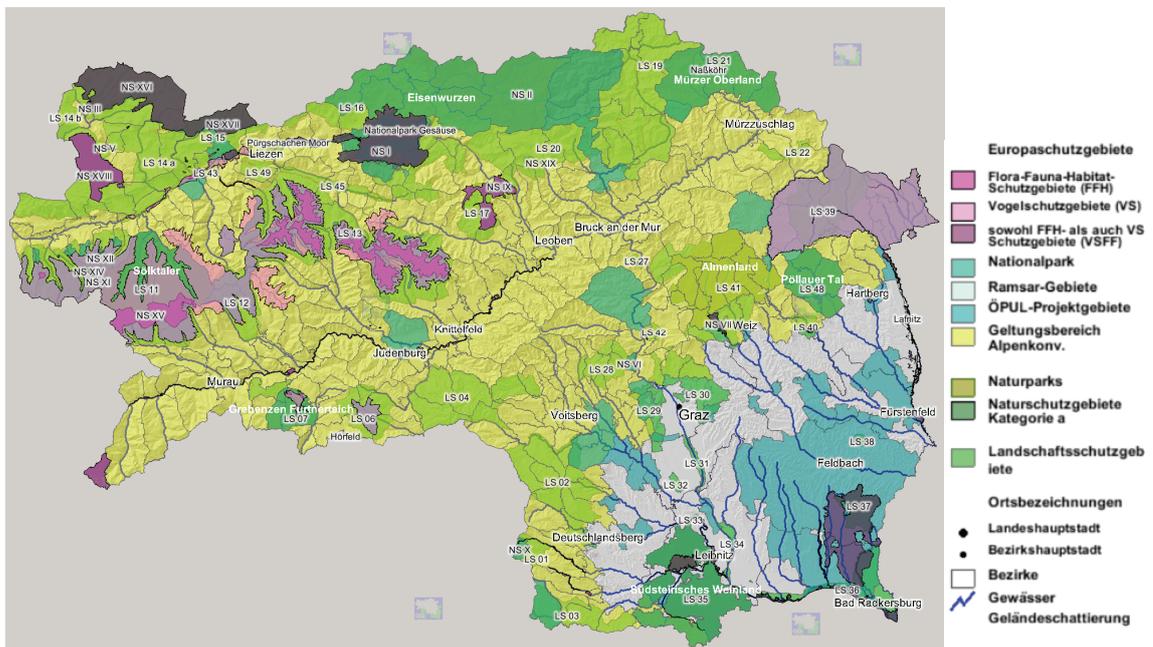


Abbildung 5.11: Naturräumliche Schutzgebiete der Steiermark (Quelle: GIS Steiermark)

Auf der Abbildung 5.11 sind die steirischen naturräumlichen Schutzgebiete grafisch dargestellt. Naturschutz fällt in Österreich in den Kompetenzbereich der Bundesländer. In der Steiermark ist die Rechtsgrundlage hierfür das steirische Naturschutzgesetz (NschG). Im Folgenden wird auf dieses Landesrecht

(Gesetz vom 30. Juni 1976 über den Schutz und die Pflege der Landschaft, NschG 1976) näher eingegangen.

Dieses Gesetz regelt den Schutz der Natur, den Schutz und die Pflege der Landschaft sowie die Erhaltung und Gestaltung der Umwelt als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Pflanzen und Tiere (§ 1 Abs. 1).

Insbesondere fallen unter die Bestimmungen dieses Gesetzes der Schutz und die Pflege von

- Naturschutzgebieten,
- Landschaftsschutzgebieten,
- geschützten Landschaftsteilen,
- Naturdenkmälern und
- Europaschutzgebieten.

Bei allen Vorhaben, durch die nachhaltige Auswirkungen auf Natur und Landschaft zu erwarten sind, ist zur Vermeidung von schädigenden, verunstaltenden oder störenden Änderungen

- auf die Erhaltung des ökologischen Gleichgewichts der Natur und
- auf die Erhaltung und Gestaltung der Landschaft in ihrer Eigenart sowie ihrer Erholungswirkung Bedacht zu nehmen (§ 2 Abs. 1).

Nachfolgend werden die im Gesetzestext angeführten besonderen Schutzmaßnahmen zusammengefasst. Die Verordnungen im Detail können im Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramts unter Landesrecht Steiermark nachgelesen werden (www.ris.bka.gv.at/Lr-Steiermark).

5.5.1 Naturschutzgebiete

Definition: „Gebiete, die wegen ihrer weitgehenden Ursprünglichkeit, der besonderen Vielfalt ihrer Tier- und Pflanzenwelt, wegen seltener oder gefährdeter Tier- und Pflanzenarten einschließlich ihrer Lebensgrundlagen,

insbesondere aus naturwissenschaftlichen Gründen erhaltungswürdig sind, können durch Verordnungen zu Naturschutzgebieten erklärt werden.“ (NschG, § 5 Abs. 1) Dies können zum Beispiel alpine Landschaften, Flusslandschaften, Urwaldreste oder Sümpfe sein.

In Naturschutzgebieten dürfen keine Eingriffe vorgenommen werden, welche die Natur schädigen, das Landschaftsbild verunstalten oder den Naturgenuss beeinträchtigen. Ausgenommen von diesem Verbot sind solche Eingriffe, die für Schutzzwecke erforderlich sind. Ebenso erlaubt sind Eingriffe, die der Abwehr schwerer volkswirtschaftlicher Schäden oder das Leben und die Gesundheit von Menschen gefährdenden Missständen dienen.

Ausnahmebewilligungen können durchaus erteilt werden. Jedoch werden Auflagen zur weitestgehenden Vermeidung mit dem Eingriff verbundenen nachteiligen Folgen vorgeschrieben.

5.5.2 *Landschaftsschutzgebiete*

Definition: Gebiete, die

- a) besondere landschaftliche Schönheiten oder Eigenarten (Z.B. als Au oder Berglandschaft) aufweisen,
- b) im Zusammenwirken von Nutzungsart und Bauwerken als Kulturlandschaft von seltener Charakteristik sind oder
- c) durch ihren Erholungswert besondere Bedeutung haben oder erhalten sollen, können durch Verordnung der Landesregierung zum Landschaftsschutzgebiet erklärt werden. (NschG, § 6 Abs. 1)

In Landschaftsschutzgebieten sind Handlungen zu unterlassen, die den Bestimmungen des NschG § 2 Abs. 1 widersprechen (Erhaltung ökologisches Gleichgewicht, Landschaft, Erholungswirkung). Bewilligungen sind jedenfalls für nachstehende Vorhaben einzuholen:

- a) Bodenentnahmen;

- b) Errichtung von Appartementhäusern, Feriendörfern und Wochenendsiedlungen sowie von Bauten mit über 18 m Gesamthöhe;
- c) Errichtung von Bauten und Anlagen, die nicht unter lit. b fallen und außerhalb eines geschlossenen, bebauten Gebietes liegen, für das weder Bebauungspläne noch Bebauungsrichtlinien erlassen wurden;
- d) Verwendung von Flächen als Sport und Übungsgelände oder Schießplatz;
- e) Errichtung von Zeltlagern oder das Aufstellen von Wohnwagen für mehr als eine Nächtigung außerhalb von Gehöften, Ortschaften oder hierfür genehmigten Plätzen, ausgenommen für betriebliche Zwecke zur Durchführung genehmigter Vorhaben (z.B. Bauarbeiten) (NschG § 6 Abs. 3)

Eine Bewilligung kann erteilt werden, wenn negative Auswirkungen zwar zu erwarten sind, jedoch besondere volkswirtschaftliche oder besondere regionalwirtschaftliche Interessen die des Landschaftsschutzes überwiegen. Bei der Interessenabwägung ist zu berücksichtigen, ob der angestrebte Zweck auf eine technisch und wirtschaftlich vertretbare andere Weise erreicht werden kann. (NschG § 6 Abs. 6, 7, zusammengefasst)

5.5.3 *Naturdenkmale und geschützte Landschaftsteile*

Definitionen nach NschG §§ 10, 11:

Eine hervorragende Einzelschöpfung der Natur, die wegen

- a) ihrer wissenschaftlichen oder kulturellen Bedeutung,
- b) ihrer Eigenart, Schönheit oder Seltenheit oder
- c) ihres besonderen Gepräges für das Landschafts- oder Ortsbild erhaltungswürdig ist, kann mit der für ihre Erhaltung und ihr Erscheinungsbild maßgebenden Umgebung mit Bescheid der Bezirksverwaltungsbehörde zum Naturdenkmal erklärt werden.

Ein Teilbereich der Landschaft, der

- a) das Landschafts- oder Ortsbild belebt,
- b) natur- oder kulturdenkmalwürdige Landschaftsbestandteile aufweist,
- c) mit einem Bauwerk oder einer Anlage eine Einheit bildet oder
- d) als Grünfläche in einem verbauten Gebiet der Erholung dient und wegen der kleinklimatischen, ökologischen oder kulturgeschichtlichen Bedeutung erhaltungswürdig ist, kann mit der für seine Erhaltung und Erscheinungsform maßgebenden Umgebung mit Bescheid der Bezirksverwaltungsbehörde zum geschützten Landschaftsteil erklärt werden.

Diese beiden Schutzgebiete dürfen nicht durch menschliche Einwirkung zerstört, verändert oder in ihrem Bestand gefährdet werden. Die einzige Ausnahme bilden „unabwendbare Erfordernisse“. Aufgrund solcher Erfordernisse kann eine Veränderung, durch die ein Naturdenkmal oder ein geschützter Landschaftsteil nur eine geringfügige Einbuße erleidet, von der zuständigen Behörde bewilligt werden. (NschG § 12 Abs. 1, 2, zusammengefasst)

5.5.4 Kohärentes europäisches ökologisches Netz „NATURA 2000“

Mit dem EU-Beitritt hat sich Österreich unter anderem dazu verpflichtet, die den Naturschutz betreffenden europäischen Richtlinien umzusetzen. Dabei handelt es sich um die Flora-Fauna-Habitat Richtlinie, die Vogelschutzrichtlinie und die Europäische Wasserrahmenrichtlinie. Die Umsetzung erfolgte in der Steiermark durch die Erweiterung und Anpassung des NschG 1976 (NschG § 13).

Die beiden erstgenannten Richtlinien dienen der Erhaltung und Förderung von Lebensräumen und Arten in der gesamten Europäischen Union. Zu diesem Zweck werden schutzwürdige Gebiete von gemeinschaftlichem Interesse nach europaweit einheitlichen Kriterien ausgewiesen. Zusammen bilden sie das europäische „NATURA 2000“ Netzwerk.

Die wesentlichen Ziele der Richtlinien sind:

- Fauna-Flora-Habitat Richtlinie (FFH Richtlinie): die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen.
- Vogelschutzrichtlinie: die Erhaltung wild lebender Vogelarten.

Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung sind Gebiete, die in signifikantem Maße dazu beitragen, einen natürlichen Lebensraumtyp oder eine Art in einem günstigen Erhaltungszustand zu bewahren oder einen solchen wiederherzustellen und die auch in signifikantem Maße zur Kohärenz des Netzes „NATURA 2000“ oder zur biologischen Vielfalt beitragen können. Bei Tierarten, die große Lebensräume beanspruchen, entsprechen diese Gebiete den Orten im natürlichen Verbreitungsgebiet dieser Arten, welche die für ihr Leben und ihre Fortpflanzung ausschlaggebenden physischen und biologischen Elemente aufweisen (NschG § 13 Abs. 3).

Durch Verordnung der Landesregierung werden diese Gebiete zu besonderen Schutzgebieten mit der Bezeichnung „Europaschutzgebiet“ erklärt. Falls bestehende Natur- oder Landschaftsschutzgebiete oder geschützte Landschaftsteile die Voraussetzungen nach NschG § 13 Abs. 3 erfüllen, werden sie ebenso in Europaschutzgebiete umbenannt.

Für die Planung und Ausführung von Wasserbauprojekten sind die Aussagen des NschG bezüglich der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit dem Schutzzweck eines Europaschutzgebietes wichtig und werden deshalb im Folgenden zitiert.

NschG § 13b (2), Verträglichkeitsprüfung

(1) Pläne und Projekte innerhalb und außerhalb von Europaschutzgebieten, die einzeln oder im Zusammenwirken mit anderen Plänen und Projekten zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Schutzzwecks eines Europaschutzgebietes führen können, sind auf Antrag von der Landesregierung auf ihre Verträglichkeit mit dem Schutzzweck zu prüfen.

(2) Ergibt die Prüfung der Verträglichkeit, dass der Plan oder das Projekt zu keinen erheblichen Beeinträchtigungen der für den Schutzzweck des Europaschutzgebietes maßgeblichen Bestandteile führen kann, so ist der Plan oder das Projekt erforderlichenfalls unter Vorschreibung von Auflagen zu bewilligen.

(3) Ergibt die Prüfung der Verträglichkeit, dass der Plan oder das Projekt zu erheblichen Beeinträchtigungen der für den Schutzzweck des Europaschutzgebietes maßgeblichen Bestandteile führen kann, darf eine Bewilligung abweichend von Abs. 2 nur dann erteilt werden, wenn

1. zumutbare Alternativen, den mit dem Plan oder Projekt verfolgten Zweck an anderer Stelle ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen zu erreichen, nicht gegeben sind und
2. der Plan oder das Projekt aus zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art durchzuführen ist.

(4) Befindet sich in dem vom Plan oder Projekt betroffenen Europaschutzgebiet ein prioritärer Lebensraum oder eine prioritäre Art, so können als zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses nur berücksichtigt werden

1. die Gesundheit des Menschen,
2. die öffentliche Sicherheit einschließlich der Landesverteidigung und des Schutzes der Zivilbevölkerung oder
3. maßgeblich günstige Auswirkungen des Planes oder Projekts auf die Umwelt. Sonstige Gründe [...] können nur berücksichtigt werden, wenn zuvor eine Stellungnahme der Kommission der Europäischen Union eingeholt worden ist.

Annähernd die Hälfte der steirischen Landesfläche ist in verschiedene Schutzgebiete mit unterschiedlichen Schutzzwecken eingeteilt. Dennoch ist es möglich, auch in geschützten Gebieten Wasserkraftanlagen zu errichten. In diesem Zusammenhang ist im Gesetzestext vom übergeordneten öffentlichen

Interesse die Rede. Die Erzeugung von regenerativer Energie aus Wasserkraft ist gerade im wasserreichen Land Österreich von großer Bedeutung. Einzig Naturdenkmäler und geschützte Landschaftsteile sind unantastbar.



Abbildung 5.12: Naturdenkmal Bärenschützklamm (Foto: koger, www.panoramio.com)

5.6 Infrastruktur, Siedlungsgebiete und Wasserrechte

Neben dem unmittelbaren Einfluss der natürlichen Gegebenheiten auf die Standortauswahl stellen auch durch den Menschen errichtete Bauwerke im Projektgebiet und Eingriffe in die Natur maßgebende Rahmenbedingungen dar.

Eines dieser Kriterien ist die Erreichbarkeit der Baustelle durch die notwendigen Baugeräte. Im Zuge der Vorstudie kann auf Karten oder auch vor Ort überprüft werden, ob Zufahrtsmöglichkeiten zur künftigen Baustelle bestehen. Sind keine Straßen vorhanden, können diese bei Bewilligung des Projekts nachträglich hergestellt werden. Kostenintensiver als das Erschließen des Gebietes zum Zweck der Erreichbarkeit ist die Netzanbindung bei fehlender Stromeinspeisemöglichkeit. Die in der vorliegenden Arbeit besprochenen Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke produzieren große Mengen Strom, der in das Stromnetz eingespeist werden muss. Die angesprochene Erreichbarkeit der Baustelle und die Möglichkeit der Stromeinspeisung schlagen sich, falls nicht vorhanden, in den Kosten des Gesamtprojektes nieder. Sie schließen aber nicht die mögliche Realisierung des Vorhabens aus.

Unmöglich hingegen wird die Umsetzung eines Bauvorhabens zum Beispiel dann, wenn bedeutende Kulturbauten oder ganze Ortschaften aufgrund der Errichtung eines Sperrbauwerkes bedroht oder zerstört werden.

Nachfolgend werden exemplarisch einige Objekte aufgeführt, die eine Projektrealisierung undurchführbar machen.

- Ortschaften,
- Kirchen,
- Friedhöfe,
- Schlösser und Burgen,
- Antike Ruinenstätte, etc.

Es besteht aufgrund der nötigen Maßnahmen beziehungsweise ihrer Kosten keine reale Möglichkeit, Bauwerke dieser Art abzulösen oder abzutragen und an anderer Stelle wieder zu errichten. Des Weiteren wird mit erheblichen

Einwänden der Öffentlichkeit zu rechnen sein. Und die letztlich entscheidende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) kann aufgrund der Gesetzeslage (vgl. Kapitel 4.5) zu keinem positiven Bewilligungsbescheid führen. Einzelne Gebäude wie Jagdhütten oder landwirtschaftlich genutzte Scheunen hingegen können abgelöst werden und beeinträchtigen die Planung oder Bauausführung nur im Hinblick auf die dadurch entstehenden Mehrkosten.

Gleichermaßen verhält es sich mit im Projektgebiet bestehenden Wasserrechten. Dazu zählen unter anderem

- Trinkwasserentnahmen,
- Einleitung von Abwasser,
- Ausleitungen für Fischteichanlagen und
- Wasserkraftanlagen.

Die erwähnten Entnahmestellen und Einleitungen können verlegt, Kraftwerke abgelöst werden. Die hierbei entstehenden Kosten sind allerdings in jedem Fall einzeln zu überprüfen. Die nötigen Maßnahmen bzw. die Kosten für die Ablösung fließen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Bauvorhabens ein und vor allem große Kraftwerksanlagen können diese negativ beeinflussen.

5.7 Ausschließungsgründe

Die Realisierung eines Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerkes hängt, wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, von unterschiedlichsten Kriterien ab. Diese beeinflussen dementsprechend die Gesamtkosten des Projekts, schließen die Durchführbarkeit aber nicht von vornherein aus.

Im Folgenden werden mögliche Standortkriterien angeführt, welche tatsächlich einen Ausschließungsgrund darstellen würden.

Standortkriterien	Ausschließungsgründe
Höhenverhältnisse und Einzugsgebiet	Mindestanforderung 100 m zwischen Krafthaus und Oberbecken nicht gegeben. Oberhalb des Oberbeckens kein Einzugsgebiet vorhanden, deshalb kein Speicherkraftwerk möglich.
Schutzgebiete	Naturdenkmal oder geschützter Landschaftsteil im Projektgebiet, deshalb Bewilligung nicht erreichbar.
Siedlungsgebiete	Im Bereich des Vorhabens bestehen zusammenhängende Siedlungen oder Kulturbauten, welche nicht abgelöst werden können.
Wasserrechte	Ablösung bestehender Wasserkraftwerke (Alter und Ausbau sind entscheidend), wirkt sich aufgrund dadurch entstehender Kosten negativ auf die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens aus.

Tabelle 5.2: Standortkriterien - Ausschließungsgründe

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Errichtung einer Hochdruckanlage aus technischer Sicht in jedem untersuchten Gebiet möglich ist, soweit keine der in Tabelle 5.2 angeführten Ausschließungsgründe vorliegen. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Kraftwerksanlage und, noch entscheidender, die rechtlichen Rahmenbedingungen können allerdings die Realisierung des Bauvorhabens verhindern. Nur die Berücksichtigung aller maßgeblichen Faktoren und Kriterien führt zu einer bestmöglichen Standortwahl für ein Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerk und dessen Optimierung.

6. Untersuchte Standorte

6.1 Vorbemerkungen

Ein Ziel der Diplomarbeit ist die Untersuchung der Steiermark auf vorhandenes Ausbaupotential für Hochdruckanlagen. Zu diesem Zweck werden Gebiete anhand des erstellten Kriterienkataloges überprüft. Die Vorgehensweise hierbei richtet sich nach den jeweiligen Randbedingungen des untersuchten Gebiets. Im Folgenden wird aufgelistet, welche Fragen bei der Überprüfung beantwortet werden müssen.

- Ist eine Fallhöhe von mindestens 100 m zu erreichen?
- Ist eine ausreichende Fläche für das Oberbecken vorhanden?
- Ist eine ausreichende Fläche für das Unterbecken vorhanden?
- Wie groß ist das Einzugsgebiet?
- Kann man das Einzugsgebiet mittels Beileitungen vergrößern?
- Welche geologischen Gegebenheiten herrschen vor?
- Sind Schutzgebiete betroffen?
- Ist die nötige Infrastruktur vorhanden? (Zufahrt, Einspeisemöglichkeit)
- Sind bestehende Wasserrechte vorhanden?
- Gibt es Ausschließungsgründe?

Sind keine Ausschließungsgründe vorhanden kann das Projektgebiet als potentiell ausbaufähig bewertet werden. Anhand dieser Untersuchung wird festgestellt, ob die Realisierung einer Hochdruckanlage aus technischer und rechtlicher Sicht möglich ist. Die Wirtschaftlichkeit eines solchen Kraftwerks wird daraus jedoch nicht ersichtlich. Hierfür ist es notwendig, ein Vorprojekt zu entwickeln. Im Kapitel 7 wird ein solches Vorprojekt geplant und vorgestellt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden elf steirische Gebiete auf ihr Ausbaupotential untersucht. Auf einem Übersichtsplan werden der mögliche Standort des Ober- und/oder Unterbeckens sowie die Triebwasserführung und

das Einzugsgebiet dargestellt. Wichtige Rahmenbedingungen werden tabellarisch zusammengefasst.

6.2 Talbach

Im Bereich der Schladminger Tauern wurde das Gebiet südlich von Schladming untersucht. Im Untertal kann ein Oberbecken situiert werden mit einem Volumen von ca. 0,5 Mio. m³. Durch ein Einlaufbauwerk im Obertal und einer 1800 m langen Beileitung kann das Einzugsgebiet des Untertals mit 72 km² um 56 km² auf insgesamt 128 km² vergrößert werden.

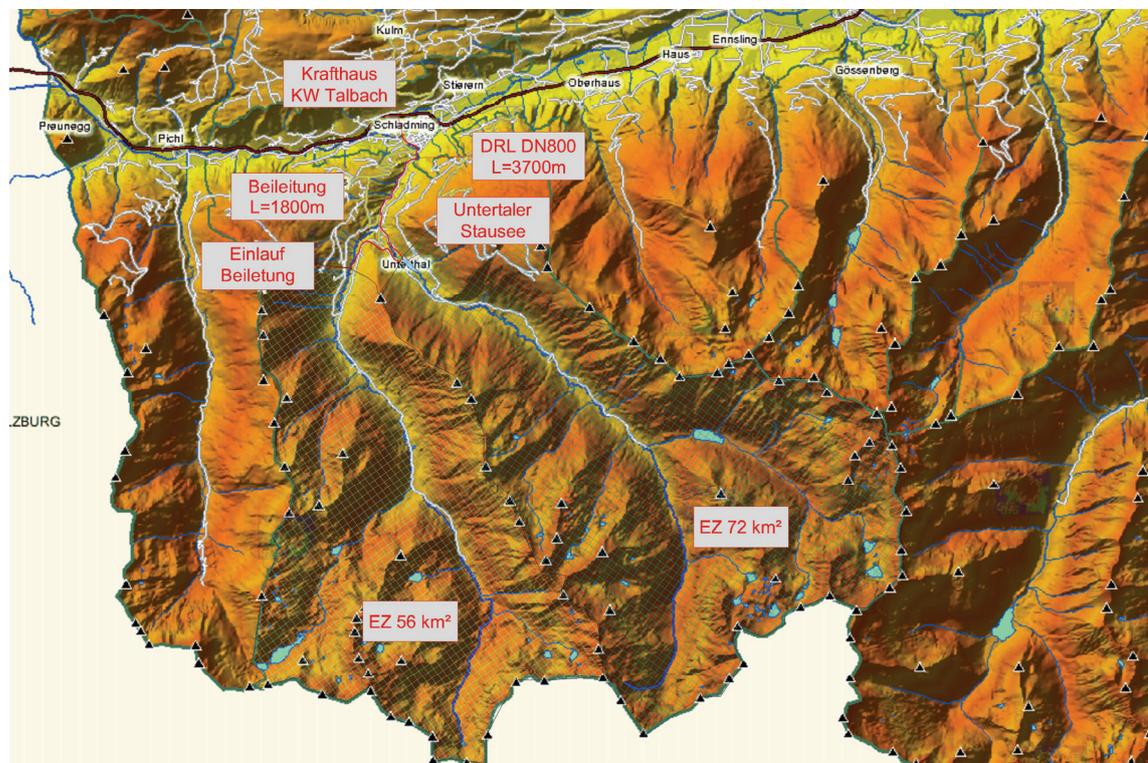


Abbildung 6.1: Talbach, Einzugsgebiete (Karte: GIS Steiermark)

Über eine 3,7 km lange Druckrohrleitung wird das Triebwasser zum Krafthaus in Schladming am Ufer der Enns geleitet. Die Enns wird gleichzeitig als Unterbecken und Vorfluter genutzt.

Als positiv kann die Größe und Ergiebigkeit des Einzugsgebietes angesehen werden. Außerdem sprechen die gute Erreichbarkeit der einzelnen Anlagenteile für Baufahrzeuge und eine nicht aufwändige Anbindung an das Stromnetz für eine gründlichere Untersuchung des Standortes. Des Weiteren ist zu erwähnen,

dass die Druckrohrleitung im Bereich eines Wanderweges verläuft und somit kostengünstig ausgeführt werden kann. Das Oberbecken ist so situierbar, dass das angrenzende Europaschutzgebiet nicht berührt wird.

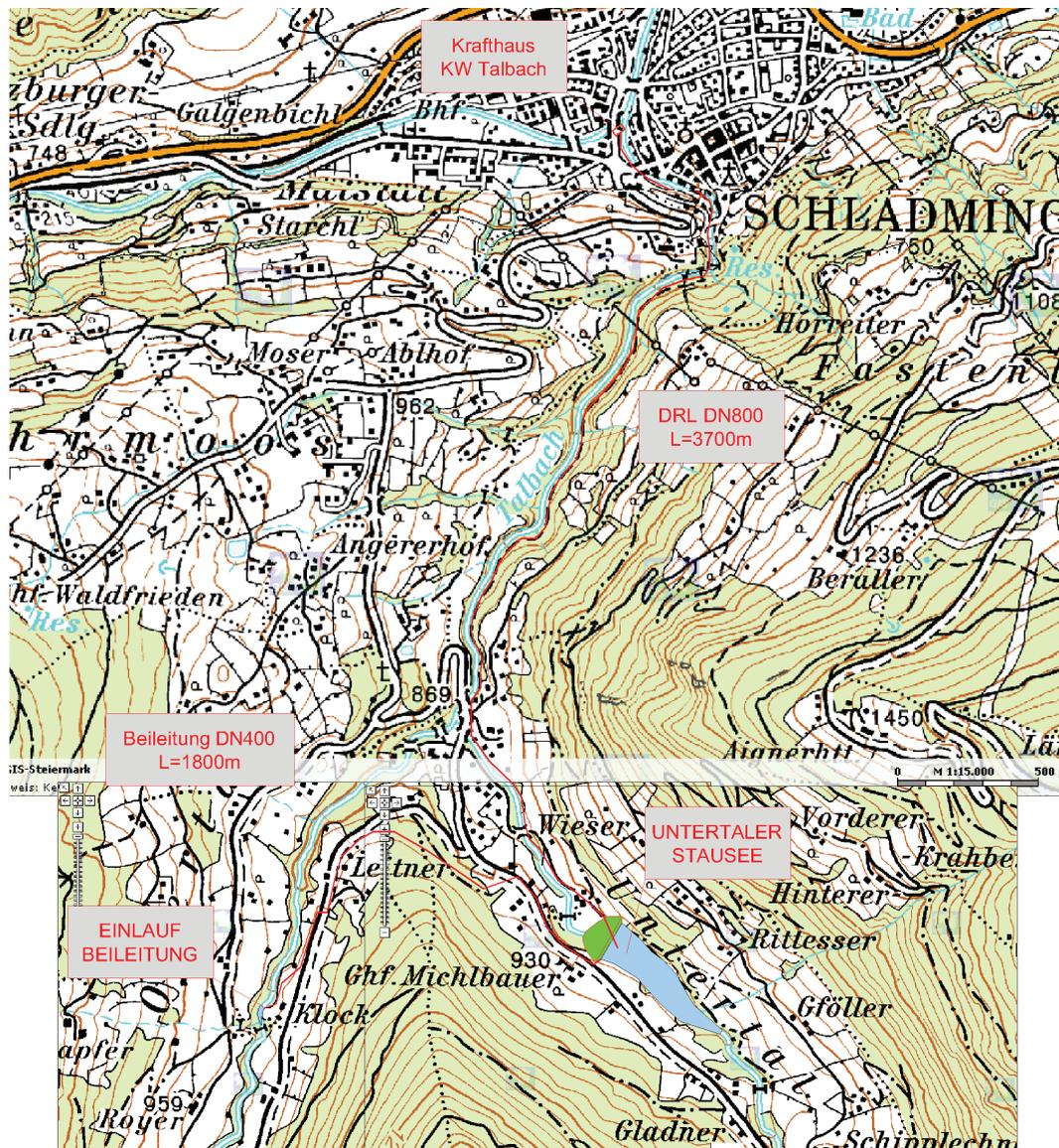


Abbildung 6.2: Übersicht Talbach (Karte: GIS Steiermark)

Geologisch betrachtet ist das Gebiet gut geeignet für die Errichtung von Dämmen. Der Untergrund besteht aus Gneis und Paragneis. Das für einen Damm nötige Schüttmaterial kann direkt vor Ort gewonnen werden.

Demgegenüber steht die Bedeutung des Talbachs als beliebtes Ausflugsziel der Schladminger Region. Die „wilden Wasser“ des Baches stellen eine

besondere Attraktivität dar. Deshalb kann eine Durchführbarkeit durchaus an der Gemeinde beziehungsweise den Anrainern scheitern.

In nachstehender Tabelle 6.1 werden die Standortkriterien und deren Bewertung zusammengefasst.

Fallhöhe, Relief	ca. 200 m, Kerbtal	Schutzgebiet	Landschaftsschutzgebiet LS11, EU-FFH Nr.37, EU-Vogel Nr.38
Einzugsgebiet	128 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorhanden, Stromeinspeisung Schladming
Geologie	Gneis, Paragneis	Siedlungsgebiete	Gasthof Tetter im Bereich des Oberbeckens
Abfluss	Q ₅₀ = 11,65 m ³ /s	Wasserrechte	Kraftwerk der Verbund-AHP in Schladming
Betriebsart	Speicher-KW	Ausschlussgrund	---

Tabelle 6.1: Standortkriterien Talbach

Aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen wird das Projekt Talbach im Übersichtsplan der untersuchten Gebiete als möglicher Standort (grün) markiert.

6.3 Sattentalbach

Das untersuchte Sattental liegt südlich von Pruggern (ca. 680 m.ü.A.) zwischen Haus im Ennstal und Gröbming. Das Oberbecken mit einem Inhalt von ca. 0,9 Mio.m³ kann auf 1220 m.ü.A unterhalb der Keinreiteralm situiert werden. Das Unterbecken liegt am linken Ennsufer unterhalb von Pruggern. Die Druckrohrleitungslänge beträgt ca. 5600 m.

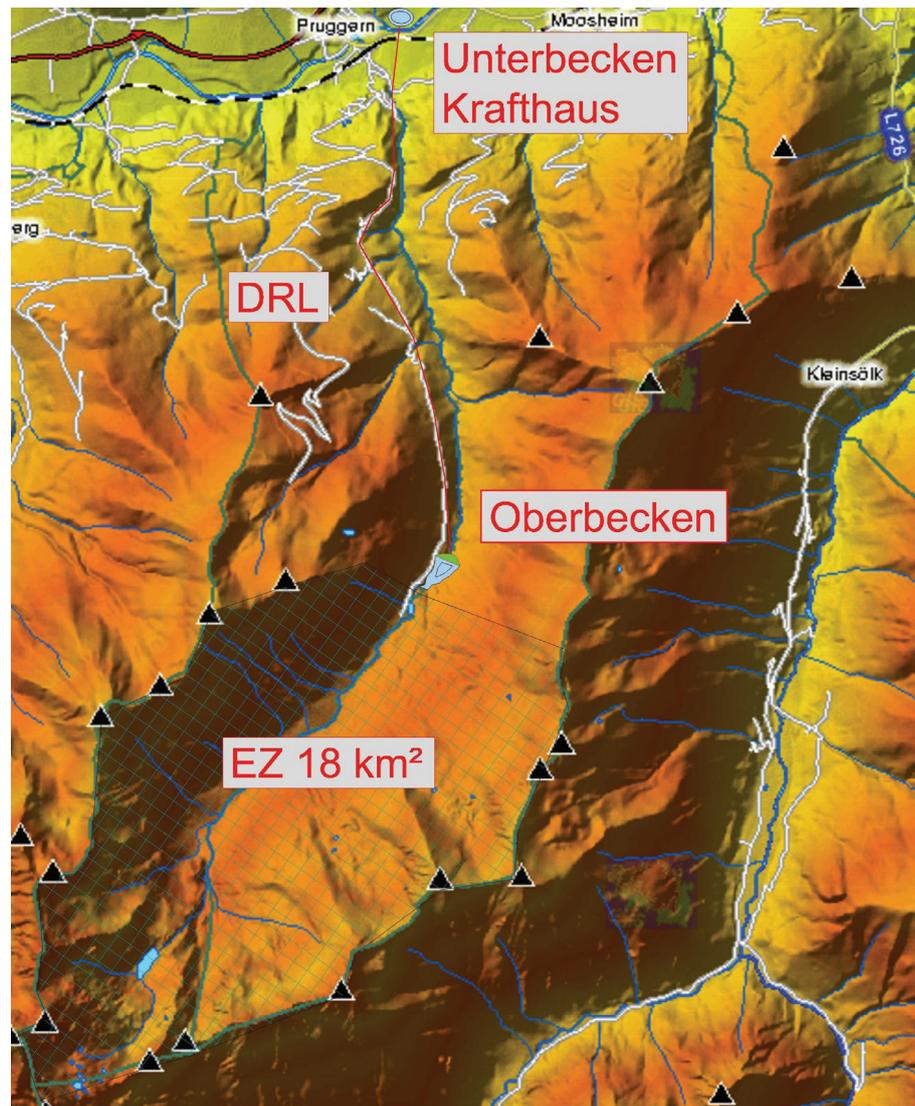


Abbildung 6.3: Übersicht Sattentalbach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 535 m, Kerbtal	Schutzgebiet	UB: Vogel Nr.41, OB: Vogel Nr.38, LSG LS11
Einzugsgebiet	17 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorhanden
Geologie	Gneis,Paragneis	Siedlungsgebiete	
Abfluss	$Q_{50} \approx 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$	Wasserrechte	2 Kleinwasser-KW
Betriebsart	Speicher- oder Pumpspeicher-KW	Ausschließungs- grund	---

Tabelle 6.2: Standortkriterien Sattentalbach

6.4 Kleinsölkbach

Das große Einzugsgebiet (117 km²) eignet sich zur Projektierung eines Speicherkraftwerks. Die Beileitung des Kleinsölkbaches zum Speicher des Kraftwerks Sölk schließt jedoch die Realisierung des Bauvorhabens aus.

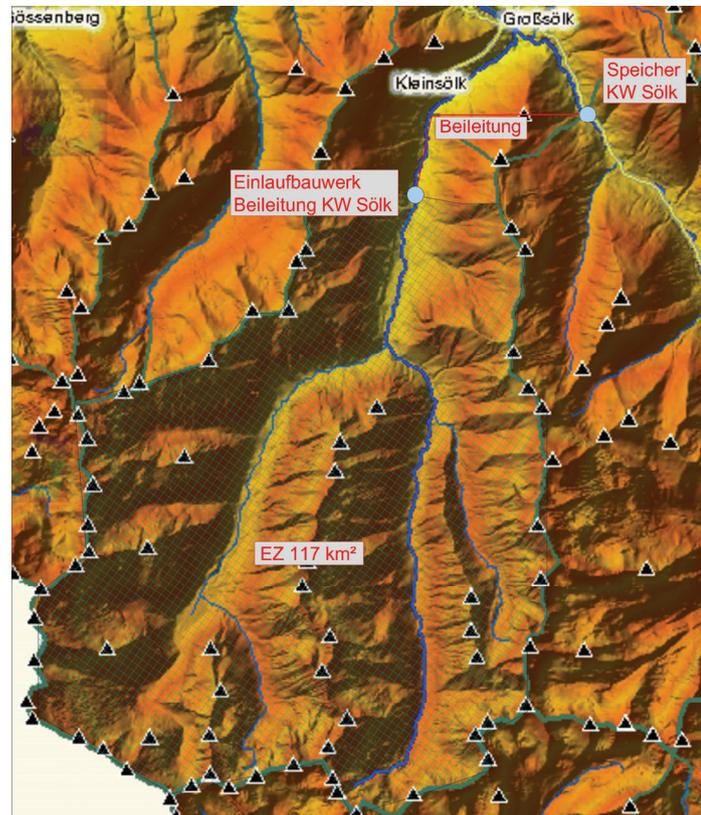


Abbildung 6.4: Übersicht Kleinsölkbach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 240 m, Kerbtal	Schutzgebiet	Naturpark Sölktäler, LSG LS 11,
Einzugsgebiet	117 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorhanden
Geologie	Quarzit-/ Glimmer- schiefer	Siedlungsgebiete	-
Abfluss	$Q_{50} \approx 10,6 \text{ m}^3/\text{s}$	Wasserrechte	KW Sölk
Betriebsart	Speicher-KW	Ausschließungs- grund	Wasserrecht KW Sölk

Tabelle 6.3: Standortkriterien Kleinsölkbach

6.5 Gulling

Das untersuchte Einzugsgebiet liegt südlich von Aigen an der Mur (ca. 640 m.ü.A.). Das Oberbecken mit einem Inhalt von ca. 1,4 Mio.m³ kann auf 960 m.ü.A am Mittereggbach situiert werden. Das Unterbecken liegt am rechten Ennsufer unterhalb von Irdring. Die Druckrohrleitungslänge beträgt ca. 10 km. Die Beileitung vom Einlaufbauwerk Oppenberg hat eine Länge von 4,0 km.

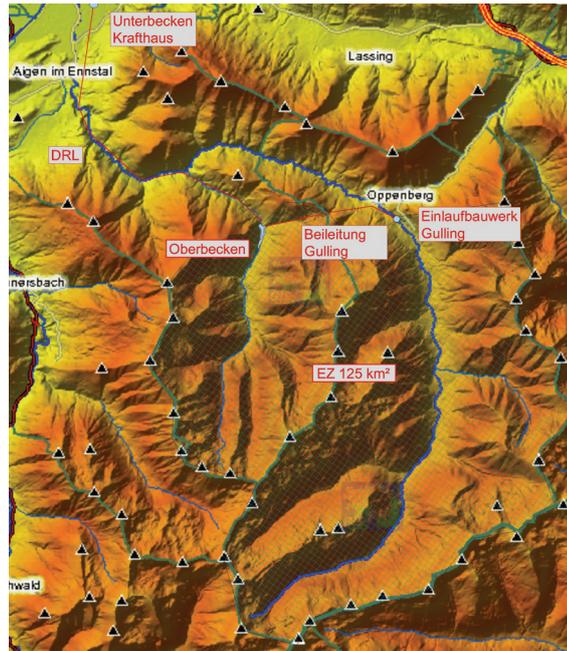


Abbildung 6.5: Übersicht Gulling (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 300 m Kerbtal	Schutzgebiet	EU-FFH Nr.36, Vogel Nr. 38, LSG LS12, LSG LS43
Einzugsgebiet	113 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorhanden
Geologie	Paragneis, Altkristallin	Siedlungsgebiete	-
Abfluss	Q50 ≈ 10,3 m ³ /s	Wasserrechte	Kleinwasser-KW
Betriebsart	Speicher- oder Pumpspeicher-KW	Ausschließungs- grund	---

Tabelle 6.4: Standortkriterien Gulling

6.6 Grimming

Das untersuchte Einzugsgebiet liegt nordöstlich von Tauplitz und erstreckt sich bis zur oberösterreichischen Grenze. Ein möglicher Speicher kann ca. 2 km flussauf von Tauplitz am Grimming situiert werden. Allerdings beträgt die maximale Fallhöhe zwischen Oberbecken und dem möglichen Krafthausstandort lediglich 120 m, zwischen Absenkziel im Staubecken und Krafthaus nur 90 m. Somit ist das Speicherprojekt nicht zu den Hochdruckanlagen zu zählen.

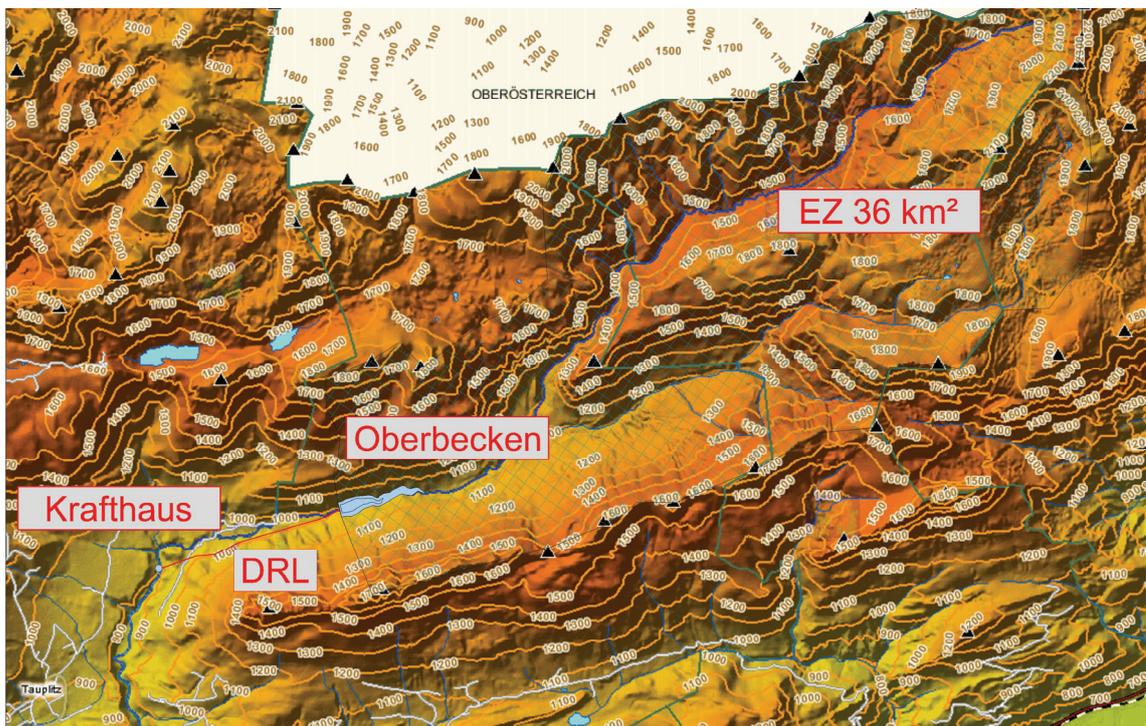


Abbildung 6.6: Übersicht Grimming (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 90 m Kerbtal	Schutzgebiet	LSG LS 14a, LS 15
Einzugsgebiet	36 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Kalk, Dolomit	Siedlungsgebiete	-
Betriebsart	Speicher-KW	Ausschlussgrund	Fallhöhe < 100 m

Tabelle 6.5: Standortkriterien Grimming

6.7 Weißbach bei Liezen

Das Einzugsgebiet bei Weißbach/Liezen hat eine Größe von ca. 40 km². Ein Oberbecken könnte im Bereich des Langpoltenbachs errichtet werden. Jedoch ist das untersuchte Gebiet auszuschließen, da sich im Tal neben dem Landschaftsschutzgebiet LS15 (Warschenek-Gruppe), dem EU-Vogelschutz und Fauna-Flora-Habitat Richtlinie Gebiet Nr. 35 (Totes Gebirge) sowie dem Naturschutzgebiet XVII (Totes Gebirge Ost) das Naturdenkmal 965 befindet.

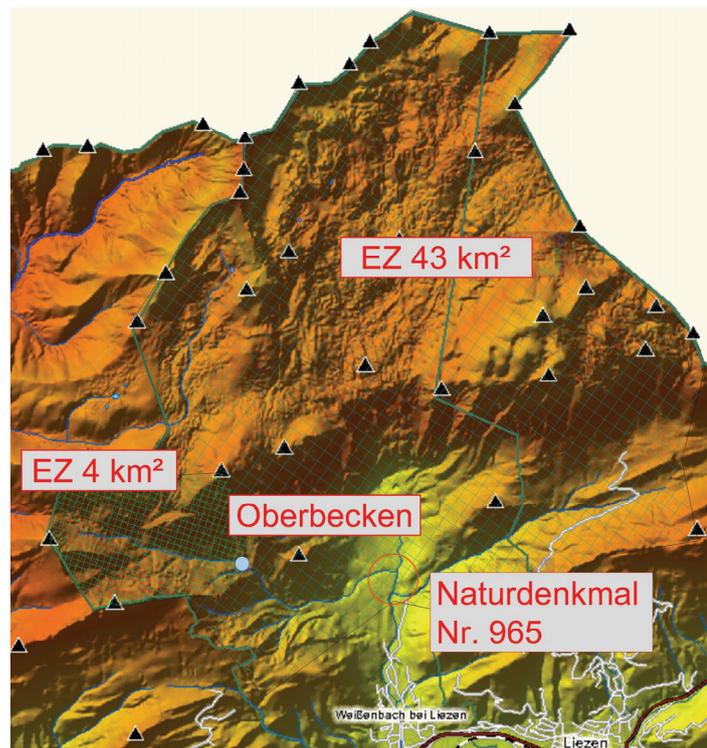


Abbildung 6.7: Übersicht Weißbach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 470 m Sohlental	Schutzgebiet	LSG LS 15, NSG XVII, EU Vogel FFH Nr. 35, Naturdenkmal 965
Einzugsgebiet	43 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Quarzite, Schiefer, Kalke, Dolomit	Siedlungsgebiete	1 Almhütte im Bereich Oberbecken
Betriebsart	Pumpspeicher-KW	Ausschlussgrund	Naturdenkmal

Tabelle 6.6: Standortkriterien Weißbach

6.8 Turrach

Das enge Kerbtal des Turrachbaches eignet sich in Kombination mit dem zugehörigen Einzugsgebiet und der erzielbaren Fallhöhe zur Projektierung eines Speicherkraftwerks. Die Beileitung des Turrachbaches zum Speicher Paal des KW Bodendorf schließt jedoch eine Realisierung eines solchen Bauvorhabens aus.

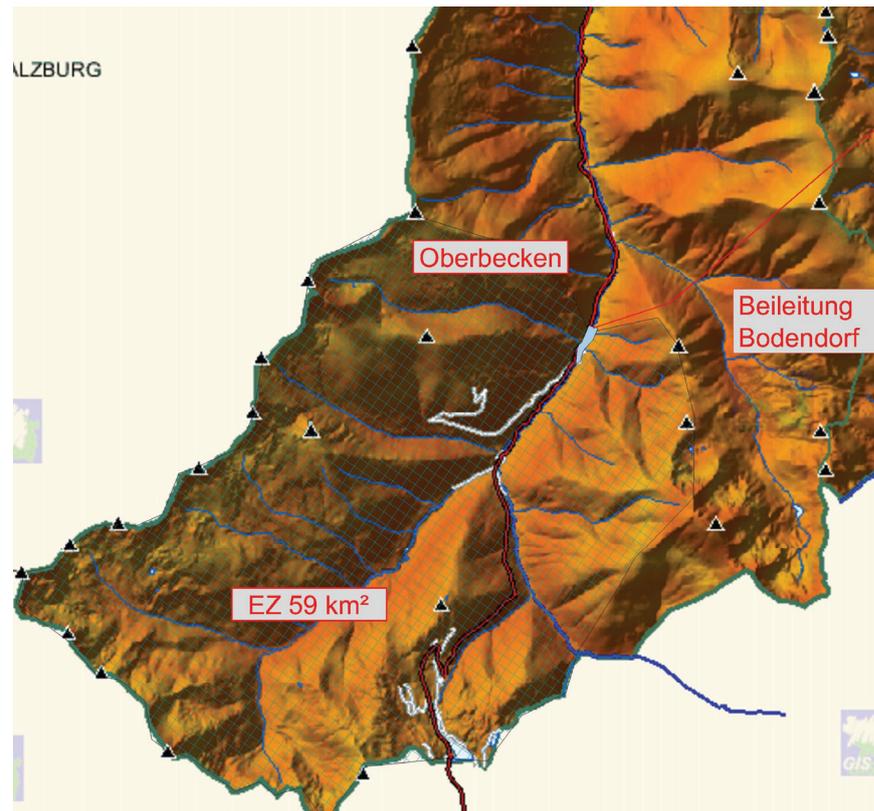


Abbildung 6.8: Übersicht Turrach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 260 m Sohlentäl	Schutzgebiet	-
Einzugsgebiet	59 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Schiefergneis, Glimmerschiefer	Siedlungsgebiete	-
Betriebsart	Speicher-KW	Ausschließungs- grund	Wasserrecht KW Bodendorf

Tabelle 6.7: Standortkriterien Turrach

6.9 Lorenzer Bach

Das untersuchte Gebiet befindet sich südlich von St. Lorenzen bei Murau. Ein möglicher Oberbeckenstandort liegt auf ca. 1240 m.ü.A. am Lorenzer Bach. Eine zweite Variante wäre die Verwendung des Beschneigungsteichs des Skigebietes Kreischberg auf 1800 m.ü.A. als Oberbecken. Der Stauraum des KW St. Georgen kann eventuell als Unterbecken oder Vorfluter fungieren.

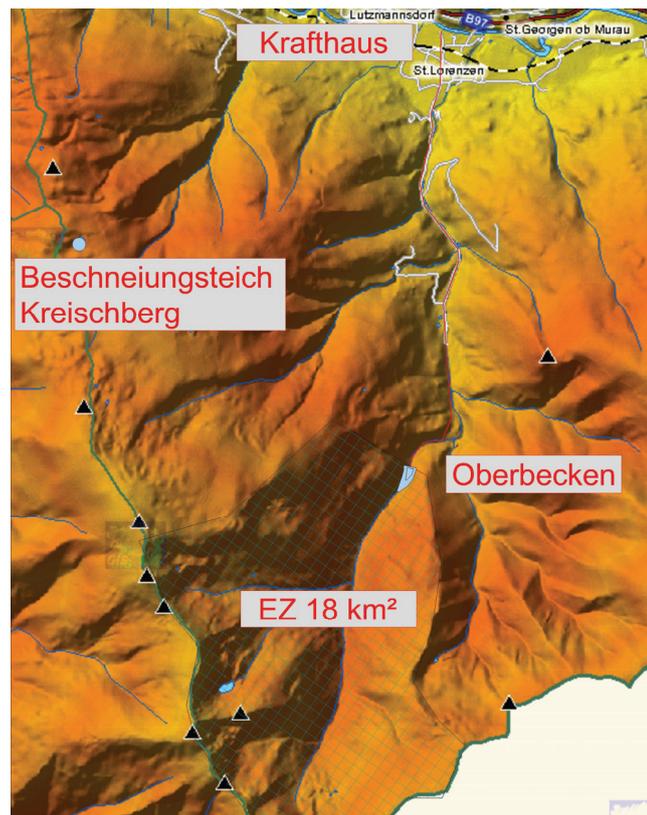


Abbildung 6.9: Übersicht Lorenzer Bach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 415-975 m Kerbtal	Schutzgebiet	EU FFH Nr. 5 (Mur)
Einzugsgebiet	18 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Glimmerschiefer, Konglomerat	Siedlungsgebiete, Wasserrechte	Kleinwasserkraftwerk KW St. Lorenzer Bach
Betriebsart	Pumpspeicher-KW	Ausschlussgrund	---

Tabelle 6.8: Standortkriterien Lorenzer Bach

6.10 Ingeringbach

Nördlich von Ingering erstreckt sich das untersuchte Projektgebiet Ingeringbach. Unterhalb des Ingeringsees kann ein 0,7 Mio.m³ fassendes Oberbecken so situiert werden, dass das flussauf liegende Europaschutzgebiet nicht berührt wird. Über eine 5 km lange Druckrohrleitung wird das Triebwasser dem Krafthaus zugeführt. Dieses befindet sich im Bereich der Reicherhube am Ingeringbach auf ca. 1030 m.ü.A.

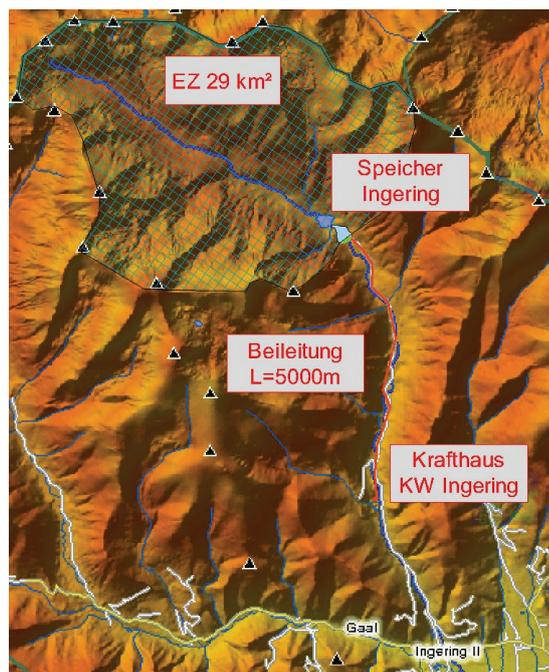


Abbildung 6.10: Übersicht Ingeringbach (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 190 m Kerbtal	Schutzgebiet	LSG LS13
Einzugsgebiet	29 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Gneis, Granit, Moräne	Siedlungsgebiete	-
Abfluss	Q ₅₀ ≈ 2,5 m ³ /s	Wasserrechte	2 Kleinwasser-KW
Betriebsart	Speicher-KW	Ausschlussgrund	---

Tabelle 6.9: Standortkriterien Ingeringbach

6.11 Liesing

Das untersuchte Gebiet befindet sich südwestlich von Wald am Schoberpass. Ein möglicher Oberbeckenstandort liegt auf ca. 1100 m.ü.A. an der Liesing. Im Projektgebiet befindet sich das Naturdenkmal 828 (Gletschermühle Liesinger Toagschüssel), wird aber vom Vorhaben nicht gefährdet.



Abbildung 6.11: Übersicht Liesing (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe, Relief	ca. 290 m Kerbtal	Schutzgebiet	LSG LS13, Naturdenkmal 828 (kein Konflikt)
Einzugsgebiet	16 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Quarzit, Graphit, Marmorlinsen	Siedlungsgebiete	-
Abfluss	$Q_{50} \approx 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$	Wasserrechte	2 Kleinwasser-KW
Betriebsart	Pumpspeicher-KW	Ausschließungs- grund	---

Tabelle 6.10: Standortkriterien Liesing

6.12 Übelstein

Das Projektgebiet befindet sich südöstlich von Bruck an der Mur unterhalb des Rennfeldes. Das Oberbecken kann auf 1160 m.ü.A. situiert werden, als Unterbecken wird der Stauraum Zlaten des KW Pernegg (Verbund-AHP) benutzt.

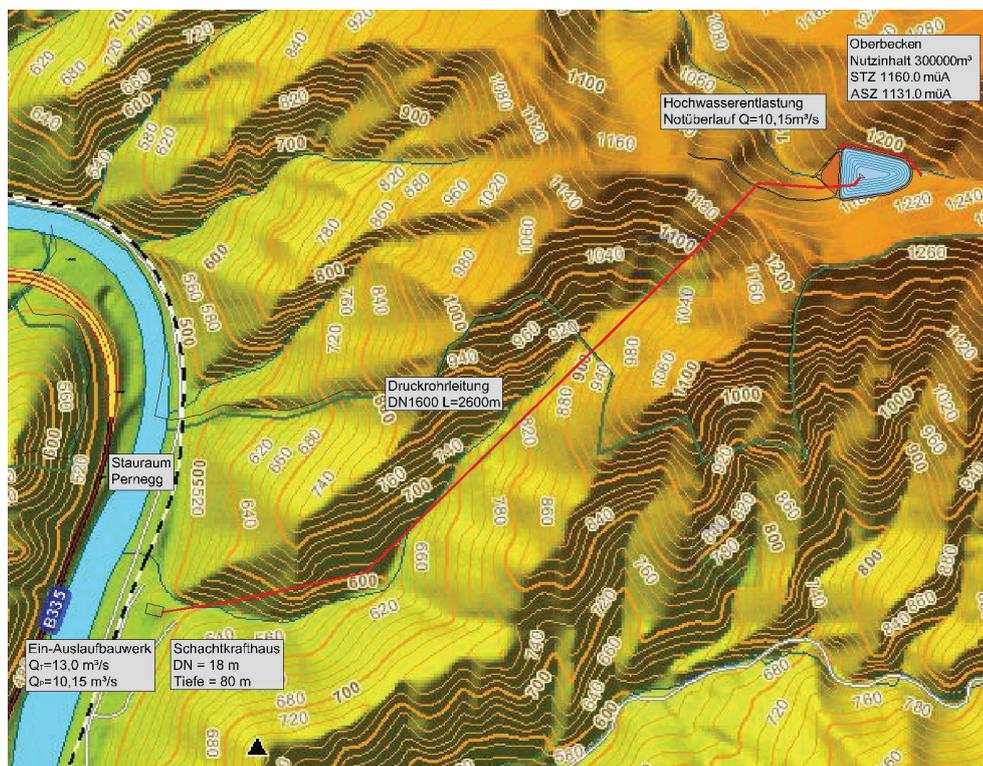


Abbildung 6.12: Übersicht Übelstein (Karte: GIS Steiermark)

Fallhöhe	ca. 690 m	Schutzgebiet	-
Einzugsgebiet	0,5 km ²	Infrastruktur	Zufahrtstraße vorh.
Geologie	Quarzit, Graphit, Marmorlinsen	Siedlungsgebiete	-
Durchfluss	$Q_{\text{Turbine}} = 13,0 \text{ m}^3/\text{s}$	Wasserrechte	1 Kleinwasser-KW
Betriebsart	Pumpspeicher-KW	Ausschlussgrund	---

Tabelle 6.11: Standortkriterien Übelstein

6.13 Übersicht

Die untersuchten Projektgebiete werden im Folgenden zusammengefasst. Hierbei werden Standorte, die keinen Ausschließungsgrund aufweisen, grün und nicht realisierbare rot markiert.

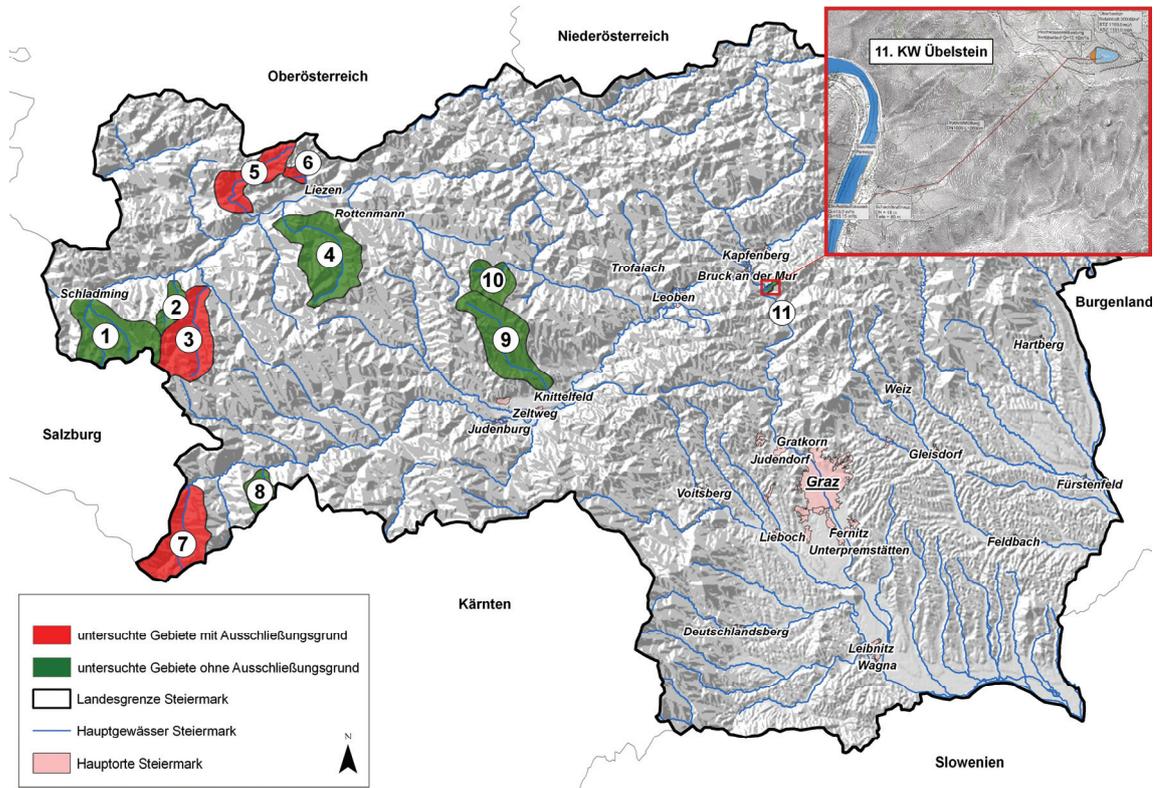


Abbildung 6.13: Übersicht untersuchte Gebiete (Karte: AMapFly, GIS Steiermark)

Lfd. Nr.	Projektgebiet	Ausschließungsgrund	Ausschließungsgrund	
			ja	nein
1	Talbach	-	+	
2	Sattentalbach	-	+	
3	Kleinsölkbach	Wasserrecht KW Sölk		-
4	Gulling	-	+	
5	Grimming	Fallhöhe < 100 m		-
6	Weißbach	Naturdenkmal		-

Lfd. Nr.	Projektgebiet	Ausschließungsgrund	ja	nein
7	Turrachbach	Wasserrecht KW Bodendorf		-
8	Lorenzer Bach	-	+	
9	Ingeringbach	-	+	
10	Liesing	-	+	
11	Übelstein	-	+	

Tabelle 6.12: Übersicht untersuchte Gebiete

In Abbildung 6.13 sind die untersuchten Gebiete abgebildet und je nach Potential farblich gekennzeichnet. Die Nummerierung der Projektgebiete folgt der Tabelle 6.12. Das Projektgebiet Nr. 11 wird hervorgehoben dargestellt, da an diesem Standort im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit ein Vorprojekt für ein Pumpspeicherkraftwerk (KW Übelstein) erarbeitet wird.

7. Beispiel KW Übelstein (Bruck an der Mur)

7.1 Vorbemerkungen

Ein Ziel dieser Diplomarbeit war es, mögliche Standorte für neue Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerke zu finden. Zu diesem Zweck wurden Gebiete in der Steiermark analysiert und anhand eines Kriterienkataloges je nach Eignung eingeteilt. Im Zuge dessen wurde auch das Murtal zwischen Bruck an der Mur und Frohnleiten begutachtet. Das Relief und die Höhenverhältnisse in diesem Gebiet waren ausschlaggebend für eine detaillierte Untersuchung.

Der Gipfel des östlich von Bruck gelegenen Rennfelds befindet sich in 1629 m.ü.A. Dessen Ausläufer reichen bis an die Mur. Die Talsohle liegt hier auf ca. 480 m.ü.A. Mögliche Oberbeckenstandorte befinden sich auf einer Höhe zwischen 1100 und 1200 m.ü.A. in der Nähe der Pischkalm am Übelsteinberg. Die somit erreichbare Höhendifferenz beträgt 620 bis 720 m. Der Stauraum Zlatten des Kraftwerks Pernegg (Mur-Kraftwerk der Verbund-AHP) kann als Unterbecken fungieren, woraus sich die Möglichkeit der Pumpspeicherung ergibt. Das gesamte Projektgebiet befindet sich außerhalb jeglicher Schutzgebiete. Die Zufahrt zum Oberbecken und zum Krafthausstandort ist gegeben.

Die angeführten Gegebenheiten führten zur Entscheidung, die technische und wirtschaftliche Darstellbarkeit eines Pumpspeicherkraftwerkes an diesem Standort anhand eines Vorprojekts zu überprüfen.

7.2 Projektbeschreibung

Das vorliegende Projekt ist ein kompletter Neubau eines Pumpspeicherkraftwerks an der Mur im Gemeindegebiet von Bruck an der Mur und Pernegg an der Mur in der Steiermark. Die wesentlichen Anlagenteile sind das Unterbecken und das Ein- und Auslaufbauwerk an der Mur im Bereich des Stauraums Zlatten, das Schachtkrafthaus, die ca. 2600 m lange Druckrohrleitung und das Oberbecken mit Ein- und Auslaufbauwerk. Diese

wurden so ausgelegt, dass sie dem Stand der Technik und den rechtlichen Rahmenbedingungen entsprechen.

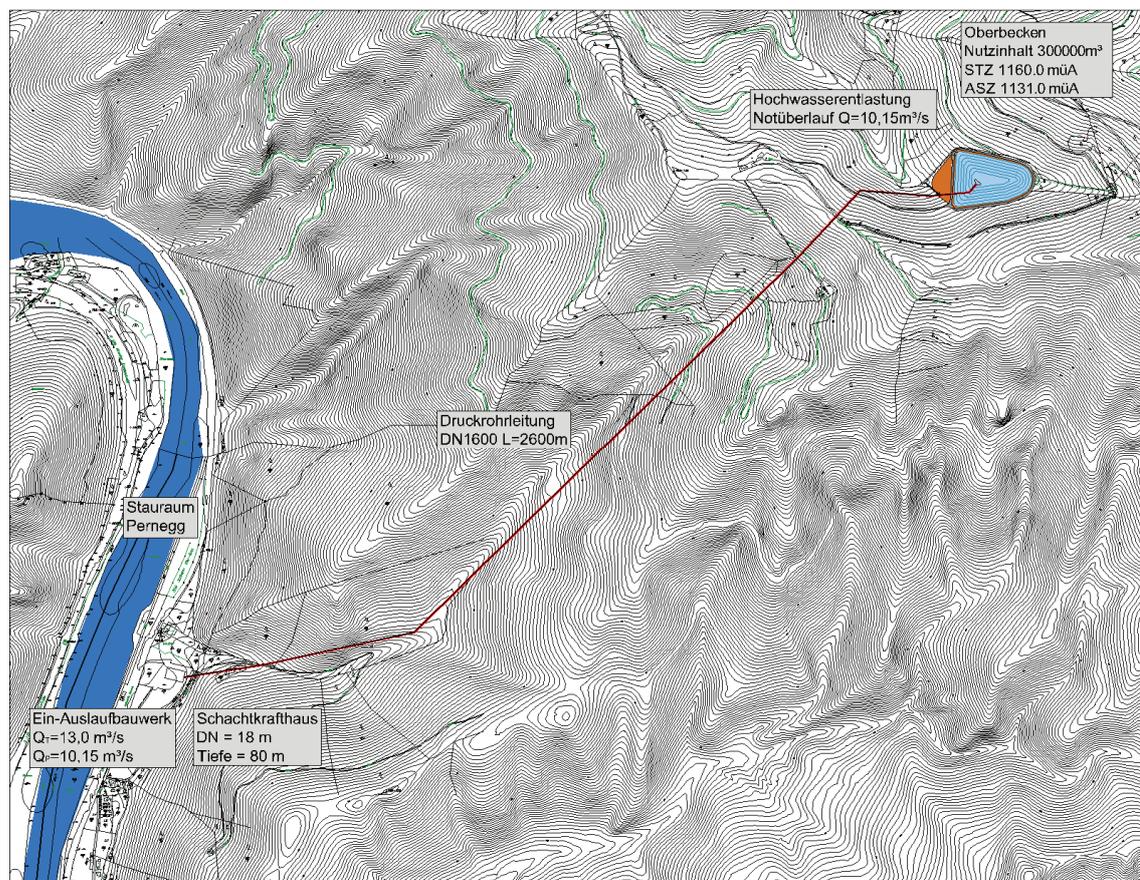


Abbildung 7.1: Projektgebiet – Übersicht (Kataster: GIS Steiermark)

Im Bereich des Oberbeckens liegen ein nicht im Wasserbuch eingetragenes Kleinwasserkraftwerk und eine Wasserentnahme aus dem dort fließenden Bach.

Das Stauziel im Oberbecken beträgt 1160,0 m.ü.A. und das Absenziel 1131,0 m.ü.A. Das Stauziel im Unterbecken, Stauraum Zlatten, liegt auf 467,35 m.ü.A. Die maximale Bruttofallhöhe ergibt sich zu 692,7 m, die minimale Bruttofallhöhe zu 647,7 m. Bei einem Durchfluss von 13,00 m³/s im Turbinenbetrieb beträgt die Nettofallhöhe 640 m, im Pumpbetrieb bei 10,15 m³/s 700 m. Dem zugrunde liegen nachstehende Parameter der Druckrohrleitung.

- Durchmesser: 1600 mm
- Länge: ca. 2600 m
- Verluste berücksichtigt
- Material: Betonummantelte Stahlrohrleitung

Basierend auf den hydrologischen Daten des Abflusses in der Mur wurde der Ausbaudurchfluss des neuen Kraftwerks auf 13,0 m³/s festgelegt und entspricht somit einem Drittel des MJNQT in der Mur (36,3 m³/s). MJNQT ist laut Definition das arithmetische Mittel der Jahresniederstwerte (auf Basis von Tagesmittel) im betrachteten Zeitabschnitt. (ÖNORM B 2400)

Es wird eine Francis Pumpturbine mit verstellbaren Leitschaufeln geplant. Deren Leistung beträgt im Turbinenbetrieb ca. 82,1 MW und im Pumpbetrieb ca. 84,7 MW. Mittels einer Optimierung der Speicherbewirtschaftung ergeben sich eine Jahreserzeugung von ca. 132,9 GWh und eine Pumparbeit von ca. 177,2 GWh.

7.3 Beschreibung der Anlagenteile

Das Oberbecken besteht aus einem luftseitig ca. 40 m hohen Schüttdamm und fasst ca. 370.000 m³ (Nutzinhalt 350.000 m³). Zum Zweck der Stauraumvergrößerung wird in dessen Bereich der Berghang abgegraben (Böschungsverhältnis 2:3) und das gewonnene Material für den Damm verwendet. Der Schüttdamm selbst weist eine Neigung von 2:3 auf und ist wasserseitig mit Asphalt ausgekleidet. Die Sohle des Ein- und Auslaufbauwerks liegt auf 1126,0 m.ü.A. Somit wird eine Überdeckung der Druckrohrleitung von 4 m bis zum Absenkziel auf 1131,0 m.ü.A. sichergestellt. Das Bauwerk wird gleichzeitig als Grundablass verwendet. Zu diesem Zweck befindet sich auf der Luftseite des Dammes eine Schieberkammer, in welcher der Betriebsverschluss und die Abzweigung der Rohrleitung des Grundablasses untergebracht sind. Des Weiteren wird eine Hochwasserentlastung eingeplant. Die Bemessung bezieht sich auf den Störfall, falls der Pumpbetrieb aufrechterhalten bleibt, obwohl das Stauziel bereits erreicht ist. Somit ist deren Bemessungsgrundlage der Durchfluss im Pumpbetrieb (10,15 m³/s). Die Entlastung erfolgt anhand

eines seitlich am Hang befindlichen Überfalls, gefolgt von einer Schussrinne, die in das gemeinsam mit dem Grundablass genutzte Tosbecken führt. Von hier gelangt das beruhigte Wasser in das bestehende Bachbett.

Das zufließende Wasser wird oberhalb des Staubeckens gefasst und bis in die Schussrinne der Hochwasserentlastung umgeleitet. Die Rohrleitung dient im Bauzustand als Baumleitung.

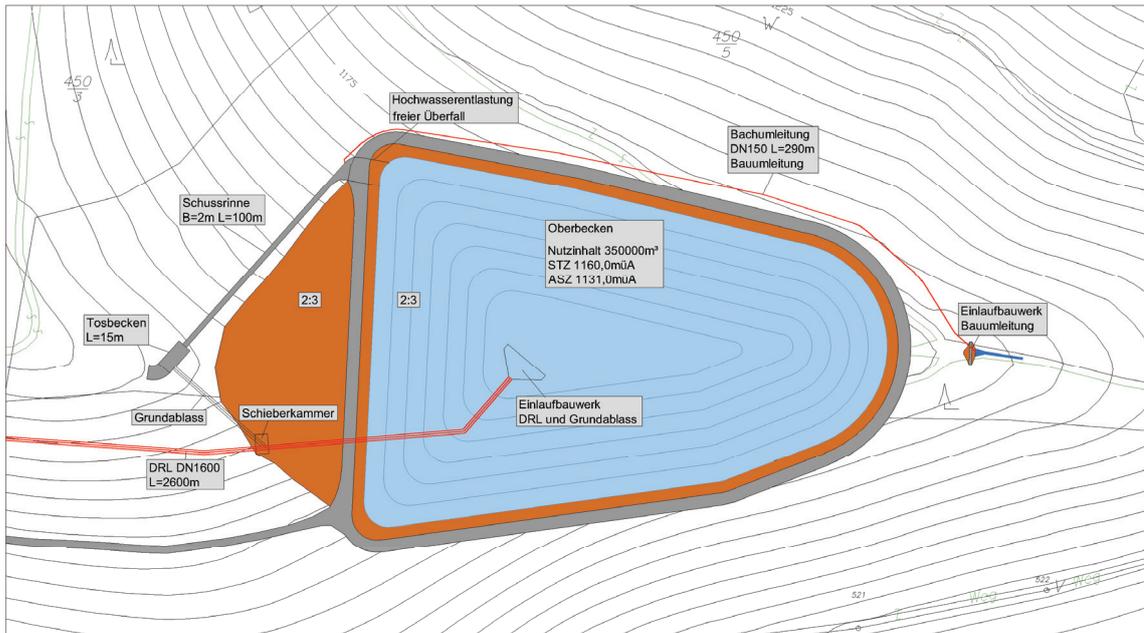


Abbildung 7.2: Oberbecken – Detaillageplan

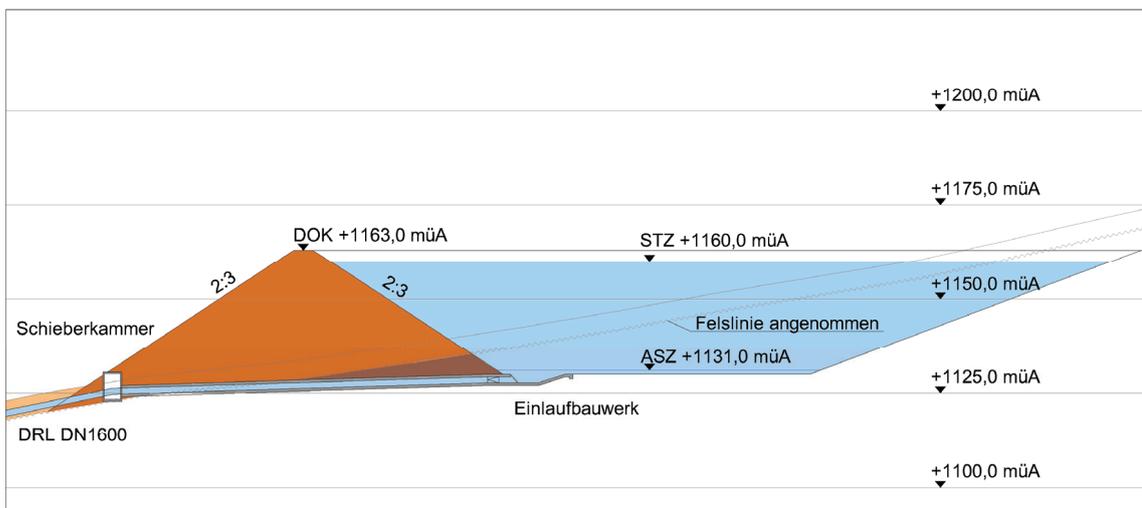


Abbildung 7.3: Oberbecken – Querschnitt

Vom Ein- bzw. Auslaufbauwerk führt die Druckrohrleitung (Stahl, betonummantelt, Innendurchmesser 1600 mm) im bestehenden Fels bis zur Schieberkammer. Von dort verläuft sie mit einem Gefälle von einem Prozent 200 m Richtung Osten. Anschließend führt die Leitung durch einen Druckstollen nach Südosten. Die Länge dieses Stollens beträgt ca. 200 m. Die folgenden ca. 2100 m verlaufen, überdeckt, bis in den Grubergraben und weiter bis zum Krafthaus. Die Druckrohrleitung ist teilweise durch bestehende Forststraßen erreichbar.

Das Schachtkrafthaus liegt ca. 1,0 km flussauf der Wehranlage Zlatten (KW Pernegg). Die Achse der Pumpturbine liegt auf 410,0 m.ü.A. ca. 57 m unterhalb des Stauziels im Stauraum Zlatten und ca. 80 m unterhalb des Geländes am Krafthausstandort. Die Außenabmessungen des Hochbaus betragen ca. 30 x 50 m und der Krafthauschacht misst im Durchmesser ca. 15 m. Als Verschlussorgane werden oberwasserseitig ein Kugelschieber und auf der Unterwasserseite eine Drosselkappe verbaut.

Eine ca. 300 m lange Druckrohrleitung (Innendurchmesser 1600 mm) verbindet das Krafthaus mit dem Ein- und Auslaufbauwerk an der Mur im Stauraum Pernegg. Sie führt von der Pumpturbine unter der bestehenden Trasse der ÖBB zu einem Vertikalschacht (Innendurchmesser ~4,0 m, Tiefe ~60 m) und von dort weiter bis zum Ein- und Auslaufbauwerk. Dieses verfügt über einen Rechen und einen Notverschluss.

7.4 Wirtschaftlichkeit

Die wirtschaftliche Darstellbarkeit eines Pumpspeicherkraftwerkes hängt von unterschiedlichen Standortfaktoren ab, die in der vorliegenden Diplomarbeit bereits besprochen wurden. Das Pumpspeichersystem wird anhand dieser Faktoren entwickelt, da sie einen unmittelbaren Einfluss auf die Planung, die Durchführung und die Herstellungskosten des Kraftwerkprojekts haben (Tabelle 7.1). Die Optimierung der Anlage wird erreicht, indem auf der einen Seite möglichst kostengünstig geplant wird und auf der anderen Seite ein möglichst hoher Gewinn erwirtschaftet werden kann.

Standortkriterium	Einfluss
Höhenverhältnisse und Relief	Standort des Oberbeckens
Einzugsgebiet, Hydrologie	Zufluss zum Oberbecken, Verklausung, Hochwasserentlastung, Restwasserproblematik
Geologie	Ausführung des Abschlussbauwerkes, Art der Triebwasserführung
Infrastruktur	Bauzufahrt
Bestehende Wasserrechte	Ablösekosten

Tabelle 7.1: Einfluss von Standortkriterien auf die Herstellungskosten

Die Planung des Pumpspeicherkraftwerks Übelstein wurde mit einer Variantenstudie bezüglich Oberbecken begonnen. Mittels einer Gegenüberstellung des möglichen Nutzinhaltes und den Herstellungskosten des dafür notwendigen Dammes wurde das günstigste und gleichzeitig größte Oberbecken mit einem Stauraumvolumen von ca. 370.000 m³ festgelegt. Der Nutzinhalt beträgt 350.000 m³ und das Stauziel liegt auf 1160,0 m.ü.A. Die maximale Bruttofallhöhe beträgt somit 692,7 m. Des Weiteren wurde die maximale Wasserentnahme auf 10 m³/s aus dem Stauraum Zlatten limitiert und eine angestrebte Leistung des Kraftwerkes mit 80 MW fixiert.

Diese Werte werden zur Optimierung des Pumpsystems herangezogen. Mithilfe des Programms Microsoft Excel 2003 wird der Auf- und Abstauvorgang im Pumpspeicherzyklus berechnet. Zugrunde liegen die Stundenwerte des Strompreises einer Beispielwoche. Diese geben Aufschluss darüber, ob gepumpt oder turbinert werden soll. Es wird gepumpt, solange der Strompreis niedrig und gleichzeitig das Oberbecken nicht bis zum Stauziel gefüllt ist. Turbinert wird, wenn der Strompreis hoch und das Oberbecken nicht bis zum Absenkziel geleert ist. Die Pumpspeicherung wird noch weiter optimiert, indem die Turbinen- und Pumpzeiten an voraussichtliche Höchst- bzw. Niedrigpreise angepasst werden. Das Ergebnis ist eine Speicherganglinie des Oberbeckens.

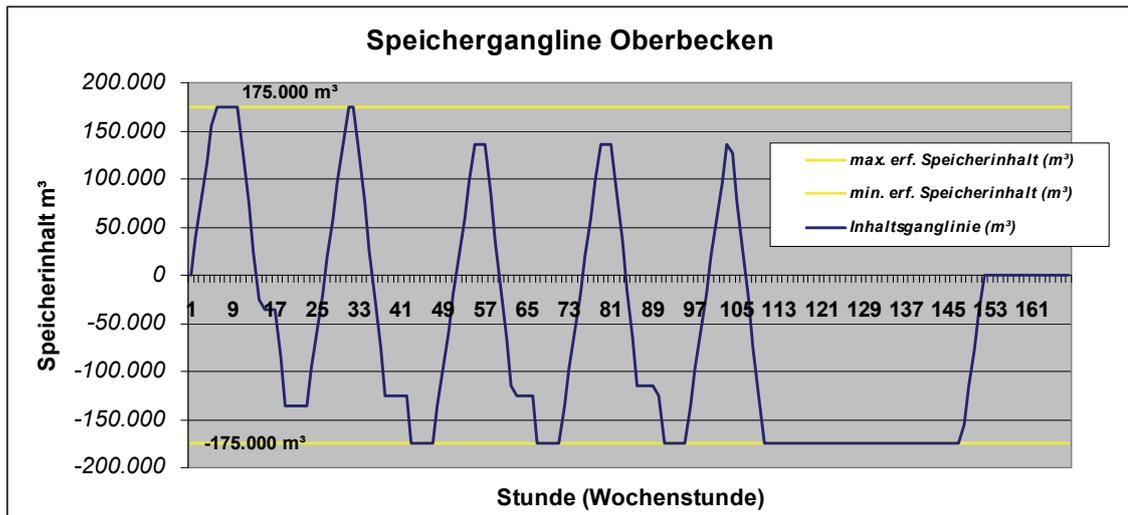


Abbildung 7.4: Speicherganglinie Oberbecken

In Abbildung 7.4 wird der Verlauf der Speicherganglinie innerhalb einer Woche dargestellt. Die steigende Ganglinie bedeutet Auffüllung des Beckens, die fallende Ganglinie die Entleerung. Bei horizontaler Ganglinie wird weder gepumpt, noch turbiniert. Der Zusammenhang zwischen der Betriebsart (Turbinieren, Pumpen, Stillstand) wird anhand der Abbildung 7.5 erklärt.

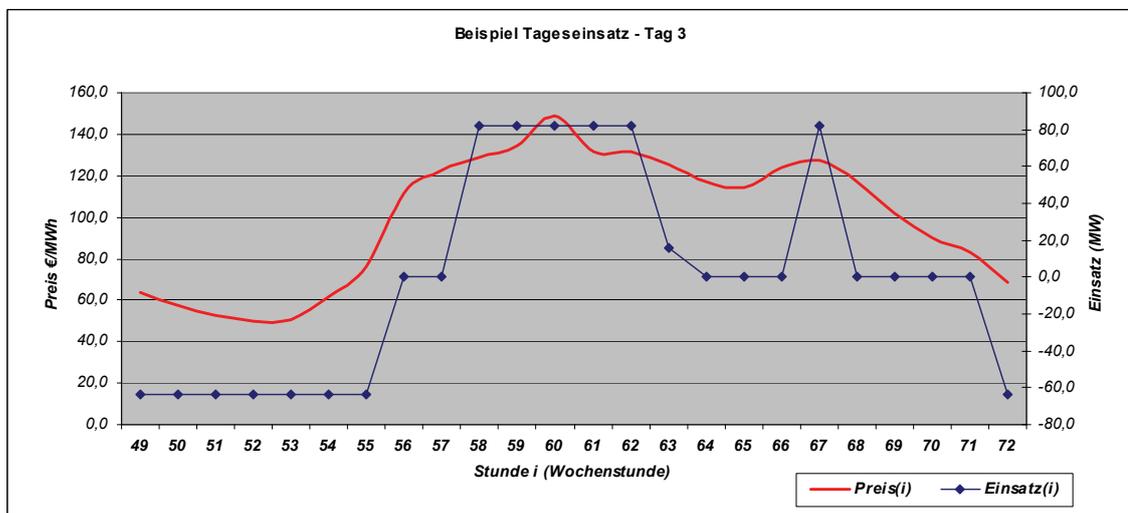


Abbildung 7.5: Tageseinsatz, Tag 3

Beträgt der Strompreis über ca. 120 €/MWh wird der Speicher entleert, bei Strompreisen unter ca. 65 €/MWh wird gepumpt. Liegt der Strompreis im Bereich zwischen 65 €/MWh und 120 €/MWh wird weder gepumpt, noch turbiniert. Die Abbildung 7.6 zeigt den Wocheneinsatz einer ganzen Woche.

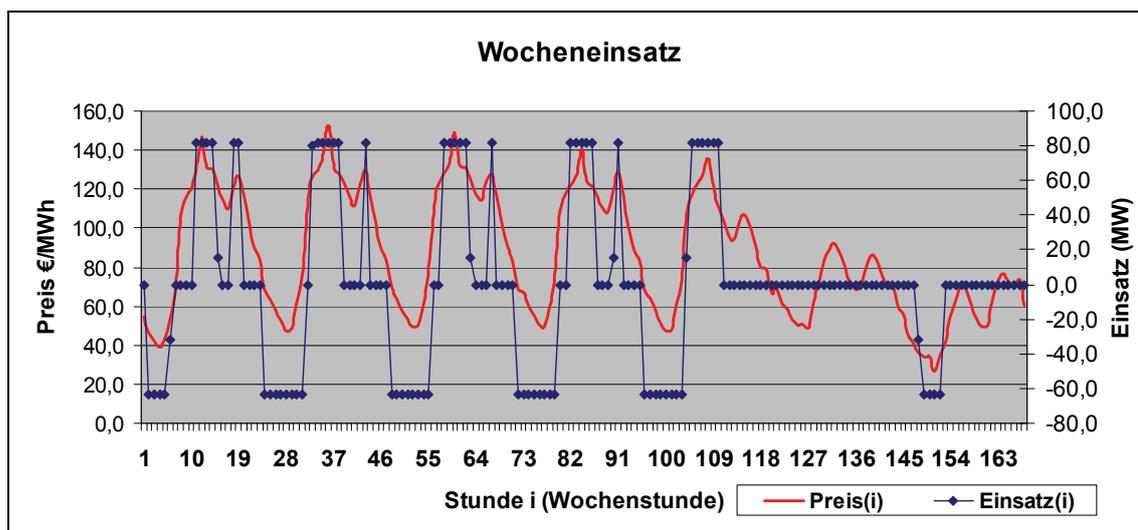


Abbildung 7.6: Wocheneinsatz

Im vorliegenden Projekt wurden mithilfe dieser rechnerischen Optimierung folgende Werte ermittelt.

- Generatorbetrieb: 82,1 MW 35 h/Woche 2605 MWh/Woche
- Pumpbetrieb 84,7 MW 42 h/Woche 3473 MWh/Woche

Somit ergibt sich pro Jahr (51 Betriebswochen, 1 Woche Wartungsstillstand) eine Jahrerzeugung von ca. 132,8 GWh.

Nachfolgend werden die ermittelten Grobkosten tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 7.2).

Planung, Statik, Gutachten, Vermessung	7.000.000 €
Bau	34.000.000 €
Stahlwasserbau	600.000 €
Elektrische Anlagen	10.000.000 €
Maschinelle Anlagen	20.000.000 €
Grundablöse/Rechte	400.000 €
Unvorhergesehenes (10%)	8.000.000 €
Summe Gesamtkosten	80.000.000 €

Tabelle 7.2: Grobkosten PSKW Übelstein

Aus dem Verhältnis von Gesamtkosten zu erzeugter Leistung ergeben sich die spezifischen Herstellungskosten von ca. 1000 €/kW.

Dieser Erfahrungswert gibt Aufschluss darüber, ob eine Weiterverfolgung des Projekts wirtschaftlich sinnvoll ist. Für Anlagen dieser Größenordnung bewegt sich der Wert zwischen ca. 800 €/kW und 1300 €/kW. Ergibt sich ein Wert über 1300 €/kW ist die wirtschaftliche Darstellbarkeit nach detaillierter Nutzen-Kosten-Analyse wahrscheinlich nicht erzielbar. Da es sich um Erfahrungswerte handelt, sind die spezifischen Herstellungskosten allerdings nur als Anhaltswerte zu verstehen und zum Vergleich mit bereits realisierten Projekten zu verwenden.

Das in der vorliegenden Diplomarbeit geplante Pumpspeicherprojekt KW Übelstein hat aufgrund der niedrigen spezifischen Herstellungskosten von ca. 1000 €/kW ein großes Durchführbarkeitspotential. Eine genaue Nutzen-Kosten-Analyse wurde in der Abteilung E-TEW der Energie Steiermark AG durchgeführt. Das Ergebnis dieser Berechnung bestätigt die Wirtschaftlichkeit des Projekts. Das Projekt KW Übelstein wird aufgrund dieser Aussage von der Energie Steiermark AG detaillierter untersucht.

8. Zusammenfassung

In Österreich steigt der Stromverbrauch jährlich um ca. 2,6 % bzw. 1,7 GWh. Der Ausbau und die Verbesserung der Effizienz von bereits bestehenden Kraftwerksanlagen auf der einen Seite, Neuerrichtungen von Wasserkraftwerken auf der anderen, stellen dabei Möglichkeiten dar, den steigenden Verbrauch auf dem heimischen Energiesektor zu decken.

In der vorliegenden Arbeit wurden zunächst die bestehenden steirischen Speicherkraftwerke in Bezug auf Speichergröße, Leistung und Durchfluss detailliert beschrieben. Diese sind das KW Bodendorf an der Mur mit dem zugehörigen Speicher Paal, die Kraftwerke Sölk und Salza im Einzugsgebiet der Enns, sowie die Teigitschkraftwerke mit dem KW St. Martin und KW Arnstein an der Teigitsch. Zusammen erreichen sie eine Engpassleistung von ca. 136,3 MW und einem Jahresarbeitsvermögen von 386 GWh.

Die Realisierung von neuen Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerken hängt vordergründig von rechtlichen und standortbezogenen Rahmenbedingungen ab.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Den offiziellen Rahmen für den Schutz aller Gewässer in Europa stellt die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) dar. Deren Hauptaussagen sind das Verschlechterungsverbot, das Verbesserungsgebot und die Nachhaltigkeit. Der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan regelt die zu treffenden Maßnahmen, welche für die Erreichung der in der WRRL geforderten Ziele notwendig sind. Eine der formulierten Aufgaben ist die Verbesserung der Gewässerstrukturen, Abflussverhältnisse und Durchgängigkeit in Fließgewässern (gutes ökologisches Potential bzw. guter ökologischer Zustand).

Bauvorhaben, bei denen beträchtliche Auswirkungen auf die Umwelt auftreten können, müssen einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterzogen werden. Grundlage hierfür ist die Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) des Projektwerbers. In dieser Erklärung müssen das Projekt beschrieben und vor allem jegliche umweltrelevanten Angaben inkludiert werden. Unter Miteinbeziehung

der Öffentlichkeit werden in der UVP die Auswirkungen des anstehenden Vorhabens auf Menschen, Flora und Fauna, Boden, Luft und Klima, Wasser, sowie auf Sach- und Kulturgüter diskutiert und bewertet. Das Ergebnis ist entweder ein Bauverbot, eine Bewilligung, oder eine Bewilligung mit Auflagen. Steht das geplante Projekt in direktem Zusammenhang mit den Naturschutzmaßnahmen eines „Natura 2000“ Gebietes bzw. einem anders gearteten Schutzgebiet, oder ist es für solche notwendig und ist zugleich keine UVP erforderlich, so muss eine auf dem Steirischen Naturschutzgesetz basierende Naturverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden.

Standortbezogene Rahmenbedingungen

Die standortbezogenen Rahmenbedingungen wurden diskutiert und in einem Kriterienkatalog zusammengefasst. Die geomorphographische und geologische Beschaffenheit des Standorts stellt ein entscheidendes Kriterium dar, ebenso die hydrographischen Verhältnisse. Darüber hinaus muss ausreichend Platz für die Anlage vorhanden sein. Schutzwürdige Gebiete schließen zwar nicht unbedingt die Durchführbarkeit eines Kraftwerkprojekts aus, aber sie müssen in jedem Fall in die Planung einbezogen werden. Siedlungsgebiete wirken sich ebenso auf das Vorhaben aus, wie bestehende Kraftwerke und andere Wasserrechte im Bereich des untersuchten Standortes. Zufahrtsstraßen und verfügbare Stromanbindungsmöglichkeiten sind als Grundvoraussetzung zur Verwirklichung eines Kraftwerkprojekts von Vorteil. Sie können allerdings auch neu errichtet werden und stellen, falls beim Planungsbeginn nicht vorhanden, somit keinen direkten Hinderungsgrund dar. Im Zuge der Erstellung des Kriterienkataloges wurde auch auf mögliche Ausschließungsgründe eingegangen.

Untersuchte Standorte

Neben den bereits existierenden Speicherkraftwerken wurden anhand des erarbeiteten Kriterienkataloges elf Projektgebiete auf ihr mögliches Ausbaupotential untersucht. Sieben untersuchte Gebiete bieten jeweils aus technischer und rechtlicher Sicht die Möglichkeit, ein Kraftwerk zu errichten. Vier untersuchte Standorte wurden hingegen aufgrund vorhandener Ausschließungsgründe (z.B. Naturdenkmäler, bestehende Wasserrechte ohne Ablösemöglichkeit) ausgesondert.

KW Übelstein

Die wirtschaftliche Darstellbarkeit eines Speicher- bzw. Pumpspeicherkraftwerkes hängt von der Gesamtheit der Standortkriterien ab. Die Planung, welche zur Wirtschaftlichkeit eines Projekts führt, wurde in der vorliegenden Diplomarbeit anhand eines Vorprojekts erklärt und dargestellt. Das Gebiet südöstlich von Bruck an der Mur wurde anhand des Kriterienkataloges als potentieller Pumpspeicherkraftwerksstandort identifiziert. Der Entwurf des KW Übelstein wurde mit der Situierung des Oberbeckens begonnen. Der Nutzinhalt beträgt 350.000 m^3 und das Stauziel liegt auf $1160,0 \text{ m.ü.A.}$ Die maximale Bruttofallhöhe beträgt ca. 690 m. Des Weiteren wurde die maximale Wasserentnahme auf $10 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Stauraum Zlaten limitiert und eine angestrebte Leistung des Kraftwerkes mit 80 MW fixiert. Diese Kennwerte wurden zur rechnerischen Optimierung des Pumpspeichersystems herangezogen. Damit ergibt sich pro Jahr (51 Betriebswochen, eine Woche Wartungsstillstand) eine Jahreserzeugung von ca. $132,8 \text{ GWh.}$ Die Grobkostenberechnung ergab Herstellungskosten von ca. 80 Mio. €. Das KW Übelstein hat aufgrund der niedrigen spezifischen Herstellungskosten von ca. 1000 €/kW ein großes Durchführbarkeitspotential. Eine genaue Kosten - Nutzen - Analyse wurde in der Abteilung E-TEW der Energie Steiermark AG durchgeführt. Das Ergebnis dieser Berechnung bestätigt die Wirtschaftlichkeit des Projekts. Das Projekt KW Übelstein wird aufgrund dieser Aussage von der Energie Steiermark AG detaillierter untersucht.

Ausblick

Die vorliegende Diplomarbeit soll eine Grundlage für weiterführende Potentialstudien bezüglich Hochdruckanlagen darstellen. Die Standortbewertung für (Pump-) Speicherkraftwerke kann anhand des entwickelten Kriterienkataloges unter Einbeziehung der erläuterten rechtlichen Rahmenbedingungen durchgeführt werden. Die am Beispiel KW Übelstein gezeigte Vorgehensweise bei der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung eines Kraftwerks zeigt den nötigen Umfang der Standortbewertung, um das Ausbaupotential auch quantitativ berechnen zu können. Am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der

Technischen Universität Graz wird, aufbauend auf der vorliegenden Arbeit, im Zuge einer Diplomarbeit eine weiterführende Potentialstudie durchgeführt.

9. Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

AUBRECHT, P.; PETZ, K. C.: „Naturschutzfachlich bedeutende Gebiete in Österreich“, Band 134, Wien 2002, <http://www.umweltbundesamt.at>

E-CONTROL: „Jahresbericht 2007“, ENERGIE CONTROL GMBH, 2008

EXAA: „Daily Spotlight, 18.02.2010“, Energy Exchange Austria, 2010, www.exaa.at

HEIGERTH, G.: „Hydraulik“, Vorlesungsskriptum, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, 2002

JEHLE, C.; VON KÖNIG, F.: „Bau von Wasserkraftanlagen“, Praxisbezogene Planungsunterlagen, 4., überarbeitete Auflage, C.F.Müller Verlag, Heidelberg, 2005

ÖSTERR. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, WASSER UND UMWELT: „Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan“, Donau - Rhein - Elbe, 2009, <http://www.lebensministerium.at>

ÖSTERR. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, WASSER UND UMWELT: „EU Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG“, Österreichischer Bericht der IST-Bestandsaufnahme, Zusammenfassung der Ergebnisse für Österreich, 2005, <http://www.lebensministerium.at>

MANIAK, U.: „Wasserwirtschaft“, Einführung in die Bewertung von wasserwirtschaftlicher Vorhaben, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2001

PILGER, H.: „Klimaatlas Steiermark“, Kapitel 4 , Niederschlag, Version 2.0, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 1971-2000, Wien

PRÖBSTL, U.: „Verträglichkeitsprüfungen in Natura 2000 Gebieten“, Präsentationsunterlagen, Institut Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Universität für Bodenkultur Wien, 2005

SCHNEIDER, K.-J.: „Bautabellen für Ingenieure“, mit Berechnungshinweisen und Beispielen, 15. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf, 2002

SENG: „Avče pumped storage hydropower plant“, Firmenprospekt, Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o., 2008, <http://www.seng.si>

STAUBECKENKOMMISSION: „Richtlinie zum Nachweis der Standsicherheit von Staudämmen“, 1996, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://www.wassernet.at>

STAUBECKENKOMMISSION: „Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren“, 12/2009, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://www.wassernet.at>

STAUBECKENKOMMISSION: „Leitfaden für Zentrale Warten beim Betrieb von Stauanlagen“, 12/2007, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://www.wassernet.at>

STAUBECKENKOMMISSION: „Leitfaden: Mindestanforderungen an den Stauanlagenverantwortlichen von kleinen Stauanlagen“, 12/2009, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://www.wassernet.at>

STAUBECKENKOMMISSION: „Handbuch: Betrieb und Überwachung von kleinen Stauanlagen mit länger dauernden Staubelastungen“, 12/2009, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, <http://www.wassernet.at>

STIGLER H., et al., „Energiewirtschaftliche und ökonomische Bewertung potenzieller Auswirkungen der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Wasserkraft“, Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation, Technische Universität Graz, 2005

STROBL, T.; ZUNIC, F.: „Wasserbau“, Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006

ÖSTERR. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, WASSER UND UMWELT: „Die Umweltverträglichkeitserklärung (UVE)“, <http://www.umweltbundesamt.at>

ÖSTERR. BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, WASSER UND UMWELT: „Schutzgebiete – Protected Areas in Austria“, 2003, <http://www.umweltbundesamt.at>

VERBUND - AHP: „Die steirischen Wasserkraftwerke“, Firmenprospekt, 2006

VERBUND - AHP: „Revitalisierung Sperre Salza“, Firmenprospekt, 2007

VEREINIGUNG DEUTSCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE: „Begriffsbestimmungen in der Energiewirtschaft“, Teil 3, Wasserkraft, 6. Auflage, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m.b.H., 1992

ZENZ, G.: „Konstruktiver Wasserbau GL“, Übungsskriptum, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, 2008

Steiermärkisches Naturschutzgesetz 1976 – NschG 1976, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 71/2007 (XV. GPStLT RV EZ 1224/1 AB EZ 1224/2)

Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 - UVP-G 2000, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 87/2009

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Lastprofil Stromerzeugung (Quelle: www.computerbase.de)	5
Abbildung 2.2: Marktpreis vom 17.02.10 für den 18.02.10 (Quelle: www.EXAA.at).....	8
Abbildung 2.3: Strompreise 17.-24.12.09 (EXAA, Marktinformation Spotmarkt Strom)	9
Abbildung 2.4: Packer Stausee (Quelle: www.panoramio.com).....	10
Abbildung 3.1: Speicherkraftwerke in der Steiermark (Quelle: AMapFly, GIS Steiermark)	11
Abbildung 3.2: Teigitsch-Kraftwerke, Übersichtslängenschnitt (Quelle: Verbund AHP)	13
Abbildung 3.3: Teigitsch-Kraftwerke, Packer Stausee (Quelle: Verbund-AHP)	13
Abbildung 3.4: Teigitsch-Kraftwerke, Speicher Hierzmann (Quelle: Verbund-AHP).....	14
Abbildung 3.5: Revitalisierung der Salza-Sperre (Quelle: Verbund-AHP)	17
Abbildung 3.6: Stausee und Sperre Großsölk (Quelle: Verbund-AHP)	18
Abbildung 3.7: Stufe Paalbach, Übersichtslängenschnitt (Quelle: Verbund-AHP).....	20
Abbildung 4.1: Die acht nationalen Planungsräume in Österreich (BMLFUW)	28
Abbildung 4.2: Ablauf Naturverträglichkeitsprüfung	37
Abbildung 5.1: Talformen (Quelle: Freie Universität Berlin, PG-Net)	41
Abbildung 5.2: Gschlößbach, Hohe Tauern (Foto: Magnuss, 2009)	43
Abbildung 5.3: Schnitt durch einen Kargletscher.....	44
Abbildung 5.4: Seitental des Val Avers, Schweiz	45
Abbildung 5.5: Kölnbreinsperre und Galgenbichlspeicher (Foto: Michael Glanznig).....	45

Abbildung 5.6: Oberbecken Avče	
(Quelle: Firmenprospekt, SENG, Slowenien).....	47
Abbildung 5.7: Oberbecken PSKW Vianden, Luxemburg	
(Foto: dipsy, www.fotocommunity.de).....	48
Abbildung 5.8: Einzugsgebiet	
(Quelle: Bayerisches Bundesamt für Umwelt, 2009)	49
Abbildung 5.9: Geologische Karte der Steiermark	
(Quelle: Geologische Bundesanstalt Wien ©).....	51
Abbildung 5.10: Durchschnittliche Niederschlagssumme im Jahr, 1971-2000	
(Quelle: Klimaatlas Steiermark, Umweltinformationen Land Steiermark)....	53
Abbildung 5.11: Naturräumliche Schutzgebiete der Steiermark	
(Quelle: GIS Steiermark).....	54
Abbildung 5.12: Naturdenkmal Bärenschützklamm	
(Foto: koger, www.panoramio.com).....	61
Abbildung 6.1: Talbach, Einzugsgebiete (Karte: GIS Steiermark).....	66
Abbildung 6.2: Übersicht Talbach (Karte: GIS Steiermark)	67
Abbildung 6.3: Übersicht Sattentalbach (Karte: GIS Steiermark)	69
Abbildung 6.4: Übersicht Kleinsölkbach (Karte: GIS Steiermark).....	70
Abbildung 6.5: Übersicht Gulling (Karte: GIS Steiermark).....	71
Abbildung 6.6: Übersicht Grimming (Karte: GIS Steiermark)	72
Abbildung 6.7: Übersicht Weißenbach (Karte: GIS Steiermark).....	73
Abbildung 6.8: Übersicht Turrach (Karte: GIS Steiermark)	74
Abbildung 6.9: Übersicht Lorenzer Bach (Karte: GIS Steiermark).....	75
Abbildung 6.10: Übersicht Ingeringbach (Karte: GIS Steiermark)	76
Abbildung 6.11: Übersicht Liesing (Karte: GIS Steiermark)	77
Abbildung 6.12: Übersicht Übelstein (Karte: GIS Steiermark).....	78

Abbildung 6.13: Übersicht untersuchte Gebiete

(Karte: AMapFly, GIS Steiermark)	79
Abbildung 7.1:Projektgebiet – Übersicht (Kataster: GIS Steiermark)	82
Abbildung 7.2: Oberbecken – Detaillageplan	84
Abbildung 7.3: Oberbecken – Querschnitt	84
Abbildung 7.4: Speicherganglinie Oberbecken	87
Abbildung 7.5: Tageseinsatz, Tag 3.....	87
Abbildung 7.6: Wocheneinsatz.....	88

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Einteilung von Wasserkraftwerken nach Auslastungsgrad	4
Tabelle 2.2: Einteilung Speicher (Begriffsbestimmungen in der Energie- wirtschaft, Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW, 1992).....	6
Tabelle 3.1:Speicherkraftwerke in der Steiermark (Quelle: Verbund-AHP).....	12
Tabelle 3.2: Teigitsch-Kraftwerke, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP)	15
Tabelle 3.3: Kraftwerk Salza, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP).....	16
Tabelle 3.4: Kraftwerk Sölk, Technische Daten (Quelle: Verbund-AHP).....	19
Tabelle 3.5: Kraftwerk Bodendorf – Stufe Paal, technische Daten (Quelle: Verbund-AHP).....	21
Tabelle 3.6: Kraftwerk Bodendorf – Murstufe, technische Daten (Quelle: Verbund-AHP).....	21
Tabelle 4.1: Globale und europäische Wassersituation (Strobel und Zunic, Wasserbau, S. 555).....	23
Tabelle 4.2: Maßnahmenkombinationen zur Erreichung des guten Zustands bzw. des guten Potentials (Quelle: BMLFUW).....	29
Tabelle 4.3: Kategorisierung Schutzgebiete, UVP-G 2000, Anhang 2	35
Tabelle 5.1: Technische Daten KW Avče (Quelle: SENG, Soške elektrarne Nova Gorica d.o.o.)	47
Tabelle 5.2: Standortkriterien - Ausschließungsgründe.....	64
Tabelle 6.1: Standortkriterien Talbach	68
Tabelle 6.2: Standortkriterien Sattentalbach	69
Tabelle 6.3: Standortkriterien Kleinsölkbach	70
Tabelle 6.4: Standortkriterien Gulling	71
Tabelle 6.5: Standortkriterien Grimming.....	72
Tabelle 6.6: Standortkriterien Weißenbach	73

Tabelle 6.7: Standortkriterien Turrach.....	74
Tabelle 6.8: Standortkriterien Lorenzer Bach.....	75
Tabelle 6.9: Standortkriterien Ingeringbach.....	76
Tabelle 6.10: Standortkriterien Liesing.....	77
Tabelle 6.11: Standortkriterien Übelstein.....	78
Tabelle 6.12: Übersicht untersuchte Gebiete.....	80
Tabelle 7.1: Einfluss von Standortkriterien auf die Herstellungskosten.....	86
Tabelle 7.2: Grobkosten PSKW Übelstein.....	89