



Wasserkraft in Tirol

Potenzialstudie

Ermittlung des noch verfügbaren
Wasserkraftpotenzials in Tirol

Dezember 2011, Version 1.0



INHALTSVERZEICHNIS

TEIL I	ERMITTLUNG DES TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHEN POTENZIALS	1
1	ZIELSETZUNG	2
2	HERANGEHENSWEISE	3
2.1	Datengrundlagen	3
2.2	Durchführung	3
2.3	Ergebnis	4
3	BEGRIFFSVERZEICHNIS UND LITERATURVERZEICHNIS	5
3.1	Begriffsverzeichnis	5
3.2	Literaturverzeichnis	8
4	UNTERSUCHUNGEN IN DER VERGANGENHEIT	9
4.1	Allgemeines	9
4.2	Das Wasserkraftpotenzial Österreichs, Stand 1982 (G. Schiller)	9
4.3	Optionenbericht der TIWAG (2004)	10
4.4	Wasserkraftpotenzialstudie Österreich (PÖYRY) (2008)	11
5	MODELLIERUNG	13
5.1	Allgemeines	13
5.1.1	Methode	13
5.1.2	Grenzen der Untersuchung	15
5.2	Grundlagen	15
5.2.1	Datengrundlagen	15
5.2.2	Koordinatensystem	17
5.2.3	Verwendetes Gewässernetz	17
5.2.4	Diskretes Knotenmodell	17
5.3	Geländemodell	18
5.4	Abflussmodell	19
5.4.1	Natürlicher Abfluss	19
5.4.2	Bestehende Wasserkraftanlagen	21

5.4.3	Effektiver Abfluss	21
6	ABFLUSSLINIENPOTENZIAL	23
6.1	Definition	23
6.2	Berechnung Abflusslinienpotenzial	23
6.3	Ergebnisse	24
7	TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHES POTENZIAL	25
7.1	Allgemeines	25
7.2	Beschreibung der TWP-Ermittlung	25
7.2.1	Abfluss	25
7.2.2	Wasserkraftanlagen	25
7.2.3	Projektion auf das Gewässernetz	26
7.2.4	Technisch-wirtschaftliches Potenzial	26
7.2.5	Auffüllung von Lücken zwischen Kraftwerken	27
7.3	Ermittlung möglicher Wasserkraftnutzungen	27
7.3.1	Kraftwerkstypen	27
7.3.2	Ausleitungskraftwerke	28
7.3.3	Flusskraftwerke	38
7.4	Kombination der möglichen Wasserkraftanlagen	44
7.4.1	Ausleitungskraftwerke	44
7.4.2	Zusatzannahmen	46
7.5	Projektion auf das Gewässernetz	47
7.5.1	Allgemeines	47
7.5.2	Genutzte Gewässerstrecke	48
7.5.3	Nutzung unterhalb von Bestandsanlagen	49
7.5.4	Rangordnungskriterium	49
7.5.5	Technisch-wirtschaftliches Potenzial	50
7.5.6	Hinweis	50
7.6	Ergebnisse	51

TEIL II - VERKNÜPFUNG DES ERMITTELTEN POTENZIALS MIT DEM KRITERIENKATALOG	53
1 ZIELSETZUNG	54
2 HERANGEHENSWEISE	54
2.1 Durchführung	54
2.2 Ergebnis	55
3 INTEGRATIV-SINNVOLLES WASSERKRAFTPOTENZIAL	56
3.1 Fachbereich Energiewirtschaft	56
3.1.1 Kriterium „Technisch-wirtschaftliche Aspekte“	56
3.1.2 Kriterium „Effizienz der Energieproduktion“	59
3.1.3 Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“	60
3.1.4 Kriterium „Netzwirtschaftliche Aspekte“	63
3.2 Fachbereich Wasserwirtschaft	64
3.2.1 Kriterium „Auswirkungen auf die Hochwassersituation“	64
3.2.2 Kriterium „Gewässerbeanspruchung“	70
3.2.3 Kriterium „Auswirkungen auf die Immissionssituation“	71
3.3 Fachbereich Raumordnung	75
3.3.1 Kriterium „Direktnutzung an Fließgewässern“	75
3.3.2 Kriterium „Forstwirtschaft“	77
3.3.3 Kriterium „Regionalwirtschaft“	77
3.4 Gewässerökologie	79
3.4.1 Datengrundlagen	79
3.4.2 Bewertung der Kriterien „Gewässerökologie“	80
3.4.3 Wertungsanteile	81
3.4.4 Kriterium „Ökologischer Zustand“	81
3.4.5 Kriterium „Morphologie“	82
3.4.6 Kriterium „Typenspezifische Seltenheit“	83
3.4.7 Kriterium „Gewässersondertyp (Gletscherbach)“	84
3.4.8 Kriterium „Übersichtsmessstellen“	84

3.4.9	Kriterium „Freie Fließstrecken“	84
3.4.10	Kriterium „Geförderte Gewässer“	85
3.4.11	Kriterium „Typspezifische Ausprägung“	85
3.4.12	Kriterium „Revitalisierungsflächen“	86
3.4.13	Kriterium „Mindestabfluss“	86
3.4.14	Kriterium „Speichergröße“	86
3.5	Fachbereich Naturschutz	88
3.5.1	Datengrundlagen	88
3.5.2	Kriterium „Naturräumliche Bedeutung“	91
3.6	Zusammenführung der einzelnen Kriterien	93
3.7	Ergebnisse	94
TEIL III – ZUSAMMENFASSUNG UND APPENDICES		97
1	ZUSAMMENFASSUNG	98
2	APPENDICES	103
2.1	Appendix 1 - Sensitivitätsanalyse Gewässernutzungslänge	103
2.2	Appendix 2 - Untersuchungsradius für Ausleitungskraftwerke	104
2.3	Appendix 3 - Allgemeine Beschreibung der Speicherberechnung	105
2.4	Appendix 4 - Kontrolle des Abflussmodells	111
2.5	Appendix 5 - Berücksichtigte best. Kraftwerke und Entnahmen ($P_T > 1 \text{ MW}$)	112
3	PLÄNE	116

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Wasserkraftpotenzial Tirol - technisch-wirtschaftliches Basismodell	14
Abbildung 2:	Höheninformationen an den Knoten	18
Abbildung 3:	Beispiel für eine Berechnung des natürlichen Abflusses	20
Abbildung 4:	Angen. Wasserbilanz Ausleitungskraftwerke, Nat. Abfluss am Knoten	31
Abbildung 5:	Angen. Wasserbilanz, Knoten in Ausleitungsstrecke, Wassernutz. möglich	32
Abbildung 6:	Angen. Wasserbilanz, Knoten in Ausleitungsstrecke, Wassernutz. Unmöglich	32
Abbildung 7:	Modellansatz Ausleitungskraftwerke – Geometrische Ansätze	34
Abbildung 8:	Modellierung von Flusskraftwerken	39
Abbildung 9:	Wasserbilanz Flusskraftwerke, nat. Abflussverhältnisse am Knoten	40
Abbildung 10:	Wasserbilanz Flusskraftwerke, Knoten in Ausleitung, Nutzung möglich	41
Abbildung 11:	Wasserbilanz Flusskraftwerke, Knoten in Ausleitung, Nutzung unmöglich	42
Abbildung 12:	Beispiel möglicher Kraftwerksverbindungen an einem Entnahmeknoten	45
Abbildung 13:	Beispiel möglicher Kraftwerksverbindungen an mehreren Entnahmeknoten	46
Abbildung 14:	Übersicht Regionen	51
Abbildung 15:	Kriteriums-Umsetzung „Spezifische Investitionskosten“	57
Abbildung 16:	Beispiel Umsetzung des Kläranlagenabflusses	73
Abbildung 17:	Differenzierung des vorhandenen TWP nach Machbarkeiten	94
Abbildung 18:	Übersicht Regionalpotenziale	102

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Wasserkraftpotenzial nach Schiller (1982)	10
Tabelle 2:	Wasserkraftpotenzial nach Drexler und Schiller (1990)	10
Tabelle 3:	Wasserkraftpotenzial gemäß Optionenbericht TIWAG	11
Tabelle 4:	Wasserkraftpotenzial gemäß PÖYRY- Studie	12
Tabelle 5:	Mittlere Jahresabflüsse an den Modellgrenzen	20
Tabelle 6:	Auswertung Abflusslinienpotenzial ALP nach Regionen	24
Tabelle 7:	Verhältnis $f\ddot{U} = R\ddot{U}WMQ_{nat}$ für die Gebiete Tirols basierend auf [1]	29
Tabelle 8:	Faktor F_L in Abhängigkeit von Q_T	35
Tabelle 9:	Kosten Wasserfassung K_{WF} (Euro)	36
Tabelle 10:	Spezifische Kosten Horizontalstrecke k_{hor} (Euro/m)	36
Tabelle 11:	Kosten und angenommene Teuerung für die Eichung der Gordon Formel	37
Tabelle 12:	Kostenfaktor für Flusskraftwerke mit geringem Gefälle $k_{Aufstau}$	43
Tabelle 13:	Auswertung technisch-wirtschaftliches Potenzial	51
Tabelle 14:	modellfähige Kriterien	55
Tabelle 15:	Klasseneinteilung Kriterium „Spezifische Investitionskosten“	58
Tabelle 16:	Auswertung „Spezifische Investitionskosten“	58
Tabelle 17:	Intervalleinteilung – „Effizienz der Energieproduktion“	60
Tabelle 18:	Datengrundlage Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“	61
Tabelle 19:	Klasseneinteilung Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“	62
Tabelle 20:	Intervalleinteilung Kriterium „Netzwirtschaftliche Aspekte“	64
Tabelle 21:	Gewidmete Flächen – FLP	69
Tabelle 22:	Gewidmete Flächen – Flächenwidmung Kartengenau	69
Tabelle 23:	Intervalleinteilung Kriterium „Auswirkungen auf die Hochwassersituation“	70
Tabelle 24:	Intervalleinteilung – „Gewässerbeanspruchung“	71
Tabelle 25:	Erfahrungswerte MQ, MJNQT und Verhältnis MJNQT/MQ	74
Tabelle 26:	Punkteverteilung Kriterium „Auswirkungen auf die Immissionssituation“	75
Tabelle 27:	Intervalleinteilung Kriterium „Direktnutzung an Fließgewässern“	76
Tabelle 28:	Klassen Kriterium „Forstwirtschaft“	77
Tabelle 29:	Klassen Kriterium „Regionalwirtschaft“	78
Tabelle 30:	Punkteverteilung / Schlussbewertung	80
Tabelle 31:	Klassifizierung der Wertungsanteile	81
Tabelle 32:	Wertungsfaktoren der gewässerökologischen Kriterien	81
Tabelle 33:	Ökologischer Zustand - Relevante Daten und Objekte	82
Tabelle 34:	Schlussbewertung „Ökologischer Zustand“	82
Tabelle 35:	Kriterium Morphologie – Relevante Daten und Objekte	82
Tabelle 36:	Bewertung Kriterium „Morphologie“	83
Tabelle 37:	Typspezifische Seltenheit - Relevante Daten und Objekte	83
Tabelle 38:	Bewertung Kriterium „Typenspezifische Seltenheit“	83
Tabelle 39:	Bewertung Kriterium „Gewässersondertyp (Gletscherbach)“	84
Tabelle 40:	Bewertung Kriterium „Übersichtsmessstellen“	84

Tabelle 41:	Bewertung Kriterium „Geförderte Gewässer“	85
Tabelle 42:	Bewertung Kriterium „Typspezifische Ausprägung“	85
Tabelle 43:	Revitalisierungsflächen – Datengrundlage	86
Tabelle 44:	Bewertung Kriterium „Speichergröße“	87
Tabelle 45:	Basisdaten für Naturschutz	88
Tabelle 46:	Relev. Shapes und Objekte für Ausschlussfl. jeglicher Anlagenteile und Speicher	89
Tabelle 47:	Relevante Shapefiles und Objekte für Schutzgeb. mit Ausleitungsverbot	89
Tabelle 48:	Relevante Shapes und Objekte für Schutzgeb. mit 80% des nat. Abflusses	90
Tabelle 49:	Ausschluss- und Begrenzungsflächen der Speicher – Naturschutz	90
Tabelle 50:	Schutzgebiete für Bewertung Naturräumliche Bedeutung	91
Tabelle 51:	Gewässerrelevante Naturdenkmäler (aus ND_PT)	92
Tabelle 52:	Bewertung außerhalb von Schutzgebieten	92
Tabelle 53:	Bewertung in Schutzgebieten	93
Tabelle 54:	Gesamtauswertung für eine 50%-ISP Auswahl (bessere Hälfte) in Jahreserzeugung (GWh/a) und Gewässerlänge (km)	95
Tabelle 55:	Studien Schiller und Drexler/Schiller	100
Tabelle 56:	Werte bezogen auf verbleibendes Potential	101
Tabelle 57:	Anzahl der Verbindungen ($P_T > 5$ MW bzw. $e_{TW} < 1$ Euro/KWh)	104
Tabelle 58:	Knoten ohne Speicherrechnung	106
Tabelle 59:	Flächenwidmungen für Speicher aus raumordnerischer Sicht	108
Tabelle 60:	Flächen für Speicher aus naturschutzfachlicher Sicht	109
Tabelle 61:	Vergleich Einzugsgebietsgrößen – Pegeldata und GIS-Modellierung	111
Tabelle 62:	Vergleich Pegelmessungen und Modellabflüsse	111
Tabelle 63:	Bestehende KW und Entnahmen ($P_T > 1$ MW) (Wasserkraftkataster Tirol)	115

TEIL I
ERMITTLUNG DES TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHEN POTENZIALS

1 ZIELSETZUNG

Das Land Tirol besitzt die topographischen Gegebenheiten und die hydrologischen Voraussetzungen für eine attraktive Wasserkraftnutzung. Dies führt dazu, dass die Wasserkraft in Tirol bereits teilweise ausgebaut wurde.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Studien mit dem Ziel erstellt, das ausbauwürdige Wasserkraftpotenzial in Tirol zu ermitteln, wobei sich die Studien in der Methodik und den Ergebnissen unterschieden.

Ziel der nun vorliegenden Studie war ebenfalls die Ermittlung des bisher noch nicht genutzten Wasserkraftpotenzials in Tirol unter Berücksichtigung von Wasserkraftnutzungen mit einer Leistung von über 2 MW. Dies wurde mit Hilfe der (gegenüber den früheren Studien) im weitaus größeren Maß zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der computerunterstützten Bearbeitung und Darstellung durchgeführt.

Die Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung beauftragte ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, diese Studie zu erstellen.

ILF entwickelte für diese Aufgabe ein eigenes GIS-Modell. Das Modell beruht auf dem Konzept, das Gewässernetz in diskrete Abschnitte einzuteilen und eine differenzierte Beurteilung eines jedes Gewässerabschnittes sowohl im Einzelnen, als auch im Verbund mit anderen Gewässerabschnitten, durchzuführen. Diese Vorgangsweise erlaubt, das Potenzial unabhängig von allen in der Vergangenheit vorgelegten konkreten Kraftwerksprojekten zu ermitteln.

Gegenstand der Untersuchung waren die Gewässerabschnitte in Hinblick auf ihre Nutzung durch Ausleitungs- und Flusskraftwerke mit einer Leistung von über 2 MW.

Von der Potenzialermittlung ausgeschlossen waren die Erneuerung und Vergrößerung bestehender Wasserkraftwerke sowie die Stromerzeugungspotenziale von Pumpspeicherkraftwerken im reinen Wälzbetrieb.

In dieser Studie wurde als Ergebnis ermittelt:

In Teil I:

- Das Abflusslinienpotenzial (ALP).
- Das technisch-wirtschaftliche Potenzial (TWP), auch unter Berücksichtigung der Naturschutz-Ausschlussflächen.

In Teil II:

- Das integrativ-sinnvolle Potenzial (ISP): Als Grundlage für die Festlegung des integrativ sinnvollen Potenzials (ISP) durch den entsprechenden Entscheidungsträger wurden die von den Experten der einzelnen Fachbereiche (Energiewirtschaft, Wasserwirtschaft, Gewässerökologie, Naturschutz und Raumordnung) im Zuge der Erstellung des Kriterienkatalogs [11] ausgearbeiteten modellfähigen Kriterien und deren Gewichtungen auf das Gewässernetz Tirols mittels GIS Modell übertragen und zusammengefasst.

2 HERANGEHENSWEISE

2.1 Datengrundlagen

Die verwendeten Daten wurden zum größten Teil vom Amt der Tiroler Landesregierung zur Verfügung gestellt, eine Aufzählung der verwendeten Daten ist in Kapitel 5.2.1 gegeben.

2.2 Durchführung

Die Erstellung der Potenzialstudie erfolgte unter Nutzung eines Geographischen Informationssystems (GIS) durch Einbindung aller relevanten topographischen Daten. Darüber hinaus wurden sämtliche andere Grundlagen und Ergebnisse in Datenbanken verarbeitet und im Geographischen Informationssystem verknüpft.

Das Modell wurde von ILF Beratende Ingenieure entwickelt. Die Ergebnisse des Modells wurden mit den Experten der Fachbereiche der Kriteriengruppe abgestimmt und für die Abbildung der einzelnen Kriterien der jeweiligen Fachbereiche herangezogen.

Die einzelnen Projektphasen waren:

1. Schaffung der Modellgrundlagen:
 - a) Entwicklung eines Modells zur Bestimmung des Abflusslinienpotenzials und des technisch-wirtschaftlichen Potenzials und zur energiewirtschaftlichen Bewertung von Gewässerstrecken (Berücksichtigung von möglichen Ausleitungs- und Flusskraftwerken und von bestehenden Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung $P_T > 1$ MW).
 - b) Entwicklung eines Speichermodells zur Berechnung von Speichergröße, Speicherfläche und Speicherlänge an fiktiven Standorten.
2. Entwicklung und Implementierung der von den Experten der fünf Fachbereiche im Kriterien-Katalog vorgegebenen modellfähigen 21 Kriterien, Implementierung der von den Experten vorgeschlagenen Intervalleinteilungen für die Bewertung von Gewässerstrecken.
3. Darstellung der Bewertungen der Gewässerstrecken und Plausibilitätsprüfung durch die Experten anhand der vorläufigen Ergebnisse, welche mithilfe der Modellbeschreibung, der Pläne und des WEB-GIS dargestellt wurden.
4. Einarbeitung der Kommentare der Experten in das Modell und Überarbeitung der Ergebnisse.

2.3 Ergebnis

Als Ergebnis der Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials wurde das im Gewässernetz von Tirol noch nicht ausgebaute Wasserkraftpotenzial in folgenden Entwicklungsschritten als dargestellt:

- Als Abflusslinienpotenzial (ALP): ein Wert auf Basis der in den Fließgewässern gegebenen mittleren Jahresfracht und den vorhandenen Gefällen in den Wasserläufen, ohne Berücksichtigung von Fließverlusten und Wirkungsgraden.
- Als technisch-wirtschaftliches Potenzial (TWP): ausgehend vom ALP unter Berücksichtigung von Restwasser, nicht fassbarem Überwasser und unter Beachtung einer Schranke für maximale spezifische Investitionskosten und Mindestgröße von Wasserkraftwerken.

3 BEGRIFFSVERZEICHNIS UND LITERATURVERZEICHNIS

3.1 Begriffsverzeichnis

ALP	GWh/a	Abflusslinienpotenzial
A_{NLP}	GWh/a	Technisches Abflusspotenzial
ARA		Abwassereinigungsanlage
b_D	m	Dammbreiteverhältnis
BSB		Biochemischer Sauerstoffbedarf
DGM		Digitales Geländemodell
$E(Kn),i$	km^2	Einzugsgebietsgröße am Knoten i nach dem Kläranlagenzufluss
$E(Kv)$	km^2	Einzugsgebietsgröße am letzten Knoten vor dem Kläranlagenzufluss
e_{Eff}	GWh/km^*a	Effizienz der Energieproduktion
EGW		Einwohnergleichwert
e_{Net}	$km/(GWh^*a)$	Netzwirtschaftliches Kriterium
e_{SP}	m	Kennzahl Speicheroption / Systemstabilität
e_{TW}	$€/KWh$	Technisch-Wirtschaftliche Kennzahl
EW		Einwohner
EZG	km^2	Einzugsgebietsgröße
f_A		Faktor für die Errechnung der Ausbauwassermenge
f_{ARA}		Mischungsverhältnis Abfluss ARA zu Vorfluter
F_{HW}	m^2	Durch Hochwasserretention begünstigte Fläche
F_L		Faktor für Gesamtlänge der Anlage
f_{MJNQT}		Faktor für Berechnung des mittleren jährlichen Niedrigwasserabflusses
f_{Nutz}		Konkurrierende Nutzungen pro Abschnitt
$F_{Restwasser}$	m^3/s	Restwasserabfluss einer Kläranlage
f_{RW}		Klasseneinteilung der Regionalwirtschaft
$f_{Speicher,HW}$		Faktor für Anteil des Speichers nutzbar für Hochwasserschutz
$f_{Ü}$		Verhältnis des Überwasserabflusses zum natürlichen Abfluss
GF		Faktor GF nach Wundt
GIS		Geographisches Informationssystem
HAÖ		Hydrologischer Atlas Österreich
h_B	m	Bruttofallhöhe
h_D	m	Dammhöhe
h_{I1}	m	Gefälleverhältnis vor Flusskraftwerk
h_{I2}	m	Gefälleverhältnis hinter Flusskraftwerk
h_N	m	Nettofallhöhe
HQ	m^3/s	Hochwasserscheitelabfluss
HQ_x	m^3	Hochwasserabflussvolumen nach Wundt
$h_{sp,pot}$	m	Potenzielle Fallhöhe zum tiefsten Punkt
I	m/m	Gefälleverhältnis zur Bestimmung des Kraftwerktyps

$Index_{RW}$		Indexwert für die Regionalwirtschaft der betroffenen Gemeinde
$Index_{RW1}$		Indexwert für die Regionalwirtschaft der betroffenen Gemeinde 1
$Index_{RW2}$		Indexwert für die Regionalwirtschaft der betroffenen Gemeinde 2
ISP	GWh/a	Integrativ-sinnvolles Potenzial
JAV	GWh/a	Jahresarbeitsvermögen
JV_{kunst}	m^3	Effektive Jahresfracht
KA		Kläranlage
KA (Bestand)		Verhältnis erf. Mischungsverhältnis zu tatsächl. Mischungsverhältnis im Bestand
KA(RW)		Verhältnis erf. Mischungsverhältnis zu tatsächl. Mischungsverhältnis im Restwasser
$k_{Aufstau}$		Kostenfaktor für Flusskraftwerke mit geringem Gefälle
K_{Basis}	€	Basiskosten
k_{DL}	€/m	Spezifische Kosten des Druckschachtes bzw. Kraftabstieges
K_{DI}	€	Kosten des Druckschachtes bzw. Kraftabstieges
K_{Gesamt}	€	Gesamte Investitionskosten
k_{Gordon}		Eichungskoeffizient aus dem Kraftwerk Passeier
k_{hor}	€/m	Spezifische Kosten der Horizontalstrecke des Triebwasserweges
K_{hor}	€	Kosten der Horizontalstrecke des Triebwasserweges
k_{JAV}	€/KWh	Spezifische Investitionskosten
$K_{Krafthaus}$	€	Kosten des Krafthauses
K_{Risiko}	€	Unvorhergesehene Kosten
$K_{Sonstiges}$	€	Sonstige Kosten
KW		Kraftwerk
K_{WF}	€	Kosten der Wasserfassung
lambda		Speicher Kennzahl
L_{DL}	m	Tatsächliche Länge des Druckabstieges
L_{GES}	m	Gesamtlänge der Anlage
L_{GEW}	m	Gesamtlänge des Gewässers
L_{hor}	m	Tatsächliche Länge der Horizontalstrecke
L_{LL}	m	Horizontaler Abstand der Knotenpunkte für Wasserfassung und Krafthaus
L_{Net}	m	Distanz zum Umspannwerk
L_{P1-P2}	m	Abstand zwischen zwei Punkten
L_{Ret}	m	Wirkungslänge der Retention
MJNQT	m^3/s	Mittlerer jährlicher Niederwasserabfluss
M_q	$m^3/(s \cdot km^2)$	Mittlere jährliche spezifische Abfluss
MQ	m^3/s	Mittelwasserabfluss
MQ_{kunst}	m^3/s	Mittlerer jährlicher effektiver Abfluss
MQ_n	m^3/s	Mittlerer nutzbarer Abfluss
MQ_{nat}	m^3/s	Mittlerer jährlicher natürlicher Abfluss

$MQ_{nat,i}$	m^3/s	Mittlerer jährlicher natürlicher Abfluss des Einzugsgebietes i
$MQ_{nat,k}$	m^3/s	Mittlerer jährlicher natürlicher Abfluss am Knoten k
MQ_{Rand}	m^3/s	Mittlerer Jahresabfluss der Pegel an den Modellgrenzen
pH	mol/kg	pH-Wert im Kläranlagenabfluss
P_M	MW	Mittlere jährliche genutzte Leistung
P_T	MW	Installierte Leistung
QMN	m^3/s	Energetisch nutzbare Abfluss
Q_T	m^3/s	Ausbauwassermenge
Q_{TW}	m^3/h	Trockenwetterabflussmenge
R_{DOT}	m^3/s	Mittlerer jährlicher Dotierwasserabfluss
$R_{ÜW}$	m^3/s	mittlerer jährlicher Überwasserabfluss
RW	m^3/s	Verbleibender Restwasserabfluss
t_c	s	Konzentrationszeit nach Kreps
t_w	h	Dauer Dreieckswelle des Hochwasserabflusses
TWP	GWh/a	Technisch-wirtschaftliches Potenzial
V_K	m^3	Abflussvolumen nach Kreps
$Vol_{HW,x}$	m^3	Hochwasserabflussvolumen am Speicherknoten x
Vol_{RET}	m^3	Retentionsvolumen
$Vol_{RET,X}$	m^3	Retentionsvolumen am Speicherstandort x
$Vol_{Speicher}$	m^3	Potenzielles Speichervolumen
$Vol_{Speicher,HW,X}$	m^3	Speichervolumen am Knoten x
$Vol_{Sp,ges}$	m^3	Speichergroße
WB	mm	Klimatische Wasserbilanz
W_{Gew}	m/GWh	Gewässerbeanspruchung
WRRL		Wasserrahmenrichtlinie
Z_1	m	geodätische Höhe Entnahme
Z_2	m	geodätische Höhe Rückgabe

3.2 Literaturverzeichnis

- [1] Hydrographisches Jahrbuch für Österreich, 112. Band (2004); Herausgegeben von der Abteilung VII 3 – Wasserhaushalt (HZB) im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- [2] Hydrologischer Atlas Österreichs (2003); Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- [3] H. Kling, P. Nachtnebel, J. Fürst 2003. Bilanzierungsgebiete, klimatische Wasserbilanz und Abflussverhältnisse. Hydrologischer Atlas Österreichs. 2. Lieferung. Kartentafel 7.1. Wien: Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- [4] M. Hütte. 2000. Ökologie und Wasserbau: Ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung (Taschenbuch). Wien: Parey.
- [5] Reinhard Wimmer, Otto Moog (1994). Flussordnungszahlen Österreichischer Fließgewässer, Monographien 51, Bundesministerium für Umwelt (Umweltbundesamt).
- [6] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1998). Das Buch der Flüsse / The Book of Austrian Rivers 74 Flussstrecken von österreichweiter Bedeutung (in Buchform)
- [7] G. Schiller und A. Götz (1982) Das Wasserkraftpotenzial Österreichs, Stand 1982, Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft ÖZE, Oktober 1982 35. Jahrgang Seite 497-526.
- [8] G. Schiller und F. Drexler (1990) Die Wasserkraftsituation in Österreich, Stand 1990, Österreichische Wasserwirtschaft, Jahrgang 43, Heft 5/6, Wien, Mai/Juni 1991.
- [9] PÖYRY (2008). Wasserkraftpotenzialstudie Österreich, im Auftrag von VEÖ, BMWA, E-Control, Kleinwasserkraft Österreich und VÖEW, Kurzfassung.
- [10] TIWAG (2004). Optionenbericht über mögliche Standorte künftiger Wasserkraftnutzung in Tirol, Herausgegeben von der Tiroler Wasserkraft AG.
- [11] Wasserkraft in Tirol – Kriterienkatalog, 2011, erstellt im Auftrag der Tiroler Landesregierung von der dazu einberufenen Expertengruppe, download unter: <http://www.tirol.gv.at/regierung/steixner-anton/kriterienkatalog>, von der Tiroler Landesregierung mit beschluß vom 15. März 2011 zur Kenntnis genommen

4 UNTERSUCHUNGEN IN DER VERGANGENHEIT

4.1 Allgemeines

Im Folgenden werden insgesamt drei Studien im Bezug zum möglichen Ausbau der Wasserkraft in Tirol angeführt.

Die älteste Studie ist aus dem Jahre 1982, erstellt von G. Schiller im Auftrag der Verbundgesellschaft Wien mit dem Titel „ Die Wasserkraftnutzung in Österreich – Wasserkraftpotenzial Stand 1982“ [7]. Der Artikel „Die Wasserkraftsituation in Österreich, Stand 1990“ aus der Zeitschrift „Österreichische Wasserwirtschaft“ von G. Schiller und F. Drexler [8] stellt eine Überarbeitung der Werte aus der Studie von 1982 dar.

Als zweite Studie wird der „Optionenbericht über mögliche Standorte künftiger Wasserkraftnutzung in Tirol“ der TIWAG [10] aus dem Jahre 2004 angeführt.

Die dritte Studie „Wasserkraftpotenzialstudie Österreich“ ist aus dem Jahr 2008 und wurde von der PÖYRY im Auftrag der VEÖ, BMWA, E-Control, Kleinwasserkraft Österreich und VÖEW erstellt [9].

Diverse andere Artikel wurden im Laufe der Jahre veröffentlicht. Jedoch beziehen sich viele dieser Studien auf die Werte aus der Studie von Schiller 1982. Auf diese Studien wird nicht weiter eingegangen.

4.2 Das Wasserkraftpotenzial Österreichs, Stand 1982 (G. Schiller)

Als erster Schritt wurde ein Niederschlagsflächenpotenzial für Österreich von 252.000°GWh/a bestimmt. Durch Einrechnung von Verdunstung und anderen Verlusten erhielt man ein Abflussflächenpotenzial von 150.000 GWh/a.

Das Abflusslinienpotenzial wurde mit 75.000 GWh/a bestimmt. Dabei vernachlässigt sind Seitenzubringer mit weniger als 1 m³/s Abfluss. Der Kraftwerkwirkungsgrad wurde bei der Berechnung mit einbezogen, jedoch nicht die Rauigkeitsverluste in den Triebwasserwegen. Bei bereits ausgebauten Flussstrecken wurde das dort vorhandene Regelarbeitsvermögen eingesetzt.

Eine Aufteilung der Werte fand in dieser Studie nach Art des Kraftwerktyps statt. Es wurde hier unterschieden zwischen Laufkraftwerken und Speicherkraftwerken. Die aus den Studien extrahierten Werte für das Land Tirol sind wie folgt:

	Laufkraftwerke	Speicherkraftwerke	Summe
Bestand	1.731 GWh/a	2.642 GWh/a	4.373 GWh/a
Im Bau	84 GWh/a	197 GWh/a	281 GWh/a
Projekte	3.095 GWh/a	2.878 GWh/a	5.973 GWh/a
Insgesamt	4.910 GWh/a	5.717 GWh/a	10.627 GWh/a

Tabelle 1: Wasserkraftpotenzial nach Schiller (1982)

	Laufkraftwerke	Speicherkraftwerke	Summe
Bestand	2.137 GWh/a	2.945 GWh/a	5.082 GWh/a
Im Bau	170 GWh/a	0 GWh/a	170 GWh/a
Projekte	3.021 GWh/a	3.139 GWh/a	6.160 GWh/a
Insgesamt	5.328 GWh/a	6.084 GWh/a	11.412 GWh/a

Tabelle 2: Wasserkraftpotenzial nach Drexler und Schiller (1990)

4.3 Optionenbericht der TIWAG (2004)

Der Optionenbericht der TIWAG beinhaltet 16 Optionen für den Ausbau der Wasserkraft in Tirol. Er weist dabei ein gesamtes ausbauwürdiges Potenzial von insgesamt 11.400 GWh/a für Tirol aus, wobei 5.400 GWh/a bereits ausgebaut wurden. Die in dem Bericht vorgestellten Optionen umfassen 3.300 GWh/a. Eine Unterteilung der Gewässer in die vier Haupteinzugsgebiete der größten Flüsse Tirols wurde durchgeführt.

Die Werte für das Land Tirol lauten:

	Ausbauwürdiges Potenzial	Ausgebautes Potenzial	Summe der vorgestellten Optionen
Lechgebiet	630 GWh/a	180 GWh/a	0 GWh/a
Isargebiet	250 GWh/a	220 GWh/a	0 GWh/a
Inngebiet	8.150 GWh/a	4.550 GWh/a	2.700 GWh/a
Draugebiet	2.370 GWh/a	450 GWh/a	600 GWh/a
Gesamt Tirol	11.400 GWh/a	5.400 GWh/a	3.300 GWh/a

Tabelle 3: Wasserkraftpotenzial gemäß Optionenbericht TIWAG

4.4 Wasserkraftpotenzialstudie Österreich (PÖYRY) (2008)

Die Studie beruht auf einer Aktualisierung der Werte für das Abflusslinienpotenzial aus der Studie „Das Wasserkraftpotenzial Österreichs, Stand 1982“ (A. Götz und G. Schiller). Die topographischen Daten und Einzugsgebiete wurden übernommen und durch eine Abgleichung der Mittelwasserabflüsse für den Zeitraum 1961 – 2000 wurde eine Korrektur der Potenziale durchgeführt.

Zur Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials wurde in dieser Studie eine Methodik angewandt, die eine Klassifizierung des Gewässernetzes durch verschiedene Parameter mit den vorhandenen Projektdaten kombiniert. Einer automatischen Klassifizierung mit Parametern (wie z.B. der Seehöhe, dem Mittelwasserabfluß, dem Gesamtgefälle und dem Gesamtgefälle der Seitengewässer) folgte eine manuelle Justierung. Die dadurch erhaltenen Klassen dienten als Indikator für den möglichen Nutzungsgrad (das Verhältnis des Technisch-Wirtschaftlichen Potenzials zum vorhandenen Abflusslinienpotenzial).

Aus dem Produkt des Abflusslinienpotenzials und des Klassennutzungsgrads wurde ein Schätzwert für das technisch-wirtschaftliche Potenzial berechnet. Dieser Wert wurde dann, soweit verfügbar, anhand von Bestands- und Projektdaten überprüft und angepasst. Die bestehenden Anlagen und Projekte vom technisch-wirtschaftlichen Potenzial abgezogen, ergab das technisch-wirtschaftliche Restpotenzial, das sich wiederum in Neuerschließungsrestpotenzial und Optimierungspotenzial aufteilt.

Die für das Land Tirol ermittelten Werte sind wie folgt:

Abflusslinienpotenzial	18.100 GWh/a
Technisch- Wirtschaftliches Potenzial	12.000 GWh/a
Reduziertes Technisch- Wirtschaftliches Potenzial	11.200 GWh/a
Ausgebautes Potenzial ab 10 MW	4.600 GWh/a
Ausgebautes Potenzial < 10 MW	1.200 GWh/a
Technisch-wirtschaftliches Restpotenzial	6.100 GWh/a
Reduziertes technisch-wirtschaftliches Restpotenzial	5.300 GWh/a

Tabelle 4: Wasserkraftpotenzial gemäß PÖYRY- Studie

5 MODELLIERUNG

5.1 Allgemeines

Das Wasserkraftpotenzial Tirol wurde im Rahmen der gegenständlichen Studie grundsätzlich im Wege von theoretisch möglichen Wasserkraftnutzungen und deren Projektion auf die Gewässer ermittelt.

Das noch nicht genutzte Potenzial war vorrangiges Ziel der Modellierung, wobei nur Wasserkraftanlagen mit einer installierbaren Leistung von mindestens 2 MW berücksichtigt wurden. Folgende Aspekte waren bei der Entwicklung des GIS- Modells wesentlich:

- Gewässerbezogene Betrachtung;
- Projektunabhängige Betrachtung;
- Umfassende Betrachtungen;
- Vergleichbarkeit der Ergebnisse;
- Nachvollziehbarkeit der Methodik;
- Für die Verknüpfung mit den modellfähigen Kriterien des Kriterienkatalogs [11] (Teil II): Erweiterbarkeit und Integrierbarkeit von weiteren Kriterien ins Modell (z.B. gewässerökologische und naturschutzfachliche Kriterien).

5.1.1 Methode

Die Potenzialermittlung erfolgte mittels eines auf GIS basierenden Modells, in dem geographische Raster- und Vektorinformationen (z.B. geographische Lage des Gewässers, Nationalparkflächen, etc.) mit digitalen Einzelmodellen und weiteren Datenbankinformationen verschnitten wurden. Das Modell erlaubte die Verschneidung, die Verarbeitung sowie die tabellarische und planliche Auswertung der Eingabe- und Ergebnisdatenbanken.

Folgende ebenfalls auf GIS basierende Teilmodelle wurden angewendet:

- Geländemodell;
- Abflussmodell;
- Kraftwerksmodell;
- Kombinationsmodell;
- Projektionsmodell;
- Zusatzmodelle.

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Teilmodelle beschrieben, welche zur Ermittlung der unterschiedlichen Wasserkraftpotenziale (Abflusslinienpotenzial, technisch-wirtschaftliches Potenzial, integrativ-sinnvolles Potenzial) verwendet wurden. Abbildung 1 zeigt ein Schema des Gesamtmodells zur Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Wasserkraftpotenzials in Tirol.

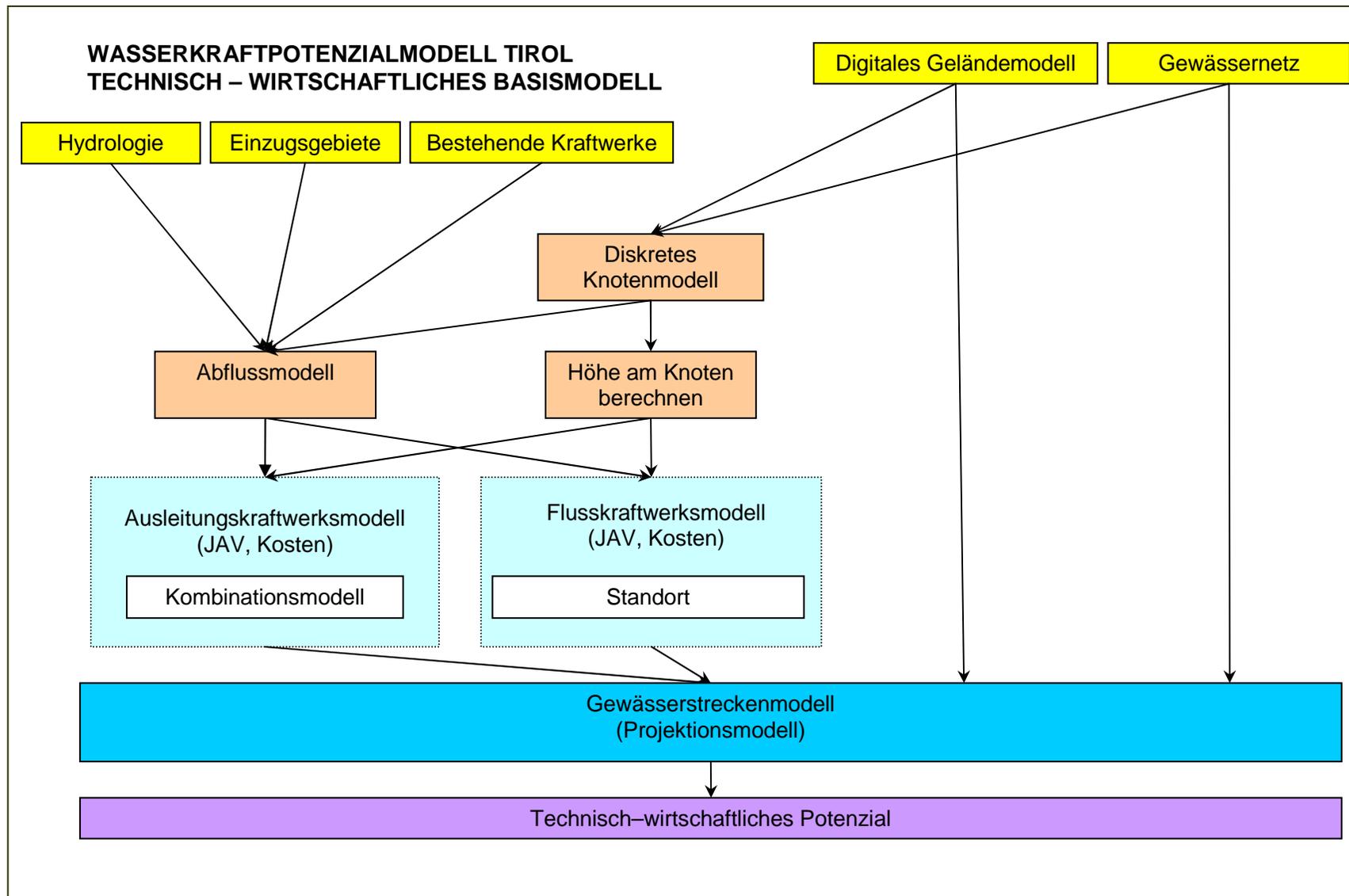


Abbildung 1: Wasserkraftpotenzial Tirol - technisch-wirtschaftliches Basismodell

5.1.2 Grenzen der Untersuchung

Nicht untersucht bzw. berücksichtigt wurden folgende Potenziale:

- Erweiterungspotenzial bestehender Anlagen (durch Effizienzsteigerungen);
- Bei- und Überleitungspotenzial;
- Spitzenstrompotenzial;
- Grundlastpotenzial;
- Pumpspeicherpotenzial;
- Potenzial in Strecken oberhalb des höchsten gesetzten Knotens;
- Potenzial für Kleinwasserkraftanlagen mit installierter Leistung < 2 MW;
- Potenzial in Strecken mit spezifischen Investitionskosten > $2,2 \frac{\text{Euro}}{\text{KWh*Jahr}}$

5.2 Grundlagen

5.2.1 Datengrundlagen

Folgende Datengrundlagen wurden für die Modellbildung verwendet.

Daten	Quelle
Gewässernetz, geroutetes Gewässernetz inkl. Einzugsgebiete ÖK50, Version 1	Land Tirol
Gewässernetz, geroutetes Gewässernetz ÖK50, Version 6	Land Tirol
Landesgrenzen (als Polygonshape)	Land Tirol
Bezirksgrenzen (als Polygonshape)	Land Tirol
Gemeindegrenzen (als Polygonshape)	Land Tirol
ÖK Karten (oek28.tif)	Land Tirol
DHM 10, Bundesamt für Eich und Vermessungswesen	BEV
Geländemodell (1m)	Land Tirol
Oberflächenmodell (1m)	Land Tirol
1m Höhengichtlinien und Schummerungen für den Ausschnitt 40177, 197020; 41718,197655 (links unten; rechts oben, GK-M28)	Land Tirol
Digitale Flächenwidmungsdaten FLP_PL (für alle Gemeinden Tirols außer 11 Gemeinden) (als Polygonshape)	Land Tirol

Daten	Quelle
Kartengenaue Flächenwidmungsdaten für die folgenden Gemeinden Innsbruck, Scharnitz, Sistrans, Grinzens, Sautens, Elmen, Forchach, Breitenwang, Pflach, Tannheim und Schattwald (als Polygonshape)	Land Tirol
Mittlere jährliche Abflusshöhe	Hydrogr. Atlas Ö.
Kläranlagendaten aus Flächenwidmung: FLP_KLAERANLAGEN_PL für Anlagen EGW > 10000 (als Polygonshape)	Land Tirol
Immissionsberechnung für Kläranlagen EGW > 10000 (ARAs_Modell_09042010.xls)	Arge Limnologie / Land Tirol
Typenspezifische Ausprägungen (typauspraegungen.shp)	Arge Limnologie
prioritäre_seitengewässer.shp	Arge Limnologie
Geeignete Revitalisierungsflächen (inn_rev_flächen_rechts.shp, inn_rev_flächen_rechts.shp)	Arge Limnologie
Wasserkraftkataster (als Excel Tabelle)	Land Tirol
HORA Studie (hq_200_tir.shp, hq_100_tir.shp, hq_30_tir.shp)	Land Tirol, BMLFUW
Wasserrechte	Land Tirol
Regionalwirtschaft Indexwerte (Excel Tabelle)	GAW
Das Buch der Flüsse / The Book of Austrian Rivers 74 Flußstrecken von österreichweiter Bedeutung (in Buchform)	BMLFUW
Flussordnungszahlen Österr. Fließgewässer (in Buchform [5])	BMLFUW
MORPHOLOGIE_TIROL_20090730.shp	Land Tirol
Modelle.shp	Land Tirol
Bioregionen_Typen_Fischregionen.xls	Land Tirol
UEBERSICHTSMESSSTELLEN_TIROL.shp	Land Tirol
WK_TIROL_20090602.shp	Land Tirol
WK_SG_Tirol.dbf	Land Tirol
E_teilabschnitte_typologie.shp	Land Tirol
Umspannwerke	Land Tirol

Daten	Quelle
WFU_PL.shp	Land Tirol
Naturschutzplan (NSPL_NAFA_WKP.shp) (Auf Tiroler Gewässernetz)	Land Tirol
Auf V1 Gewässernetz übertragener Naturschutzplan (NAFA_uebertrag_v1.mdb)	Land Tirol
INN_NAFA_WKP.shp	Land Tirol
Nd_Pl.shp	Land Tirol
Nd_Pt.shp	Land Tirol
Spa_Pl.shp	Land Tirol
Psc_Pl.shp	Land Tirol
Check_In.shp	Land Tirol
Check_pl.shp	Land Tirol

5.2.2 Koordinatensystem

Als Koordinatensystem wurde das „Austria Bundesmeldenetz M28“ verwendet.

5.2.3 Verwendetes Gewässernetz

Für die Modellbildung wurde das Berichtsgewässernetz Tirols „Version V1“ herangezogen. Es umfasst Gewässer mit einer Gesamtlänge von 7.605 km.

5.2.4 Diskretes Knotenmodell

Das Berichtsgewässernetz Tirols wurde anhand von Knoten in kürzere diskrete Abschnitte eingeteilt.

Die Knoten dienen als:

- potenzielle Entnahme- und Rückgabepunkte für das Ausleitungskraftwerksmodell
- potenzielle Wehrstandorte für das Flusskraftwerksmodell.

Die Knoten wurden anhand des digitalen Geländemodells und des Gewässernetzes jeweils dort generiert, wo aus Energie- und wasserwirtschaftlicher Sicht plausible Entnahme- und Rückgabestandorte gegeben waren. In diesem Sinne wurden Knoten gesetzt:

- Unterhalb des Zusammenflusses zweier oder mehrerer Gewässer;
- An Wasserfassung und Rückgabe bereits bestehender Kraftwerke mit installierter Leistung > 1 MW;
- An signifikanten Geländeknicken;
- An Inn, Drau, Lech und Großache im Abstand von jeweils 500 Metern (ausschließlich für die Modellierung von Flusskraftwerken).

5.3 Geländemodell

Anhand der vom Land Tirol und vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) zur Verfügung gestellten Geländedaten wurde ein digitales Geländemodell für Tirol erstellt.

Der Verschnitt des 2-dimensionalen Gewässernetzes mit dem Geländemodell führte zu 3-dimensionalen Koordinateninformationen an jedem diskreten Knotenpunkt. Daraus ergab sich die geodätische Höhe jedes Knotens.



Abbildung 2: Höheninformationen an den Knoten

5.4 Abflussmodell

5.4.1 Natürlicher Abfluss

Kling et al. (2003) [3] ermittelte für Österreich flächendeckend die mittlere jährliche Abflusshöhe. Die Ergebnisse stehen im Hydrologischen Atlas Österreichs (2003) [2] in digitaler Form zur Verfügung.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde über die klimatische Wasserbilanz die mittlere jährliche Abflusshöhe aus Kling et al. (2003) Tafel 7.1, HAÖ, (2003) herangezogen. Zur detaillierten Ermittlung der klimatischen Wasserbilanz sei auf Kling et al. (2003) verwiesen.

Der mittlere jährliche spezifische Abfluss (M_q) wurde aus der klimatischen Wasserbilanz (WB) berechnet:

$$M_q \left(\frac{m^3}{s * km^2} \right) = \frac{WB(mm) * 10^3}{3600 * 24 * 365}$$

Für jedes Einzugsgebiet „i“ mit der Größe EZG_i konnte daraus der mittlere jährliche Abfluss $MQ_{nat,i}$ ermittelt werden. Dieser ergab sich aus dem mittleren jährlichen spezifischen Abfluss in jedem Einzugsgebiet „i“ gemäß

$$MQ_{nat,i} \left(\frac{m^3}{s} \right) = M_q \frac{m^3}{s * km^2} * EZG_i (km^2)$$

Durch den „oberen Rand“ eines jeden Einzugsgebiets fließt ein Gebietsabfluss in das betrachtete Einzugsgebiet hinein. Die Ermittlung des natürlichen Abflusses an jedem Knotenpunkt k, welcher „n“ Oberliegereinzugsgebiete hat, ergab sich somit wie folgt:

$$MQ_{nat,k} = \sum_{i=1}^n MQ_{nat,i}$$

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die natürliche Abflussberechnung an mehreren Knoten eines in sich geschlossenen Einzugsgebietes.

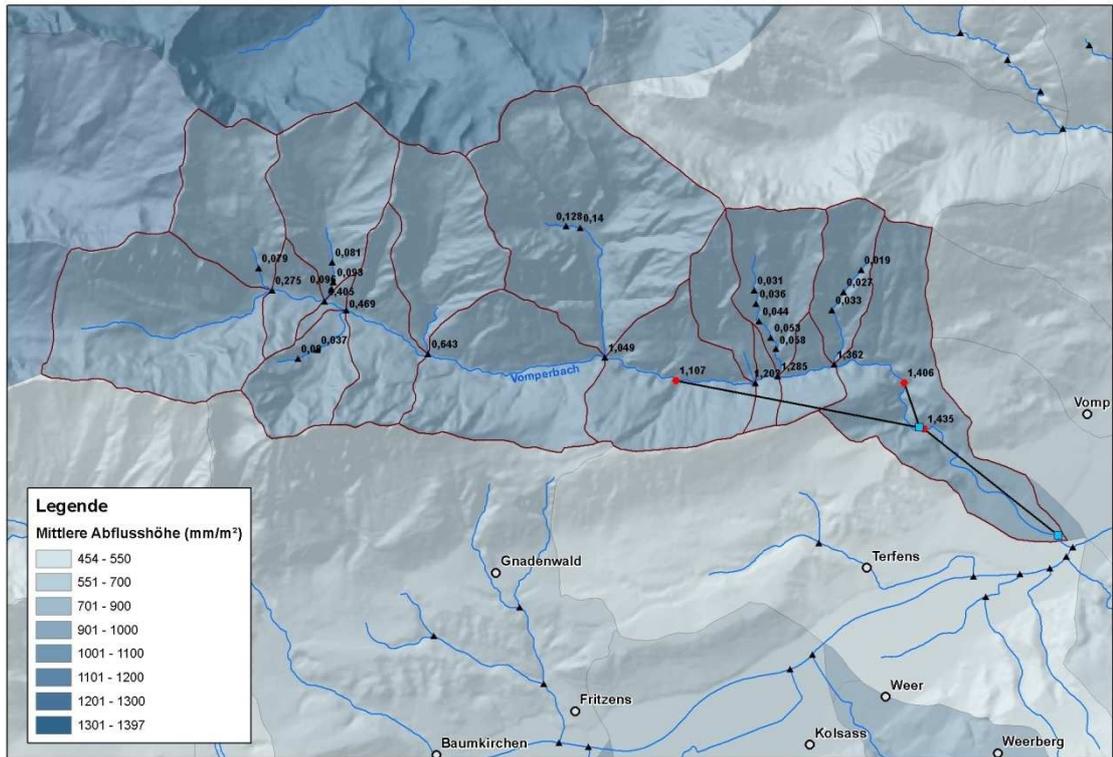


Abbildung 3: Beispiel für eine Berechnung des natürlichen Abflusses

Die Einzugsgebiete des Inn, des Lech und der Drau reichen über die Modellgrenzen des Tiroler Gewässernetzes hinaus. Um die Hydrologie dieser Gewässer modellieren zu können, wurden die mittleren Jahresabflüsse der Pegel, welche den Modellgrenzen am nächsten sind, als Randbedingungen für den Abfluss an den Modellrändern definiert.

Die Jahresmittelabflüsse (MQ_{Rand}) der folgenden Pegel wurden gemäß Tabelle 5 im Modell berücksichtigt.

Pegel HZB No.	Pegelname	Gewässername	Einzugsgebiet (km ²)	Mittlerer Jahresabfluss MQ_{Rand} (m ³ /s)
201012	Steeg	Lech	247,9	12,8 m ³ /s
201178	Kajetansbrücke	Inn	2162	59,0 m ³ /s
202523	Arnbach	Drau	162,1	3,58 m ³ /s

Tabelle 5: Mittlere Jahresabflüsse an den Modellgrenzen

Der natürliche Jahresabfluss MQ am Punkt „P“ ist die Summe der Abflüsse der „n“ Einzugsgebiete innerhalb Tirols, oberhalb des Knotens „k“ und des Randzuflusses am entsprechenden Pegel.

$$MQ_{nat,k} = MQ_{Rand} + \sum_{i=1}^n MQ_{nat,i}$$

5.4.2 Bestehende Wasserkraftanlagen

Wasserentnahmen durch bestehende Ausleitungen verändern die natürliche Abflussbilanz an einem Gewässer. Diese Ausleitungen wurden über die mittleren jährlichen Abflüsse der Bestandsanlagen berücksichtigt.

Basierend auf den Angaben des von der Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Tiroler Landesregierung zur Verfügung gestellten Wasserkraftkatasters, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie ausschließlich Bestandsanlagen größer 1 MW installierter Leistung berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden demnach Anlagen, welche laut Angaben der Abteilung Wasserwirtschaft nicht mehr in Betrieb waren, oder weniger als 1 MW installierte Leistung hatten. Diese wurden im Rahmen des raumordnerischen Modellkriteriums „Direktnutzung von Fließgewässern“ an anderer Stelle berücksichtigt (siehe Teil II, Kapitel 3.3.1)

Eine Auflistung der Wasserkraftwerke mit einer installierten Leistung von mehr als 1 MW, die im Abflussmodell berücksichtigt wurden, befindet sich im Appendix 5.

5.4.3 Effektiver Abfluss

Die Modellierung der Bestandsanlagen basierte auf der Überlegung, dass diese durch Ausleitungen, Überleitungen und Rückleitungen die natürlichen Abflussverhältnisse an einem Fließgewässer verändern.

Anhand der im Wasserkraftkataster erfassten Daten wurde die mittlere jährliche genutzte Wassermenge jeder in Tabelle 63 aufgelisteten Bestandsanlage berechnet, und dann mit dem aus dem Abflussmodell resultierenden natürlichen Abfluss verglichen. Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen (HAÖ und Wasserkraftkataster) und allfälliger Ungenauigkeiten überschreiten oder unterschreiten die Wasserentnahmen gemäß Wasserkraftkataster die natürlichen Abflüsse gemäß Abflussmodell.

Um dieser Situation Rechnung zu tragen, wurden bei der Ermittlung des effektiven Abflusses folgende Fälle für die Modellierung von bestehenden Ausleitungen angesetzt:

- Fall 1: Wenn die mittlere jährliche Wasserentnahme (lt. Wasserkraftkataster) kleiner als oder maximal gleich groß wie der effektiv vorhandene Abfluss am Knoten (MQ_{kunst}) ist, dann wurde die Entnahmemenge der Bestandsanlage vom effektiven Abfluss subtrahiert.
- Fall 2: Wenn die mittlere jährliche Wasserentnahme (lt. Wasserkraftkataster) größer als der effektiv vorhandene Abfluss am Knoten (MQ_{kunst}) ist, dann wurde der effektive Abfluss am Knoten abgezogen.

Hat eine Bestandsanlage mehrere Wasserentnahmen, differenziert der Wasserkraftkataster nicht zwischen den einzelnen Fassungsstellen. Es wurden daher folgende Festlegungen getroffen:

- Die Entnahmemenge wird auf die einzelnen Entnahmen prozentuell zum jeweiligen natürlichen Abfluss an den Fassungsstellen aufgeteilt.
- Unterhalb jeder Wasserentnahme verbleibt die Differenz zwischen dem Abfluss vor der Entnahme und der jeweiligen Entnahmemenge im Gewässer.

6 ABFLUSSLINIENPOTENZIAL

6.1 Definition

Das Abflusslinienpotenzial wird in ÖNORM M 7103 wie folgt definiert:

„Das Abflusslinienpotenzial entspricht demnach einem theoretischen Potenzial, dessen Wert aufgrund der in den Fliessgewässern gegebenen mittleren Jahreswasserfracht und den vorhandenen Gefällen in den Wasserläufen ohne Berücksichtigung von Fließverlusten und Wirkungsgraden ermittelt wird.“

6.2 Berechnung Abflusslinienpotenzial

Das Abflusslinienpotenzial wurde im ersten Schritt jeweils zwischen zwei benachbarten Knoten im Rahmen des Modells wie folgt bestimmt:

$$ALP \left(\frac{GWh}{a} \right) = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 9.81 \left(\frac{m}{s^2} \right) * MQ \left(\frac{m^3}{s} \right) * h_B(m) * \frac{8760 \left(\frac{h}{a} \right)}{10^9 \frac{W}{GW}}$$

$$ALP \left(\frac{GWh}{a} \right) = 0,0859356 * MQ \left(\frac{m^3}{s} \right) * h_B(m)$$

Das gesamte Abflusslinienpotenzial für Tirol wurde im zweiten Schritt durch Aufsummierung ermittelt.

6.3 Ergebnisse

Bei der Berechnung des Abflusslinienpotenzials wurden Wasserentnahmen von Bestandsanlagen größer 1 MW installierter Leistung berücksichtigt. Die berücksichtigten Ausschlussflächen sind in Tabelle 50 angeführt.

Region	Potenzial GWh (keine Ausschlussflächen)	Potenzial GWh (Ausschlussflächen berücksichtigt)
Osttirol	4061	3608
Inn zwischen Imst und Wörgl	3038	2731
Ötztal	2767	2767
Oberes Gericht und Sanna	2743	2743
Lechtal und Ehrwald	1878	759
Hopfgarten, Inn	1441	1415
Zillertal	1395	1395
Inntal ohne Inn	1271	1232
Wipptal	1125	1089
Großsache	700	694
Inn zwischen Landeck-Imst	519	519
Pitz- und Kaunertal	502	500
Achental	460	308
Leutasch und Seefeld	287	163
Gesamt	22184	19924

Tabelle 6: Auswertung Abflusslinienpotenzial ALP nach Regionen

7 TECHNISCH-WIRTSCHAFTLICHES POTENZIAL

7.1 Allgemeines

Das technisch-wirtschaftliche Potenzial (TWP) des betrachteten Gewässernetzes wurde im Wege von theoretisch möglichen Wasserkraftanlagen und deren Projektion auf die Gewässer ermittelt.

Das TWP beschreibt das Potenzial der betrachteten Gewässer in Tirol bezüglich einer Wasserkraftnutzung unter Berücksichtigung von Restwasser, nicht fassbarem Überwasser, Wirkungsgraden, Verlusten und anderen Festlegungen.

Für die Ermittlung des TWP wurde zusätzlich eine Schranke für die maximalen spezifischen Investitionskosten eingezogen und eine Mindestgröße von betrachteten Wasserkraftanlagen festgelegt (2 MW installierbare Leistung).

7.2 Beschreibung der TWP-Ermittlung

Die Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Wasserkraftpotenzials für die Gewässer in Tirol erfolgte in Form von auf GIS Daten basierenden und in ArcGIS 9.3 programmierten und durchgeführten Berechnungsschritten.

7.2.1 Abfluss

Basierend auf den Abflusshöhenkarten für Tirol aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs [2], den Einzugsgebieten, dem Gewässernetz und den bestehenden Ausleitungen bzw. Rückgaben, wurden sowohl der natürliche Abfluss (ursprünglicher Abfluss in den Gewässern vor Errichtung der Bestandsanlagen), als auch der effektive Abfluss (Abfluss, welcher in Folge des Betriebes der Bestandsanlagen verbleibt) für alle Knoten des Gewässernetzes Tirols bestimmt.

7.2.2 Wasserkraftanlagen

Zur Ermittlung des technisch-wirtschaftlichen Wasserkraftpotenzials des gesamten Gewässernetzes in Tirol wurden modellhaft Wasserkraftanlagen unter Berücksichtigung topographischer, hydrologischer und anderer Rahmenbedingungen definiert.

7.2.3 Projektion auf das Gewässernetz

Um das Wasserkraftpotenzial der Gewässer zu ermitteln, waren anschließend die definierten Anlagen anhand plausibler Projektionsalgorithmen auf das Gewässernetz zu projizieren.

7.2.4 Technisch-wirtschaftliches Potenzial

Die Ermittlung des *technischen* Potenzials der Gewässer erfolgte im ersten Schritt mittels angenommener Nutzungen durch Ausleitungs- und Flussstau-Anlagen. In diesem Schritt wurde für jeden Knotenpunkt eine Vielzahl von potenziellen Nutzungen untersucht. Insgesamt wurden im Rahmen des ersten Schrittes 1.104.458 Nutzungen an 3.760 Knoten (plus 772 Knoten für Flusskraftwerke) untersucht.

Grundsatz war, dass das vorhandene Wasser eines jeden Gewässerabschnittes nur einmal genutzt werden kann. Um aus dem Ergebnis der Anlagendefinitionen auf das tatsächliche Wasserkraftpotenzial einer Strecke und schließlich des gesamten Gewässernetzes schließen zu können, bedurfte es im zweiten Schritt einer Filterung, welche die Einfachnutzung eines jeden Abschnittes gewährleistete.

Die Filterung erfolgte über ein Kriterium zur Definition, welche Art von Nutzungen im Vergleich zu anderen Nutzungen Priorität haben. Durch die Anwendung des Kriteriums wurde eine Reihung aller potenziellen Anlagenmöglichkeiten des ersten Schrittes bestimmt.

Für die Ermittlung des *technisch-wirtschaftlichen* Potenzials wurden als weiteres Filterkriterium die spezifischen Investitionskosten herangezogen. Die Nutzung der aus technisch-wirtschaftlicher Sicht attraktivsten Anlagen wurde prioritär betrachtet. Daher erhielt an einem Gewässerabschnitt die Anlage mit den kleinsten spezifischen Investitionskosten (Euro/kWh) den Rang „1“, jene mit dem zweitkleinsten spezifischen Investitionskosten den Rang „2“, usw.

Im dritten Schritt wurden die definierten Anlagen auf das Gewässer projiziert. Dabei wurde als erstes die Anlage mit Rang „1“ herangezogen und vor Projektion der Anlage mit Rang „2“ geprüft, ob sie teilweise oder ganz denselben Gewässerabschnitt beanspruchte, wie jene, die bereits projiziert wurde.

- Falls die zweitbeste Anlage teilweise oder ganz denselben Gewässerabschnitt betraf, wurde sie nicht projiziert und in diesem Modellschritt nicht weiter betrachtet.
- Falls die zweitbeste Anlage nicht denselben Gewässerabschnitt betraf, wurde auch sie auf das Gewässernetz projiziert.

Derselbe Ablauf fand für die Anlagen der höheren Ränge statt, bis alle möglichen Nutzungen entweder projiziert oder verworfen waren.

Die Untersuchung von Flusskraftwerken erfolgte ausschließlich an den Flüssen Inn, Drau, Großache und Lech.

Für die Bestimmung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials der Gewässer wurde die potenzielle Produktion den potenziellen Kosten gegenübergestellt. Um die Wirtschaftlichkeit einer Nutzung auf einer Gewässerstrecke beurteilen zu können, mussten somit neben der potenziellen Produktion, die potenziellen Investitionskosten einer Wassernutzung abgeschätzt werden. Auf dieser Basis konnten entsprechende Verhältnisse zwischen potentieller Energienutzung und potentiellen Gestehungskosten an einem Gewässerabschnitt ermittelt werden.

Die Investitionskosten wurden über die Mithilfe der Modellkraftwerke für zwei Kraftwerkstypen (Ausleitungskraftwerke und Flusskraftwerke) ermittelt. Bei der Ermittlung der Kostenkurven für Ausleitungs- und Flusskraftwerke wurden folgende Prinzipien verfolgt:

- Ausgewogenheit der Kosten zwischen den Kraftwerkstypen;
- Einheitliche Kostenkurven für alle Gewässerabschnitte.

Aus diesen Prinzipien resultierten für die Beurteilung von Gewässerstrecken:

- Vergleichbarkeit von Gewässerstrecken;
- Objektivität im Sinne von Einheitlichkeit der Beurteilung.

An diesem Punkt sei explizit darauf verwiesen, dass das verwendete Kostenmodell nicht als effektive Kostenschätzung zu betrachten ist. Primäres Ziel der Kostenermittlung war es, einen Vergleichswert des technisch-wirtschaftlichen Potenzials einer einzelnen Gewässerstrecke im Gesamtkontext des Gewässernetzes in Tirol zu erhalten.

Preisbasis für das Kostenmodell war das Jahr 2009.

7.3.2 Ausleitungskraftwerke

7.3.2.1 Allgemeines

Bei Ausleitungskraftwerken wird das Triebwasser an einer Wasserfassung dem Gewässer entnommen und in einem Triebwassersystem bis zum Krafthaus geleitet. Im Krafthaus befinden sich die Maschinensätze, welche die potentielle Energie des Wassers in elektrischen Strom umwandeln.

7.3.2.2 Produktion

7.3.2.2.1 Mittlerer jährlicher Dotierwasserabfluss

Bei Ausleitungskraftwerken wurden 20% der natürlichen Jahreswasserfracht als Dotierwasser in der Ausleitungsstrecke angenommen.

$$R_{DOT} \left(\frac{m^3}{s} \right) = MQ_{nat} \left(\frac{m^3}{s} \right) * 0,2$$

7.3.2.2.2 Überwasserabfluss

In Flussabschnitten, welche hydroelektrisch genutzt werden, verbleibt in der Restwasserstrecke neben dem Dotierwasserabfluss auch der saisonale Überwasserabfluss. Die Größe dieses Überwasserabflusses hängt bei Kraftwerken ohne signifikante Speichermöglichkeit von der Ausbauwassermenge ab, welche in der Regel basierend auf wirtschaftlichen Überlegungen festgelegt wird. Je nach Form der hydrologischen Dauerlinie und den sogenannten Überschreitungsdauern werden Wasserkraftwerke, bei der gegenwärtigen Marktsituation, aus wirtschaftlichen Überlegungen, auf jährliche Überwasserzeiten von 45 und bis 90 Tagen ausgelegt. Ausgehend von Projektbeispielen wurden als Durchschnittswert 58 Tage als Überschreitungsdauer ermittelt und angenommen.

Diese aus Projektbeispielen und rein wirtschaftlichen Optimierungen resultierende Überschreitungsdauer deckt sich nicht mit der im Kriterienkatalog [11] genannten optimalen Überschreitungsdauer aus dort wasserwirtschaftlichen Überlegungen, die mit 70 bis 90 Tagen angegeben wird.

Im Rahmen dieser Studie wurden für mehrere Pegel Tirols Dauerlinien untersucht. Die angenommene Überschreitungsdauer entspricht im Tiroler Mittel einer Überwasserfracht, welche 20% der jährlichen Jahreswasserfracht entspricht.

$f_{\ddot{U}} = \frac{R_{\ddot{U}W}}{MQ_{nat}}$	Außerfern	Inntal	Osttirol	Mittelwert Tirol
n= 58 d	0,19	0,17	0,23	0,20

Tabelle 7: Verhältnis $f_{\ddot{U}} = \frac{R_{\ddot{U}W}}{MQ_{nat}}$ für die Gebiete Tirols basierend auf [1]

Es wurde für alle Gebiete Tirols das Verhältnis des Überwasserabflusses zum natürlichen Abfluss mit $f_{\ddot{U}}= 0,2$ angesetzt. Das Überwasser am Punkt „P“ wird mit folgender Formel überschlagen.

$$R_{\ddot{U}W} \left(\frac{m^3}{s} \right) = MQ_{nat} \left(\frac{m^3}{s} \right) * 0,2$$

7.3.2.2.3 Restwasserabfluss

Der verbleibende Restwasserabfluss am Punkt „P“ ergab sich somit als Summe des Dotierwasserabflusses und des Überwasserabflusses:

$$RW = R_{DOT} + R_{ÜW}$$

7.3.2.2.4 Nutzbarer Abfluss

Der für die Energieerzeugung mittlere, nutzbare Abfluss ergab sich bei Ausleitungskraftwerken als:

$$MQ_n \left(\frac{m^3}{s} \right) = MQ_{kunst} \left(\frac{m^3}{s} \right) - R_{ÜW} \left(\frac{m^3}{s} \right) - R_{DOT} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

7.3.2.2.5 Ausbauwassermenge

Die Errechnung der Ausbauwassermenge Q_T aus dem mittleren Abfluss an einem Knoten (MQ_{kunst}) wurde mit dem Faktor f_A und unter Berücksichtigung des Dotierwasserabflusses (siehe Kapitel 7.3.2.2.1.) mit folgender Gleichung berechnet:

$$Q_T = f_A * (MQ_{kunst}) - R_{DOT}$$

Für die Ermittlung des Faktors f_A wurden für Gewässer in Tirol anhand von hydrologischen Tageswerten Dauerlinien ermittelt um eine mittlere Überschreitungswahrscheinlichkeit zu ermitteln (basierend auf [1]).

Basierend auf der gewählten Überschreitungsdauer von 58 Tagen wurde der Faktor f_A unter Annahme eines unbeeinflussten Einzugsgebiets (keine Ausleitungen, Überleitungen, Schwallbetrieb usw.) mit 2,0 ermittelt.

7.3.2.2.5.1 Fall 1 – Natürlicher Abfluss am Entnahmeknoten

Vom effektiv vorhandenen Abfluss wurden folgende Abflüsse subtrahiert:

- 20% des natürlichen Abflusses fließen als Überwasser ab.
- 20 % des natürlichen Abflusses verbleiben als Dotierwasser im Gerinne.

Das restliche Wasserdargebot wurde als potentiell nutzbarer Abfluss für die Wasserkraftnutzung verwendet.

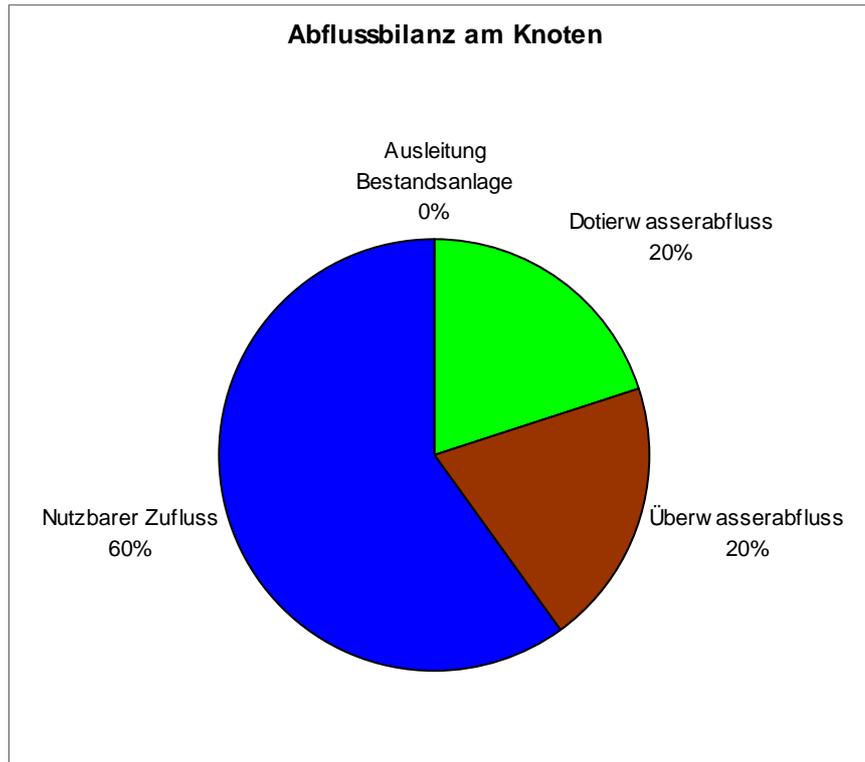


Abbildung 4: Angen. Wasserbilanz Ausleitungskraftwerke, Nat. Abfluss am Knoten

7.3.2.2.5.2 Fall 2 – Entnahmeknoten in einer Ausleitungsstrecke

Besteht oberhalb des Knotens bereits eine Wasserkraftnutzung (> 1 MW), so wurde die an der bestehenden Wasserfassung entnommene bzw. an der bestehenden Rückgabe eingespeiste Wassermenge in der Nutzungsbilanz am Knoten berücksichtigt.

Unterhalb einer bestehenden Entnahmestelle verbleibt im Fall hoher Wasserführungen weiterhin der Überwasserabfluss in der Ausleitungsstrecke. Der Anteil des Überwassers bei der Jahreswasserfracht ist neben der Ausbauwassermenge der Wasserkraftanlage auch von der Speichermöglichkeit an den Wasserfassungen abhängig. Es wurde angenommen, dass bei jeder neu zu errichtenden Entnahme 20% des natürlichen Abflusses als Überwasserabfluss abfließt.

Neben dem Überwasser fließen sowohl der Dotierwasserabfluss als auch die Abflüsse aus den Zwischeneinzugsgebieten in die Ausleitungsstrecke. Zusätzliche Ausleitungskraftwerke in bereits bestehenden Ausleitungsstrecken müssen ebenfalls den Dotierwasserabfluss einhalten.

Der nutzbare Abfluss ergab sich somit als Differenz des effektiven Abflusses und der angenommenen Überwasser- und Dotierwasserabflüsse.



Abbildung 5: Angen. Wasserbilanz, Knoten in Ausleitungsstrecke, Wassernutz. möglich

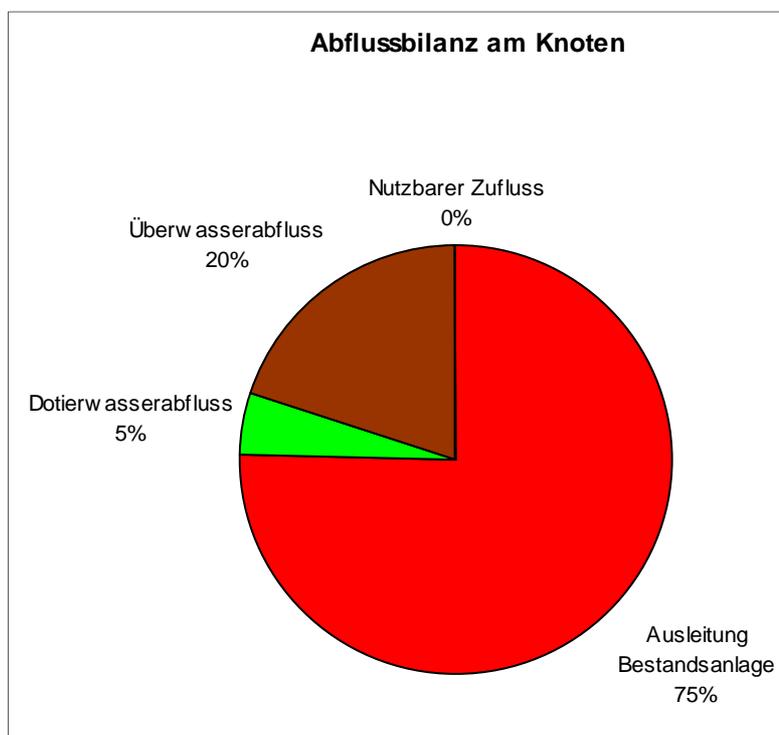


Abbildung 6: Angen. Wasserbilanz, Knoten in Ausleitungsstrecke, Wassernutz. Unmöglich

7.3.2.2.6 Fallhöhe

Zur Ermittlung der Bruttofallhöhe für ein Ausleitungskraftwerk wurden zwei Knoten herangezogen, deren geodätische Höhen voneinander zu subtrahieren waren.

z_1 ... geodätische Höhe Entnahme

z_2 ... geodätische Höhe Rückgabe

Die Bruttofallhöhe wird wie folgt berechnet:

$$h_B(m) = z_1(m) - z_2(m)$$

Die Verlusthöhe in Entnahme, Triebwasserweg, Wasserschloss, Rückgabe wurden pauschal mit 7% der Bruttofallhöhe angesetzt. Die Nettofallhöhe ergab sich über einen konstanten Faktor zur Bruttofallhöhe wie folgt:

$$h_N(m) = h_B(m) * 0,93$$

7.3.2.2.7 Installierte Leistung

Die installierte Leistung wurde wie folgt berechnet:

$$P_T(MW) = 8,5 * Q_T \left(\frac{m^3}{s} \right) * \frac{h_N(m)}{1000}$$

7.3.2.2.8 Mittlere jährliche elektrische Leistung und Jahresarbeitsvermögen

Die mittlere jährliche genutzte Leistung ergab sich als:

$$P_M(MW) = 8,5 * MQ_n \left(\frac{m^3}{s} \right) * \frac{h_N(m)}{1000}$$

Das Jahresarbeitsvermögen ergab sich wie folgt:

$$JAV \left(\frac{GWh}{a} \right) = P_M(MW) * \frac{8760}{1000}$$

7.3.2.3 Investitionskosten

7.3.2.3.1 Allgemeines

Die Kraftwerkskosten der modellierten Ausleitungsverbindungen waren über Kostenansätze folgender Komponenten ermittelt:

- Kosten Wasserfassung;
- Kosten Krafthaus;
- Kosten Horizontalstollen (bzw. Rohrleitung);
- Kosten Kraftabstieg;
- Sonstiges;
- Mittleres Risiko/Unvorhergesehenes.

Für die Kostenberechnung von Ausleitungskraftwerken wurde eine typische Anordnung einer Ausleitungs-Wasserkraftanlage gemäß Abbildung 7 angenommen.

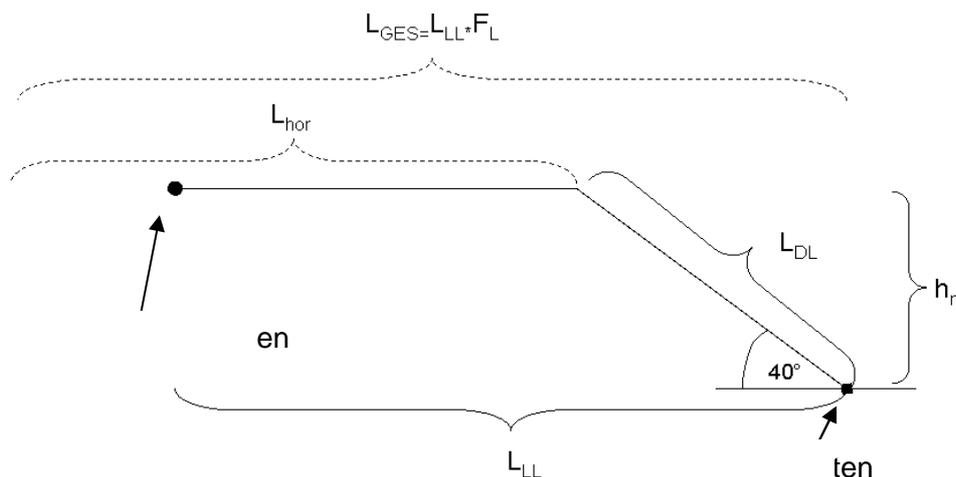


Abbildung 7: Modellansatz Ausleitungskraftwerke – Geometrische Ansätze

7.3.2.3.2 Länge Triebwasserweg

Die horizontale Projektion der gesamten Anlage wurde ermittelt aus dem horizontalen Abstand (Luftlinie) der Knotenpunkte für Wasserfassung und Krafthaus (L_{LL}). Die Gesamtlänge (L_{LL}) der Anlage wurde mit einem Faktor F_L vergrößert, durch den die Abweichung der Horizontalprojektion des Triebwasserweges von der Luftlinie berücksichtigt wird (L_{GES}). Nach Abzug der Länge der horizontalen Projektion des Druckabstiegs (L_{DL}) ergab sich die tatsächliche Länge der Horizontalstrecke (L_{HOR}).

Zur Bestimmung des Faktors F_L wurde eine Reihe von potenziellen Kraftwerken untersucht und als Ergebnis folgende Annahmen getroffen:

- $Q_T < 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$: Es wurde angenommen, dass der Triebwasserweg mit Rohrleitungen ausgeführt wird. Aufgrund der Untersuchungen ergab sich eine Verlängerung von 29%.
- $Q_T > 12,566 \text{ m}^3/\text{s}$: Es wurde angenommen, dass Tunnelprojekte zur Anwendung kommen. Es wurde allerdings angenommen, dass der horizontale Tunnel nicht nur bis zum Schnittpunkt mit dem Druckabstieg erstellt wird sondern bis zur Oberfläche des Gebirges. Deshalb wurde eine Verlängerung von 5% angenommen.
- $3,4 \text{ m}^3/\text{s} < Q_T < 12,566 \text{ m}^3/\text{s}$: Um eine stetige Abnahme zwischen $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ und $12,566 \text{ m}^3/\text{s}$ zu gewährleisten, wurde folgende mathematische Gleichung aufgestellt.

$$y = 0,0002 * x^3 - 0,0053 * x^2 + 0,0151 * x + 0,2928$$

Damit ergab sich folgender Faktor F_L in Abhängigkeit von Q_T :

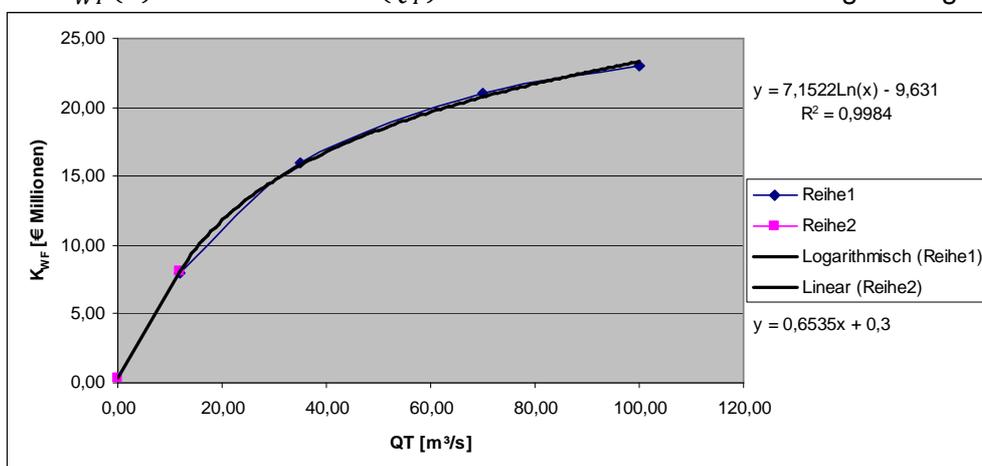
Ausbauwassermenge Q_T [m^3/s]	Faktor F_L
< 3,4	1,29
3,4 – 12,566	$1 + 0,0002 * Q_T^3 - 0,0053 * Q_T^2 + 0,0151 * Q_T - 0,2928$
> 12,566	1,05

Tabelle 8: Faktor F_L in Abhängigkeit von Q_T

7.3.2.3.3 Kosten Wasserfassung

Um die Kosten der Wasserfassungen in Abhängigkeit der Ausbauwassermenge Q_T zu berechnen, wurden folgende Gleichungen herangezogen:

- Im Bereich von $Q_T = 0$ bis $8,114 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde eine lineare Gleichung in der Form von $K_{WF}(\text{€}) = 653.500 * Q_T \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) + 300.000$ für die Berechnung herangezogen.
- Im Bereich von $Q_T > 8,114 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde eine logarithmische Gleichung in Form von $K_{WF}(\text{€}) = 7.152.200 * \ln(Q_T) - 9.631.000$ für die Berechnung herangezogen.



Q_T [m ³ /s]	K_{WF} (Euro)
0 - 8,114	$653.500 * Q_T + 300.000$
> 8,114	$7.152.200 * Ln(Q_T) - 9.631.000$

Tabelle 9: Kosten Wasserfassung K_{WF} (Euro)

7.3.2.3.4 Kosten Horizontaler Triebwasserweg

Die spezifischen Kosten für Tunnel bzw. Rohrleitungen wurden wie folgt angesetzt:

Ausbauwassermenge $Q_T \left(\frac{m^3}{s}\right)$	Spezifische Kosten Triebwasserweg $k_{hor} \left(\frac{€}{m}\right)$
< 1,9 m ³ /s	$k_{hor} \left(\frac{€}{m}\right) = 310 * Q_T \left(\frac{m^3}{s}\right) + 550$
≥ 1,9 m ³ /s	$k_{hor} \left(\frac{€}{m}\right) = 817 * Q_T \left(\frac{m^3}{s}\right)^{0.517}$

Tabelle 10: Spezifische Kosten Horizontalstrecke k_{hor} (Euro/m)

Die Kosten für den horizontalen Triebwasserweg errechneten sich somit wie folgt:

$$K_{hor} = L_{hor} * k_{hor}$$

7.3.2.3.5 Kosten Druckschacht bzw. Kraftabstieg

Die spezifischen Druckschachtkosten wurden wie folgt angesetzt:

$$k_{DL} = 161 * Q_T + 550 \left(\frac{€}{m}\right)$$

Die Kosten für den Druckabstiegs errechneten sich somit wie folgt:

$$K_{DL} = L_{DL} * k_{DL}$$

7.3.2.3.6 Kosten Krafthaus

Die Krafthauskosten wurden über die „Gordon Formel“ für Krafthäuser berechnet. Die Krafthauskosten sind demnach eine Funktion der Nettofallhöhe h_N und der installierten Leistung P_T .

$$K_{Krafthaus} = k_{Gordon} * P_T^{0,92} * h_N^{-0,32 * P_T^{0,058}}$$

Der Eichungskoeffizient k_{Gordon} wurde über die Kosten des Kraftwerkes Passeier der Enerpass GmbH herangezogen. Das Kraftwerk Passeier besitzt eine installierte Leistung von 26 MW und eine Fallhöhe von 258 m. Die Arbeiten für das Kraftwerk wurden 2006 vergeben. Es wurde eine reale Teuerung angenommen um den Krafthauspreis für 2009 abzuschätzen.

Kosten & Kostensteigerung	2006	2007	2008	2009
<u>Baukosten</u>				
Kostensteigerung		6%	6%	6%
Baukosten (in Mio. Euro)	1,94	2,05	2,18	2,31
<u>E&M – Kosten</u>				
Kostensteigerung		9%	9%	9%
E&M (in Mio. Euro)	8,26	9,00	9,81	10,70
<u>Gesamt</u> (in Mio. Euro)	10,20	11,06	11,99	13,00

Tabelle 11: Kosten und angenommene Teuerung für die Eichung der Gordon Formel

Die Eichung ergab folgenden den Koeffizienten k:

$$k_{Gordon} = 5.551.445$$

Die verwendete Kostenkurve wurde für unterschiedliche Ausbauwassermengen wie folgt dargestellt:

$$K_{Krafthaus} = 5.551.455 * P_T^{0,92} * h_N^{-0,32 * P_T^{0,058}}$$

7.3.2.3.7 Basiskosten

Die Basiskosten des Ausleitungskraftwerks ergaben sich wie folgt

$$K_{Basis} = (K_{WF} + K_{Hor} + K_{DL} + K_{Krafthaus})$$

7.3.2.3.8 Sonstiges

Sonstige Kosten (Wasserschloss, Rückgabe, Schaltanlage, Planungskosten, Erkundungsprogramm, usw.) wurden über einen pauschalen Aufschlag von 25% berücksichtigt. Die Kosten für den Netzanschluss sind für jede Anlage individuell zu ermitteln und sind in diesen Kosten nicht enthalten.

$$K_{\text{Sonstiges}} = (K_{\text{Basis}}) * 0,25$$

7.3.2.3.9 Unvorhergesehenes

Unvorhergesehenes (z.B. geologische Risiken) wurde über einen mittleren Risikoaufschlag von 30% der gesamten Baukosten berücksichtigt.

$$K_{\text{Risiko}} = (K_{\text{Basis}} + K_{\text{Sonstiges}}) * 0,3$$

7.3.2.3.10 Gesamten Investitionskosten

Die gesamten Investitionskosten errechneten sich zu:

$$K_{\text{Gesamt}} = K_{\text{Basis}} + K_{\text{Sonstiges}} + K_{\text{Risiko}}$$

7.3.3 Flusskraftwerke

7.3.3.1 Allgemeines

Für die Gewässer Inn, Drau, Lech und Großache erfolgte die Untersuchung des Potenzials auch mit Flusskraftwerken. Es wurde für jeden Knotenpunkt eine Sperrenstelle angenommen.

Flusskraftwerke wurden wie in der nächsten Abbildung im Modell umgesetzt.

Bei Flusskraftwerken wurde zwischen Kraftwerken mit einer Ausbaustrecke von 2.000 Metern und von 5.000 Metern unterschieden. Die Ausbaustrecke wurde definiert als die Strecke zwischen Stauwurzel und Ende der Unterwassereintiefung. Basierend auf den Gefälleverhältnissen (von jedem Knoten \pm 1000m) wurde bei steilen Gefällen der kurze Typ (2.000 Meter), bei geringeren Gefällen der längere Typ (5.000 Meter) untersucht.

Berechnung der Gefälleverhältnisse zur Bestimmung des Kraftwerkstyps:

$$I = \frac{\Delta h_{l1} + \Delta h_{l2}}{2.000}$$

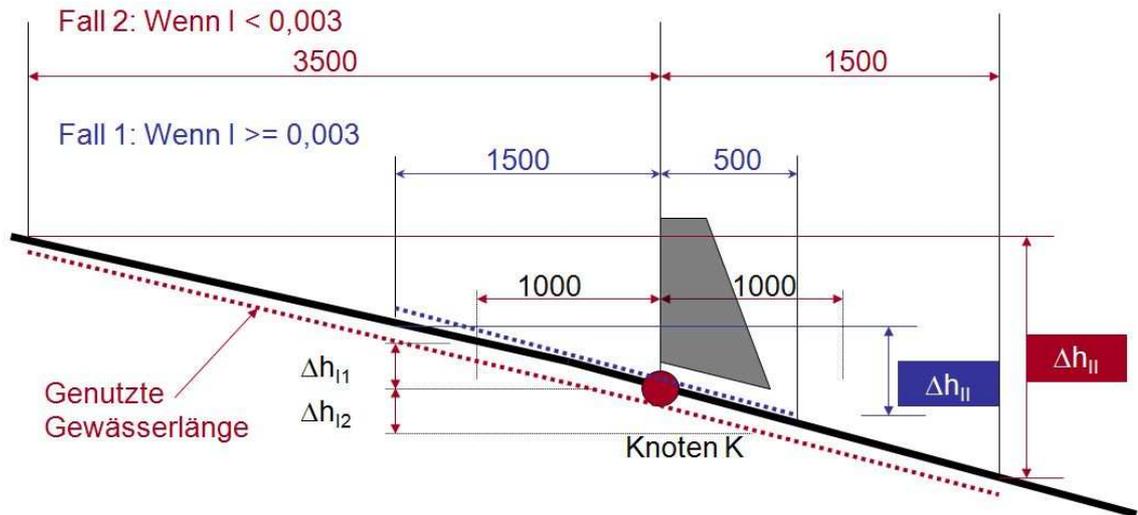


Abbildung 8: Modellierung von Flusskraftwerken

7.3.3.2 Produktion

7.3.3.2.1 Ausbauwassermenge

Die Ausbauwassermenge wurde im Rahmen des Flusskraftwerksmodells unter Berücksichtigung der Jahresabflüsse an den Modellgrenzen (Tabelle 5) wie folgt festgelegt:

$$Q_T = f_A * MQ_{kunst}$$

7.3.3.2.2 Nutzbarer Abfluss

Bei Flusskraftwerken wird die potenzielle Energie des Wassers im Allgemeinen direkt an der Sperrenstelle ohne Ausleitungsstrecke abgearbeitet. Aus diesem Grund muss an Flusskraftwerken keine Dotierwassermenge abgegeben werden. Lediglich ein geringer Teil des Wassers wird für die Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlage verwendet und wird somit für die Energieproduktion nicht verwendet. Dieser Anteil wurde im Rahmen dieser Studie vernachlässigt.

Ebenso wie bei Ausleitungslaufkraftwerken kann in abflussreichen Monaten nicht die gesamte anfallende Wasserfracht genutzt werden. Es wurde angenommen, dass bei jeder neu zu errichtenden Entnahme, 20% des natürlichen Abflusses als Überwasserabfluss nicht genutzt wird.

Der für die Energieerzeugung mittlere nutzbare Abfluss ergab sich bei Flusskraftwerken als:

$$MQ_n \left(\frac{m^3}{s} \right) = MQ_{kunst} \left(\frac{m^3}{s} \right) - R_{ÜW} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Abhängig von der bereits bestehenden Nutzung an einem Flussabschnitt wurden folgende Fälle unterschieden.

7.3.3.2.2.1 Fall 1 – Natürlicher Abfluss am Entnahmepunkt

Vom effektiv vorhandenen Abfluss wurden 20% des natürlichen Abflusses als Überwasser subtrahiert:

Das restliche Wasserdargebot konnte als potentiell nutzbarer Abfluss für die Wasserkraftnutzung verwendet werden.



Abbildung 9: Wasserbilanz Flusskraftwerke, nat. Abflussverhältnisse am Knoten

7.3.3.2.2 Fall 2 – Entnahmeknoten in bestehender Ausleitungsstrecke

Der nutzbare Abfluss ergab sich als Differenz des effektiven Abflusses und Überwasserabflusses.

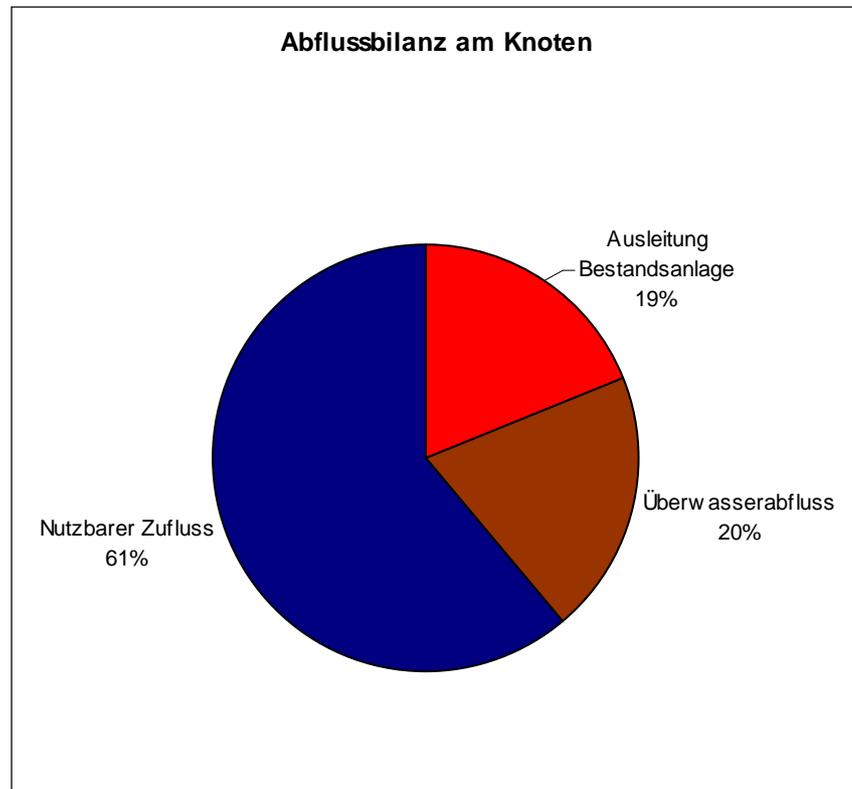


Abbildung 10: Wasserbilanz Flusskraftwerke, Knoten in Ausleitung, Nutzung möglich

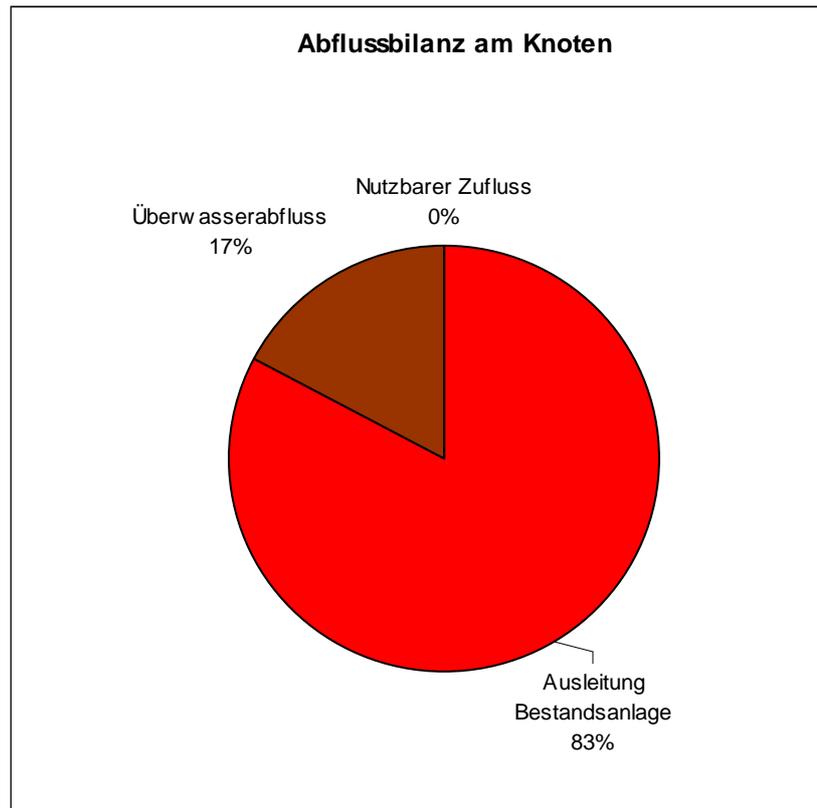


Abbildung 11: Wasserbilanz Flusskraftwerke, Knoten in Ausleitung , Nutzung unmöglich

7.3.3.2.3 Fallhöhe

Die Bruttofallhöhe für ein Flusskraftwerk ergibt sich als Differenz der Energiehöhe vor und nach dem Kraftwerk.

Auf Basis der Summe der Höhendifferenzen für den Oberwasserbereich und den Unterwasserbereich (Abb. 8) wurde für die Wasserspiegelgefälle im Oberwasser- und Unterwasserbereich und für allfällige Verluste ein Abzug von 7% eingerechnet und die Nettofallhöhe wie folgt berechnet:

$$h_N = \Delta h_{II} * 0,93$$

7.3.3.2.4 Installierte Leistung

Die installierte Leistung errechnete sich wie folgt:

$$P_T(MW) = 8,5 * Q_T \left(\frac{m^3}{s} \right) * \frac{h_N (m)}{1000}$$

7.3.3.2.5 Mittlere jährliche genutzte Leistung und Jahresarbeitsvermögen

Die mittlere, jährliche, genutzte Leistung ergab sich mit:

$$P_M(MW) = 8,5 * MQ_n \left(\frac{m^3}{s} \right) * \frac{h_N(m)}{1000}$$

Das Jahresarbeitsvermögen ergab sich zu:

$$JAV \left(\frac{GWh}{a} \right) = P_M(MW) * \frac{8760}{1000}$$

7.3.3.3 Investitionskosten

7.3.3.3.1 Basiskosten

Für die Flusskraftwerke wurde folgende Formel (Gordon-Formel) verwendet:

$$K_{Basis} = k_{Aufstau} * \left(\frac{P_T * 1.000}{h_B^{0,3}} \right)^{0,82} * 23.600(€)$$

Diese Formel kann bei sehr flachen Gewässerstrecken die Kraftwerkskosten unterschätzen, da die Kosten für Uferbegleitdämme und Grundwasserhaltung überproportional mit der Länge zunehmen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde bei Strecken mit einem Gefälle < 0,3% ein Korrekturfaktor k verwendet.

Je nach Gefälle im Bereich des Aufstaus entstehen unterschiedliche Kosten. Je geringer das Gefälle desto höhere Kosten wurden für Uferbegleitdämme und Grundwasserhaltung berücksichtigt. Die Faktoren sind in folgender Tabelle dargestellt.

Gefälle I (-)	Kostenfaktor $k_{Aufstau}$ (-)
$I \geq 0,003$	$k_{Aufstau} (-) = 1,0$
$I < 0,003$	$k_{Aufstau} (-) = - 0,3607 * \ln(I) - 1,0952$

Tabelle 12: Kostenfaktor für Flusskraftwerke mit geringem Gefälle $k_{Aufstau}$

7.3.3.3.2 Sonstiges

Sonstige Kosten wurden mit 25% der Basiskosten eingerechnet.

$$K_{Sonstiges} = (K_{Basis}) * 0,25$$

7.3.3.3 Unvorhergesehenes

Unvorhergesehenes (z.B. Geologische Risiken) wurde über einen mittleren Aufschlag von 30% der gesamten Baukosten berücksichtigt.

$$K_{Risiko} = (K_{Basis} + K_{Sonstiges}) * 0,3$$

7.3.3.4 Gesamten Investitionskosten

Die gesamten Investitionskosten errechneten sich somit zu:

$$K_{Gesamt} = K_{Basis} + K_{Sonstiges} + K_{Risiko}$$

7.4 Kombination der möglichen Wasserkraftanlagen

Im Rahmen einer hydroelektrischen Nutzung eines Gewässers sind unterschiedliche Nutzungen auf den Gewässerstrecken möglich, welche jedoch unterschiedliche wirtschaftliche Attraktivität aufweisen.

Die in im Kapitel 7.3.1 beschriebenen Kraftwerkstypen ermöglichten die Berechnung der Produktion und der Kosten für unterschiedliche Nutzungen zwischen einem Entnahmepunkt und einem Rückgabepunkt (im Fall von Ausleitungskraftwerken), und an einem Kraftwerksstandort (im Fall von Flusskraftwerken).

Mit Hilfe dieser beider Kraftwerkstypen wurden unterschiedliche Kraftwerkskombinationen berechnet.

7.4.1 Ausleitungskraftwerke

Zu jedem Knoten gibt es eine Vielzahl von Rückgabeknoten, die möglich sind, um eine Gewässerstrecke über ein Ausleitungskraftwerk zu nutzen. Um die Anzahl der Kraftwerksoptionen einzuschränken, wurden von jedem Rückgabepunkt ausgehend nur jene Optionen in Betracht gezogen, welche die folgenden Bedingungen erfüllten:

- Die Entnahmeknoten mussten höhenmäßig oberhalb der Rückgabeknoten liegen.
- Die Entnahmeknoten lagen innerhalb eines Abstandes von 30 km vom Rückgabepunkt.

Alle Knotenpunkte (Potenzielle Rückgaben zu potenziellen Entnahmen) im Umkreis von 30 Kilometern wurden miteinander kombiniert. Für jede dieser Kombinationen wurden die im Abflussmodell beschriebenen technischen und wirtschaftlichen Größen ermittelt.

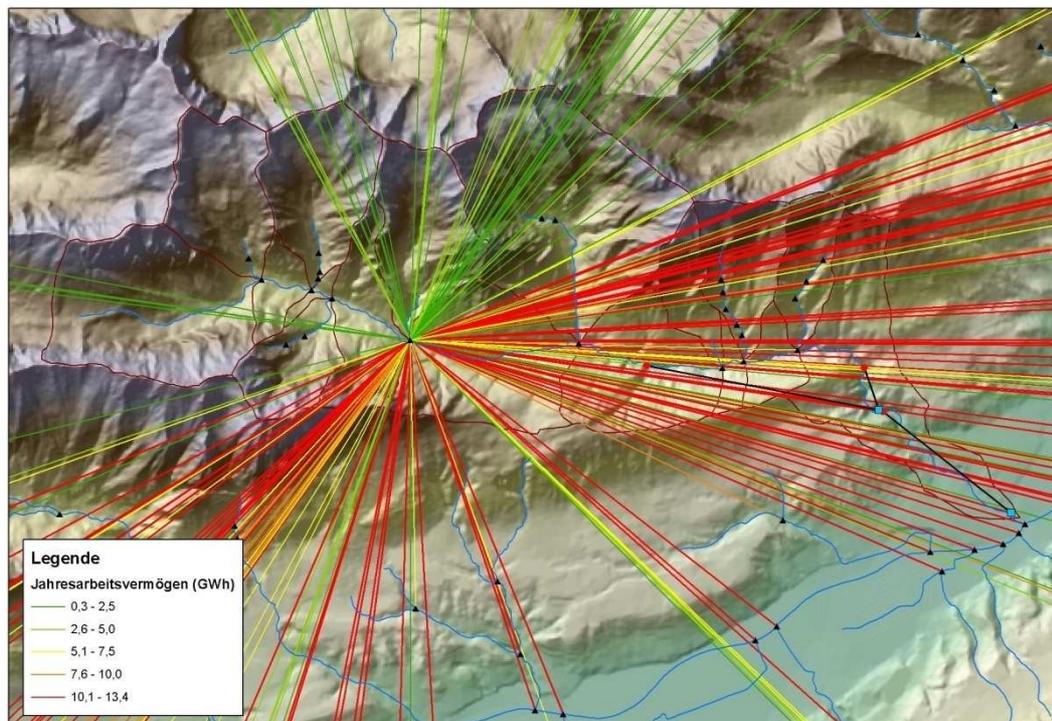


Abbildung 12: Beispiel möglicher Kraftwerksverbindungen an einem Entnahmeknoten

Diese Kombinationsmethodik hatte den Vorteil einer objektiven Betrachtung möglicher Kraftwerksverbindungen und der Auslotung der Optionen zur Nutzung des vorhandenen Abflusses.

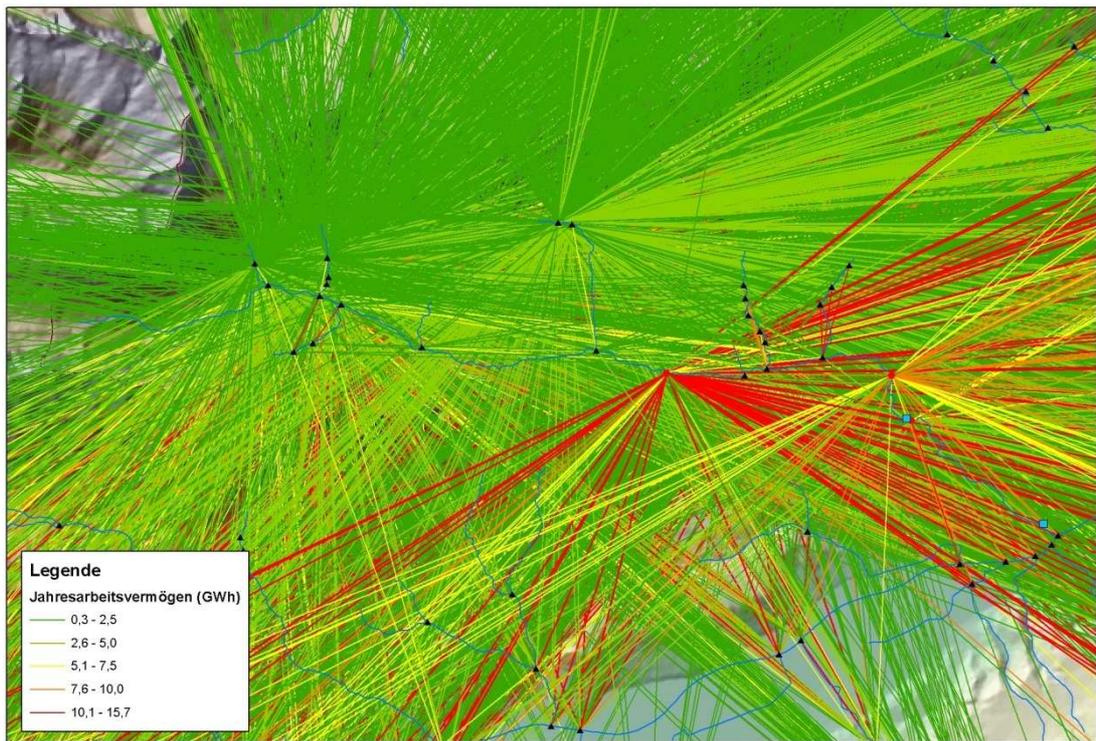


Abbildung 13: Beispiel möglicher Kraftwerksverbindungen an mehreren Entnahmeknoten

Die Anwendung einer einfachen, einheitlichen und objektiven Methodik für potenzielle Entnahme- und Rückgabestandorte brachte jedoch die Schwierigkeit mit sich, dass durch die stark vereinfachten Ansätze auch Verbindungen berechnet werden, welche sich bei näherer Betrachtung als praktisch nicht sinnvoll zeigen können. Der Ausschluss eines großen Teils dieser nicht sinnvollen Verbindungen erfolgte mit möglichst allgemein gültigen Zusatzmodellen, welche auf praktischen Überlegungen und auf empirischen Betrachtungen von Zwischenergebnissen beruhten. Diese Zusatzannahmen werden im Folgenden beschrieben.

7.4.2 Zusatzannahmen

7.4.2.1 Vermeidung von Talwechsel bei kleinen Wassermengen

Das Modell fügt eine Nebenbedingung ins Kombinationsmodell für Ausleitungskraftwerke ein.

Ausleitungskraftwerke, welche in benachbarte Täler überleiten, erfordern i.A. lange Wege für die Druckrohrleitungsverlegung oder die Führung des Triebwassers in Überleitungsstollen. Solche Lösungen sind im Allgemeinen nur für größere Wassermengen rentabel.

Im Modell wurden Ausleitungskraftwerke in benachbarte Täler oder Einzugsgebiete nur dann untersucht, wenn geringe Ausbauwassermenge von $Q_T \geq 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ überschritten wurde. Empirische Untersuchungen an frühen Versionen des Modells zeigten, dass damit eine große Anzahl von nicht plausiblen Gewässernutzungen eliminiert werden kann.

7.4.2.2 Schutz von bestehenden Entnahmen (95% - Kriterium)

Die Formulierung sperrt Knoten im Oberlauf von Bestandsanlagen. Liegt der Entnahmepunkt einer neuen potenziellen Nutzung oberhalb und der dazugehörige Rückgabepunkt aber unterhalb einer Entnahme einer bereits bestehenden Anlage, wird der Bestandsanlage Wasser entzogen. Um die Produktionsverluste an Bestandsanlagen zu limitieren wurde folgender Ansatz angewandt.

Oberhalb von Bestandsentnahmen wurden nur jene Ausleitungsverbindungen zugelassen, welche entweder

- alleine nicht mehr als 5% des an der bestehenden Entnahme vorhandenen Abflusses abziehen (Betrachtet werden Bestandsanlagen mit installierter Leistung $P_T > 1 \text{ MW}$ gemäß Wasserkraftkataster),
oder
- die Rückgabe noch vor der Bestandsentnahme vorsehen.

Empirische Untersuchungen an frühen Versionen des Modells zeigten, dass mit dieser Zusatzbedingung alle in diesem Sinne unplausiblen Gewässernutzungen ausgeschlossen werden konnten.

7.5 Projektion auf das Gewässernetz

7.5.1 Allgemeines

Anhand eines Projektionsmodells wurden die im Kraftwerksmodell angenommenen und berechneten Kraftwerke mittels plausibler Projektionsalgorithmen auf das Gewässernetz projiziert. Das Projektionsmodell gewährleistet die Einfachnutzung jedes Gewässerabschnittes

7.5.2 Genutzte Gewässerstrecke

Bei Ausleitungskraftwerken wird das Triebwasser dem Gewässer entnommen. Für Ausleitungskraftwerke können zwei Fälle unterschieden werden, welche auch im Rahmen der Modellierung unterschiedlich behandelt wurden:

1. Als Ausleitungsstrecke bezeichnet man den Gewässerabschnitt von der Wasserfassung bis zur Wasserrückgabe. Bei Ausleitungskraftwerken, welche Entnahme und Rückgabe entlang desselben Fließweges haben, befindet sich die Ausleitungsstrecke zwischen Entnahme und Rückgabe und ist somit eindeutig und leicht zu erkennen.
2. Bei Gewässern mit mehreren Wasserentnahmen und Rückgaben im Einzugsgebiet und auch bei Ausleitungen in andere Einzugsgebiete und Einleitungen aus anderen Einzugsgebieten sind die hydrologischen Veränderungen sehr komplex und eine eindeutige Festlegung von Beginn und Ende einer Ausleitungsstrecke nicht immer möglich, da verschiedene Ausleitungsstrecken ineinander verschachtelt sein können.

Für Flusskraftwerke wurde die Gewässernutzungslänge mit der Länge zwischen Stauwurzel und Ende der Unterwassereintiefung (siehe Abbildung 8) angenommen.

Für die Definition der genutzten Gewässerstrecke für Ausleitungskraftwerke innerhalb des Modelles wurden folgende drei Szenarien unterschieden:

1. Die Projektion erfolgt auf die Gewässerstrecke zwischen der Entnahme und der Rückgabe. Dies kann nur erfolgen, wenn sich die Rückgabe auf demselben Gewässer wie die Entnahmen nur eben weiter flussabwärts befindet. Somit entspricht die genutzte Gewässerstrecke der tatsächlichen Verbindung entlang des Gewässers.
2. 80 % - Kriterium:
Sollte flussabwärts schon vor der eigentlichen Rückgabe wieder mindestens 80% des natürlichen Abflusses im Gewässer sein, dann endet die Gewässernutzung des Kraftwerks schon an dieser Stelle. Die Länge der projizierten Strecke entspricht in diesem Fall der 80% Strecke.
3. Bei Talwechselln kann keine direkte Verbindung zwischen Entnahme und Rückgabe auf dem Gewässer erfolgen und daher wird in diesem Fall immer die 80% Strecke als die genutzte Gewässerstrecke festgelegt.

7.5.3 Nutzung unterhalb von Bestandsanlagen

In Restwasserstrecken, unterhalb von Bestandsentnahmen, setzt sich der Abfluss aus Dotierwassermenge, Überwassermenge und natürlicher Abflussmenge aus dem Zwischeneinzugsgebiet zusammen. Letztere ist im Allgemeinen unmittelbar unterhalb von Bestandentnahmen so gering, dass diese keine wirtschaftliche Wasserkraftnutzung zulässt.

Für Ausleitungsanlagen wurde auf Basis einer Sensitivitätsanalyse in Abstimmung mit den Experten der Kriegerengruppe festgelegt, dass eine Gewässerstrecke bis zu jenem Knoten als beeinflusst gilt und damit für eine weitere Inanspruchnahme nicht genutzt werden kann, bis wieder 65% des vor der Entnahme vorhandenen natürlichen Abflusses im Gewässer vorhanden ist.

Im Rahmen der Modellierung der Ausleitungskraftwerke wurde die von einem Ausleitungskraftwerk betroffene Gewässerstrecke somit wie folgt bestimmt:

- Die Ausleitungsstrecke unterhalb einer Wasserfassung wirkt bis zu jenem Knoten im Unterwasser, bei dem wieder mindestens 65% des mittleren natürlichen Jahresabflusses ($0,65 * MQ_{nat}$) im Gewässer vorhanden sind,
oder
- Befindet sich die Rückgabe oberhalb dieses Knotens wird die Strecke zwischen Entnahme und Rückgabe als Ausleitungsstrecke des Kraftwerkes ausgewiesen.

7.5.4 Rangordnungskriterium

Um die Projektion der angenommenen Wasserkraftanlagen auf das Gewässernetz durchführen zu können, musste in einem weiteren Schritt definiert werden, welche Nutzungsoption des Gewässernetzes mit Wasserkraftanlagen den anderen Nutzungsoptionen vorzuziehen ist.

Dies erfolgte über ein Kriterium, welches definiert, welche Nutzungen im Vergleich zu den anderen Nutzungen Priorität haben. Durch die Anwendung des Kriteriums wurde eine Reihenfolge aller potenziellen Kraftwerksmöglichkeiten des ersten Schrittes bestimmt.

Im Sinn einer energiewirtschaftlichen Sinnhaftigkeit und im Kontext der wirtschaftlichen Machbarkeit wurden die spezifischen Investitionskosten als Reihungsparameter der potenziellen Nutzungen herangezogen.

Somit wurden jene Gewässerstrecken, welche unter Aufwand der kleinsten spezifischen Investitionskosten ausgebaut werden können, vorrangig auf das Gewässernetz projiziert. Die durch bereits projizierte Nutzungen belegten Gewässerabschnitte wurden für eventuelle Doppelnutzungen gesperrt.

Die Projektion wurde fortgesetzt, bis alle selektierten Kraftwerksverbindungen auf das Gewässernetz projiziert waren.

7.5.5 Technisch-wirtschaftliches Potenzial

Die Summe aller dieser Nutzungen ergab das technisch-wirtschaftliche Potenzial der betrachteten Gewässer unter Berücksichtigung der definierten Untersuchungsgrenzen und unter Anwendung der Rangordnungsgrenzen.

7.5.6 Hinweis

An dieser Stelle sei auf Folgendes hingewiesen:

- Das technisch-wirtschaftliche Potenzial ist abhängig von Definitionen der Wirtschaftlichkeit und den gesetzten Untersuchungsgrenzen.
- Die im Kapitel 7.5 angeführten Berechnungsansätze sind nur im Zusammenhang mit diesem Rangordnungskriterium gültig.
- Aufgrund der Art des Rangordnungskriteriums kann ein „Rosineneffekt“ entstehen, sodass die besten Verbindungen, weniger gute ausschließen. Zwischen den „Rosinen-Abschnitten“ entstanden Lückenabschnitte im Gewässer. Um eine gesamte Erfassung des Potenzials der Gewässerstrecken zu erhalten, wurde das Potenzial dieser Lücken durch eine eigene Betrachtung (Kapitel 7.2.5) berücksichtigt.
- Der Potenzialbegriff ist abhängig von der Art der Priorisierung bzw. des Rangordnungskriteriums und der sonstigen angewendeten Definitionen.

7.6 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte nach Regionen gegliedert.

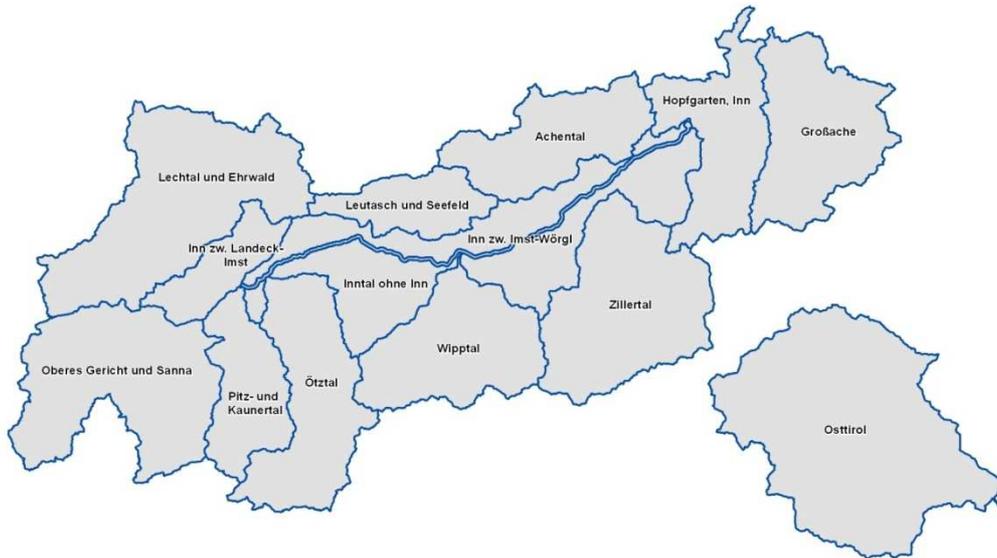


Abbildung 14: Übersicht Regionen

Folgendes noch verfügbare technisch-wirtschaftliche Potenzial wurde somit für das Land Tirol ermittelt:

Region	Potenzial GWh (keine Ausschlussflächen berücksichtigt)	Potenzial GWh (Ausschlussflächen abgezogen)
Osttirol	1466	1261
Inn zw. Imst und Wörgl	1748	1633
Ötztal	1167	1167
Oberes Gericht und Sanna	896	896
Lechtal und Ehrwald	804	136
Hopfgarten, Inn	110	100
Zillertal	351	351
Inntal ohne Inn	232	232
Wipptal	247	234
Großsache	178	178
Inn zwischen Landeck-Imst	119	119
Pitz- und Kaunertal	55	55
Achental	210	187
Leutasch und Seefeld	375	272
Gesamt	7960	6821

Tabelle 13: Auswertung technisch-wirtschaftliches Potenzial

**TEIL II -
VERKNÜPFUNG DES ERMITTELTEN POTENZIALS MIT DEM
KRITERIENKATALOG**

1 ZIELSETZUNG

Ziel der Verknüpfung des ermittelten technisch-wirtschaftlichen Wasserkraftpotenzials (TWP) (siehe Teil I) mit den im Kriterienkatalog [11] von der Expertengruppe erarbeiteten Kriterien war die Differenzierung des TWP unter Berücksichtigung der bisher im technisch-wirtschaftlichen Potenzial nicht eingeflossenen modellfähigen Kriterien aus den Fachbereichen Energiewirtschaft, Wasserwirtschaft, Raumordnung, Gewässerökologie und Naturschutz.

Damit sollte die Machbarkeit von Wasserkraftprojekten an den betrachteten Gewässerstrecken unter Berücksichtigung der modellfähigen Kriterien differenziert dargestellt werden.

Als Ergebnis der Verknüpfung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials (TWP) mit den modellfähigen Kriterien wurde das integrativ-sinnvolle Potenzial (ISP) erhalten.

2 HERANGEHENSWEISE

2.1 Durchführung

Ausgangsbasis für die Bestimmung des integrativ-sinnvollen Potenzials (ISP) war das technisch-wirtschaftliche Potenzial (TWP) (siehe Teil I).

Das TWP des betrachteten Gewässernetzes in Tirol wurde aus der Modellierung von theoretischen Wasserkraftwerken und deren Projektion auf die Gewässer ermittelt. Dieses wurde unter Berücksichtigung von Restwasser und Überwasser und unter Beachtung einer Grenze für maximale spezifische Investitionskosten, einer Mindestgröße für die betrachteten Wasserkraftwerke und anderer Festlegungen errechnet.

Im Kriterienkatalog [11] wurden von der Expertengruppe Kriterien für einen Wasserkraftausbau in Tirol für die verschiedenen Fachbereiche entwickelt und definiert. 21 dieser Kriterien waren modellfähig und konnten deshalb in das GIS-Modell übernommen und dort umgesetzt werden.

Die modellfähigen Kriterien wurden auf jene Gewässerstrecken projiziert, für die das TWP errechnet wurde.

Unter Berücksichtigung der im Kriterienkatalog [11] beschriebenen Gewichtung der einzelnen Kriterien innerhalb der Fachbereiche bzw. der Gewichtung der Fachbereiche untereinander, wurden die betrachteten Gewässerstrecken nach den einzelnen modellfähigen Kriterien gesamthaft bewertet.

Die Bewertung zeigt damit die Machbarkeit von Wasserkraftprojekten an den betrachteten Gewässerstrecken unter Berücksichtigung der modellfähigen Kriterien.

In folgender Tabelle sind die modellfähigen Kriterien, die im Kriterienkatalog [11] entwickelt wurden, aufgezählt.

Fachbereich	Einzelkriterium
Energiewirtschaft	Technisch-wirtschaftliche Aspekte
	Effizienz der Energieproduktion
	Speicheroption/Systemstabilität
	Netzwirtschaftliche Aspekte
Wasserwirtschaft	Auswirkungen auf die Hochwassersituation
	Gewässerbeanspruchung
	Auswirkungen auf die Immissionssituation
Raumordnung	Direktnutzung an Fließgewässern
	Forstwirtschaft
	Regionalwirtschaft
Gewässerökologie	Ökologischer Zustand
	Morphologie
	Gewässersondertyp (Gletscherbach)
	Übersichtsmessstellen
	Freie Fließstrecken
	Geförderte Gewässer
	Typspezifische Ausprägung
	Revitalisierungsflächen
	Mindestabfluss
Speichergröße	
Naturschutz	Naturräumliche Bedeutung

Tabelle 14: modellfähige Kriterien

2.2 Ergebnis

Somit konnte das TWP [Tabelle 13], das als ein Wert (elektr. Arbeit/Jahr) für ganz Tirol oder für ein betrachtetes Gebiet errechnet wurde, nach der Machbarkeit analog Kriterienkatalog differenziert werden. Das TWP summiert sich aus den möglichen Wasserkrafterzeugungen aller betrachteten Gewässerstrecken mit verschiedenen, -von hohen bis geringen- Machbarkeiten nach Kriterienkatalog.

Als Ergebnis kann das TWP z.B. als Summenlinie zwischen einer geringen und einer hohen Machbarkeit dargestellt werden, wobei diese Linie mit konkreten Gewässerabschnitten hinterlegt ist, die abgefragt werden können.

Der entsprechende Entscheidungsträger (z.B. der politisch Verantwortliche) kann nunmehr auf Basis der vorgenommenen Differenzierung einen bestimmten Teil des TWP mit höherer/höher Machbarkeit (z.B. bis 50% des TWP) als das ISP festlegen, dessen Nutzung anzustreben ist.

3 INTEGRATIV-SINNVOLLES WASSERKRAFTPOTENZIAL

Nachfolgend wird die Implementierung der modellfähigen Kriterien der einzelnen Fachbereiche zur Ermittlung des integrativ-sinnvollen Wasserkraftpotenzials beschrieben.

3.1 Fachbereich Energiewirtschaft

3.1.1 Kriterium „Technisch-wirtschaftliche Aspekte“

3.1.1.1 Datengrundlage

Als Grundlage der Berechnung wurden die Knoteninformationen (Abfluss, Höheninformation) verwendet.

3.1.1.2 Berechnung und Bewertung

Im Rahmen des Kriteriums spezifische Investitionskosten wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Berechnung der Hauptgrößen (Jahresarbeitsvermögen, Kosten, Installierte Leistung, Länge des Kraftwerkes, etc.) von Ausleitungskraftwerksverbindungen (bis 30 Kilometer Abstand von Entnahme) und von Flusskraftwerken.
2. Berechnung Bruttofallhöhe ($h_B > 5$ m).
3. Ausscheidung von potenziellen Nutzungen mit $P_T < 2$ MW.
4. Ausscheidung spezifische Investitionskosten $k_{JAV} > 2,2 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$.
5. Ausscheidung von Kraftwerken mit Talwechsel bei $Q_T < 0,6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.
6. Ausscheidung von Verbindungen mit Entnahmen, welche alleine mehr als 5% des Abflusses von einer bestehende Entnahmen abziehen (Betrachtet werden Bestandsanlagen mit installierte Leistung $P_T > 1$ MW gemäß Wasserkraftkataster).
7. Sperrung von Knoten unterhalb von bestehenden Entnahmen bis wieder 65% des natürlichen Abflusses im Gerinne ist.

Unter Berücksichtigung der Ausschlussflächen für jegliche Anlagenteile und Gewässerstrecken mit erhöhten Restwasserforderungen wurden folgende Schritte durchgeführt:

1. Sperrung von Knoten in Gebieten, welche als Ausschlussflächen für jegliche (oberirdische) Anlagenteile definiert sind.
2. Sperrung von Verbindungen, die sensible Gewässerstrecken betreffen und in denen dieselbe Wassermenge beibehalten werden muss (vgl. Schutzgebiete mit Ausleitungsverbot).
3. Sperrungen von Verbindungen, welche sensible Gewässerstrecken betreffen, bei denen mindestens 80% des natürlichen Abflusses im Gewässer verbleiben müssen.

Verbleibende Kraftwerke wurden beginnend beim Besten auf das Gewässer projiziert.

3.1.1.3 Projektion

Bezüglich der Erläuterung der Projektion der berechneten Daten auf das Gewässernetz wird auf Kapitel 7.5, Teil I verwiesen.

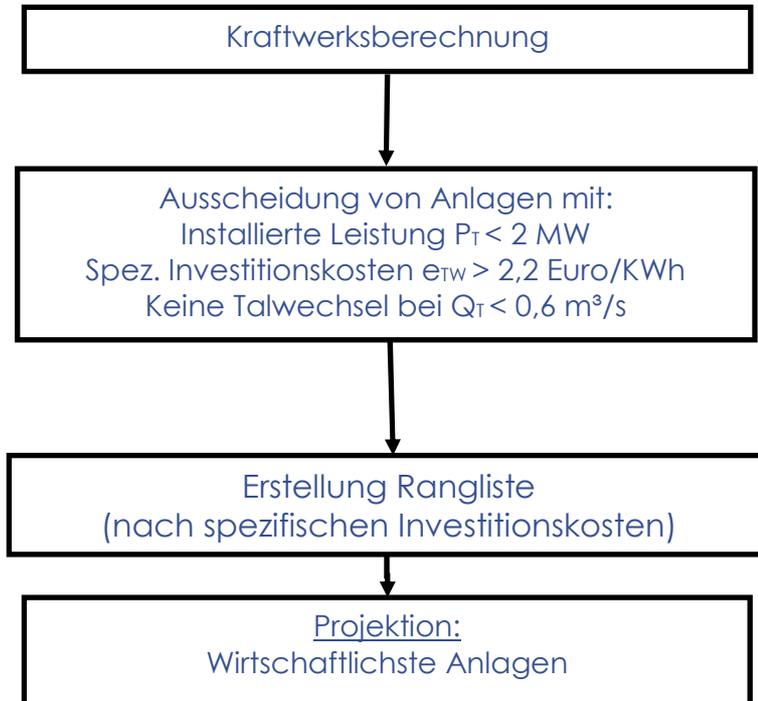


Abbildung 15: Kriterienumsatz „Spezifische Investitionskosten“

Punkte	Intervalle [€/kWh/a]
0	$e_{TW} > 2,2$
1	$1,85 < e_{TW} \leq 2,2$
2	$1,5 < e_{TW} \leq 1,85$
3	$1,15 < e_{TW} \leq 1,5$
4	$0,8 < e_{TW} \leq 1,15$
5	$e_{TW} \leq 0,8$

Tabelle 15: Klasseneinteilung Kriterium „Spezifische Investitionskosten“

3.1.1.4 Ergebnisse

"Spezifische Investitionskosten"		
Bewertung	JAV	Gewässerstrecke
Punkte	GWh	km
1	555	202
2	1430	342
3	1706	276
4	2158	259
5	972	111
Summe Potenzial	6821	1190
<p>$P_T > 2$ MW</p> <p>Spez. Investitionskosten < 2,2 Euro/KWh</p> <p>Sperrung von Entnahmen und Rückgaben gemäß Naturschutz</p> <p>Einfachbelegung des Gewässers bis 80% des natürlichen Abflusses wieder erreicht</p>		

Tabelle 16: Auswertung „Spezifische Investitionskosten“

3.1.2 Kriterium „Effizienz der Energieproduktion“

Dieses Kriterium ist auch in den Kriterien des Fachbereichs Wasserwirtschaft (Kriterium Gewässerbeanspruchung) enthalten. Bei Verschneidung beider Fachbereiche wird allerdings dieses Kriterium nur im Fachbereich Wasserwirtschaft berücksichtigt.

3.1.2.1 Datengrundlage

- Effektiver Abfluss.
- Knoteninformationen (Geodätische Höhen zweier benachbarter Knoten).

3.1.2.2 Berechnung und Bewertung

Die Berechnung der Effizienz der Energieproduktion erfolgte in folgenden Schritten:

- Ermittlung des Abflusslinienpotenzials zwischen zwei benachbarten Knotenpunkten $\left(\frac{GWh}{a}\right)$ Das Abflusslinienpotenzial ist der theoretische Potenzialbegriff, dessen Wert aufgrund der in den Gewässern gegebenen mittleren Jahreswasserfracht und den vorhandenen Gefällen ohne Berücksichtigung von Fließverlusten und Wirkungsgraden ermittelt wird.

Das Abflusslinienpotenzial wurde somit in einem ersten Schritt zwischen zwei benachbarten Knoten im Rahmen des Modells wie folgt bestimmt:

$$ALP \left(\frac{GWh}{a} \right) = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 9,81 \left(\frac{m}{s^2} \right) * MQ_{kunst} \left(\frac{m^3}{s} \right) * h_B(m) * \frac{8760 \left(\frac{h}{a} \right)}{10^9 \left(\frac{W}{GW} \right)}$$

- Ermittlung der Länge der Gewässerstrecke zwischen zwei benachbarten Knotenpunkten (km).
- Von dem ermittelten Abflusslinienpotenzial werden 50% für Restwasser, Überwasser und Verluste (hydraul. Verluste, Wirkungsgrade) abgezogen.
- Aus dem um 50% reduziertem Abflusslinienpotenzial und der Gewässerlänge wird die Effizienz der Energieproduktion wie folgt ermittelt:

$$e_{Gew} \left(\frac{GWH}{km * a} \right) = \frac{ALP \left(\frac{GWh}{a} \right) / 2}{L_{GEW}(km)}$$

"Effizienz der Energieproduktion"	
Punkte	Intervalle (GWh/km*a)
0	$e_{\text{Gew}} < 1,25$
1	$1,25 \leq e_{\text{Gew}} < 2,0$
2	$2,0 \leq e_{\text{Gew}} < 4,0$
3	$4,0 \leq e_{\text{Gew}} < 8,0$
4	$8,0 \leq e_{\text{Gew}} < 12,5$
5	$e_{\text{Gew}} \geq 12,5$

Tabelle 17: Intervalleinteilung – „Effizienz der Energieproduktion“

3.1.2.3 Projektion

Die Bewertung bezieht sich auf die Strecke zwischen den zwei betrachteten Knotenpunkten des Abflusslinienpotenzials.

3.1.3 Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“

3.1.3.1 Allgemeines

Die Speichermöglichkeit an einem Entnahmestandort ermöglicht die Energieproduktion zu Zeiten erhöhten Bedarfs. Durch die Verlagerung der Produktion auf Zeiten hohen Energiebedarfs, wird hochwertige Spitzenstrom- und Regelenergie erzeugt, welche wesentlich zur Stabilisierung des Netzes beiträgt.

Um unterschiedliche Standorte vergleichen zu können und um die Attraktivität eines Speicherstandortes für die Systemstabilisierung abschätzen zu können, wurden folgende Faktoren im Rahmen des Kriteriums „Speicheroption / Systemstabilität“ berücksichtigt:

- Prinzipielle Möglichkeit der Speichererrichtung aus raumordnerischer und naturschutzfachlicher Sicht (die Geologie wird im Rahmen der Modellierung nicht betrachtet).
- Vorhandensein von Wasservolumen für die Speicherfüllung.
- Größe des Speichervolumens.
- Vorhandensein eines entsprechenden Höhenunterschiedes zur Abarbeitung der Energie.
- Die Beileitungen werden im Rahmen der Modellierung nicht betrachtet.

Die Bewertung der Speicheroption und Systemstabilität erfolgte anhand folgender Prinzipien:

- Je größer die Speicherkennzahl, desto besser eignet sich der Speicher für die Systemstabilisierung.
- Je größer die potentielle Fallhöhe desto besser eignet sich der Speicher für die Systemstabilisierung.

3.1.3.2 Datengrundlage

Folgende Daten werden für die Berechnung des Kriteriums herangezogen:

Basisdaten	Objekt
Speicherberechnung	Speichervolumen $Vol_{\text{Speicher}}(m^3)$
Effektiver Abfluss	$MQ_{\text{kunst}}(m^3/s)$
Digitales Geländemodell (DGM)	Geländehöhe(m)

Tabelle 18: Datengrundlage Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“

3.1.3.3 Berechnung und Bewertung

Die Berechnung des Kriteriums erfolgte an jedem Knoten mit folgenden Annahmen:

- An Geländeknicken und Zusammenflüssen von Gewässern werden Speicher berechnet.
- Es werden unterhalb von Entnahmen bestehender Anlagen nur jene Speicher herangezogen, an deren Knoten unterstromig einer Entnahme mindestens 80% des natürlichen Abflusses vorhanden ist.

Aus dem effektiven jährlichen mittleren Abfluss MQ_{kunst} wird die effektive Jahreswasserfracht JV ermittelt. Diese errechnet sich wie folgt:

$$JV_{\text{kunst}}(m^3) = MQ_{\text{kunst}} * 3.600 * 24 * 365,25 = 31.557.600 * MQ_{\text{kunst}}$$

- Das potenzielle Speichervolumen Vol_{Speicher} wird über ein Speicherberechnungsmodell errechnet. Die Speicherberechnung berücksichtigt Flächen, welche durch einen potenziellen Speicher nicht geflutet werden dürfen (vergleiche Appendix 3 - Allgemeine Beschreibung der Speicherberechnung). Weiter werden nur jene Speicher betrachtet, welche ein Breite-/Tiefeverhältnis < 6 aufweisen.
- Die Speicherkennzahl errechnet sich aus dem Verhältnis zwischen Speichergröße und Jahreswasserfracht: $\lambda = \frac{Vol_{\text{Sp.ges}}}{JV_{\text{kunst}}}$.

- Die Größe der Speicher wird durch eine maximale Speicherkennzahl von 2,0 begrenzt.
- An jedem Knoten wird im Abstand von 10 Kilometern um den Sperrenstandort die potenzielle Fallhöhe zum tiefsten Punkt gesucht $h_{sp,pot}$.

Somit berechnete sich die „Speicheroption / Systemstabilität“ Kennzahl e_{SP} wie folgt:

$$e_{SP} = h_{sp,pot} * \text{Min} \left(\frac{Vol_{sp,ges}}{JV_{kunst}}; 2,0 \right)$$

Punkte	Kennzahl Speicheroption / Systemstabilität e_{SP} (m)
0	< 10
1	10 <= e_{SP} < 50
2	50 <= e_{SP} < 100
3	100 <= e_{SP} < 200
4	200 <= e_{SP} < 400
5	e_{SP} >= 400

Tabelle 19: Klasseneinteilung Kriterium „Speicheroption / Systemstabilität“

3.1.3.4 Projektion

Die Projektion der Bewertungen erfolgt ausgehend vom Sperrenstandort stromab, bis 80% des natürlichen Abflusses wieder erreicht ist. Kommt es auf den Gewässerstrecken zu überlappenden Bewertungen, wurde jene Bewertung herangezogen, welche die größte Kennzahl e_{SP} aufweist.

3.1.4 Kriterium „Netzwirtschaftliche Aspekte“

3.1.4.1 Allgemeines

Je kürzer die Entfernung des Krafthausstandorts zum Netzverknüpfungspunkt ist, desto geringer ist der Aufwand für die Ableitung des erzeugten Stroms.

3.1.4.2 Datengrundlage

- Standorte der Umspannwerke auf 110 kV-Ebene
- Abflusslinienpotenzial.

3.1.4.3 Berechnung und Bewertung

Als Länge der Netzanschlussleitung wurde die kürzeste Entfernung zwischen dem für eine Gewässerstrecke modellierten Rückgabepunkt und einem Umspannwerk des in digitaler Form verfügbaren 110 kV-Netzes gewählt. Dadurch kann es bei Gewässerstrecken mit niedrigem potenziellen Jahresarbeitsvermögen in Einzelfällen zwar zu einer Unterbewertung der netzwirtschaftlichen Aspekte kommen (weil diese auch in eine ggf. näher liegende 30 kV-Leitung einspeisen könnten). Ohne Berücksichtigung netzwirtschaftlicher Aspekte würde demgegenüber jedoch eine wesentliche energiewirtschaftliche Eigenschaft der Wasserkraft nicht erfasst werden. Für Großkraftwerke höherer Leistung kann der allgemein getroffene Ansatz im Einzelfall ebenfalls nicht zutreffen, da dort eine höhere Spannungsebene als geeignete Netzebene herangezogen werden muss.

Die Berechnung erfolgte wie folgt:

- Es wurde der Abstand des Knotenpunktes zum nächsten 110 kV-Umspannwerk berechnet.
- Das Potenzial zwischen dem Knoten und dem Knoten oberhalb wurde verwendet um das Abflusslinienpotenzial zwischen den beiden Knoten zu bestimmen.
- Die Information wurde auf die Gewässerstrecke oberhalb des Punktes bezogen.

In einem ersten Schritt wurde für jeden Knoten das nächstgelegene Umspannwerk (110 kV) ermittelt und die Distanz zwischen Knoten und Umspannwerk berechnet.

In einem weiteren Schritt wurde das Jahresarbeitsvermögen der Strecke oberhalb des betrachteten Knotens ermittelt.

Aus der Distanz zum Umspannwerk und dem Abflusslinienpotenzial wurde für jeden Knotenpunkt die Netzkennzahl e_{Net} ermittelt.

$$e_{Net} = \frac{L_{Net}}{JAV}$$

„Netzwirtschaftliche Aspekte“	
Punkte	Intervalle $\frac{km}{GWh/a}$
0	$e_{Net} > 0,45$
1	$0,35 < e_{Net} \leq 0,45$
2	$0,25 < e_{Net} \leq 0,35$
3	$0,15 < e_{Net} \leq 0,25$
4	$0,05 < e_{Net} \leq 0,15$
5	$e_{Net} \leq 0,05$

Tabelle 20: Intervalleinteilung Kriterium „Netzwirtschaftliche Aspekte“

3.1.4.4 Projektion

Die Strecke, welche zwischen zwei betrachteten Knotenpunkten liegt, wurde jeweils bewertet.

3.2 Fachbereich Wasserwirtschaft

3.2.1 Kriterium „Auswirkungen auf die Hochwassersituation“

3.2.1.1 Allgemeines

Mit dem Kriterium „Auswirkungen auf die Hochwassersituation“ wurde die Verbesserung des Hochwasserschutzes beurteilt, der durch die Retentionswirkung eines Speichers erfolgt.

Es wurden folgende Parameter berücksichtigt:

1. Speichervolumen am Knoten x : $Vol_{Speicher,HW,x}$
2. Hochwasserabflussvolumen am Speicherknoten x : $Vol_{HW,x}$
3. Retentionsvolumen am Speicherstandort x : $Vol_{RET,x}$
4. Hochwassergefährdete Siedlungsfläche zwischen Speicherknoten x und Siedlung y (als Verschnitt der HORA-Überflutungsflächen und Flächenwidmungsdaten (Siedlungen))

5. Wirkungslänge des Speichervolumens: Angegeben als Distanz zwischen dem Speicherstandort am Knoten x bis zu jenem Knoten k an dem

$$Vol_{HW,k} > 20 * Vol_{Ret}$$

6. Berechnung der durch Hochwasserretention begünstigte Fläche (F_{HW}).

3.2.1.2 Datengrundlage

- Überflutungsflächen EHORA (HQ200, HQ100, HQ30).
- Flächenwidmungsdaten (vorhanden außer von 11 Gemeinden).
- Flächenwidmungsdaten „kartengenau“ (verwendet, wo keine genaueren Flächenwidmungsdaten vorhanden).

3.2.1.3 Berechnung und Bewertung

- An Geländeknicken und Zusammenflüssen von Gewässern wurden Speicher berechnet.
- Im Rahmen der Untersuchung dieses Kriteriums wurden unterhalb von Entnahmen bestehender Anlagen nur jene Speicher herangezogen, welche unterstrom einer Entnahme mindestens 80% des natürlichen Abflusses aufweisen können.
- An jedem Knoten wurde das Hochwasserabflussvolumen ermittelt. Die Hochwasserabflussspitze wird gemäß dem Vorschlag der Expertengruppe mit der Abflussformel nach Wundt berechnet.

$$HQ_x = GF * EZG^{0,6}.$$

In dieser Formel war ausschließlich das Einzugsgebiet zu ermitteln. Der Faktor GF variiert in Tirol je nach Charakteristik und Größe des Einzugsgebietes und Jährlichkeit des zu betrachtenden Ereignisses zwischen 5 und 13. Für die Studie wurde ein Faktor 10 angesetzt.

- Folgender Ansatz wurde für die Berechnung des Hochwasservolumens verwendet:
 - Das Hochwasser fließt als Dreieckswelle mit einer Dauer von $t_w = 3 * t_c$ ab.
 - Der Zeitpunkt Scheitelabfluss HQ nach $1 * t_c$
 - Die Konzentrationszeit t_c ermittelt sich wie folgt:

$$t_c = (0,892 * EZG^{0,4} - 0,15) * 3.600(s) \text{ (nach Kreps)}$$

- Das Abflussvolumen bestimmt sich somit als

$$V_K = 1,5 * t_c * HQ$$

Speichervolumen $Vol_{\text{Speicher},k}$

- Das Speichervolumen wurde an jedem Knoten k aufgrund der topographischen Gegebenheiten bestimmt (siehe Speicherberechnung).
- Über den Faktor $f_{\text{SPEICHER},\text{HW}}$ wurde angesetzt, welches Volumen des Speichers zum Hochwasserschutz genutzt werden kann. Es wurde angenommen, dass 20% des Speichervolumens als Hochwasserrückhaltevolumen im Speicher zur Verfügung steht.

Retentionsvolumen Vol_{RET}

Das Retentionsvolumen ist jenes Volumen, welches an einem Knoten zurückgehalten werden kann. Dieses Volumen ergab sich als das Minimum des Hochwasserrückhaltevolumens, allenfalls des gesamten Hochwasserabflussvolumens.

$$Vol_{\text{RET}} = \min (Vol_{\text{HW}}; Vol_{\text{Speicher}})$$

Wirkungslänge der Retention L_{RET}

- Es wurde angesetzt, dass ein Speicher entlang der Gewässerstrecke bis zu jenem Knoten wirkt, an welchem das Hochwasservolumen das 20-fache des Retentionsvolumens überschreitet. Die Wirkungslänge der Retention wurde definiert als L_{RET} .

L_{RET} erstreckt sich bis zu jenem Knoten, bei dem die Bedingung

$$Vol_{\text{HW}} > 20 * Vol_{\text{RET}}$$

erfüllt ist

Bebaute Flächen

- Für die Abschätzung des Schadenspotenzials an einem Gewässer wurde die bebaute Fläche herangezogen. Folgende Flächenbezeichnungen in den Flächenwidmungsplänen wurden als bebaute Fläche klassifiziert und im Rahmen des Hochwasserschutzkriteriums verwendet.

Objekt	Objektbezeichnung
SE-N	Sonderfläche Einkaufszentrum, Festleg. in Legende
SFL	Sonderfläche Standortgebunden
SFL-N	Sonderflächen, Mehrfachfestlegung lt. Zähler
SFSI	Sonderflächen Sportanlagen, Festlegung in Legende
SFSI-N	Sonderfl. Sportanlage, Zähler lt. Legende

Objekt	Objektbezeichnung
SLA	Sonderfläche Austragshaus
SLA-N	Austragshaus m. landw. Nebennutzung lt. Festlegung
SLG-N	Sonst. landw. und forstw. Gebäude, Festleg. in Leg
SLH	Sonderfläche Hofstelle
BL-N	Landwirtschaftliches Mischgebiet, Festlegung in Legende
SH-N	Sonderfläche Handelsbetrieb
ST-N	Sonderfläche Tankstelle
BTBF	Tourismusgebiet, notw. Wohnungen und Anz. Freizeitwohnsitze
SV-N	Sonderfläche - Widmung in verschiedenen Ebenen
SLN-N	Sonderfläche Hofstelle mit gewerblicher Nebennutzung
SLHN	Sonderfläche Hofstelle, gewerbl. Nebennutzung
SLH-N	Sonderfläche Hofstelle, Objekte auf versch. Flächen
SLI-N	Sonderfläche Landw. Intensivtierhaltung
SSN	Sonderfläche Widmung in versch. Ebenen
VB	Vorbehaltsfläche überörtliche Verkehrswege
VK	Kenntlichmachung Verlauf Straße, Wege Gemeinde
VO	Örtlich grossräumiger Verkehr
BG	Gewerbe- und Industriegebiet
BGG	Gewerbe- Industriegebiet mit Betrieben § 1.1.e.
BGG-N	Gewerbe- Indgebiet, Betriebe § 1.1.e. Festleg. Leg
BG-N	Gewerbe- Industriegebiet, Festlegung in Legende
BK	Kerngebiet
BKB	Kerngebiet, betriebst. notw. Wohnungen gem § 40.6.
BKF	Kerngebiet, Freizeitwohnsitze gem § 12.3. zugel.
BL	Landwirtschaftliches Mischgebiet
BLB	Landw. Mischgebiet, Wohnungen gem § 40.6.
BLF	Landw. Mischgebiet, Anz Freizeitwohnsitze § 12.3.

Objekt	Objektbezeichnung
BLL	Landwirtsch. Mischgebiet mit Gebäuden gem § 40.7.
BM	Allgemeines Mischgebiet
BMB	Allgemeines Mischgebiet, Wohnungen gem § 40.6.
BMB-N	Allgem. Mischgeb., Wng. § 40.6., Festl. in Legende
BMF	Allgem. Mischgebiet, Freizeitwohnsitze § 12.3.
BM-N	Allgemeines Mischgebiet, Festlegungen in Legende
BM-NF	Mischgebiet, Anzahl Freizeitwohnsitze § 12.3.
BT	Tourismusgebiet
BTB	Tourismusgebiet, notw. Wohnungen gem §40.6. zuläss
BTF	Tourismusgebiet, Anz Freizeitwohnsitze gem § 12.3.
BVHS	Gebäude und Anlagen der Gemeinden
BVW	Objektgeförderter Wohnbau
BW	Wohngebiet
BWF	Wohngebiet, Freizeitwohnsitze § 12.3. zugelassen
BWG	Gemischtes Wohngebiet
BWGF	Gemischtes Wohngebiet, Anz Freizeitwohnsitz §12.3.
FAB	Abfallbehandlungsanlagen, Deponien
FAW	Abwasserbeseitigungsanlage
FEB	Eisenbahnen u Eisenbahnanlagen
FEL	Stromerzeugungsanlagen, Kraftwerke, Umspannung
FFE	Fernmeldeanlage
FLF	Flugplätze und Flugsicherungseinrichtungen
FMA	Militärische Anlagen
FSF	Schifffahrtsanlagen
FVHB	Hauptverkehrswege, Autobahnen Bundesstrassen
FVHL	Hauptverkehrswege Landesstrasse
FWV	Wasserversorgungsanlage

Objekt	Objektbezeichnung
SBH-N	Sonderfl. Beherbergungsgroßbetriebe, Festl.It.Leg.
SU-N	Sonderfläche UVP-pflichtige Anlage
SM-N	Sonderfläche Aufbereitung mineralischer Rohstoffe
FMI	Gewinnungs- u. Aufbereitungsanlage für mineralische Rohstoffe

Tabelle 21: Gewidmete Flächen – FLP

- Für 11 Gemeinden lagen 2009 noch keine detaillierten Flächenwidmungspläne (FLP) vor. Für diese Gemeinden wurden kartengenaue Flächenwidmungspläne verwendet.

Folgende Objekte wurden als bebaute Flächen berücksichtigt:

Objekt	Objektbezeichnung
BLKART	Bauland
GI	Gewerbe- Industrie
SFNF	Sonderfläche-,nutzung im Freiland

Tabelle 22: Gewidmete Flächen – Flächenwidmung Kartengenaue

- Als Überflutungsflächen wurden die Überschwemmungsgebiete für Hochwasserabflüsse HQ30, HQ100, HQ200 aus dem Projekt HORA herangezogen. Im Bereich von einmündenden Bächen und/oder Flüssen wurden jene Überschwemmungsgebiete angesetzt, welche im Einzugsgebiet des betrachteten Flusses liegen.
- Aus der Überschneidung der bebauten Flächen mit den Überflutungsflächen ergaben sich die potentiellen Schadensflächen.
- Nur jene Schadensfläche, welche sich innerhalb der Wirkungslänge des Speichers „X“ befindet, wird durch die Retentionswirkung des Speichers „X“ begünstigt und somit als hochwasserbegünstigte Fläche F_{HW} bezeichnet.

- Je größer die speicherbezogene Schadensfläche, desto größer ist die Schutzfunktion des Speichers. Folgende Punkteverteilung wurde angegeben:

Punkte	Begünstigte Fläche F_{HW} durch HW-Rückhalt (ha)
0	$F_{HW} \leq 1$
1	$1 < F_{HW} \leq 7,5$
2	$7,5 < F_{HW} \leq 20$
3	$20 < F_{HW} \leq 37,5$
4	$37,5 < F_{HW} \leq 60$
5	$F_{HW} > 60$

Tabelle 23: Intervalleinteilung Kriterium „Auswirkungen auf die Hochwassersituation“

3.2.1.4 Projektion

Die Projektion der Bewertung erfolgte ausgehend vom Sperrenstandort stromab, bis 80% des natürlichen Abflusses wieder erreicht ist. Kam es auf den Gewässerstrecken zu überlappenden Bewertungen, wurde jene Bewertung herangezogen, welche die größte Kennzahl F_{HW} aufweist.

3.2.2 Kriterium „Gewässerbeanspruchung“

3.2.2.1 Datengrundlage

- Effektiver Abfluss.
- Knoteninformationen (Geodätische Höhe zweier benachbarter Knoten).

3.2.2.2 Berechnung und Bewertung

Die Berechnung der Gewässerbeanspruchung wurde folgendermaßen berechnet:

- Ermittlung der Länge der Gewässerstrecke zwischen zwei benachbarten Knotenpunkten (km)

Aus dem reduzierten Abflusslinienpotenzial (siehe Kapitel 3.1.2.2) und der Länge der Gewässerlinie wurde die spezifische Energieproduktion wie folgt ermittelt:

$$W_{Gew} = \frac{L_{GEW}}{ALP/2} \left(\frac{m}{GWh/a} \right)$$

"Gewässerbeanspruchung"	
Punkte	Intervalle (m/GWh/a)
0	$W_{Gew} > 800$
1	500 - 800
2	250 - 500
3	125 - 250
4	80 - 125
5	$W_{Gew} \leq 80$

Tabelle 24: Intervalleinteilung – „Gewässerbeanspruchung“

3.2.2.3 Projektion

Die Strecke, welche zwischen den zwei betrachteten Knotenpunkten des Abflusslinienpotenzials liegt, wurde bewertet.

3.2.3 Kriterium „Auswirkungen auf die Immissionssituation“

3.2.3.1 Allgemeines

Mit diesem Kriterium wurde untersucht, ob ein Abfluss einer Kläranlage in einer Ausleitungsstrecke eines Wasserkraftwerkes liegt und welche Auswirkung die durch die Entnahme verursachte Abflußreduktion auf die Wasserqualität der betrachteten Gewässerstrecke hat.

Es wurde an jedem Knoten unterhalb einer Kläranlage das Mischungsverhältnis zwischen Kläranlagenabfluss (Trockenwetterabfluss) Q_{TW} und dem Restwasserabfluss im Gewässer bestimmt.

Hierbei wurde jeweils nur die unmittelbar oberhalb liegende Abwasserreinigungsanlage betrachtet. Schadstoffe aus weiter Oberstrom liegenden ARAs wurden nicht berücksichtigt.

3.2.3.2 Datengrundlage

Für die Studie standen Kläranlagendaten mit einem Einwohnerequivalent größer gleich 10.000 zur Verfügung. Folgende Auslegungs- bzw. Abflussdaten für jede Anlage wurden verwendet:

Einwohnerequivalente (bezogen auf den BSB60 (60g - BSB5 pro EW und Tag) (EW60))

Trockenwetterabflussmenge Q_{TW} ($\frac{m^3}{h}$)

NH4-N ($\frac{mg}{l}$) Gemessener Wert

MJNQT ($\frac{m^3}{h}$) im Gewässer

3.2.3.3 Berechnung und Bewertung

1. Schritt: Annahme Lastfall Q_{TW} und pH = 8,5

Beispiel:

erf. Mischungsverhältnis / tatsächl. Mischungsverhältnis (bei MJNQT)

= 0,72 =< 1,00 = zulässig

2. Schritt: Annahme: Restwasser $F_{Restwasser}$ = 60% von MJNQT vorh.

Demnach: im Restwasserfall:

$$KA(RW) = \frac{KA(Bestand)}{F_{Restwasser}}$$

z.B. Innsbruck:

$$KA(RW) = \frac{0,65}{60\%} = 1,08 > 1$$

nicht mehr zulässig

3. Schritt: Modellbildung

Das Modell ist anzuwenden, wenn sich die Entnahme des Kraftwerks vor und die Rückgabe nach der Einleitung des Kläranlagenabflusses befindet.

3.2.3.4 Beispiel

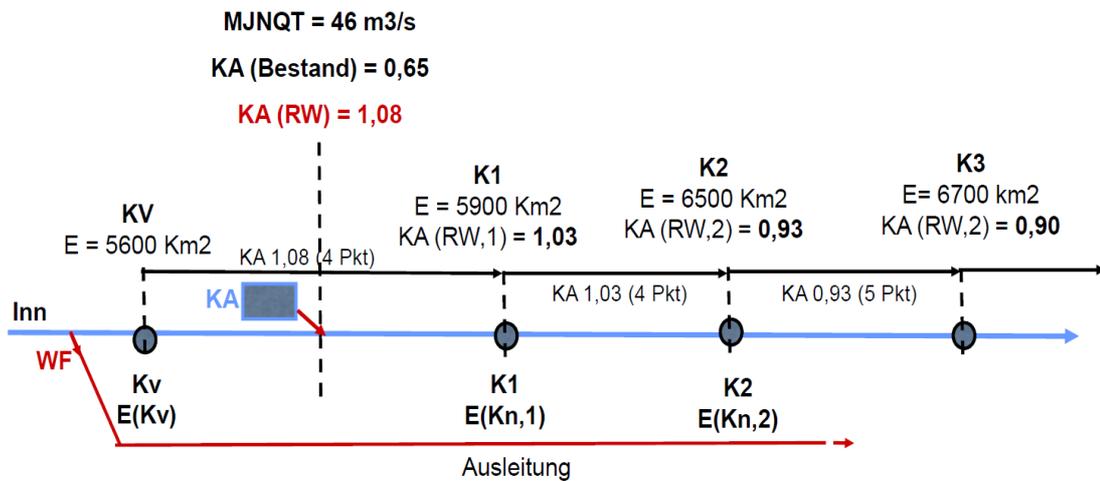


Abbildung 16: Beispiel Umsetzung des Kläranlagenabflusses

3.2.3.5 Berechnung und Bewertung

3.2.3.5.1 Bestimmung von MJNQT aus MQ

Anhand einer Anzahl von bestehenden Kleinwasserkraftwerken bzw. Messstellen wurde das Verhältnis zwischen Niederwasserabfluss MJNQT und Mittelwasserabfluss untersucht.

MQ Jahr	MJNQT	Prozentanteil MJNQT von MQ
m³/s	m³/s	%
1508	495	32,8
1111	291	26,2
1093	124	11,3
680	70	10,3
580	98	16,9
527	110	20,9
462	29	6,3
448	44	9,8
359	35	9,7
246	79	32,1
Mittelwert		17,6

Tabelle 25: Erfahrungswerte MQ, MJNQT und Verhältnis MJNQT/MQ

Der mittlere jährliche Niedrigwasserabfluss wurde über den Faktor f_{MJNQT} aus dem mittleren natürlichen Jahresabfluss, errechnet. Der Faktor f_{MJNQT} wurde mit 0,2 angesetzt.

Der mittlere jährliche Niedrigwasserabfluss errechnete sich somit als

$$MJNQT \left(\frac{m^3}{s} \right) = f_{MJNQT} * MQ \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

3.2.3.5.2 Bestimmung des erforderlichen Mischungsverhältnisses

Für die Ermittlung des erforderlichen Mischungsverhältnisses wurde der Parameter NH4-N für pH = 8,5 herangezogen.

Der vorgegebene Grenzwert für das Gewässer (272 µg/l) wurde mit dem NH4-N Grenzwert des ARA-Ablaufes verglichen und das erforderliche Mischungsverhältnis errechnet.

Berechnet wurde das Verhältnis KA als Quotient von:

$$KA = \frac{\text{erf. Mischverhältnis}}{\text{tatsächl. Mischverhältnis}}$$

3.2.3.5.3 Bewertung

Punkte	Mischungsverhältnis Abfluss ARA / Vorfluter $f_{ARA} (-)$
0	$f_{ARA} \geq 5$
1	$4 \leq f_{ARA} < 5$
2	$3 \leq f_{ARA} < 4$
3	$2 \leq f_{ARA} < 3$
4	$1 \leq f_{ARA} < 2$
5	$f_{ARA} < 1$

Tabelle 26: Punkteverteilung Kriterium „Auswirkungen auf die Immissionssituation“

3.2.3.6 Projektion

Die Wirkungslänge reicht bis zu jenem Knoten, bei dem $KA(RW) \leq 1,0$ ist

$E(Kv)$ = Einzugsgebietsgröße (letzter Knoten vor Kläranlagenzufluss)

$E(Kn),i$ = Einzugsgebietsgröße (Knoten am Punkt i nach Kläranlagenzufluss)

$$KA(RW),i = KA(RW) * \left[\frac{E(Kn,i)}{E(Kv)} \right]$$

3.3 Fachbereich Raumordnung

3.3.1 Kriterium „Direktnutzung an Fließgewässern“

Die Wahrscheinlichkeit von Nutzungskonflikten neuer Kraftwerksprojekte mit bestehenden Wasserentnahmen wurde bei diesem Kriterium bewertet.

3.3.1.1 Datengrundlage

Datengrundlage für die Ermittlung der Direktnutzung an Fließgewässern bildeten folgende Wasserrechtsinformationen. Die im Rahmen dieses Kriteriums zu betrachtenden, konkurrierenden Wasserrechtstypen waren folgende:

- Wasserentnahme für Kraftwerke.
- Wasserentnahme für Beschneigungsanlagen.
- Nutzwasserentnahme / Bewässerung.
- Mühle bzw. Kraftwerk.

3.3.1.2 Berechnung und Bewertung

Jeder Gewässerabschnitt wurde, beginnend vom Ende des Gewässerabschnittes, in 5 km lange Teilstücke aufgeteilt. Bei Gewässerabschnitten, die kürzer als 5 Kilometer sind, wurde die Länge des Gewässerabschnitts herangezogen.

Die bis zu einem Abstand von 50 Meter vom Gewässer liegenden Wasserrechte wurden auf den nächstgelegenen Gewässerabschnitt projiziert.

Es wurde die Anzahl der Wasserrechte mit Nutzungskonflikten pro Teilstück gezählt. Anhand dieser Anzahl wurde die Einteilung der Strecken gemäß Kapitel 3.3.1.3, Tabelle 27 vorgenommen.

Strecken an, denen kein Abflusslinienpotenzial untersucht wird, wurden nicht bewertet.

3.3.1.3 Projektion

Die Projektion erfolgte auf die Strecke zwischen den zwei benachbarten Knoten.

Punkte	Konkurrierende Nutzungen pro Abschnitt $f_{\text{Nutz}} (-)$
5	$f_{\text{NUTZ}} = 0$
4	1 - 3
3	4 - 10
2	11 - 20
1	$f_{\text{NUTZ}} < 20$

Tabelle 27: Intervalleinteilung Kriterium „Direktnutzung an Fließgewässern“

3.3.2 Kriterium „Forstwirtschaft“

3.3.2.1 Datengrundlage

- Shapefile Waldentwicklungsplan (WFU_PL).

3.3.2.2 Berechnung und Bewertung

Die Waldflächen bis zu einer maximalen Distanz von 50 Meter werden auf das anliegende Gewässer projiziert. Wenn mehrere Waldflächen auf denselben Abschnitt fallen, zählt die sensibelste Bewertung für das Kriterium.

Punkte	Forstwirtschaft
3	sensibler Bereich
2	kritischer Bereich
1	sehr kritischer Bereich

Tabelle 28: Klassen Kriterium „Forstwirtschaft“

3.3.3 Kriterium „Regionalwirtschaft“

3.3.3.1 Datengrundlage

Als Datengrundlagen wurden verwendet:

- Polygon-Shapefile der Gemeinden.
- Indexwerte für die Gemeinden.
- TWP.

3.3.3.2 Berechnung und Bewertung

Für jeden Gewässerabschnitt mit einem TWP wurde die zugehörige Gemeinde ermittelt (bzw. zugehörigen Gemeinden wenn das Gewässer die Grenze zwischen zwei Gemeinden bildet).

Die Berechnung der Regionalwirtschaft erfolgte mit folgenden Werten:

- TWP des Gewässerabschnitts – JAV(GWh).
- Länge des Gewässerabschnitts in der Gemeinde (Prozent an der Gesamtlänge) $L_{\text{Gew.}}$
- Indexwert(e) der betroffenen Gemeinde(n) Index_{RW} .

Einzelne Gemeinde: $f_{RW} = JAV(GWh) * \left(\frac{L_{Gew}}{100}\right) * Index_{RW}$

Zwei Gemeinden: $f_{RW} = JAV(GWh) * \left(\frac{L_{Gew}}{100}\right) * \left(\frac{Index_{RW1} + Index_{RW2}}{2}\right)$

Punkte	Klasseneinteilung Regionalwirtschaft (f_{RW})
5	$f_{RW} \geq 47,65$
4	22,18 – 47,64
3	11,84 – 22,17
2	6,83 – 11,83
1	0 – 6,82

Tabelle 29: Klassen Kriterium „Regionalwirtschaft“

3.4 Gewässerökologie

3.4.1 Datengrundlagen

Folgende Daten wurden als Grundlagen für die Umsetzung der gewässerökologischen Kriterien verwendet.

- WK_TIROL_20090602 Shapefile
- MORPHOLOGIE_TIROL_20090730 Shapefile
- E_teilabschnitte_typologie Shapefile
- Modelle Shapefile
- Uebersichtsmessstellen Shapefile
- STAUSTRECKEN_Tirol Shapefile
- Ordnungszahlen Buchform (von ILF tw. digitalisiert)
- Flussstrecken nationaler Bedeutung Buchform (von ILF digitalisiert)
- QUERWERKE_TIROL_20090730 Shapefile
- Restwasser_TIROL_20090730 Shapefile
- SCHWALL_TIROL_20090730 Shapefile
- STAUE_TIROL_20090730 Shapefile
- STAUSTRECKEN_Tirol Shapefile
- Bioregionen_Typen_Fischregionen.xls Excel File
- Tabelle_shp_WK_Tirol Excel File
- WK_SG_Tirol Shapefile
- prioritäre_seitengewässer Shapefile
- inn_rev_flächen_links,
inn_rev_flächen_rechts Shapefile
- typauspraegungen Shapefile
- Migration Shapefile
- Ordnungszahlen der Gewässer als Buch geliefert
- Gewässer nationaler Bedeutung als Buch geliefert, von ILF digitalisiert

Des Weiteren wurden Ergebnisse aus der Modellierung für die Bewertung herangezogen:

- Speicherrechnung (Staulänge);
- Strecken unterhalb von Bestandsentnahmen (bis 80% des natürlichen Abflusses wieder in der Restwasserstrecke vorhanden sind);
- Gewässerabschnitte mit EZG < 10km².

3.4.2 Bewertung der Kriterien „Gewässerökologie“

Jedes Kriterium der Gewässerökologie wurde nach einer dreiteiligen Bewertungsskala klassifiziert:

- Stufe 1: Gering oder mittel sensibel.
- Stufe 2: Sensibel.
- Stufe 3: Sehr sensibel.

Für die Wasserkraftpotenzialstudie wurde eine zusammenfassende Punktbewertung im Fachbereich Gewässerökologie durchgeführt. Diese Schlussbewertung zum Kriterium Gewässerökologie beruht auf folgenden Prinzipien:

- Dreistufige Klassifikation der einzelnen gewässerökologischen Kriterien.
- Für die Schlussbewertung ist jeweils die meist sensible Bewertung ausschlaggebend.
- Bei Gewässern, bei denen bei mehreren Kriterien Strecken als „sehr sensibel“ beurteilt sind, wird die Anzahl der „sehr sensibel“ Bewertungen gezählt.
- Bei Gewässern, die bei mindestens einem gewässerökologischen Kriterium „sehr sensibel“ sind, gibt es eine Verfeinerung der Punkteverteilung, sowie eine weitere Differenzierung nach den Wertungsanteilen (siehe Kap. 3.4.3).

Auf Vorschlag der Expertengruppe wird folgende Einteilung angewendet:

Gewässerökologische Bewertung	Punkte
Stufe 1: kein sensibles Kriterium	5
Stufe 2: mind. 1 Kriterium sensibel	4
Stufe 3: 1 Kriterium sehr sensibel (mittlerer und geringer Wertungsanteil)	3,5
Stufe 3: 1 Kriterium sehr sensibel (hoher Wertungsanteil)	3
Stufe 3: 2 Kriterien sehr sensibel (geringe Wertungsanteile)	2,5
Stufe 3: 2 Kriterien sehr sensibel (mittlere Wertungsanteile)	2
Stufe 3: 2 Kriterien sehr sensibel (hohe Wertungsanteile)	1,5
Stufe 3: > 2 Kriterien sehr sensibel (geringe Wertungsanteile)	1
Stufe 3: > 2 Kriterien sehr sensibel (mittlere Wertungsanteile)	0,5
Stufe 3: > 2 Kriterien sehr sensibel (mindestens 2 Wertungsanteile ***) oder sehr guter ökologischer Zustand	0

Tabelle 30: Punkteverteilung / Schlussbewertung

3.4.3 Wertungsanteile

Ergänzend zu der im in Kapitel 3.4.2 erläuterten Gesamtbewertung der Gewässerökologie wurde noch ein Wertungsfaktor eingeführt, welcher für die Bewertung berücksichtigt werden muss.

Die Beurteilung, ob es sich um hohe, mittlere oder geringe Wertungsanteile handelt, erfolgte durch die Mittelwertbildung der einzelnen Kriterien (wie in Tabelle 31 angegeben).

Mittlere Gewichtung	Wertungsanteil
< 1,5	gering
1,5 – 2,4	mittel
> 2,4	hoch

Tabelle 31: Klassifizierung der Wertungsanteile

Kriterium	Wertungsfaktor
Morphologie	*** (wenn sehr gute Abschnitte < 20% der Länge des Gewässertyps) ** (sehr gute Abschnitte > 20% der Länge des Gewässertyps) * Typspezifische Seltenheit
Ökologischer Zustand	***
Mindestabfluss	***
Gletscherbach	**
Typspezifische Ausprägung	*
Freie Fließstrecken	***
Überblicksmesstellen	**
Geförderte Gewässer	***
Revitalisierungsflächen	*
Speichergröße	***

Tabelle 32: Wertungsfaktoren der gewässerökologischen Kriterien

3.4.4 Kriterium „Ökologischer Zustand“

Eine Ausnahmestellung besitzt die Bewertung des ökologischen Zustandes. Wenn der Gewässerabschnitt in einem ökologischen Zustand „Sehr gut“ ist, so wurde dieser Abschnitt unabhängig von den weiteren Kriterien mit „0“ Punkten bewertet.

Für die Einstufung des ökologischen Zustandes wurden folgende Daten herangezogen:

Basisdaten	Shapefile	Objekt
WK_TIROL_20090602	WK_TIROL_20090602	Zustand_T

Tabelle 33: Ökologischer Zustand - Relevante Daten und Objekte

Wenn das Gewässer über das Objekt „Zustand_T“ als „sehr gut“ eingestuft wurde, so erhielt dieses Gewässer unabhängig von allen anderen gewässerökologischen Kriterien in der Schlussbewertung „0“ Punkte.

Bewertung	Schlussbewertung
Wenn Zustand_T = sehr gut	„0“ Punkte

Tabelle 34: Schlussbewertung „Ökologischer Zustand“

In der Gesamtbewertung Gewässerökologie wurden nur jene Strecken bewertet, welche im Shapefile „MORPHOLOGIE_TIROL_20090730“ bewertet wurden.

3.4.5 Kriterium „Morphologie“

Für die Modellierung des Kriteriums „Morphologie“ waren folgende Shapefiles und Objekte relevant. Die Objekte beinhalten logische Informationen (ja/nein).

Basisdaten	Shapefile	Objekt
Morphologie	MORPHOLOGIE_TIROL_20090730	Morphologie
		Morpholo_1
		Morpholo_2

Tabelle 35: Kriterium Morphologie – Relevante Daten und Objekte

Neben der Morphologie spielte auch die Länge des sensiblen Gewässerabschnittes eine Rolle. Nebeneinander liegende Gewässerabschnitte selber Morphologie wurden zusammengefügt. So musste beispielweise ein Gewässer der Morphologiekategorie „1“ eine Mindestlänge haben, um als „sensibel“ gewertet zu werden (siehe Tabelle 36).

Länge (beispielsweise)	Morphologiekategorie		
	3-5	2	1
	Morphologi_2="ja"	Morpholo_1="ja"	Morphologie="ja"
< 400 Meter	Gering- Mittel	Gering - Mittel	Gering- Mittel
400 - 900 Meter	Gering- Mittel	Gering- Mittel	Sensibel
> 900 Meter	Gering- Mittel	Sensibel	Sehr sensibel

Tabelle 36: Bewertung Kriterium „Morphologie“

3.4.6 Kriterium „Typenspezifische Seltenheit“

Wenn ein Gewässer sensibel (Kriterium Morphologie) und zusätzlich einzigartig bzw. sehr selten ist, so wurde dieses als „sehr sensibel“ eingestuft.

Daten	Shapefile	Feature
Ergebnis Kriterium „Morphologie“	Ergebnis Kriterium „Morphologie“	Morphologie
Typenspezifische Seltenheit	E_teilabschnitte_typologie	MZB_SI
		BIOREGION

Tabelle 37: Typspezifische Seltenheit - Relevante Daten und Objekte

Die Einstufung der typenspezifischen Seltenheit wurde anhand der Features „MZB_SI“ und „BIOREGION“ in den Daten „E_teilabschnitte_typologie“ durchgeführt.

Seltenheit	Ergebnis Kriterium „Morphologie“		
	Gering - Mittel	Sensibel	Sehr Sensibel
Wenn „sehr selten“ (gemäß Tabelle 37)		sehr sensibel	

Tabelle 38: Bewertung Kriterium „Typspezifische Seltenheit“

3.4.7 Kriterium „Gewässersondertyp (Gletscherbach)“

Gewässerabschnitte welche als Gletscherbäche eingestuft sind, wurden als „sehr sensibel“ bewertet. Die Umsetzung des Kriteriums erfolgte über das Feature „Gletscherb“ im Shapefile „E_teilabschnitte_typologie“ vorhanden. War das Feature Gletscherb=“1“, dann wurde das Gewässer als gewässerökologisch sehr sensibel eingestuft.

Basisdaten	Shapefile	Objekt	Abfrage
Gewässertyp	E_teilabschnitte_typologie	Gletscherb	Gletscherb=1 dann „sehr sensibel“

Tabelle 39: Bewertung Kriterium „Gewässersondertyp (Gletscherbach)“

3.4.8 Kriterium „Übersichtsmessstellen“

Ein Wasserkörper auf dem eine Übersichtsmessstelle liegt, wurde als „sensibel“ bzw. „sehr sensibel“ eingestuft. Informationen aus „Übersichtsmessstellen“-Shape und WK-Tirol.

- Ü1 Messstellen sind Messstellen mit übergeordneter Bedeutung (sensibel).
- Ü2 Messstellen sind Referenzmessstellen (sehr sensibel).
- Ü3 Messstellen dienen der Untersuchung des Einzugsgebietes (sensibel).

Basisdaten	Shapefile	Objekt	Abfrage
Übersichtsmessstellen	Übersichtsmessstellen	Messstelle_	UE1= sensibel
			UE2= sehr sensibel
			UE3= sensibel
Detailwasserkörper	WK_TIROL_20090602	Detailwasserkörper auf der die Strecke liegt	

Tabelle 40: Bewertung Kriterium „Übersichtsmessstellen“

3.4.9 Kriterium „Freie Fließstrecken“

Die freie Fließstrecke ergab sich komplementär aus dem Stau-Shape (STAUE_TIROL_20090730.shp), wobei die unmittelbaren an den bestehenden Stau angrenzenden 1 km langen Teilstücke (= Grenze langer/kurzer Stau) noch nicht dazugehören.

Bewertung:

- Als „gering oder mittel-sensibel“ sind „Staurecken“ und „angrenzende Strecken“ (Strecken, welche entweder 1 km oberhalb der Staustrecke oder 1 km unterhalb der Staustrecke anschließen) zu betrachten.
- Trifft ein Zubringer, welcher für Mittelstreckenwanderer interessant ist, in eine an den Stau angrenzende Strecke, so ist diese Strecke als „sehr sensibel“ zu betrachten.
- Alle anderen Strecken an Flüssen an welchen Laufkraftwerke betrachtete werden (Inn, Großache, Lech, Drau) werden als „sehr sensibel“ eingestuft.

3.4.10 Kriterium „Geförderte Gewässer“

Basisdaten	Shapefile	Objekt	Abfrage
Gewässer nationaler Bedeutung	Nationale_Bedeutung		Wenn Gefördertes Gewässer, dann „sehr sensibel“

Tabelle 41: Bewertung Kriterium „Geförderte Gewässer“

Alle Gewässerabschnitte welche im Shapefile „Nationale_Bedeutung“ als geförderte Gewässer klassifiziert sind, wurden als „sehr sensibel“ bewertet.

3.4.11 Kriterium „Typspezifische Ausprägung“

Basisdaten	Shapefile	Objekt	Abfrage
Typausprägung	Typauspraegungen	TYP1	6= sehr sensibel
			7= sehr sensibel

Tabelle 42: Bewertung Kriterium „Typspezifische Ausprägung“

Alle Gewässerabschnitte welche der in Tabelle 42 definierten Abfrage entsprechen (Mäander- und Furkationsstrecken) wurden in diesem Kriterium als „sehr sensibel“ bewertet.

3.4.12 Kriterium „Revitalisierungsflächen“

3.4.12.1 Datengrundlage

Basisdaten	Shapefile	Objekt	Abfrage
Revitalisierung Inn	inn- rev_flaechen_links;	PR_KL_KM;	geringer bis mittlerer Priorität= sensibel
	inn- rev_flaechen_links	PR_KL_GM	hohe Priorität= sehr sensibel
Prioritäre Seitengewässer	Prioritaere_seiteng ewaesser	Priorität	Höchste= sehr sensibel

Tabelle 43: Revitalisierungsflächen – Datengrundlage

3.4.12.2 Bewertung und Berechnung

Die geeigneten Revitalisierungsflächen wurden auf die Gewässerachse des Inn gelegt und die jeweils sensibelste Bewertung für jeden Abschnitt für die Bewertung herangezogen.

Zusätzlich wurden an den Mündungen der prioritären Seitengewässer in den Inn jeweils 250 Meter flussaufwärts und flussabwärts bewertet.

Aus der Kombination der zwei Datensätze wurde das jeweils sensibelste für die Bewertung des Kriteriums genutzt.

3.4.13 Kriterium „Mindestabfluss“

3.4.13.1 Datengrundlage

- Gewässerabschnitte mit EZG < 10km²

3.4.13.2 Bewertung und Berechnung

Alle Gewässerabschnitte mit einem Einzugsgebiet kleiner als 10 km² wurden im Kriterium „Mindestabfluss“ als sehr sensibel eingestuft.

3.4.14 Kriterium „Speichergröße“

3.4.14.1 Datengrundlage

- Speicherrechnung (Staulänge)

3.4.14.2 Bewertung und Berechnung

Die Berechnung und Bewertung dieses Kriteriums erfolgte in folgenden Schritten:

An Geländeknicken und Zusammenflüssen von Gewässern wurden Speicher berechnet.

Es wurde an allen Speicherstandorten die Staulänge und die Größe des Einzugsgebietes ermittelt.

Abhängig von diesen beiden Werten wurde die Bewertung des Knotens gemäß folgender Tabelle ermittelt. Als Bewertung wurde von den Experten in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgröße folgende Klassifizierung vorgeschlagen:

EZG (km ²)	Staulänge (Meter)		
		< 500 m	500 - 1000 m
> 100 km ²	gering sensibel	sensibel	sehr sensibel
	< 150 m	150 - 500 m	> 500 m
50 - 100 km ²	gering sensibel	sensibel	sehr sensibel
	< 50 m	50 - 150 m	> 150 m
< 50 km ²	gering sensibel	sensibel	sehr sensibel

Tabelle 44: Bewertung Kriterium „Speichergröße“

3.4.14.3 Projektion

- Die Staulänge wurde als Attribut auf jene Gewässerstrecken gelegt, welche durch das Errichten des Speichers geflutet werden.
- Kam es auf den Gewässerstrecken zu überlappenden Bewertungen, wurde jene Bewertung herangezogen, welche die größte Staulänge aufwies.

3.5 Fachbereich Naturschutz

3.5.1 Datengrundlagen

Im Rahmen der naturschutzfachlichen Bewertung der Gewässer des Landes Tirol wurden folgende Daten berücksichtigt.

Daten	Shapefiles
Schutzgebiete	NSR_PL
Natura 2000 Gebiete	PSC_PL
	SPA_PL
Naturdenkmäler	ND_PL
	ND_PT
Naturschutzfachliche Bedeutung ¹	NAFA_uebertrag_v2
Schutzzonen	Check_In.dbf

Tabelle 45: Basisdaten für Naturschutz

Ausschlussflächen für jegliche Anlagenteile

In folgenden Flächen wurden sowohl Entnahmen und Rückgaben als auch Flächenbeanspruchung durch Speicherseen nicht erlaubt.

- Nationalpark (Kernzone und Außenzone).
- WRRL relevante Natura 2000 Gebiete (Tiroler Lech, Eglsee, Vilsalpsee, Schwemm).
- Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal).
- Sonderschutzgebiete (werden auf das Gewässer projiziert).

¹ Informationen auf das Gewässernetz V6 gestellt durch REVITAL im Auftrag des AdTLR Abt. Wasserwirtschaft.

Typ	Shapefile	Objekt	Gebiete
Nationalpark (Kernzone und Außenzone)	NSR_PL	NPAZ; NPKZ	Alle
WRRL relevante Natura 2000 Gebiete (Lechtal, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm)	PSC_PL		Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL		Tiroler Lech; Vilsalpsee
Sonderschutzgebiet (sollen auf Gewässer projiziert werden)	NSR_PL	SSG	Alle
Naturschutzgebiete	NSR_PL	NSG, NSGA	Alle außer *

Tabelle 46: Relev. Shapes und Objekte für Ausschlussfl. jeglicher Anlagenteile und Speicher

* Folgende Naturschutzgebiete sind keine Ausschlussflächen für jegliche Anlagenteile:

- Antelsberg bei Tarrenz
- Arnspitze
- Engelswand
- Fragenstein
- Innsbrucker Küchenschelle
- Martinswand
- Rosengarten
- Tschirgant-Bergsturz

Schutzgebiete mit Ausleitungsverbot

In Gebieten gemäß Tabelle 47 verbleibt der gesamte natürliche Abfluss im Gerinne. Kraftwerksverbindungen, welche aus diesen Strecken Wasser entnehmen, wurden nicht erlaubt.

Typ	Shapefile	Objekt	Gebiete
Nationalpark (Kernzone und Außenzone)	NSR_PL	NPAZ; NPKZ	Alle

Tabelle 47: Relevante Shapefiles und Objekte für Schutzgeb. mit Ausleitungsverbot

Schutzgebiete mit mindestens 80 % des natürlichen Abflusses

In Gebieten gemäß Tabelle 48 müssen im Falle eine Ausleitung mindestens 80% des natürlichen Abflusses in der Ausleitungsstrecke abfließen.

Typ	Shapefile	Objekt	Gebiete
WRRL relevante Natura 2000 Gebiete (Lechtal, Eglsee, Vilsalpsee, Schwemm)	PSC_PL		Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL		Tiroler Lech; Vilsalpsee

Tabelle 48: Relevante Shapes und Objekte für Schutzgeb. mit 80% des nat. Abflusses

Ausschlussflächen für Speicher

Die Ausschlussflächen aus naturräumlicher Sicht sind in Tabelle 49 aufgelistet.

Typ	Shapefile	Objekt	Gebiete
Nationalpark (Kernzone und Außenzone)	NSR_PL	NPAZ; NPKZ	Alle
WRRL relevante Natura 2000 Gebiete	PSC_PL		<u>nur</u> Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL		
Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)	NSR_PL	NSG, NSGA	Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)
Sonderschutzgebiet (werden auf Gewässer projiziert werden)	NSR_PL	SSG	Sonderschutzgebiet
Landschaftsschutzgebiet	NSR_PL	LSG	Alle

Tabelle 49: Ausschluss- und Begrenzungsflächen der Speicher – Naturschutz

3.5.2 Kriterium „Naturräumliche Bedeutung“

3.5.2.1 Komponente Naturschutzplan

Es wurde die fünfstufige Bewertung des Naturschutzes als Datenbasis herangezogen. (siehe NAFA_uebertrag_v2). Je nachdem ob sich ein Bach innerhalb oder außerhalb eines Schutzgebietes (gemäß Tabelle 50) befindet, kamen unterschiedliche Bewertungen je nach Gewässertyp zur Anwendung.

3.5.2.2 Komponente Schutzgebiete

Bei Gewässerstrecken innerhalb von Schutzgebieten (ausgenommen sind Ausschlussgebiete und die Gewässerschutzzonen) werden die Bewertungskriterien analog zum Kriterienkatalog angewendet.

Gebiete	Shapefile	Objekt
Landschaftsschutzgebiet	NSR_PL	LSG
Ruhegebiete	NSR_PL	RG
Geschützte Landschaftsteile	NSR_PL	GLT
Naturdenkmäler	ND_PL (Flächen)	alle
	ND_PT (Punktuell)	gemäß Tabelle unten
Restliche WRRL relevante Natura 2000 Gebiete	PSC_PL	NICHT Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL	NICHT Tiroler Lech; Vilsalpsee
Schutzzonen Checkliste	Check_PL	alle
	Check_LN	Schutzzo_W

Tabelle 50: Schutzgebiete für Bewertung Naturräumliche Bedeutung

Naturdenkmäler, welche nicht im Umfeld vom betrachteten Gewässernetz liegen, wurden in der vorliegenden Studie nicht betrachtet. Naturdenkmäler, welche mit den Gewässerstrecken in Zusammenhang stehen (Tabelle 51) und welche als Punktdaten in dem Shapefile „ND_PT“ vorhanden sind, wurden auf die nächstgelegene Gewässerstrecke projiziert. Die Strecke 100 Meter oberhalb und unterhalb des Naturdenkmals wurde gemäß Tabelle 53 eingestuft.

Naturdenkmäler
Schluchtstrecke "Klammbrückl" des Galitzenbaches
Bergsteiner See
Brennersee
Schleierwasserfall, Staniskabach
Frauensee
Seerosenbestände des Reintalersees
Brandenberger Ache, im Gebiet der Gemeinden Brandenberg, Kramsach, Thiersee
Nauderer Schwarzer See
Grawawasserfall, Gegenüber der Grawa-Alm
Mischbachwasserfall, beim Ortsteil Gasteig
Obernberger See
Piburgersee bei Piburg oberhalb von Oetz
Wasserfälle im Umbaltal
Seefelder Wildsee

Tabelle 51: Gewässerrelevante Naturdenkmäler (aus ND_PT)

Außerhalb von Schutzgebieten gilt folgende Bewertung (gemäß „NAFA_uebertrag_v2“).

Art Bachstrecke gemäß Naturschutzplan	Punkte
Einzigartige und/oder empfindliche Bachstrecken	0
Strecken mit sehr hohe Bedeutung	1
Strecken mit hoher Bedeutung	2
Strecken mit partieller Bedeutung	3
Strecken mit mittlerer Bedeutung	4
Strecken mit geringer Bedeutung	5

Tabelle 52: Bewertung außerhalb von Schutzgebieten

Innerhalb der Schutzgebiete wurden die Strecken wie folgt bewertet (ausgenommen Ausschlussgebiete).

Art Bachstrecke gemäß Naturschutzplan	Punkte
Einzigartige, empfindliche und Strecken mit sehr hoher Bedeutung	0
Strecken mit hoher Bedeutung	1
Strecken mit partieller Bedeutung	2
Strecken mit geringer oder mittlerer Bedeutung	3

Tabelle 53: Bewertung in Schutzgebieten

Gewässerstrecken ohne Bewertung

Strecken in folgenden Gebieten wurden nicht bewertet:

- Ausschlussflächen für jegliche Anlagenteile.
- Schutzgebiete mit Ausleitungsverbot.
- Schutzgebiete mit mindestens 80 % des natürlichen Abflusses.

3.6 Zusammenführung der einzelnen Kriterien

Die im Kriterienkatalog [11] von der Expertengruppe für die verschiedenen Fachbereiche entwickelten Kriterien, die modellfähig waren, wurden auf jene Gewässerstrecken projiziert, für die das TWP errechnet wurde. Damit konnte die Projektion jedes einzelnen Kriteriums auf das Gewässernetz dargestellt werden.

Unter Beachtung der im Kriterienkatalog beschriebenen Gewichtung der Kriterien in jedem Fachbereich untereinander konnte eine Projektion der einzelnen Fachbereiche auf das Gewässernetz durchgeführt werden.

Schließlich wurde durch die im Kriterienkatalog beschriebene Gewichtung der Fachbereiche untereinander eine gesamthafte Darstellung der modellfähigen Kriterien auf das betrachtete Gewässernetz durchgeführt.

Diese Zusammenführung zeigt damit die generelle Machbarkeit von Wasserkraftprojekten an den betrachteten Gewässerstrecken unter Berücksichtigung der modellfähigen Kriterien und der Gewichtungen.

3.7 Ergebnisse

Auf Basis der gesamthaften Darstellung der modellfähigen Kriterien auf das Gewässernetz konnte für jeden definierten Gewässerabschnitt die Machbarkeit von Wasserkraftwerken in Form einer Bewertung ermittelt werden.

Zusammengefasst wurde damit für betrachtete Bereiche wie Regionen oder das ganze Land Tirol die in diesen Abschnitten durch Wasserkraftwerke produzierte Jahresarbeit (bzw. Länge der der dazugehörigen Gewässerabschnitte), abgestuft nach ihrer Machbarkeit (mit z.B. hoher oder geringer Machbarkeit), ermittelt.

Das Ergebnis kann in Form einer Summenlinie z.B. für das ganze Land Tirol, wie in der der folgenden Abbildung, dargestellt werden:

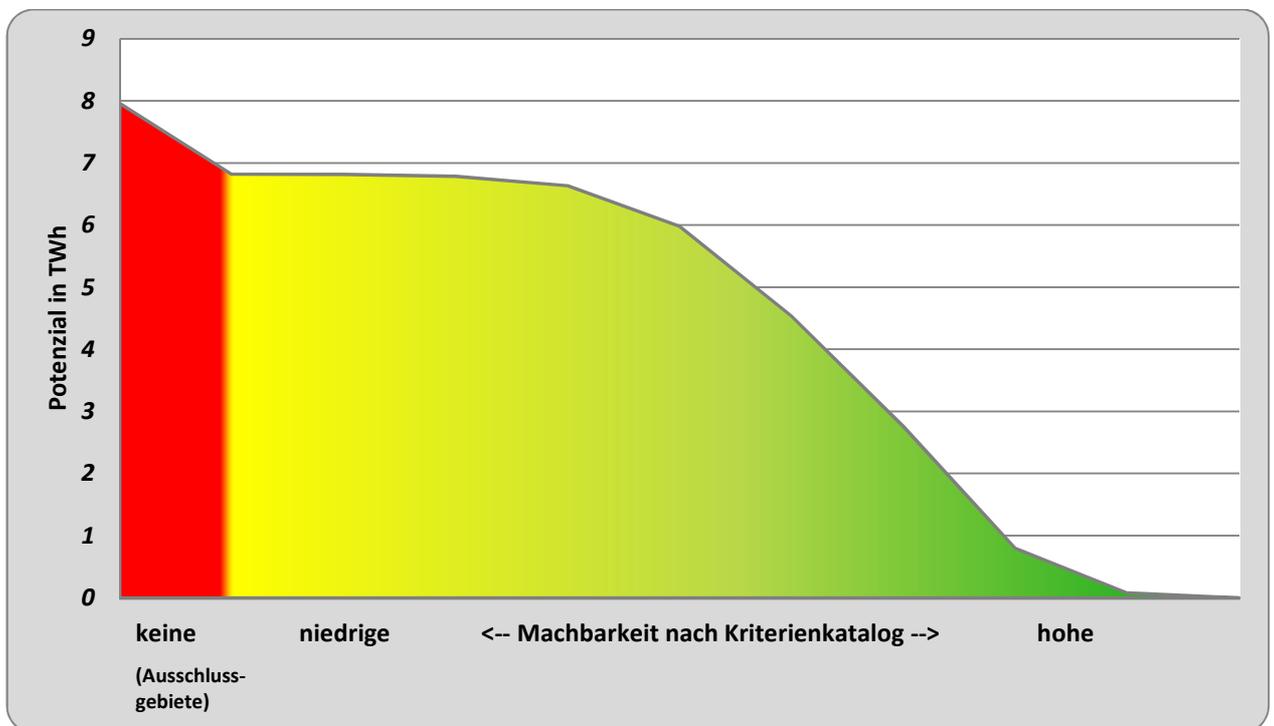


Abbildung 17: Differenzierung des vorhandenen TWP nach Machbarkeiten

Die Summenlinie ist hinterlegt mit allen Gewässerabschnitten, die konkret abgefragt werden können.

Das ISP ist vom entsprechenden Entscheidungsträger (z.B. dem politisch Verantwortlichen) festzulegen, z.B.

- Mit einem Prozentsatz wie z.B. 50% des TWP oder
- mit einer absoluten Zahl wie z.B. 3 TWh/a

und mit der zusätzlichen Definition, welche Machbarkeit für Wasserkraftwerke diese Gewässerstrecken aufweisen sollen (z.B. mit höherer/hoher Machbarkeit).

Beispielhaft ist nachfolgend das Ergebnis angeführt für eine Wahl des ISP auf 50% des TWP und zwar für jene Gewässerstrecken mit hoher Machbarkeit für Wasserkraftwerke (bessere Hälfte).

Das Ergebnis ist dargestellt für Ausschlussgebiete, für einzelne Regionen und für das ganze Land Tirol.

Region	ALP	TWP	ISP (50 %)	ALP	TWP	ISP (50 %)
	Jahreserzeugung (GWh/a)			Gewässerlänge km		
Ausschlussgebiete	2261	1138	-	479	241	-
Inn zwischen Imst und Wörgl	2731	1633	899	112	109	57
Ötztal	2767	1167	690	255	131	60
Oberes Gericht und Sanna	2743	896	569	405	123	70
Osttirol	3608	1261	469	636	213	81
Zillertal	1395	351	250	366	89	49
Leutasch und Seefeld	163	272	163	55	48	10
Inntal ohne Inn	1232	232	142	444	82	47
Wipptal	1089	234	90	262	101	31
Hopfgarten, Inn unter Wörgl	1415	100	58	232	45	22
Inn zwischen Landeck-Imst	519	119	54	102	25	15
Großache	694	178	17	255	84	13
Pitz- und Kautertal	500	55	10	158	29	4
Lechtal und Ehrwald	759	136	2	350	56	1
Achental, Brandenburg	308	187	0	185	55	0
Summe (mit Ausschlussgebieten)	22184	7960	-	4295	1431	-
Summe (ohne Ausschlussgebiete)	19924	6821	3413	3817	1190	461

Tabelle 54: Gesamtauswertung für eine 50%-ISP Auswahl (bessere Hälfte) in Jahreserzeugung (GWh/a) und Gewässerlänge (km)

TEIL III – ZUSAMMENFASSUNG UND APPENDICES

1 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden „Wasserkraft – Potenzialstudie Tirol“ war, das in Tirol noch verfügbare Wasserkraftpotenzial größenmäßig abzuschätzen und zu lokalisieren.

In der Vergangenheit wurden mehrere Studien mit ähnlicher Zielsetzung erstellt, die sich sowohl in der Methode als auch in den Ergebnissen unterschieden. In der vorliegenden Studie wurde unabhängig von bestehenden Ausbauplänen und Kraftwerksprojekten das auf das Gewässer bezogene Wasserkraftpotenzial mit Hilfe der im größerem Maß zur Verfügung stehenden Möglichkeiten der computerunterstützten Bearbeitung und Darstellung durchgeführt.

Die Erstellung der Potenzialstudie erfolgte auf Basis eines Geographischen Informationssystems (GIS) mit Einbindung aller relevanten topographischen Daten. Alle anderen Grundlagen, Daten und Ergebnisse wurden in Datenbanken verarbeitet und im GIS-System verknüpft.

Das GIS-System wurde von ILF Beratende Ingenieure entwickelt.

Generell wurde das gewässerbezogene Wasserkraftpotenzial über die Methode von theoretischen Wasserkraftwerken und deren Projektion auf die Gewässer ermittelt.

Als erster Schritt wurde das Abflusslinienpotenzial (ALP) errechnet.

Danach wurde, unter Annahme von Überwasser, Restwasser, Verlusten, Kosten und weiterer Festlegungen das Technisch Wirtschaftliche Potenzial (TWP) ermittelt.

Als Grundlage für die Festlegung eines integrativ-sinnvollen Potenzials (ISP) wurde die im Kriterienkatalog [11] von der Expertengruppe definierten und modellfähigen Kriterien in das GIS-Modell übernommen und auf jene Gewässerstrecken projiziert, für die das TWP errechnet wurde.

Mit Berücksichtigung der im Kriterienkatalog beschriebenen Gewichtung der einzelnen Kriterien innerhalb der Fachbereiche bzw. der Gewichtung der Fachbereiche untereinander, wurden die betrachteten Gewässerstrecken nach den einzelnen modellfähigen Kriterien gesamthaft bewertet.

Die Bewertung zeigt damit die generelle Machbarkeit von Wasserkraftprojekten an den betrachteten Gewässerstrecken unter Berücksichtigung der modellfähigen Kriterien.

Damit konnte das TWP, das als ein Wert (elektr. Arbeit/Jahr) für ganz Tirol oder für ein betrachtetes Gebiet errechnet wurde (siehe Teil I), nach der Machbarkeit analog Kriterienkatalog differenziert werden.

Als Ergebnis kann das TWP z.B. als Summenlinie zwischen einer geringen und einer hohen Machbarkeit laut Kriterienkatalog dargestellt werden, wobei diese Linie mit konkreten Gewässerabschnitten hinterlegt ist, die abgefragt werden können.

Der entsprechende Entscheidungsträger (z.B. der politisch Verantwortliche) kann nunmehr auf Basis der vorgenommenen Differenzierung einen bestimmten Teil des TWP mit höherer/höher Machbarkeit (z.B. bis 50% des TWP) als das ISP festlegen, dessen Nutzung anzustreben ist.

In diesem Fall wären jene Gewässerstrecken betroffen, in denen durch eine Wasserkraftnutzung 50% des gesamten für Tirol errechneten noch verfügbaren TWP erzeugt werden würde und die, z. B. eine möglichst hohe Machbarkeit lt. Kriterienkatalog besitzen (bessere Hälfte).

Zur Erstellung der Studie wurden folgende Projektschritte durchgeführt:

1. Schaffung der Modellgrundlagen:
 - Entwicklung eines GIS-Modells zur
 - Bestimmung des Abflusslinienpotenzials (ALP),
 - Bestimmung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials,
 - Energiewirtschaftlichen Bewertung von Gewässerstrecken unter Berücksichtigung von möglichen Ausleitungs- und Flusskraftwerken und von bestehenden Anlagen mit einer Leistung > 1MW,
 - Entwicklung eines Speichermodells zur Berechnung von Speichergröße, Speicherfläche und Speicherlänge an fiktiven Standorten.
2. Mathematische Formulierung und Implementierung der von den Experten der Fachbereiche im Kriterienkatalog [11] vorgegebenen modellfähigen Kriterien.
3. Darstellung der Bewertungen der Gewässerstrecken, Prüfung durch die Experten und Einarbeitung deren Kommentare.

Als Ergebnis wurde erhalten:

- Das Abflusslinienpotenzial (ALP) auf Basis der gegebenen mittleren Jahreswasserfracht und den vorhandenen Gefällen, ohne Berücksichtigung von Fließverlusten im Triebwassersystem und von Wirkungsgraden.
- Das technisch-wirtschaftliche Potenzial (TWP): Ausgehend vom Abflusslinienpotenzial unter Berücksichtigung von Restwasser, nicht fassbarem Überwasser, einer Schranke für maximale Investitionskosten (€/kWh) und Mindestgröße für die Kraftwerke.
- Für das integrativ-sinnvolle Potenzial (ISP): Ausgehend vom technisch wirtschaftlichen Potenzial unter Berücksichtigung der von den Experten im Kriterienkatalog [11] für die einzelnen Fachbereiche definierten modellfähigen Kriterien wurde die Grundlage zur Festlegung des ISP geschaffen.

Die Ergebnisse können für alle betrachteten Gewässerabschnitte, angefangen von einzelnen Gewässern, Tälern, Regionen und für ganz Tirol abgerufen und planlich und zahlenmäßig dargestellt werden.

Für die Darstellung der Ergebnisse in dieser Studie wurde beispielhaft davon ausgegangen, dass das ISP mit 50% des TWP festgelegt wird, und zwar für eine möglichst hohe Machbarkeit der Wasserkraftanlagen.

Die Ergebnisse für ALP, TWP und ISP (unter der genannten beispielhaften Voraussetzung) sind im Teil I in Kapitel 7.6 dieser Studie für die einzelnen Regionen dargestellt.

Zusammenfassend werden die Ergebnisse der Studie für das Wasserkraftpotenzial für das Land Tirol im Vergleich mit den früheren Studien wie folgt angeschrieben:

	Studie Schiller (1982)	Studie Drexler und Schiller (1990)
Bestandsanlagen	4,4 TWh/a	5,1 TWh/a
Im Bau und Projekte	6,3 TWh/a	6,3 TWh/a
Gesamt	10,6 TWh/a	11,4 TWh/a

Tabelle 55: Studien Schiller und Drexler/Schiller

Optionenbericht TIWAG (2004):

Bereits ausgebautes Potenzial: 5,4 TWh/a
 Gesamtes ausbauwürdiges Potenzial: 11,4 TWh/a

Wasserkraftpotenzialstudie Pöyry (2008):

Abflusslinienpotenzial (ALP): 18,1 TWh/a
 Gesamtes technisch-wirtschaftliches Potenzial (TWP): 12,0 TWh/a
 (bzw. 11,2 TWh/a reduziert)
 Technisch-wirtschaftliches Restpotenzial: 6,1 TWh/a
 (bzw. 5,3 GWh/a reduziert)

Wasserkraftpotenzialstudie ILF (2010):

Für das Abflusslinienpotenzial (ALP) und das technisch wirtschaftliche Potenzial (TWP) wurden die Berechnungen mit bzw. ohne Berücksichtigung der Ausschlussgebiete durchgeführt (Definition der Ausschlussgebiete in Tabelle 50).

Als Grundlage für die Festlegung eines integrativ-sinnvollen Potenzials (ISP) wurde die im Kriterienkatalog [11] von der Expertengruppe definierten und modellfähigen Kriterien inklusive der gewählten Gewichtungen in das GIS-Modell übernommen und umgesetzt:

Für die folgende Tabelle wurde beispielhaft angenommen, dass das ISP für das integrativ-sinnvolle Potenzial auf 50% des technisch wirtschaftlichen Potenzials (TWP) (bessere Hälfte) festgelegt wird. Damit ergeben sich folgende Werte:

Die Werte beziehen sich auf das noch verbleibende Potenzial (ohne Bestandsanlagen)

	Abflusslinienpotenzial (ALP)	Technisch-wirtschaftliches Potenzial (TWP)	Integrativ-sinnvolles Potenzial (ISP) (ang. 50 %)
Mit Ausschlussgebieten			
Jahresproduktion	22,2 GWh/a	8,0 TWh/a	
Auf Gewässerlänge	4.295 km	1.431 km	
Ohne Ausschlussgebiete			
Jahresproduktion	19,9 GWh/a	6,8 TWh/a	3,4 TWh/a
Auf Gewässerlänge	3.817 km	1.190 km	461 km

Tabelle 56: Werte bezogen auf verbleibendes Potential

Es zeigte sich, dass für die Nutzung des beispielhaft gewählten integrativ-sinnvollen Potenzials von 50 % (3,4 TWh/a), Gewässerlängen in Summe von 461 km mit Kraftwerksprojekten versehen werden müssen. Dies sind 12% der für das Abflusslinienpotenzial betrachteten Gewässerlängen (außerhalb der Ausschlussgebiete).

Mithilfe der Ergebnisse der Berechnungen können alle dieses gewählte Potenzial von 3,4 TWh/a bildende Gewässerabschnitte lokalisiert und nach verschiedenen Gesichtspunkten gereiht werden.

Somit kann diese Studie nicht nur zur Quantifizierung des noch vorhandenen Wasserkraftpotenzials in Tirol genutzt werden sondern auch zur Lokalisierung der für die Wasserkraftnutzung besten Gewässerabschnitte, je nach gewählten Gesichtspunkten.

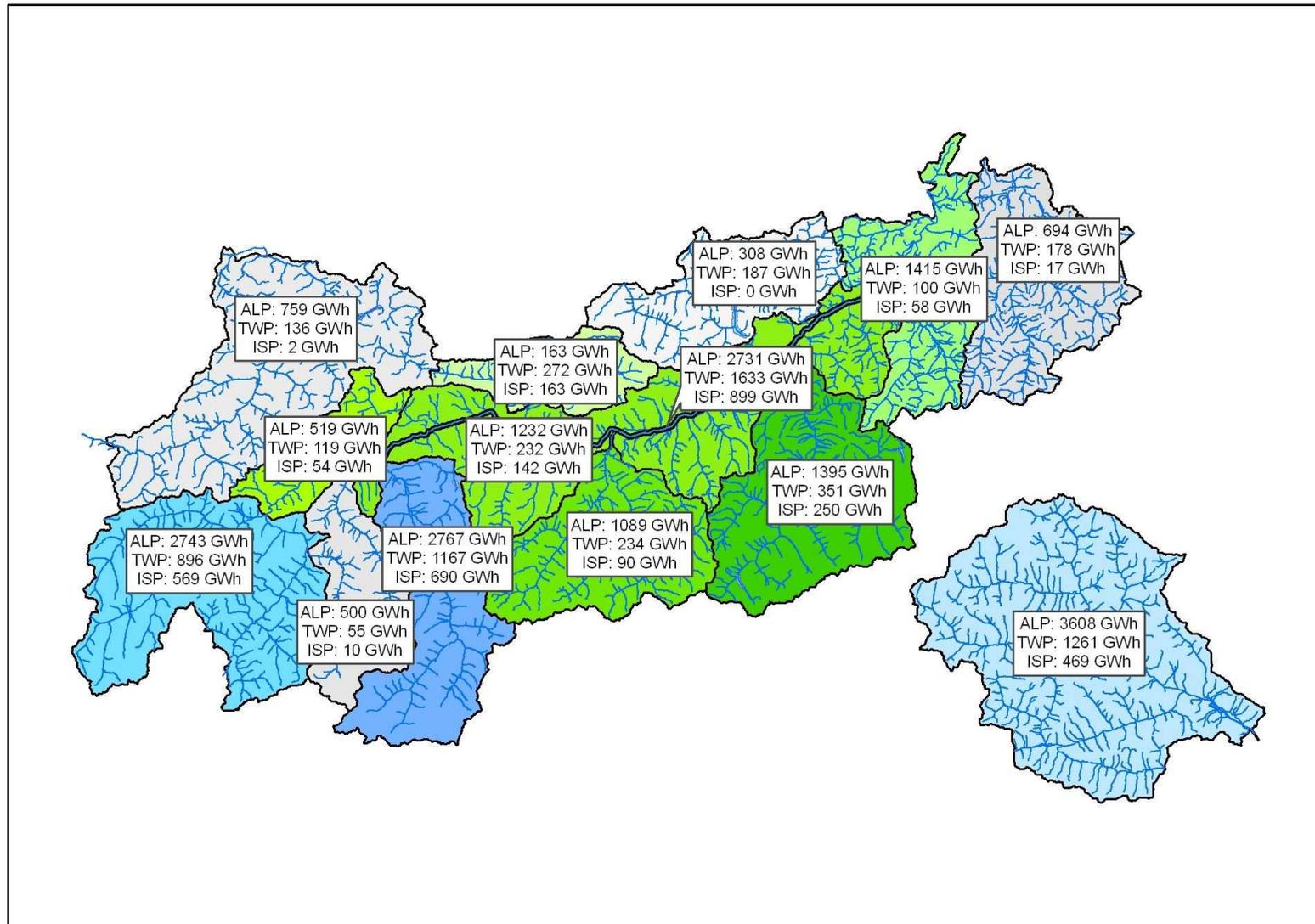


Abbildung 18: Übersicht Regionalpotenziale

2 APPENDICES

2.1 Appendix 1 - Sensitivitätsanalyse Gewässernutzungslänge

Bei Ausleitungskraftwerken wird das Triebwasser dem Gewässer entzogen. Für Ausleitungskraftwerke können zwei Fälle unterschieden werden, welche auch im Rahmen der Modellierung unterschiedlich behandelt wurden:

1. Bei größeren Fließgewässern mit mehreren Wasserentnahmen und Rückgaben im Einzugsgebiet, bei Ausleitungen in andere Einzugsgebiete, bei sehr langen Ausleitungen sind die hydrologischen Veränderungen sehr komplex und eine eindeutige Festlegung von Beginn und Ende einer Ausleitungsstrecke nicht immer möglich, da verschiedene Ausleitungsstrecken ineinander verschachtelt sein können. In diesem Falle wird die Gewässernutzungslänge von Beginn der Beeinflussungsstrecke bis zu einem fiktiven Punkt verlängert an dem wieder ein akzeptabler Anteil des natürlichen Abflusses im Gewässer vorhanden ist.
2. Liegt dieser Punkt unterhalb des Rückgabepunktes der untersuchten Kraftwerksoption, gilt die Strecke zwischen Entnahme und Rückgabe als genutzte Gewässerstrecke.

2.2 Appendix 2 - Untersuchungsradius für Ausleitungskraftwerke

Im Rahmen von Voruntersuchungen wurden verschiedene Szenarien für die Festlegung des optimalen Untersuchungsradius für die Ausleitungskraftwerke untersucht.

Maximaler Abstand zwischen Entnahme und Rückgabe (km)	> 5 MW (Anzahl Verbindungen)	< 1 Euro/KWh (Anzahl Verbindungen)
10	706	734
15	923	850
20	1089	907
25	1171	932
30	1228	946
35	1252	950

Tabelle 57: Anzahl der Verbindungen ($P_T > 5$ MW bzw. $e_{TW} < 1$ Euro/KWh)

2.3 Appendix 3 - Allgemeine Beschreibung der Speicherberechnung

Die Topographie und die Hydrologie des Landes Tirol ermöglicht die sinnvolle Errichtung von Speichern. Mittels Speicher kann die Produktion von elektrischer Energie von Zeiten niedrigen Bedarfs bzw. hohem Wasserdargebots in die Zeiten hohen Bedarfs bzw. geringem Wasserdargebots verlagert werden. Somit spielen Speicher eine zentrale Rolle für die Versorgungssicherheit und die Netzstabilität. Die Speicheroption an einer Gewässerstrecke erhöht somit die energiewirtschaftliche Wertigkeit der Gewässerstrecke. Des Weiteren bieten Speicher auch Möglichkeiten der Hochwasserretention und somit der Entschärfung der Hochwassergefahr. Das potenzielle Speichervolumen, die potenzielle Speicherfläche und die Länge der potenziellen Speicher sind Grundlage für die Bedeutung der Speicheroption für eine Gewässerstrecke.

Datengrundlage

Zur Berechnung der Speicheroption stand folgendes Datenmaterial zur Verfügung:

- Linien, die das Gewässernetz darstellen.
- Polygone, die die Einzugsgebiete darstellen.
- Digitales Geländemodell.
- Entnahme-Punkte am Gewässernetz, an denen die Staudämme simuliert werden sollen.
- Ausschließungsflächen, die von Stauseen nicht erreicht werden dürfen.

Knoten ohne Speicheroption

An Knoten, welche in folgenden Gebieten liegen, wurden keine Speicher gerechnet:

Objekt-Bezeichnung	Shape	Objekt	Kommentar
Nationalpark (Kernzone und Außenzone)	NSR_PL	NPAZ; NPKZ	
WRRL relevante Natura 2000 Gebiete	PSC_PL		Tiroler Lech, Eglsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL		
Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)	NSR_PL	NSG, NSGA	Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)
Sonderschutzgebiet (werden auf Gewässer projiziert werden)	NSR_PL	SSG	Sonderschutzgebiet
Landschaftsschutzgebiet	NSR_PL	LSG	

Tabelle 58: Knoten ohne Speicherrechnung

Des Weiteren wurde an Knoten, welche unterhalb von bestehenden Entnahmen liegen, keine Speicheroption berechnet. Unterhalb der bestehenden Entnahmen sollen Knoten erst wieder betrachtet werden, sobald mindestens wieder 80% des natürlichen Abflusses im Gerinne fließen.

Charakteristik der Speicher

Der Speicher ist an jedem Knoten durch folgende Flächen begrenzt:

1. Geländemodell
2. Staumauer
3. Wasserspiegel

Geländemodell

Ein Geländemodell, das für die weiteren Untersuchungen im Rahmen der Potenzialstudie verwendet wird, wurde der Speicherbetrachtung zugrunde gelegt.

Talsperre

- Die Talsperre soll 30 Meter flussabwärts an jedem Knotenpunkt in der Flussachse positioniert werden.
- Die Talsperre wird als gerade Linie modelliert, deren Drehpunkt der Knotenpunkt ist und deren Ausrichtung möglichst orthogonal zum Verlauf des Haupttales erfolgen soll.
- Die Talsperre ist an dessen Flanken durch das Gelände begrenzt.

Wasserspiegel

Die Wasserspiegellage im Speicher ist in der Höhe begrenzt durch die zu schützenden Flächen, welche durch Raumordnungs- und Naturschutzflächen („Begrenzungsflächen“) definiert sind. Dies bedeutet, dass zu schützende Flächen durch den Speicher nicht genutzt werden dürfen. Diese Ausschlussflächen sind in Tabelle 59 und Tabelle 60 dargestellt.

Objektbezeichnung	Shape	Objekt	Kommentar
Kerngebiet	FLP	BK	
Landwirtschaftliches Mischgebiet	FLP	BL	
Allgemeines Mischgebiet	FLP	BM	
Allgemeines Mischgebiet, Festlegungen in Legende	FLP	BM-N	
Tourismusgebiet	FLP	BT	
Objektgeförderter Wohnbau	FLP	BVW	
Wohngebiet	FLP	BW	
Gemischtes Wohngebiet	FLP	BWG	
Eisenbahnen und Eisenbahnanlagen	FLP	FEB	
Flugplätze und Flugsicherungseinrichtungen	FLP	FLF	
Abwasserbeseitigungsanlage	FLP_KLAERANLAGEN_PL	ARA	Ausschlussgebiet wenn > 10000 EGW
Bauland Kartengenauwo	flaechenwidmung_kartengenau	BL_KART	Ausschlussgebiet Raumordnung in folgenden Gemeinden: Innsbruck, Scharnitz, Sistrans, Grinzens, Sautens, Elmen, Forchach, Breitenwang, Pflach, Tannheim und Schattwald

Tabelle 59: Flächenwidmungen für Speicher aus raumordnerischer Sicht

Objektbezeichnung	Shape	Objekt	Kommentar
Nationalpark (Kernzone und Außenzone)	NSR_PL	NPAZ; NPKZ	
WRRL relevante Natura 2000 Gebiete	PSC_PL	Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpse, Schwemm	nur Tiroler Lech, Egelsee, Vilsalpsee, Schwemm
	SPA_PL	Tiroler Lech; Vilsalpsee	
Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)	NSR_PL	NSG, NSGA	Naturschutzgebiete (z.B. Kernzone Karwendel, Lechtal)
Sonderschutzgebiet (werden auf Gewässer projiziert werden)	NSR_PL	SSG	Sonderschutzgebiet
Landschaftsschutzgebiet	NSR_PL	LSG	

Tabelle 60: Flächen für Speicher aus naturschutzfachlicher Sicht

Wasserspiegelhöhe und Wasserfläche

- Die minimale Höhe oberhalb der zu betrachtenden Staumauer beträgt sechs Meter.
- Gibt es keine Begrenzung der Spiegellage durch Ausschlussflächen, ist die maximale Spiegellage 200 Meter über Knotenhöhe anzusetzen.
- An Sattelpunkten (z.B. Passpunkte) ist das Gelände auf die Höhe des Sattels begrenzt.

Ergebnisse der Speicherrechnung

Im Modell wurde an diskreten Knotenpunkten die Speicheroption betrachtet und deren Eignung zur Speicheroption in Hinblick auf topographische, raumordnerische und naturschutzfachliche Belange bewertet.

An einem Knotenpunkt wurden für die größtmögliche Speicheroption folgende Größen ermittelt:

- Maximal mögliches Speichervolumen (als Attribut am Entnahmeknoten).
- Maximale Speicherfläche (als Polygon und als Attribut am Entnahmeknoten).
- Maximale Länge der Staumauer.
- Maximale Wassertiefe an der Staumauer.
- Verhältnis „Staumauurlänge“ zu „maximale Wassertiefe an Staumauer“.
- Maximale Länge des Speichers (Horizontale Länge entlang der Gewässerlinie vom Knoten zur nächstgelegenen Stauwurzel).
- Maximale Staulänge (Summe der Gewässerlängen in einem Stauseepolygon).

An 2691 Knoten wurden versucht einen möglichen Speicher zu berechnen. An 1034 Knoten waren Speicher mit einer Höhe von mehr als 6 Metern und einem Verhältnis von Dammbreite / Dammhöhe von $\frac{b_D}{h_D} < 6$ möglich.

2.4 Appendix 4 - Kontrolle des Abflussmodells

Um die Modellgüte zu prüfen, wurden an folgenden Pegeln die Einzugsgebietsgrößen und Abflüsse aus der GIS-Modellierung mit den Werten aus dem hydrographischen Jahrbuch geprüft.

Gewässer	Pegelname	Pegelnr.	Hydrographisches Jahrbuch	GIS- Modell
			Nat. EZG (km ²)	Nat. EZG (km ²)
Lech	Lechaschau	201087	1012	1013
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	201525	5792	5870
Inn	Kirchbichl - Bichlweg	201889	9310	9391
Grossache	Kössen - Hütte	202382	701	715
Drau	Lienz Peggetz	212316	1876	1887

Tabelle 61: Vergleich Einzugsgebietsgrößen – Pegeldata und GIS-Modellierung

Gewässer	Pegelname	Pegelnr.	Hydrographisches Jahrbuch			GIS- Modell	
			Nat. EZG (km ²)	Wirk. EZG	MQ (m ³ /s)	Nat. EZG (km ²)	MQ (m ³ /s)
Lech	Lechaschau	201087	1012	931	44,3	1013	46,4
Inn	Innsbruck (oberh. Sill)	201525	5792	5652	165	5870	171
Inn	Kirchbichl - Bichlwang	201889	9310	9395	302	9310	280
Grossache	Kössen - Hütte	202382	701	701	27,1	715	26,1
Drau	Lienz Peggetz	212316	1876	1887	53	1887	58

Tabelle 62: Vergleich Pegelmessungen und Modellabflüsse

2.5 Appendix 5 - Berücksichtigte best. Kraftwerke und Entnahmen ($P_T > 1$ MW)

Name Anlage	WBPZ	Berechtigter
Kopswerk	434	Vorarlberger Illwerke AG
Obervermuntwerk	402	Vorarlberger Illwerke AG
Enzinger Boden	k.A.	ÖBB
(keine Angabe)	1659	Bergbahnen See GmbH
KW Oberaudorf-Ebbs	1866	Österr.-Bayr. Kraftwerke AG (Betr.durch GrenzKW GmbH)
KW Kniepaß	383	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
KW Achensee	575	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Alpsteg	2479	Montanwerke Brixlegg GmbH
KW Lochham II (Oberstufe)	1692	Montanwerke Brixlegg Kraftwerk Alpbach GmbH
KW Debant I - Unterstufe	1417	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Debant II - Oberstufe	2057	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Dorferbach	3950	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Strassen - Amlach	3019	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
(keine Angabe)	3004	Kraler Franz
KW Falkasanerbach	3884	Gemeinde Eilbögen, Gemeinde Pfons, Agrargemeinschaft Eilbögen
KW Finsing I - Oberstufe	531	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
(keine Angabe)	1660	Siegele Werner
KW Grünalmbach	3043	EW-Genossenschaft Hopfgarten i.D.
KW Gunggl	913	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
Kaiserwerk	427	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Kirchbichl	415	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Langkampfen	1948	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Prutz - Imst	788	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
(keine Angabe)	4121	Gemeinde Kals a.Gr.

Name Anlage	WBPZ	Berechtigter
KW Kaiserbach (ev. künftige Unterstufe)	2043	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Ködnitzbach III	4033	Kraftwerkgesellschaft Oberlohr OEG
KW Kristeinbach - "Werk 3"	2665	EW Assling reg. Gen.m.b.H.
KW Zwiesel	845	Marktgem. Hopfgarten i.B.
KW Kelchsau - Zwiesel	871	Stadtwerke Wörgl GmbH
KW Reutte I	205	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
KW Weißhaus	475	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
KW Reutte II	1191	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
KW Leibnitzbach	3159	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Leiersbach	1190	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Lesachbach	3951	Kals Energie GmbH (vormals Interessentschaft KW Lesachbach)
KW Melang	3058	Republik Österreich - BGV II
KW Haneburger	3204	D. Swarovski & Co
KW Melach - Unterstufe	3793	Gemeinde Kematen i.T.
KW Moosbach	15	Energie- und Wirtschafts- betriebe St.Anton GmbH
KW Kartell	1499	Energie- und Wirtschafts- betriebe St.Anton GmbH
KW Mühlau (Werk I)	124	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
KW Navisbach	3506	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Stuiben	94	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Weerberg	824	Kraftwerk Haim KG
KW Bärenbad	4120	Wasserkraft Neustift i.St. GmbH
KW Pill	1442	Stadtgemeinde Schwaz (Stadtwerke)
KW Plansee	307	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
Wasserkraftanlage Pollesbach	1668	Auer Wasserkraft GmbH & Co.KG
KW Rettenbach	1775	Elektrizitätswerk Sölden Reg.Gen.m.b.H.

Name Anlage	WBPZ	Berechtigter
KW Fulpmes	2613	Österreichische Bundesbahnen
KW Salvesenbach	1228	Stadtgemeinde Imst (Stadtwerke)
KW Schmirnbach	3337	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Schwarzach 2003	3926	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Süd	3103	Österreichische Bundesbahnen
Abwasser-KW Seefeld	3653	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Sidan (neu)	1737	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
Brennerwerk	88	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Untere Sill	246	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
KW Obere Sill	650	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
Zwischen - KW	2081	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG
KW Kühtai	1034	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Funsingau	909	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Kaunertal	540	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Gerlos	658	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Silz	1369	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Heiterwang	602	Elektrizitätswerke Reutte GmbH
KW Roßhag	913	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Mayrhofen	913	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Traualpsee	454	Elektrizitätswerk Schattwald
KW Rosanna	1112	Energie- und Wirtschafts- betriebe St.Anton GmbH
KW Häusling	1598	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Starkenbach	1374	Stadtgemeinde Imst / Stadtwerke Imst
(keine Angabe)	2082	Stöckl Friedrich
"Stufe 2"	2421	EW Assling reg. Gen.m.b.H.
(keine Angabe)	3946	EW Assling reg. Gen.m.b.H.
WKA Timmelbach	3928	EW Prägraten reg. Gen.m.b.H.

Name Anlage	WBPZ	Berechtigter
KW Wiesberg	297	Donau Chemie AG
(keine Angabe)	3916	Lichtgenossenschaft St. Jakob i.Def.
(keine Angabe)	2109	Stock Karl
KW Urgbach	1274	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
Erweiterungsstufe	3759	Gemeinde Ellbögen
KW Heinfels	3106	TIWAG - Tiroler Wasserkraft AG
KW Vilsfall	301	Elektrizitätswerk Schattwald
KW Volders	2229	Stadtwerke Hall in Tirol GmbH
KW Unterer Vomperbach	816	Stadtgemeinde Schwaz (Stadtwerke)
KW Oberer Vomperbach (2. Ausbaustufe)	484	Stadtgemeinde Schwaz (Stadtwerke)
"500 m - Stufe"	2544	D. Swarovski & Co
"240 m - Stufe"	2522	Papierfabrik Wattens GmbH
KW Weer	1190	Kraftwerk Haim KG
KW Kolsaß	573	Kraftwerk Haim KG
KW Weißache	589	Stadtwerke Kufstein GmbH
KW Halltal	704	Stadtwerke Hall in Tirol GmbH
KW Windache (neu)	1665	EW Sölden reg. Gen.m.b.H.
KW Bösdornau	375	Verbund - Austrian Hydro Power (AHP) AG
KW Zwenewald(ev. künftige Unterstufe)	2517	EW-Genossenschaft Hopfgarten i.D.

Tabelle 63: Bestehende KW und Entnahmen ($P_T > 1$ MW) (Wasserkraftkataster Tirol)

3 PLÄNE

Plan Nr.	Fachbereich	Darstellung
C138-WKP-EW-00	Energiewirtschaft	Gesamtbewertung
C138-WKP-EW-01	Energiewirtschaft	Kriterium – Technisch-wirtschaftliche Aspekte
C138-WKP-EW-02	Energiewirtschaft	Kriterium – Effizienz der Energieproduktion
C138-WKP-EW-03	Energiewirtschaft	Kriterium – Speicheroption / Systemstabilität
C138-WKP-EW-04	Energiewirtschaft	Kriterium – Netzwirtschaftliche Aspekte
C138-WKP-WA-00	Wasserwirtschaft	Gesamtbewertung
C138-WKP-WA-01	Wasserwirtschaft	Kriterium – Gewässerbeanspruchung
C138-WKP-WA-02	Wasserwirtschaft	Kriterium – Auswirkungen auf die Hochwassersituation
C138-WKP-WA-03	Wasserwirtschaft	Kriterium – Auswirkungen auf die Immissionssituation
C138-WKP-RO-00	Raumordnung	Gesamtbewertung
C138-WKP-RO-01	Raumordnung	Kriterium – Direktnutzung an Fließgewässern
C138-WKP-RO-02	Raumordnung	Kriterium - Forstwirtschaft
C138-WKP-RO-03	Raumordnung	Kriterium - Regionalwirtschaft
C138-WKP-OEK-00	Gewässerökologie	Gesamtbewertung
C138-WKP-OEK-01	Gewässerökologie	Kriterium – Ökologischer Zustand
C138-WKP-OEK-02	Gewässerökologie	Kriterium – Morphologie
C138-WKP-OEK-03	Gewässerökologie	Kriterium – Gewässersondertyp (Gletscherbach)

Plan Nr.	Fachbereich	Darstellung
C138-WKP-OEK-04	Gewässerökologie	Kriterium – Übersichtsmessstellen
C138-WKP-OEK-05	Gewässerökologie	Kriterium – Freie Fließstrecke
C138-WKP-OEK-06	Gewässerökologie	Kriterium – Geförderte Gewässer
C138-WKP-OEK-07	Gewässerökologie	Typspezifische Ausprägung
C138-WKP-OEK-08	Gewässerökologie	Kriterium – Revitalisierungsflächen
C138-WKP-OEK-09	Gewässerökologie	Kriterium – Mindestabfluss
C138-WKP-OEK-10	Gewässerökologie	Kriterium – Speichergröße
C138-WKP-NA-00	Naturschutz	Gesamtbewertung
C138-WKP-NA-01	Naturschutz	Kriterium – Naturräumliche Bedeutung