

# **Methodik zur ganzheitlichen Beurteilung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz**

Inauguraldissertation  
der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Bern

vorgelegt von  
**Carol Hemund**  
von Kappelen

Leiter der Arbeit:  
Prof. Dr. R. Weingartner  
Geographisches Institut der Universität Bern



# **Methodik zur ganzheitlichen Beurteilung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz**

Inauguraldissertation  
der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Bern

vorgelegt von  
**Carol Hemund**  
von Kappelen

Leiter der Arbeit:  
Prof. Dr. R. Weingartner  
Geographisches Institut der Universität Bern

Von der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät angenommen.

Bern, 31. Mai 2012

Der Dekan:  
Prof. Dr. S. Decurtins





# ZUSAMMENFASSUNG

Die stetig wachsende Energienachfrage und die gleichzeitig schwindenden fossilen Energiereserven haben das Interesse am Ausbau erneuerbarer Energien sowohl auf internationaler wie auch auf nationaler Ebene gesteigert. In der Folge wurden verschiedenste Fördermechanismen eingeschaltet, um die Technologie und deren Nutzung möglichst rasch voranzutreiben. Mit der Einführung der KEV-Fördergelder 2009 stieg in der Schweiz die Anzahl Projekte für die Nutzung erneuerbarer Energien rapide an. Entsprechend zahlreich waren bzw. sind die Gesuche für Kleinwasserkraftwerke ( $\leq 10$  MW), welche bei der nationalen Netzwerkgesellschaft Swissgrid sowie insbesondere auch bei den Kantonalen Konzessionsbehörden auf ein Bewilligungsverfahren warten. Da allerdings bis anhin eine systematische und ganzheitliche Beurteilung von Kleinwasserkraftprojekten trotz einzelner vorliegender Leitlinien (BAFU et al. 2011, Plattform Water Management in the Alps 2011) und Methodenvorschlägen (AWA 2010b) nur schwer möglich war, wurde vom Bundesamt für Energie (BFE) ein Projekt initiiert, welches dieser Problematik Abhilfe schaffen sollte. Als Teil dieses Projektes wurde in der vorliegenden Arbeit eine ganzheitliche Beurteilungsmethode für das Kleinwasserkraftpotential in der Schweiz erarbeitet. Die Methode soll die Frage nach den für eine Wasserkraftnutzung geeigneten Gewässerabschnitten mittels szenarienbasierter Empfehlungen beantworten und damit für die verantwortlichen Behörden ein Hilfsmittel bereitstellen.

Die Interessen, welche im Hinblick auf eine Kleinwasserkraftnutzung aufeinandertreffen, sind sehr vielfältig und aufgrund ihrer Gegenläufigkeit nur schwer vereinbar. Die Beurteilungsmethode verfolgt deshalb das Ziel einer ganzheitlichen Sichtweise, die gleichermassen ökologische, soziokulturelle wie auch wirtschaftliche Anliegen berücksichtigt. Damit orientiert sie sich einerseits ganz klar am Nachhaltigkeitskonzept (United Nations 1987, Schweizerischer Bundesrat 2008), stützt sich andererseits aber auch auf den Ansatz der Ökosystemleistungen (MEA 2005). Denn der Beurteilung des Ökosystems Gewässer und damit der Ausweisung von Ökosystemleistungen gilt der Hauptfokus, sie sind zentraler Gegenstand der Untersuchungen. Zur Evaluation werden Indikatoren eingesetzt, welche die vielfältigen Ausprägungen aller relevanten Ökosystemfunktionen eines Gewässers mithilfe eines Geoinformationssystems (GIS) erfassen. Indem sie den aktuellen Zustand jedes einzelnen Gewässerabschnitts, basierend auf bestehenden Geodaten, abbilden und den darin enthaltenen Funktionen einen entsprechenden Wert, d.h. eine Ökosystemleistung zuweisen, wird ersichtlich inwiefern sich dieser Abschnitt für eine Kleinwasserkraftnutzung eignet. Mittels Rangierung aller möglichen Bewertungsausgänge wird anschliessend die effektive Nutzungseignung festgelegt. Hierbei wird durch den Einsatz von Regeln das raumplanerische Ziel der Verdichtung und Konzentration verfolgt. In einem systematischen Auswahlverfahren wird jenen Gewässerabschnitten höchste Nutzungspriorität zugewiesen, welche bereits einen Nutzungsschwerpunkt aufweisen. Hingegen wird in besonders schützenswerten Gewässerabschnitten von einer Nutzung abgeraten, wobei gesetzliche Schutzgebiete eine Wasserkraftnutzung gänzlich ausschliessen. Wo die Grenze zwischen Schutz und Nutzung effektiv zu liegen kommt, d.h. wie viele Gewässerabschnitte eine Nutzungsempfehlung erlangen, ist letztlich den politischen Entscheidungsträgern überlassen. Diese Flexibilität wird durch einen Regelme-

chanismus ermöglicht, welcher bspw. eine auf ein bestimmtes Ausbauziel fokussierte Auswahl von Gewässerabschnitten zulässt. Die daraus resultierenden Szenarien werden in Kartenform dargestellt und liefern damit fundierte Grundlagen für die Entscheidungsprozesse. Die Zuordnung der Nutzungseignung erfolgt unabhängig von der Anzahl Gewässerräume und deren Anordnung, d.h. die Verteilung von Nutzungs- und Schutzzschwerpunkten im Raum bleibt offen. Es wird darauf hingewiesen dies regional zu diskutieren und auszuarbeiten.

Die Methode wurde unter Aufsicht einer wissenschaftlichen Begleitgruppe mit Vertretern aus Umwelt, Wirtschaft, Politik und Wissenschaft entwickelt und an vier verschiedenen Einzugsgebieten des Berner Ober- und Mittellandes getestet. Eine Anwendung garantiert die Einhaltung der schweizerischen Gesetzgebung und aktuellen Richtlinien zur Kleinwasserkraftnutzung in der Schweiz. Durch die ganzheitliche Berücksichtigung sämtlicher relevanter Ökosystemfunktionen eines Gewässers führt sie zu einer nachhaltigen und plausiblen Lösung. Dies ist trotz umfangreicher Datenmenge mit einem zeitlichen Aufwand von ungefähr zehn Tagen pro Gebiet machbar. Zudem erfüllt die Bewertungsmethode die erforderlichen wissenschaftlichen Gütekriterien der Objektivität, Validität und Reproduzierbarkeit, womit die Zuverlässigkeit und Repräsentativität der Ergebnisse gewährleistet sind. Der Anwendungsbereich lässt sich ausserdem aufgrund der detaillierten Charakterisierung der einzelnen Gewässerabschnitte beliebig erweitern. Des Weiteren können die szenarienspezifischen Karten ebenso als Hilfsmittel zur groben Selektion von Kleinwasserkraftprojekten wie auch zur Planung von Renaturierungen eingesetzt werden. Die effektive Nutzbarkeit des Wasserkraftpotentials einzelner Gewässerabschnitte vermag die Methode allerdings nicht abschliessend zu beurteilen. Hierzu sind detaillierte Abklärungen durch entsprechende (Wasserbau-) Experten oder eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) notwendig.

Durch den modularen Aufbau der Methode und die unspezifische Anwendbarkeit auf verschiedene Gewässertypen bleibt sie flexibel und könnte mit gewissen Anpassungen auch in anderen Ländern eingesetzt werden. Einzige Einschränkungen hierbei wären womöglich die Verfügbarkeit und der Auflösungsgrad von Geodaten, die als Grundlage für die Analyse verwendet werden.

Insgesamt ist die Beurteilungsmethode als Arbeitsinstrument zu verstehen. Es gelingt ihr die Interessenskonflikte im Spannungsfeld zwischen Schutz und Nutzung der Gewässer sachlich darzustellen und grossräumige Empfehlungen abzugeben. Damit erfüllt sie ihre Aufgabe das Kleinwasserkraftpotential der Schweiz aus einer ganzheitlichen Sichtweise zu beurteilen. Dennoch bleibt die Frage offen, wo konkret ein Ausbau der Wasserkraft stattfinden soll. Zusammen mit der Aufforderung unbedingt spezifische Gebietskenntnisse und eine regionale Sichtweise in die Planung einfliessen zu lassen, wird diese Entscheidung der Politik überlassen.

# VORWORT

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Ausbau der Kleinwasserkraft in der Schweiz und bewegt sich damit im Spannungsfeld zwischen Schutz und Nutzung. Ihre Aufgabe ist es, unter Wahrung einer neutralen Position, wissenschaftliche Grundlagen zur Unterstützung der Diskussion bereitzustellen. Mithilfe einer Beurteilungsmethode wird versucht die Situation möglichst objektiv und sachlich darzulegen, wobei alle Interessen gleichwertig berücksichtigt werden. Die hier dargelegte Arbeit ist das Ergebnis eines dreijährigen Entwicklungsprozesses, während dem sich vieles wiederholt geändert hat. Der Methode, wie sie sich heute präsentiert, gingen unzählige kritische Diskussionen und viel Engagement verschiedenster Personen voran. Diesen Personen möchte ich im Folgenden für ihre Unterstützung danken:

Prof. Rolf Weingartner für die Loyalität und konsequente Unterstützung in jeder Hinsicht sowie die interessanten Diskussionen.

Dr. Bruno Schädler für die Hilfe während der Vertretung von Rolf Weingartner und die vielen guten Gespräche in den Kaffeepausen.

Joëlle Hirschi, Iris Baumgartner und Daniel Studer für ihr grosses persönliches Engagement, die umfangreiche Vorarbeit und den spannenden Austausch.

Den Teilnehmern der wissenschaftlichen Begleitgruppe für ihr Interesse, die konstruktiven Rückmeldungen und kritischen Diskussionen.

Der Gruppe Hydrologie des Geographischen Instituts, insbesondere Nina Köplin und Raphael Meyer für die Hilfe in allen Belangen und die fröhlichen Unterhaltungen.

Zoë Maire und Kevin Hemund fürs Mitdenken, Zuhören und das Korrekturlesen.

Meinen Eltern für Ihr Vertrauen, ihre Offenheit und die moralische Unterstützung zu jeder Zeit.

Und allen Übrigen, die in irgendeiner Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

# INHALT

Zusammenfassung.....	I
Vorwort .....	III
Inhalt .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VIII
Abkürzungen .....	IX
Glossar .....	X
1 Einleitung .....	1
1.1 Forschungshintergrund .....	1
1.1.1 Energie- und Umweltpolitik .....	1
1.1.2 Kleinwasserkraft .....	2
1.1.3 Fehlende Instrumente .....	2
1.2 Stand der Forschung .....	3
1.3 Projektrahmen .....	6
2 Ziel der Arbeit .....	7
3 Methode .....	9
3.1 Grundlagen (1).....	9
3.1.1 Methodische Ziele und Anforderungen .....	9
3.1.2 Herleitung des Konzepts.....	12
3.1.3 Datengrundlagen und -aufbereitung .....	16
3.1.4 Untersuchungseinheiten .....	20
3.1.5 Analyseraster.....	22
3.1.6 Untersuchungsgebiete .....	31
3.2 Beurteilung (2).....	32
3.2.1 Datenerhebung (Erfassung IST-Zustand).....	33
3.2.2 Wertsynthese .....	34
3.2.3 Ökosystemleistungen A, B und C.....	45
3.3 Auswertung (3) .....	46
3.4 Szenarien (4) .....	53
4 Fallstudien.....	58
4.1 Lütschine.....	58

4.2	Vergleich der Untersuchungsgebiete .....	65
4.3	Vergleich mit anderen Ergebnissen.....	70
5	Diskussion .....	77
6	Schlussfolgerung.....	81
6.1	Fazit.....	81
6.2	Empfehlungen.....	82
7	Literatur .....	83
8	Anhang .....	91
8.1	Analyseraster .....	92
8.2	Arbeitshilfen .....	100
8.2.1	Basis- und Referenzdaten .....	100
8.2.2	Geodatenbank .....	102
8.2.3	Datenerhebung im GIS .....	107
8.2.4	Wertsynthese .....	165
8.3	Karten .....	166
8.3.1	Emme .....	167
8.3.2	Lütschine .....	174
8.3.3	Simme und Kander .....	182

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Figur 1 Projektaufbau .....	6
Figur 2 Iteratives Vorgehen mit Rückkopplungen .....	8
Figur 3 Die Methode und der Aufbau des Kapitels 3 im Überblick.....	10
Figur 4 Bewertungsmodell. Wesentliche Elemente und Begriffe der Beurteilung. Das Modell gliedert sich in vier Grundeinheiten: Sachebene (oben) und Wertebene (unten) sowie Bewertungsobjekt (links) und Bewertung (rechts). (Darstellung in Anlehnung an Bernotat et al. 2003: 363, 365) .....	15
Figur 5 Schematische Abgrenzung der Untersuchungseinheiten .....	20
Figur 6 Strukturierung der Ökosystemfunktionen eines Typs .....	23
Figur 7 Untersuchungsgebiete .....	32
Figur 8 Bewertungsmethode. Syntheseschritte zur Bewertung der Bedeutung der Ökosystemfunktionen (Darstellung in Anlehnung an Bernotat et al. 2003: 368, 381).....	34
Figur 9 Ausschnitt aus der Sensitivitätsanalyse der kulturellen Ökosystemfunktionen. Vernetzungsgrad der Komponenten Erschliessung (Ersch), Erlebnischarakter (Erleb) und Freizeit & Sport (FreSp) des Funktionstyps B. Degree of Interrelaion: Vernetzungsgrad; Activity Ratio: Steuerungsfaktor .....	37
Figur 10 Gewichtungstests. Dargestellt sind die Werteverteilungen der 125 <i>Bewertungen GR</i> . 1) Gewichtung der Komponenten im Verhältnis 3:2:1 (annähernd symmetrische, schmale Verteilung), 2) Referenztest: keine Gewichtung bzw. Mittelung der Teilbewertungen (annähernd symmetrische, sehr schmale Verteilung), 3) Anwendung des Entscheidungsbaums Struktur-Version 1: Gewichtung gemäss Tabelle 12 (rechtsschiefe, annähernd flache Verteilung), 4) Anwendung des Entscheidungsbaums Struktur-Version 2: Gewichtung im Verhältnis 2:2:1 (rechtsschiefe, tendenziell schmale Verteilung).....	39
Figur 11 Entscheidungsbäume zur Ermittlung der <i>Bewertung GR</i> (= farbig hinterlegte Ziffern). Inputgrössen sind die Teilbewertungen der Komponenten, wobei gilt: A) Regulierende Ökosystemfunktionen, B) kulturelle Ökosystemfunktionen, C) Bereitstellende Ökosystemfunktionen. Die Bedeutung der Akronyme sind der Tabelle 12 zu entnehmen. ....	40
Figur 12 Einfluss der <i>Bewertung LR</i> auf die <i>Bewertung GR</i> bzw. die <i>Ökosystemleistungen</i> der beiden Funktionstypen A (oben) und C (unten) am Beispiel der Emme. Dargestellt ist jeweils die <i>Bewertung GR</i> als Ausgangslage (links: a, d) und die Werteverteilung nach der Vereinigung der <i>Bewertung GR</i> und <i>LR</i> , wobei für die <i>Bewertung LR</i> eine Mindestmenge von 3 (Mitte: b, e) bzw. von 4 für den Funktionstyp A (c) und 1 für den Funktionstyp C (f) eingesetzt wurde.....	42
Figur 13 Synthese der <i>Bewertung GR</i> und <i>LR</i> nach Funktionstyp A (grün), B (orange) und C (blau). Dargestellt sind von links nach rechts die Werteverteilungen der <i>Bewertung GR</i> , der zusammengeführten <i>Bewertung GR und LR</i> sowie der Gesamtbewertung der <i>Ökosystemleistung</i> der Emme. ....	44
Figur 14 Ökosystemleistungen eines Ausschnitts der Emme (Gesamtbewertung). ....	45
Figur 15 Allgemeine Leserichtung in der Entscheidungsmatrix: a) Vom linken oberen zum rechten unteren Feld und b) vom höchsten (5) zum kleinsten (1) C-Wert (Regel 2). ....	48
Figur 16 Gruppierung der Kombinationen ABC (Regel 3) .....	49
Figur 17 Kombinationen ABC im linken unteren Feld erhalten immer einen besseren Rang als Kombinationen im rechten oberen Feld (Regel 4) .....	51
Figur 18 Erst nachdem alle Kombinationen derselben Prioritätengruppe innerhalb des betrachteten Feldes rangiert worden sind, wird zum nächsten Feld gewechselt (vgl. Figur 17). Abgebildet ist die Rangierung der Prioritätengruppe 1 in Feld 1. .....	51
Figur 19 Die bewegliche Grenze in der Rangliste entscheidet über die finale Nutzungseignung der einzelnen Kombinationen ABC bzw. der Gewässerräume und bildet die Grundlage der Szenarien. (Grün = Nutzung; Rot = Schutz; dargestellt ist ein fiktives Beispiel). ....	53
Figur 20 Rangverteilung und Wasserkraftpotential der Gewässerräume der Emme. Dargestellt ist die Schutz- und Nutzungszuweisung bei einem Ausbauziel von 10 MW für das gesamte EZG der Emme. ....	53
Figur 21 Darstellung der Ergebnisse für die Emme bei einem 10 MW-Szenario (links) und einem Szenario, bei dem auf die spezifischen Charakteristiken (ausgeprägte regulierende Ökosystemfunktionen) des EZG Rücksicht genommen wurde (rechts). ....	54
Figur 22 Rangverteilung der Gewässerräume der Emme. Erfolgt die Unterteilung (gelbe Linie) in Ränge, die sich für eine Nutzung eignen (Rang 1 bis 65) und in schutzwürdige Ränge (Rang 66 bis 127) unter Berücksichtigung der spezifischen Gebietseigenschaften der Emme, ergibt sich ein Szenario wie in Figur 21 (rechts) dargestellt. ....	55
Figur 23 Ökosystemleistungen der Lutschine. Dargestellt sind die Ausprägungsgrade der ökologischen (links oben), kulturellen (rechts oben) und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen (links unten). Das Diagramm quantifiziert diese Ergebnisse in Form einer Häufigkeitsverteilung der Ränge (Histogramm). ....	59

Figur 24 Typische Rangverteilung der Gewässerräume der Lüttschine. ....	61
Figur 25 Nutzungs-Szenario für das EZG der Lüttschine unter Berücksichtigung gebietsspezifischer Eigenheiten. ....	61
Figur 26 40 MW-Szenario für das EZG der Lüttschine. Die Zuordnung einer Nutzungsempfehlung erfolgt ohne Rücksichtnahme auf die effektive Nutzungseignung der Gewässerräume. Das Ausbauziel von 40 MW lässt sich durch Festlegung der Grenze zwischen Rang 85 und 86 erreichen. ....	62
Figur 27 Spezifische Leistung der Gewässerräume in Abhängigkeit ihrer Nutzungseignung (Rang). ....	63
Figur 28 Exemplarische Aggregation der Gewässerräume des Einzugsgebiets der Lüttschine basierend auf dem Szenario 85/104 (vgl. Figur 33). Die Aggregation wurde gemäss den Empfehlungen in Kapitel 3.4 durchgeführt. ....	64
Figur 29 Rangverteilungen der Untersuchungsgebiete Lüttschine, Emme, Simme und Kander. ....	65
Figur 30 Relativer Anteil der ökologischen, kulturellen und wirtschaftlichen Leistungen in den EZG Lüttschine, Emme, Simme und Kander. Dargestellt ist der prozentuale Anteil Gewässerräume unabhängig von ihrer Länge. ....	66
Figur 31 30 MW-Szenario. Die Nutzungszuweisung erfolgt in allen Gebieten ausschliesslich aufgrund des bei 30 MW festgelegten Ausbauzieles. Die Graphik unten quantifiziert die betroffenen Gewässerräume und zeigt bei welchem Rang die Grenze zwischen Schutz und Nutzung liegen würde. Die Gewässerraumlänge wurde nicht berücksichtigt. ....	67
Figur 32 Szenario unter Berücksichtigung der Gewässerraumbeurteilungen. Die Grenzen liegen bei Rang 65 (ABC=322) und 100 (ABC = 252). Die Graphik unten zeigt zusätzlich zum Anteil der betroffenen GR die mit diesem Szenario erreichbare Wasserkraftleistung im Gebiet (aufsummierte kW pro km <sup>2</sup> ). ....	69
Figur 33 Gegenüberstellung der Wassernutzungskarte des Kantons Bern (AWA 2010a) und der Schutz und Nutzungs- Szenarien für die Emme (oben), die Lüttschine (Mitte) sowie die Simme und Kander (unten). Dargestellt sind jeweils unterschiedliche Szenarien für die einzelnen Gebiete (z.B. Emme 85/102 = Nutzungsempfehlungen bis Rang 85, Schutzempfehlungen ab Rang 102), wohingegen die Wassernutzungskarte unverändert bleibt. ....	72
Figur 34 Ökosystemleistungen der 7 Standorte (Tri-Plots). Die Plots zeigen die dreiteiligen Beurteilungen der durch den Wasserkraftwerksstandort betroffenen Gewässerräume (schwarze Punkte), ungeachtet dessen, ob es sich um ein gesetzl. Schutzgebiet handelt oder nicht. Lesebeispiel: Ein GR mit der ABC-Kombination 125, also überdurchschnittlich bedeutenden wirtschaftlichen Ökosystemleistungen (63 %), wird in der linken unteren Ecke des Tri-Plots aufgezeichnet. Graphik unten: Vergleich der längengewichteten Nutzungsempfehlungen gemäss den Szenarien in Figur 33 und der Wassernutzungskarte (AWA 2010). ....	75

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Übersicht über verschiedene Beurteilungsverfahren und Leitlinien .....	4
Tabelle 2 Liste der verwendeten Geodaten. Daten, welche sowohl für die Abgrenzung (Referenzdaten) wie auch für die Analyse eingesetzt werden, sind fett hervorgehoben. Daten, welche zur Darstellung der Ergebnisse hilfreich sind, wurden mit einem * versehen. nat: nationale Daten, kant: kantonale Daten.....	17
Tabelle 3 Liste der übrigen Daten (manuelle Überführung ins GIS) .....	18
Tabelle 4 Regulierende Ökosystemfunktionen - Typ A.....	24
Tabelle 5 Kulturelle Ökosystemfunktionen - Typ B .....	26
Tabelle 6 Bereitstellende Ökosystemfunktionen - Typ C.....	28
Tabelle 7 Schutzgebiete, die zum Sonderstatus „Prioritätsraum“ führen. ....	29
Tabelle 8 Wertskala .....	30
Tabelle 9 Testgebiete .....	31
Tabelle 10 Zeitaufwand pro Gebiet in Arbeitstagen [d]. ....	33
Tabelle 11 Zuordnung der Gewässerraum-Indikatoren zur entsprechenden Komponente. Die Bezeichnung der Indikatoren bezieht sich auf Anhang 8.1.....	35
Tabelle 12 Gewichtung der Teilbewertungen des Gewässerraums aufgrund des Vernetzungsgrades ihrer Komponenten (hoher Vernetzungsgrad = stärkste Gewichtung bzw. Position 1 im Entscheidungsbaum). ....	38
Tabelle 13 Zuordnung der Landschaftsraum-Indikatoren zum entsprechenden Ökosystemfunktionstyp und Festlegung der Mindestmengen zur Bestimmung ihres Einflusses (0 oder +1) auf die Bewertung GR. Die Bezeichnung der Indikatoren bezieht sich auf Anhang 8.1.....	41
Tabelle 14 Die drei bedeutendsten IST-Zustände für die Funktionstypen A, B und C. Sie entsprechen dem Wert 5 auf der Wertskala. ....	46
Tabelle 15 Rangierung aller 125 Kombinationen ABC .....	52
Tabelle 16 Stärken und Grenzen der Methode. ....	81



# ABKÜRZUNGEN

ABC	Ökologische (A), kulturelle (B) und wirtschaftliche (C) Ökosystemleistung
AGR	Amt für Gemeinden und Raumordnung des Kantons Bern
ANF	Abteilung Naturförderung des LANAT, Kanton Bern
AOEV	Amt für öffentlichen Verkehr des Kantons Bern
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AUE	Amt für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern
AWA	Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern
BABS	Bundesamt für Bevölkerungsschutz
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAK	Bundesamt für Kultur
BE	Kanton Bern
BFE	Bundesamt für Energie
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie (neu BAFU)
CEPE	Centre for Energy Policy and Economics
CSCF	Centre Suisse de Cartographie de la Faune
Eawag	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EU	Europäische Union
EZG	Hydrologisches Einzugsgebiet
FI	Fischereiinspektorat, Kanton Bern
FR	Kanton Freiburg
GBL	Gewässer- und Bodenschutzlabor des Kantons Bern
GDB	Geodatenbank / Godatabase
GEWISS	Gewässerinformationssystem Schweiz
GIS	Geographisches Informationssystem / Geoinformationssystem
GIUB	Geographisches Institut der Universität Bern
GR	Gewässerraum
HADES	Hydrologischer Atlas der Schweiz
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KAWA	Amt für Wald des Kantons Bern
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung
kW	Kilowatt (Leistung)
kWh	Kilowattstunde (Produktion, Arbeit)
KWK	Kleinwasserkraft
LANAT	Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern
LR	Landschaftsraum
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
NHB	Nachhaltigkeitsbeurteilung
NWB	Netzwerk Wasser im Berggebiet
TBA	Tiefbauamt des Kantons Bern
UE	Untersuchungseinheiten
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VS	Kanton Wallis
WK	Wasserkraft

# GLOSSAR

<b>Bewertung GR</b>	Die Bewertung GR ist ein Zwischenergebnis der Wertsynthese. Sie umfasst alle Teilbewertungen und gibt somit Auskunft über den Zustand der Ökosystemfunktionen im GR (Kapitel 3.2.2). Sie beeinflusst das Endergebnis der Beurteilung, die Ökosystemleistung, massgeblich.
<b>Bewertung LR</b>	Die Bewertung LR fasst die Bedeutung sämtlicher Ökosystemfunktionen eines LR zusammen (Kapitel 3.2.2). Sie ist als Zwischenergebnis der Wertsynthese zu verstehen, das die Bewertung GR gegebenenfalls positiv beeinflusst.
<b>Funktionstypen</b>	Die verschiedenen Ökosystemfunktionen werden gemäss Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) in die drei Typen regulierende (Typ A), kulturelle (Typ B) und bereitstellende (Typ C) Funktionen aufgeteilt (Kapitel 3.1.2). Unter regulierenden Ökosystemfunktionen werden bspw. die Klimaregulation und Wassereinigung wie auch die Aufrechterhaltung von Nährstoffkreisläufen, Bodenbildung und Primärproduktion verstanden.
<b>Ganzheitliche Beurteilung</b>	Eine ganzheitliche Beurteilung berücksichtigt im Sinne des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung die drei Dimensionen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft gleichwertig (AUE 2010: 4).
<b>GEWISS</b>	Das Gewässerinformationssystem Schweiz GEWISS ist ein gesamtschweizerisches Informationssystem mit Daten zu allen Themen im, am und um das Gewässer herum (BAFU 2011).
<b>Gewässerraum (GR)</b>	Der GR ist eine der beiden Untersuchungseinheiten, welche die Ökosystemfunktionen des Gewässers und des nahen Uferbereichs erfasst. Die Länge des GR ist identisch mit den Gewässerabschnittslängen der Ökomorphologie der Schweiz (BAFU 2009d), wohingegen die Breite auf der Biodiversitätsbreite der Schlüsselkurve beruht (BWG 2001: 18f). Der GR ist im Gegensatz zum LR kleiner bemessen.
<b>Indikator</b>	Der Indikator repräsentiert den Zustand einer einzelnen Ökosystemfunktion innerhalb eines GR oder LR (Kapitel 3.1.5). Er ist der Grundbaustein der Beurteilungsmethode. Mithilfe des Indikators wird der Zustand einer Funktion letztlich in eine Ökosystemleistung überführt. Dazu werden Messskalen und eine fünfstufige Wertskala eingesetzt.
<b>KEV</b>	Die Kostendeckende Einspeisevergütung ist ein staatlicher Förderbeitrag, von dem in der Schweiz seit 2009 Projekte profitieren können, die zur Energiegewinnung erneuerbare Energien wie Sonne, Wind, Biomasse, Geothermie und Wasserkraft ( $\leq 10$ MW) nutzen (BFE 2008). Zurzeit schwanken die Vergütungsbeiträge für Kleinwasserkraftprojekte zwischen 16 und 36 Rp/kWh. Die Bestimmungen über die kostendeckende Einspeisevergütung sind in der geänderten Energieverordnung (EnV) geregelt (EnV, SR 730.01, 1998).
<b>Kilowatt [kW]</b>	Bei der Stromproduktion aus Wasserkraft wird mit Kilowatt die Leistung P bezeichnet, welche durch einen gegebenen Abfluss Q [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] und eine Fallhöhe h [m] erzeugt werden kann. Ferner gilt: 1 MW = 1'000 kW. Eine vereinfachte Formel zur Berechnung der Leistung ist wie folgt definiert: $P = Q \cdot h \cdot \gamma$ .
<b>Kilowattstunde [kWh]</b>	Die Kilowattstunde ist eine Masseinheit für die Energie E, welche durch ein Wasserkraftwerk mit einer Leistung P von 1'000 Watt ( $\approx 1$ kW) in einer Stunde [h] erzeugt wird. Die Kilowattstunde bezeichnet also die Produktionsleistung oder das Arbeitsvermögen eines Wasserkraftwerks. Als einfache Formel zur Berechnung des Jahresarbeitsvermögens [kWh/y] gilt: $E = P \cdot 4'500 \text{ h}$ (bis 5'500 h); wobei P = Leistung [kW]. Beispiel: Ein Haushalt in der Schweiz hat einen jährlichen Stromverbrauch zwischen 3'500 und 4'500 kWh.
<b>Kleinwasserkraft (KWK)</b>	Sowohl grosse als auch kleine Anlagen folgen demselben Prinzip der Wasserkraftnutzung. Der Unterschied besteht v.a. in der erzeugten Leistung. Auf europäischer Ebene liegt die Leistungsgrenze bei 10 MW (ESHA 2005: 5); d.h. alle Anlagen, die eine Leistung von $\leq 10$ MW erzeugen werden als Kleinwasserkraftwerke (KWKW) bezeichnet. Ferner sind KWKW meist Privatbesitz und durch den Grösseneffekt teurer als Grossanlagen. Ausserdem handelt es sich in den meisten Fällen um Laufkraftwerke, die das natürliche Abfluss- und Feststoffregime wenig beeinträchtigen und nur geringen Aufstau erzeugen. Trotz guter $\text{CO}_2$ -Bilanz, relativ hohem Wirkungsgrad und nachfragegerechter Stromproduktion (Menge, Preis), stellen KWKW einen Eingriff in regionale und lokale Gewässerökosysteme und Landschaften dar (Batrich und Truffer 2001: 6). Dies führt oft zu Konflikten zwischen den Interessenvertretern des Naturschutzes, der Energiewirtschaft und der Raumplanung.
<b>Kombination ABC</b>	Durch die vorliegende Methode wird jedem Gewässerraum eine ganzheitliche Beurteilung zugeordnet (ABC), die seine ökologische (A), kulturelle (B) und wirtschaftliche (C) Ökosystemleistung quantifiziert (Kapitel 3.2.3).

<b>Komponente</b>	Eine Komponente setzt sich aus allen Indikatoren zusammen, welche dieselbe Ökosystemfunktion erfassen (Kapitel 3.1.5). Sie verleiht dem Analyseraster die nötige Ordnungsstruktur und führt in der Wertsynthese die einzelnen Ergebnisse der Indikatoren zu den Teilbewertungen des GR zusammen (Kapitel 3.2.2).
<b>Landschaft</b>	„Landschaften bilden räumlich die gelebte und erlebte Umwelt des Menschen, welche ihm als Individuum sowie der Gesellschaft die Erfüllung physischer und psychischer Bedürfnisse ermöglicht. Landschaften haben dabei als Ressource vielfältige Funktionen. Sie sind Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen, vielfältiger Erholungs- und Identifikationsraum sowie räumlicher Ausdruck des kulturellen Erbes. Zudem leisten sie einen Beitrag zur Wertschöpfung. Landschaften sind dynamische Wirkungsgefüge und entwickeln sich aufgrund natürlicher Faktoren wie Gesteine, Boden, Wasser, Luft, Licht, Fauna und Flora im Zusammenspiel mit der menschlichen Nutzung und Gestaltung.“ (Roth et al. 2010: 23)
<b>Landschaftsraum (LR)</b>	Der LR ist eine der beiden Untersuchungseinheiten, welche die Ökosystemfunktionen des Umfeldes über eine Spannbreite von bis zu 60 m erfasst. Die Breite des LR berechnet sich über die dreifache GR-Breite und entspricht damit annähernd dem Pendelband (BWG 2001: 18f). Die Länge des LR ist identisch mit der Länge des GR.
<b>Linienpotential</b>	Das Linienpotential [kW/m] leitet sich aus der berechneten Wasserkraftleistung pro Gewässerpunkt [kW] und der spezifischen Gewässerabschnittslänge [m] ab (Watergisweb AG 2008: 14).
<b>Messskala</b>	Jeder Indikator verfügt über eine spezifische Messskala, die den Zustand einer Funktion (Ist-Zustand) in Abhängigkeit seiner Differenz zum rechtlich oder fachlich festgelegten Referenzzustand (Soll-Zustand) beurteilt (Kapitel 3.1.5). Als Messgrößen dienen bspw. Flächenanteile oder Mengenangaben.
<b>Nachhaltige Entwicklung</b>	„Der Begriff <i>Nachhaltige Entwicklung</i> stammt aus dem 1987 von der Weltkommission zu Umwelt und Entwicklung (WCED) eingereichten Bericht mit dem Titel „Unsere gemeinsame Zukunft“, auch „Brundtland-Bericht“ genannt (United Nations 1987). Dieser definiert Nachhaltige Entwicklung als „eine Entwicklung, welche die gegenwärtigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne gleichzeitig späteren Generationen die Möglichkeit zur Deckung der ihren zu verbauen“ (de Monmollin et al. 2003: 9).
<b>Ökomorphologie</b>	Die Ökomorphologie beschreibt die Struktur des Lebensraums Fließgewässer. Sie „umfasst die Beschaffenheit von Sohle, Ufer, Umland sowie die Vernetzung des Fließgewässers und die Beeinflussung durch den Menschen. Die Ökomorphologie stellt einen Schlüsselfaktor für viele Eigenschaften und Prozesse des Ökosystems Fließgewässer dar.“ (Zeh-Weissmann et al. 2009: 16)
<b>Ökosystemfunktion</b>	De Groot et al. (2002: 394) definiert Ökosystemfunktionen als das Leistungsvermögen von natürlichen Prozessen und Bestandteilen Güter und Leistungen zur Verfügung zu stellen, welche die menschlichen Bedürfnisse direkt oder indirekt befriedigen. Folglich stellen sie eine Teilmenge ökologischer Prozesse und Ökosystemstrukturen dar. Die Zahl der verschiedenen Ökosystemfunktionen ist sehr variabel und wurde bisher nicht genau festgelegt.
<b>Ökosystemleistung</b>	Unter einer Ökosystemleistung wird der Nutzen verstanden, welcher der Mensch aus einem Ökosystem bezieht (MEA 2005: V). Dies kann bspw. sauberes Trinkwasser sein oder Erholung in Form einer Outdoor-Freizeitaktivität. In der vorliegenden Arbeit wird erst dann von einer Ökosystemleistung gesprochen, wenn der entsprechenden Funktion durch die Beurteilungsmethode ein Wert zugeordnet wurde (Kapitel 3.1.2 und 3.2.3).
<b>Q<sub>347</sub></b>	Abflussmenge, die, gemittelt über zehn Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist (GSchG, Art 4).
<b>Restwassermenge</b>	„Abflussmenge eines Fließgewässers, die nach einer oder mehreren Entnahmen von Wasser verbleibt (GSchG, Art 4). Die Restwassermenge umfasst die Dotierwassermenge, allfälliges Überlaufwasser und alle Zuflüsse im Einzugsgebiet des Gewässers zwischen der Wasserentnahme und der Wasserrückgabe, abzüglich der unterirdischen. Sie variiert entlang der Restwasserstrecke.“ (Estoppey et al. 2000: 59)
<b>Restwasserstrecke</b>	„Fließgewässerstrecke, welche durch eine oder mehrere Wasserentnahme wesentlich beeinflusst wird.“ (Estoppey et al. 2000)
<b>Schwall-Sunk</b>	Zu Strom-Hochtarifzeiten wird mehr Wasser turbinert, was zu einem grösseren z.T. hochwasserartigen Abfluss (Schwall) führen kann. Zwischen zwei Schwallzeiten kann der Wasserstand bis unter das Niedrigwasser-Niveau sinken (Sunk). Diese starken, unnatürlichen Schwankungen des Wasserspiegels stellen für das Ökosystem Gewässer eine Störung dar und haben besonders am Ufer starke Auswirkungen (WWF Schweiz 2010: 42). Der Schwallbetrieb führt in vielen Fällen zur Verschiebung oder Veränderung von Lebensräumen, zur Abschwemmung von Jungfischen und Wirbellosen sowie zu Wassertemperaturunter-

schieden und Kolmation (Reduktion der Filterleistung der Gerinnesohle durch den Eintrag von Feinmaterial).

**Teilbewertung**

Die Teilbewertung fasst die Zustandsbewertungen der Indikatoren derselben Komponente zusammen (Kapitel 3.2.2). Dies geschieht in der vorliegenden Arbeit durch die Bildung des Medians. Teilbewertungen entstehen ausschliesslich bei der Beurteilung der Ökosystemfunktionen im GR.

**Theoretisches Wasserkraftpotential**

Das Wasserkraftpotential [kW] wird aus den mittleren monatlichen Abflussmengen [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] gemäss Pfaundler und Zappa (2006) und dem Gefälle (Fallhöhe) [m] berechnet (Watersisweb AG 2008: 15). Im theoretischen Potential sind sowohl die bereits genutzte wie auch die unbeeinflusste Wasserkraftleistung enthalten. Ausserdem enthält es auch jene Potentiale, deren Nutzung durch Schutzgebiete oder andere limitierende Faktoren eingeschränkt wird. Es handelt sich also um eine „Rohform“ des Wasserkraftpotentials.

**Wertskala**

Die Wertskala operationalisiert die Sollzustände; d.h. sie misst die Erfüllung der formulierten Ziele (Bernotat et al. 2003: 368). In dieser Arbeit wurde eine fünfstufige Wertskala verwendet, mithilfe derer die Bedeutung der Funktionszustände beurteilt wird (Kapitel 3.1.5). Damit werden Sach- und Wertebene verbunden, d.h. dem Zustand einer Ökosystemfunktion wird eine Ökosystemleistung zugeordnet. Dabei entspricht eine *sehr bedeutende* Ökosystemleistung dem Wert 5, wohingegen der Wert 1 auf *nicht bedeutende* Ökosystemleistungen hinweist.

**Wertsynthese**

Mittels Wertsynthese werden die Ergebnisse aller Indikatoren zusammengeführt (Kapitel 3.2.2). Die Wertsynthese folgt verschiedenen Syntheseschritten und resultiert in der abschliessenden Bewertung des GR: die Kombination ABC bzw. die ökologische, kulturell und wirtschaftliche Ökosystemleistung.

Der besseren Lesbarkeit zuliebe, wird in der vorliegenden Arbeit auf die Nennung der weiblichen Form verzichtet. Es wird ausschliesslich die männliche Form verwendet, womit aber immer auch die weibliche Form angesprochen sei.

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 FORSCHUNGSHINTERGRUND

### 1.1.1 ENERGIE- UND UMWELTPOLITIK

Die Verknappung fossiler Energieträger, die Auswirkungen des Klimawandels und Ereignisse, wie die Nuklearkatastrophe in Fukushima 2011, haben längst ein energiepolitisches Umdenken herbeigeführt, so dass heute die Nutzung erneuerbarer Ressourcen klar im Vordergrund steht. Im Wesentlichen sind die aktuellen Energieziele darauf ausgerichtet sowohl der Nachhaltigkeit, der Versorgungssicherheit als auch der Wettbewerbsfähigkeit Rechnung zu tragen. Die Europäische Union (EU) beispielsweise strebt bis 2020 eine Reduktion der energiegebundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 20 % an sowie einen Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch von 20 % (EC 2007). Ähnliches zeigen die Energieperspektiven der Schweiz (Schweizerischer Bundesrat 2011), die bis 2030 eine Zunahme der Strommenge aus erneuerbaren Energiequellen von 5'400 GWh vorsehen. Wobei gemäss den aktuellsten Energie-Szenarien davon auszugehen ist, dass sich dieser Anteil noch vergrössern wird (BFE 2011a).

Dennoch scheint sich an der globalen Situation bisher wenig geändert zu haben. Das „Szenario New Policies“ des International Energy Agency (IEA 2011) weist auf einen weiteren Anstieg der globalen Energienachfrage um einen Drittel in den Jahren 2010 bis 2035 hin. Der Grund für diese Prognose liegt im anhaltenden Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Dasselbe Szenario weist auf zukünftige globale Emissionsmengen hin, die zu einem langfristigen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur von mehr als 3.5 °C über den vorindustriellen Level führen und damit die im vierten Berichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, Metz et al. 2007) definierte und im „Szenario 450“ des International Energy Agency (IEA 2010) festgelegte 2 °C-Schwelle überschreiten werden. Zudem werden vier Fünftel der, gemäss dem „Szenario 450“ bis 2035 insgesamt erlaubten, energiegebundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bereits heute ausgestossen; d.h. die Kapazität für zusätzliche Kraftwerke und andere Infrastrukturen ist sehr begrenzt, ausser sie seien CO<sub>2</sub>-neutral. Trotz Bemühungen einiger Nationen liegen diese neuesten Zahlen weit entfernt von den vereinbarten globalen Klimaänderungszielen (United Nations 1998). Entsprechend wenig deutet derzeit auf den dringend nötigen Richtungswechsel der internationalen Energietrends hin (BAFU 02.12.2011).

Umso wichtiger erscheint deshalb die Förderung erneuerbarer Energien auf nationaler Ebene. Die positive Wirkung solcher Subventionsmassnahmen dürfte mittlerweile unbestritten sein. Die Folgen der in der Schweiz 2009 eingeführten Kostendeckenden Einspeisevergütung KEV (BFE 2008) belegen dies exemplarisch: Die nationale Netzwerkgesellschaft Swissgrid verzeichnete umgehend einen bis heute anhaltenden markanten Anstieg an eingereichten Projektgesuchen (21'277 Anmeldungen, davon 733 Kleinwasserkraftanlagen, Swissgrid 23.04.2012).

## 1 Einleitung

Nicht selten stehen solche Projekte jedoch im Widerspruch zur aktuellen Umweltpolitik (EU 2000; GSchG 1991). Insbesondere der Ausbau der Kleinwasserkraft wird oft als massiver Eingriff in die Naturlandschaft gesehen und vom Naturschutz, von der Fischerei und dem Tourismus entsprechend scharf kritisiert. Die Gegenläufigkeit von energiepolitischen Zielen und Schutzregelungen erschweren in diesen Fällen eine eindeutige Entscheidung.

### 1.1.2 KLEINWASSERKRAFT

Begünstigt durch die Topographie und beträchtliche durchschnittliche Niederschlagsmengen hat die Wasserkraftnutzung in der Schweiz eine lange Tradition, die sich dank der grossen Speicherkraftwerke bis heute halten konnte. Aktuell liegt ihr Anteil am inländisch produzierten Strom bei 56 % (BFE 2011c). Dieser wird von mehr als 556 Wasserkraftzentralen mit einer maximal möglichen Leistung  $\geq 300$  kW erzeugt, die vor allem in den Bergkantonen liegen und besonders wertvollen Spitzenstrom liefern. Der Einfluss dieser intensiven Wassernutzung hat, nebst den Gewässerkorrekturen und dem Ausbau des Hochwasserschutzes, die Gewässerlandschaft der Schweiz massiv verändert. Experten gehen davon aus, dass 90 % der potentiell nutzbaren Flüsse und Bäche heute bereits elektrizitätswirtschaftlich genutzt werden (Estoppey und Juillerat 2009: 20ff). Dennoch schätzt das BFE das zusätzlich nutzbare Wasserkraftpotential auf 4.0 TWh (BFE 10.06.2011). Der grösste Anteil soll vor allem durch Ausrüstungsersatz, Erneuerungen und Ausbauten bestehender Anlagen sowie durch Neubauten von Grosswasserkraftwerken erreicht werden. Eine Minderproduktion von 2.7 TWh infolge der Umsetzung der Restwasserbestimmungen und der Klimaerwärmung wurden bereits in die Rechnung integriert. Allerdings messen neueste Untersuchungen von Hänggi et al. (2011: 300ff) der Klimaänderung einen geringeren negativen Einfluss bei als bislang angenommen, so dass die Minderproduktion wesentlich kleiner als 2.7 TWh sein dürfte. Gemäss BFE soll der Neubau von Kleinwasserkraftwerken mit einem beachtlichen Anteil von 1.9 TWh zum Gesamtpotential beitragen (BFE 10.06.2011). Es ist also von einer massiven Zunahme der Kleinwasserkraftprojekte auszugehen. Da die Kleinwasserkraft ( $\leq 10$  MW) zusätzlich von den KEV-Geldern profitieren kann, wird sich die Zahl der Projektgesuche noch erhöhen.

### 1.1.3 FEHLENDE INSTRUMENTE

Für die kantonalen Behörden stellt diese grosse Anzahl an Projektgesuchen, die alle ein Bewilligungsverfahren durchlaufen müssen, eine riesige Herausforderung dar. Trotz bestehender Richtlinien und Empfehlungen war es bisher nicht möglich, die Kleinwasserkraftprojekte in einem grösseren räumlichen Kontext (regional, kantonal) zu beurteilen. Die bestehenden Hilfsmittel erlaubten zwar eine Beurteilung der Einzelprojekte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit (AUE 2010), ihrer Umweltverträglichkeit (BAFU 1997, VUE 2010, WWF Schweiz et al. 2008) oder ihrer technischen Machbarkeit (Pelikan 2004), vernachlässigten aber die ganzheitliche Perspektive, also die gleichwertige Berücksichtigung von ökologischen, soziokulturellen und wirtschaftlichen Aspekten. In besonders stark betroffenen Kantonen wurde diese Lücke relativ früh erkannt und entsprechende Grundlagen erarbeitet und bereitgestellt (AWA 2010b, Wasseragenda 21; NWB 2009, Arbeitsgruppe Wasserkraft 2011). Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass das Interesse an einer einheitlichen Beurteilungsmethodik, die

eine ganzheitliche Betrachtungsweise ermöglicht und zugleich innerhalb nützlicher Frist in die Praxis umgesetzt werden kann, nach wie vor gegeben ist.

## 1.2 STAND DER FORSCHUNG

Die aktuelle Situation in der Schweiz zeigt, dass ein Ausbau der erneuerbaren Energien zwar gewünscht wird, in Bezug auf die Standortwahl für Kleinwasserkraftwerke aber grosse Unklarheit herrscht. Es mangelt noch immer an einer ganzheitlichen Planungsgrundlage, welche insbesondere den verantwortlichen Behörden in den Kantonen die Vorauswahl von geeigneten Standorten erleichtert und damit die Genehmigungsverfahren von Projektgesuchen beschleunigt. Obwohl sich der Bund inzwischen zu einer allgemeingültigen Empfehlung durchgerungen hat (BAFU et al. 2011) und sich auch einzelne Kantone bemüht haben, dem Problem mit massgeschneiderten Strategien Abhilfe zu verschaffen (z.B. BE: AWA 2010b; FR: Wehse 2010; VS: Arbeitsgruppe Wasserkraft 2011), so bleibt doch die Forderung nach einer praktikablen und universell anwendbaren Beurteilungsmethode erhalten. Eine Analyse der bis anhin bestehenden Ansätze soll zeigen, wo Defizite zu lokalisieren sind und inwiefern sich einzelne bewährte Elemente allenfalls weiterführen liessen.

Ganz allgemein ist die Zahl an Beurteilungsmethoden derzeit gross. Viele sind von sehr guter Qualität und führen zu zweckmässigen Ergebnissen. Dennoch gibt es Unterschiede, die vor allem in ihrem Geltungsbereich (*Perimeter*) und ihrer Rechtsgültigkeit (*Gültigkeit*) zu suchen sind. Zudem sind nicht alle explizit auf eine Kleinwasserkraftnutzung ausgerichtet (*Fokus*), sondern verfolgen viel mehr das Ziel einer optimierten räumlichen Verteilung von Schutzgebieten über grössere Regionen hinweg (z.B. Leathwick und Julian 2009a; Game und Grantham 2008). Aufgrund der grossen Vielfalt wird auf eine detaillierte Erläuterung jedes einzelnen Verfahrens verzichtet und stattdessen eine Übersicht ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgezeichnet (Tabelle 1). Zusätzlich zu den in Tabelle 1 erwähnten Unterscheidungsmerkmalen werden die *Vor- und Nachteile* der Beurteilungsmethoden hervorgehoben.

Die Auswahl der hier dargestellten Beurteilungsverfahren zeigt deutlich, wie gross die Fülle an vorhandenen Forschungsergebnissen derzeit ist. Zugleich macht sie aber auch auf das Verbesserungspotential aufmerksam. Ein Instrument zur Beurteilung von Gewässerabschnitten hinsichtlich einer Kleinwasserkraftnutzung zu entwickeln, das die bewährten Elemente aus bestehenden Grundlagen aufnimmt und mit den nötigen Verbesserungen ergänzt, liegt daher nahe. Einem solchen Instrument sollte es bspw. gelingen ökologische, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Interessen gleichermassen zu berücksichtigen. Ausserdem sollte diese Methode eine überregionale Planung anstreben, wobei sie nicht zwingend rechtsgültig sein muss. Bestenfalls liefert sie also gewässerabschnittsgenaue, aber dennoch flächendeckende Beurteilungen für ganze Gewässersysteme. Weitere erhaltenswerte Vorzüge der bisherigen Verfahren sind inhaltliche Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Ein grosses Verbesserungspotential besteht hingegen in der Praxistauglichkeit der Methoden.

# 1 Einleitung

**Tabelle 1** Übersicht über verschiedene Beurteilungsverfahren und Leitlinien

Verfahren / Herausgeber	Beschreibung	Fokus	Perimeter	Gültigkeit	Stärken / Schwächen (+/-)
Common Guidelines (Platform Water Management in the Alps 2011)	Generelle Empfehlungen; gängige Vorgehensweisen (Vorzeigebispiele); Beurteilungskonzept; Kriterien-Pool	Fliessgewässer & KWK	Alpenraum	z.T. rechtsgültig	+ Formulierung genereller Nutzungsschwerpunkte; praktische Anwendungsbeispiele/Erfahrungsberichte - allgemeine Formulierung; direkt als Methode nicht einsetzbar
Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen (Gilgen et al. 2009)	Arbeitsgrundlage für eine gesamtschweizerisch einheitliche Anwendung der Raumplanungsinstrumente (Richtplan, Nutzungsplan, Baubewilligung) bezüglich Windenergieprojekten; Beurteilungskriterien zur Identifikation potentieller Standorte	Windkraftstandorte	Schweiz	nicht verpflichtend	+ grossräumige Sichtweise; überregionaler Planungsansatz; Berücksichtigung aller relevanten Planungsinstrumente; zweckmässige Kriterien-Liste - Standort-/Projektspezifisch; als Methode noch nicht ausgereift
GIGANAT (Arbeitsgruppe Wasserkraft 2011: 41)	Modell zur Prüfung der ökologischen Verträglichkeit von KWK-Projekten (frühe Phase); 5 gewichtete Umwelt-Module (=Ökofilter) werden dem hydroelektrischen Potential gegenübergestellt; Ergebnis zeigt inwiefern ein Projekt den ökologischen Anforderungen genügt; Excel-basiert	KWK-Projekte	Kanton Wallis	z.T. rechtsgültig	+ effizientes & rasches Vorgehen; zielführende Parameter; transparent; ganzheitlich - Projektbezogene Einzelbeurteilung; lokale Sichtweise; Ausschlussgebiete kaum vorhanden
HYPSE (Mazzetto et al. 2000)	Instrument zur Beurteilung des Umwelteinflusses von KWK-Werken; Impact-Matrix bestehend aus 61 Kriterien auf 3 Gruppen (Wirtschaft, Umwelt, Technik) verteilt; Rangierung nach vers. Funktionen; Gewichtung durch Prioritätensetzung; Sensitivitätsanalyse; Ergebnis in Form von Dreiecksdiagramm	KWK-Werke	EU	nicht verpflichtend	+ ökonomische & technische Kriterien; bautechnischer Ansatz; fundiertes Vorgehen - sozio-kulturelle Aspekte unberücksichtigt; KWK-Werk steht im Vordergrund
Identifikation schützenswerter Flussabschnitte (Leathwick und Julian 2009a)	Selektions-Software zur Identifikation von ursprünglichen Gewässerabschnitten mit maximalem Biodiversitäts-Potential u. geringsten Kosten; berücksichtigt sowohl die Eigenschaften von Einzelabschnitten wie auch deren Vernetzung im Einzugsgebiet (EZG)	Fliessgewässer & Schutzgebiete	Neuseeland	nicht verpflichtend	+ selektive Priorisierung von Gewässerabschnitten; Berücksichtigung der Längsvernetzung u. damit gegenseitiger Beeinflussung - hoher Abstrahierungsgrad; mangelnde Ganzheitlichkeit bezüglich Gewässercharakterisierung
Kleinwasserkraft (WWF Schweiz 2010)	Grobcheck basierend auf ökologischen Standortkriterien; Schätzung des „grünen“ Stromproduktionspotentials; Vorgehen in 6 Schritten	KWK-Standorte	Schweiz	nicht verpflichtend	+ wichtigste ökologische Kriterien aufgeführt - Vernachlässigung wirts. & soziokult. Aspekte
MARXAN (Game und Grantham 2008)	Systematische Schutzgebiets-Planungs-Software; dient der Lokalisierung von Raumeinheiten, die definierte Biodiversitätsziele erreichen sollen; Anwendung stochastischer Optimierungsverfahren zur Generierung approximativer Lösungen für komplexe Systeme	Schutzgebiete	Australien	nicht verpflichtend	+ approximativer Lösungsansatz; Optimierungsverfahren: Minimierung der Gesamtkosten des Systems und gleichzeitiges Erreichen der Schutzziele; weltweite Anwendungen - komplexes Programm; Schwerpunkt Naturschutz
Methodik zur Bewertung & Klassierung von Fliessgewässerstrecken (Wehse 2009b)	Methodik zur flächendeckenden Bewertung der Nutzungseignung von Gewässerabschnitten; mittels Beurteilungskriterien werden Nutzungs- u. Schutzinteresse quantifiziert sowie nutzbare Abschnitte lokalisiert; 5 gewichtete thematische Kernbereiche; Testanwendung BE	Gewässerabschnitte	Schweiz	nicht verpflichtend	+ Berücksichtigung der wichtigsten Beurteilungskriterien; überregionale Sichtweise; räumliche Prioritätensetzung; transparent; effektiv - unscharfe Charakterisierung des Gewässers; gesellschaftliche Aspekte kaum vorhanden



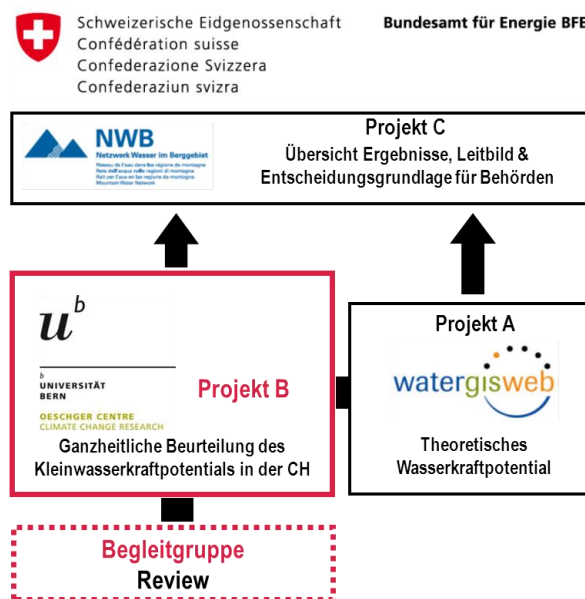
## 1.2 Stand der Forschung

Nachhaltigkeitsbeurteilung für KWK-Projekte (AUE 2010)	Instrument zur ganzheitlichen Beurteilung der zu erwartenden Auswirkungen eines KWK-Projektes (Stufe Vorprojekt); Berücksichtigung nat. u. kant. Ausschlusskriterien; Nachhaltigkeitsbeurteilung (NHB) mittels Indikatoren basierend auf 4-teiliger Punkteskala; Indikatoren in 5 Zielbereiche pro Dimension zuzugf.	KWK-Projekte	Kanton Bern	rechtsgültig	+ ganzheitliche Beurteilung; gut begründete u. vollständige Auswahl an Kriterien; inhaltlich transparent; methodisch nachvollziehbar - auf konkreten Projektgesuchen/Bauvorhaben aufbauend
Ökofilter (Kraftwerksvertreter & Umweltverbände 2009)	Methodenhandbuch zur ökologischen und landschaftlichen Beurteilung von Gewässern; frühe Planungsphase; 5 Kriterien; 4-stufiges Spider-Diagramm	Fliessgewässer	Schweiz	nicht verpflichtend	+ repräsentatives Ergebnis; prägnanter Darstellungsform - ökologische Aspekte stehen im Vordergrund
Ökologische Wasserkraft (WWF Schweiz et al. 2008)	Kriterienkatalog für ökologische Beurteilung von Wasserkraftwerken; kurze Checkliste; 8 Themenbereiche; „naturemade star“ zertifizierte Fallbeispiele	WK-Werke allgem.	Schweiz	nicht verpflichtend	+ umfangreiche Liste ökologisch relevanter Kriterien basierend auf publizierten Dokumenten - Beurteilung konkreter Wasserkraftvorhaben (Typunabhängig)
Schutz- u. Nutzungsempfehlung (BAFU et al. 2011)	Leitlinien zur Planung kantonaler Strategien; Abwägung von Schutz- u. Nutzungsinteressen; 4 Gewässerkategorien; Nennung gesetzlich bedingter Ausschlussgebiete	Fliessgewässer & KWK	Schweiz	rechtsgültig	+ Auflistung der Ausschlusskriterien; Gesamtsicht Gewässersystem; Aggregation durch Expertenbeurteilung - in dieser Form nicht praxistauglich; undifferenziert
Schutz- und Nutzungskonzept erneuerbare Energien (Kanton Uri 2011)	Planungshilfe zur Ausscheidung von möglichen Gebieten für die Nutzung erneuerbarer Energien; übergeordnetes ganzheitliches Konzept; Festlegung von Schutz- u. Nutzungsgebieten im Richtplan; Erhöhung der Planungssicherheit der Gesuchstellenden	Fliessgewässer & Schutzgebiete	Kanton Uri	rechtsgültig	+ übergeordnete Gesamtschau; gleichberechtigte Berücksichtigung u. Abwägung aller Interessen - als Methode in dieser Form nicht anwendbar; Bewertungsmethode ist kantonsinterne Grundlage (nicht öffentlich zugänglich)
Wasserkraft in Tirol (Amt der Tiroler Landesregierung 2011)	Bewertungskriterien für die Wasserkraftnutzung; Bestrebung objektive, gerechte und ausgewogene (3 Dimensionen) Beurteilungen abzugeben; 5 Fachbereiche; sowohl Einzelprojekte als auch geeigneter Gewässerabschnitte; Anwendungshandbuch folgt	Fliessgewässer & WK	Österreich	z.T. verpflichtend	+ ganzheitliche Beurteilung; Berücksichtigung aller Interessensgruppen; Kriterien Sammlung - noch nicht bereit für praktische Anwendungen; zudem Ausrichtung auf österreich. Gesetzgebung & Richtlinien
Wasserkraftbeurteilung und -bewirtschaftung (Wehse 2010)	Standardisierte Beurteilung der Konzessionsgesuche; separate Kriterien für Projekt- und Gewässerabschnittsbeurteilung, jeweils in Ausschluss- u. Beurteilungskriterien aufgeteilt; Gewässerabschnittsbeurteilung umfasst Kriterien aus 7 vers. Bereichen; Anwendung des zweistufigen Vorgehens bei der Vorprüfung & Schlussprüfung	KWK-Projekte & Gewässerabschnitt	Kanton Freiburg	rechtsgültig	+ zeigt exemplarisch die Umsetzung der in (Wehse 2009b) vorgeschlagenen Methode inkl. Kriterien in der Praxis; wobei das Vorgehen sachdienlich gestrafft wurde; transparent - Vernachlässigung sozio-kultureller Interessen; Fokus auf einzelne Abschnitte
Wassernutzungsstrategie (AWA 2010b)	Grundlage zur systematischen Abwägung aller Interessen bzgl. Ausbau der Wasserkraft; 4 Beurteilungsinstrumente (Potenzialstudie, Masterplan Fische, Gewässerökologie u. Landschaft) zur Darstellung des IST-Zustands der Gewässer in einer Karte und deren Einteilung in 3 Nutzungskategorien, unterschiedlich gewichtete Kriterien; dient der Vorbereitung für NHB ((AUE 2010)	Gewässerabschnitte	Kanton Bern	rechtsgültig	+ vorausschauende, grossräumige Planung; objektive Abwägung von Schutz- u. Nutzungsinteressen; transparente Entscheidungen; Bezeichnung der Ausschlussgebiete; zweckmässige Kriterien - Schwerpunkt Nutzung aufgrund des Ausbauzieles von zusätzlich 300 GWh pro Jahr; pragmatische Vorgehensweise

Das Instrument sollte, wie die meisten in Tabelle 1 aufgeführten Methoden, Grundlagen bereit legen, die als Empfehlungen verstanden werden können. Diese würden erst dann rechtskräftig und damit verbindlich, wenn sie in der Richt- und Nutzungsplanung festgehalten würden.

### 1.3 PROJEKTRAHMEN

Vor diesem Hintergrund initiierte das BFE 2009 ein Projekt, welches diese Forschungslücke schliessen sollte. Das Projekt „Erhebung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz“ wurde in drei Teile gegliedert, wobei sich insbesondere Teil B mit der Ausarbeitung eines Beurteilungsinstrumentes befassete (Figur 1). Das Teilprojekt B ist denn auch Gegenstand des vorliegenden Berichts. Da diese Studie eine breite Abstützung und Akzeptanz erfordert, wurde eine wissenschaftliche Begleitgruppe<sup>1</sup> bestehend aus Vertretern der Praxis (Raumplanung, Energiewirtschaft, Umweltschutz) und der Wissenschaft (Wassernutzung, Gewässerschutz) zusammengestellt. In halbjährlichem Abstand abgehaltene Sitzungen sorgten für die nötige Transparenz und Abstützung der Methodik in der Praxis. Zudem ermöglichten sie den Teilnehmern eine aktive Partizipation am Entwicklungsprozess der Methodik.



Figur 1 Projektaufbau

<sup>1</sup> Teilnehmer der wissenschaftlichen Begleitgruppe: Dipl. Ing. Thomas Ammann (Raumplaner FSU/SIA, Arcalpin); Dr. Bruno Bangerter von 2009-10 (AWA, Kanton Bern); Michael Casanova (Projektleiter Gewässerschutzpolitik Pro Natura); Ing. Heinz Habegger (Amtsvorsteher AWA Bern); Roman Hapka (Stiftung Landschaftsschutz Schweiz SL); Dr.-Ing. Klaus Jorde (BFE-Programmleiter, sowie Entec AG); Daniel Klooz (Amtsvorsteher AUE, Kanton Bern); Dipl. Arch. ETH Guntram Knauer (ehem. Stadtplaner Planungsamt Thun); Willy Müller (Fischereiinspektorat des Kantons Bern); Dr. Armin Peter (Leiter Fischökologie und Evolution, Eawag); Dipl. Ing. Andreas Stettler (Leiter Hydraulische Kraftwerke, BKW Energie AG); sowie Iris Baumgartner, Joëlle Hirschi, Dr. Bruno Schädler, Daniel Studer und Prof. Dr. Rolf Weingartner des Geographischen Instituts der Universität Bern.

## 2 ZIEL DER ARBEIT

Die Förderung der Kleinwasserkraft führte in der Schweiz zu einem rasanten Anstieg von Projektgesuchen, wodurch sich die Situation im Spannungsfeld zwischen Nutzungs- und Schutzansprüchen an die Ressource Wasser verschärfte. Für die zuständigen Behörden ist es schwierig über die Nutzbarmachung des verbleibenden Wasserkraftpotentials zu entscheiden; nicht zuletzt weil die vorliegenden Hilfsmittel von unzureichender Beurteilungstiefe sind und ihnen insbesondere die ganzheitliche und regionale Betrachtungsweise fehlt.

Die vorliegende Arbeit hat deshalb zum Ziel, ein Beurteilungsinstrument auszuarbeiten, welches die berechneten Daten zum theoretischen Wasserkraftpotential (Watergisweb AG 2010, Watergisweb AG 2008) aus einer ganzheitlichen Sichtweise analysiert. Das heisst, es werden in Anlehnung an das Nachhaltigkeitskonzept (United Nations 1987) gleichermassen ökologische, sozio-kulturelle als auch wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt und in einen regionalen Kontext gestellt. Das Ökosystem Gewässer mit seinen vielseitigen Ökosystemfunktionen und entsprechenden Leistungen spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Methode beurteilt in einem ersten Schritt die einzelnen Gewässerabschnitte und ordnet diesen anschliessend in eine Nutzungseignung zu. Die Ergebnisse werden in Form von Karten präsentiert, welche verschiedene Ausbau-Szenarien für die zukünftige Nutzung der Wasserkraft zeigen. Letztlich erlauben diese Karten räumliche Nutzungsschwerpunkte innerhalb einer Region herauszuarbeiten.

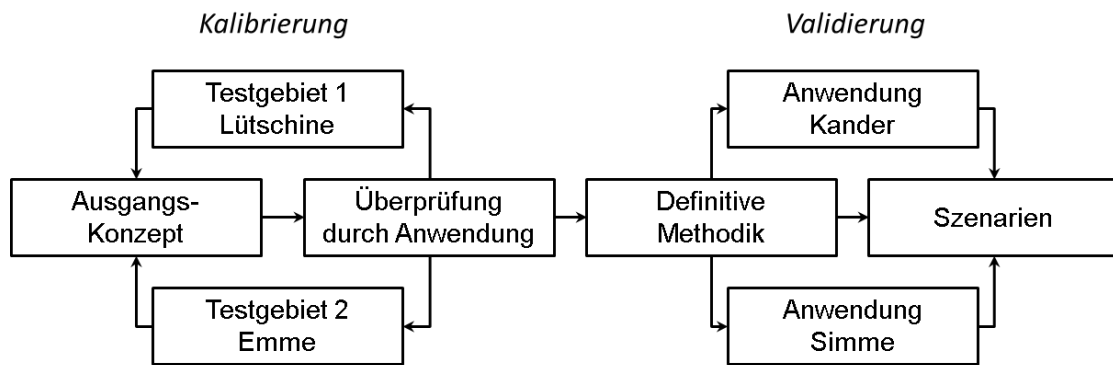
Das Instrument richtet sich vor allem an kantonale Fachstellen und Behörden, wo es als Entscheidungshilfe eingesetzt werden kann. Als äusserst wichtig wird eine gewisse Flexibilität erachtet, welche es dem Anwender möglich macht, das Ergebnis seinen Bedürfnissen bzw. energiepolitischen Zielen anzupassen.

Der Studie liegen folgende Fragestellungen zu Grunde:

- Welche Ökosystemleistungen sind im betrachteten Gewässerabschnitt vorhanden?
- Wie bedeutend sind diese Ökosystemleistungen für den Menschen aus ökologischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Sicht?
- Wo lassen die Ökosystemleistungen eine Nutzung zu?
- Wo überwiegen Schutzinteressen?

Die Untersuchung der Fragestellungen erfolgte in einem iterativen Prozess (Figur 2), was eine schrittweise Anpassung und Optimierung der Methodik zulies. Diese Vorgehensweise war zwar sehr zeitintensiv, hatte aber den Vorteil, dass neue Erkenntnisse und Kritik direkt ins Vorgehen integriert werden konnten. Ebenso war es auf diese Weise möglich, eine Vielzahl an Faktoren detailliert zu überprüfen und falls nötig zu selektieren, so dass sich die vorliegende Auswahl ausschliesslich auf die

essentiellen Bausteine beschränkt. Mit der Lutschine und der Emme konnte die Methodik zudem in hydrogeographisch unterschiedlichen Regionen optimiert werden (*Kalibrierung*). Weitere Anwendungen folgten in den Einzugsgebieten der Kander und der Simme (*Validierung*).



**Figur 2** Iteratives Vorgehen mit Rückkopplungen

## 3 METHODE

Der nachfolgende Methodenteil bildet den Kern der Arbeit, da die Beurteilungsmethodik an sich den Hauptgegenstand der Untersuchungen darstellt. Die präsentierte Methodik zur ganzheitlichen Beurteilung von Gewässerabschnitten ist deshalb zugleich als Ergebnis der Arbeit zu verstehen.

Das Kapitel 3 ist aus anwendungsorientierten Überlegungen in vier Teile gegliedert (Figur 3):

Der *Grundlagenteil* gilt als Vorbereitung für den darauffolgenden Analyseteil. Zunächst werden Angaben zur Herleitung der Methodik und den verwendeten Daten sowie der Bestimmung der Untersuchungseinheiten gemacht. Danach wird das für die Methodik zentrale Hilfsmittel - der Analyseraster - eingeführt. Der Grundlagenteil wird mit der Vorstellung der Untersuchungsgebiete abgeschlossen.

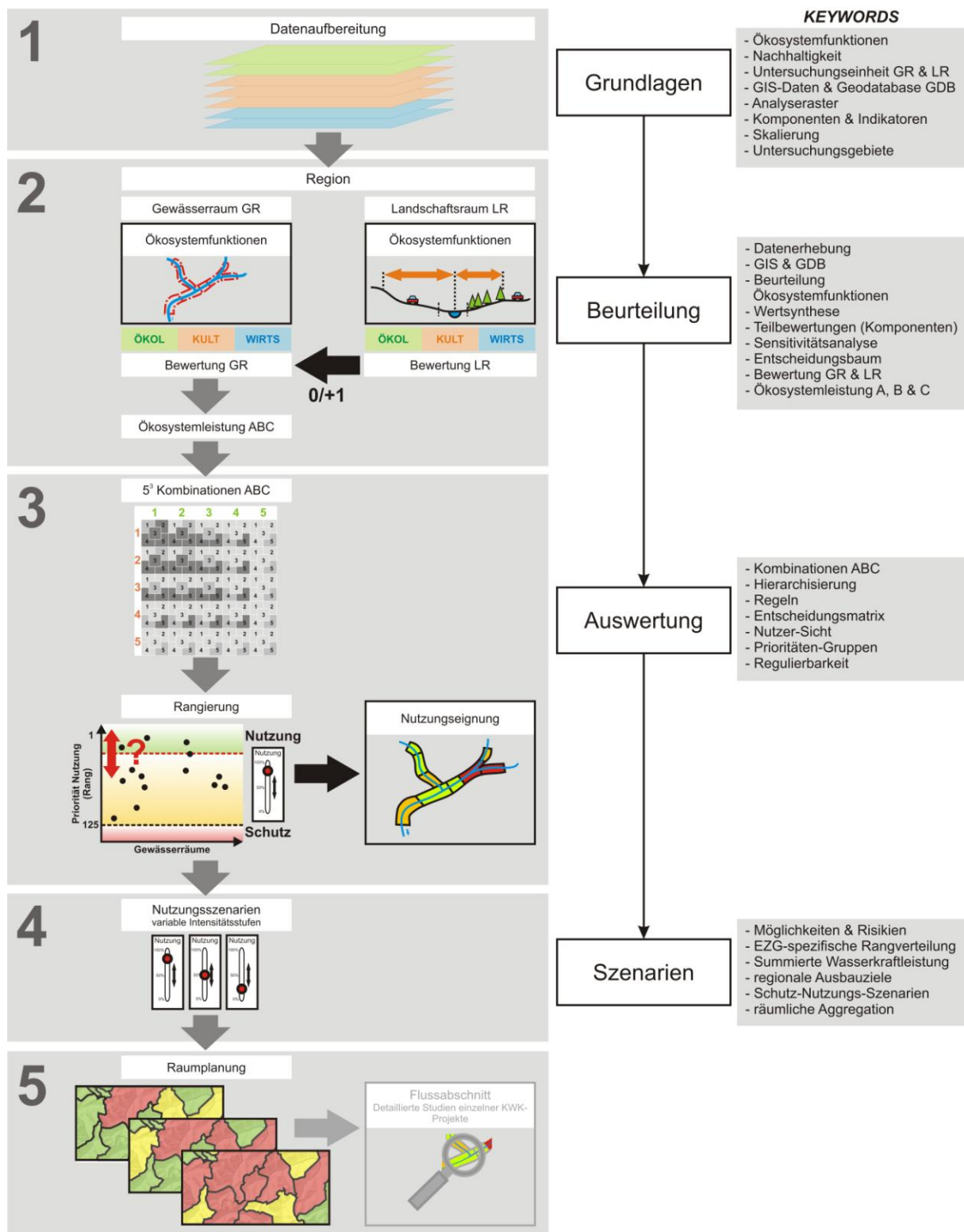
Ausgehend von diesen Grundlagen folgt die *Beurteilung*. Sie wird im zweiten Teil dokumentiert. Dabei wird zuerst ausführlich auf die Beurteilung der Raumeinheiten und die Wertsynthese eingegangen, bevor es schliesslich in den beiden letzten Kapiteln *Auswertung* und *Szenarien* zur Interpretation der Ökosystemleistungen und zur Festlegung geeigneter Gewässerabschnitte für eine Kleinwasserkraftnutzung kommt.

### 3.1 GRUNDLAGEN (1)

#### 3.1.1 METHODISCHE ZIELE UND ANFORDERUNGEN

Eine Beurteilungsmethodik muss gewisse Gütekriterien und praktische Anforderungen erfüllen, damit eine systematische Vorgehensweise möglich und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist (König 2011: 40). Diese Gütekriterien bedingen einander; d.h. bspw. ohne Objektivität keine Reliabilität und ohne Reliabilität keine Validität (Bernotat et al. 2003: 365). Die vorliegende Methodik soll folgenden Ansprüchen gerecht werden:

- **Objektivität:** Die Ergebnisse sollen vom Anwender möglichst unabhängig sein, d.h. verschiedene Benutzer gelangen unter Anwendung derselben Vorgehensweise zum gleichen Ergebnis (Bernotat et al. 2003: 364).
- **Reliabilität:** Sie bemisst die Zuverlässigkeit sowie die Reproduzierbarkeit von wissenschaftlichen Untersuchungen und ist definiert als die Korrelation mehrerer, unter gleichen Bedingungen durchgeführter Messungen; d.h. sofern sich die Bedingungen nicht ändern, sollte unter wiederholter Anwendung der Methodik dasselbe Resultat erzielt werden (Bernotat et al. 2003: 365).
- **Validität** oder **Gültigkeit:** Die Methodik soll genau das abbilden bzw. messen, was sie aufgrund der Auswahl an Indikatoren zu messen vorgibt (Bernotat et al. 2003: 365), d.h. die Ergebnisse repräsentieren den Zustand der untersuchten Objekte (hier: Gewässerabschnitte) optimal.



**Figur 3** Die Methode und der Aufbau des Kapitels 3 im Überblick.

- **Nachvollziehbarkeit:** Die Methode wird zusätzlich in ihrer durch die drei erst genannten Gütekriterien geschaffenen Plausibilität bestärkt, wenn das Vorgehen transparent ist und offen kommuniziert wird. Für eine fundierte Entscheidungsfindung ist dies grundlegend.
- **Verwendbarkeit:** Erfüllt die Methode zusätzlich das Kriterium der Verwendbarkeit, steht einer Anwendung nichts mehr im Wege. Die Methodik sollte effektiv und effizient eingesetzt werden können; d.h. sie sollte mit möglichst geringem Aufwand zielführend realisierbar sein. Dementsprechend sollte der Zeitaufwand für eine Anwendung angemessen und die Vorgehensweise praktikabel sein.
- **Ganzheitlichkeit:** Einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanz der Methode wird durch ihre integrale Herangehensweise erzeugt. Indem die Methodik ökologische, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Interessen gleichermaßen berücksichtigt, erreicht sie ein Höchstmass an Differenziertheit; d.h. es werden sämtliche für die Fragestellung relevanten Ökosystemfunktionen berücksichtigt. Zudem wird viel Wert darauf gelegt, den Raum als Ganzes zu betrachten, d.h., ungeachtet administrativer Grenzen, wird in Regionen gedacht.
- **Genauigkeit:** Trotz dieser grossräumigen Sichtweise soll die Methodik eine der Problemstellung und dem Untersuchungsgegenstand angepasste Betrachtungstiefe aufweisen, d.h. sie fokussiert im vorliegenden Fall auf das Gewässer und erzeugt Ergebnisse mit angemessenem Auflösungsgrad.
- **Flexibilität:** Eine vielseitig einsetzbare Methode generiert keine starren Ergebnisse, d.h. das Vorgehen kann jederzeit den Bedürfnissen des Anwenders und den gegebenen Voraussetzungen angepasst werden. Dies bedeutet auch, dass die Methodik in hydrogeographisch völlig anderen Gewässersystemen einsetzbar sein soll und neue Erkenntnisse aufnehmen kann.
- **Zukunftsorientiert:** Ausgehend von den neuesten Erkenntnissen soll die Methodik eine aus wissenschaftlicher Sicht optimale und vorausschauende Lösung darlegen. In der vorliegenden Studie führt der Einbezug der aktuellen Entwicklungstendenzen, insbesondere in der Raumplanung (StremLOW und Pfister 2003), zu folgender Prämisse: Es wird eine Konzentration der Nutzung im Raum angestrebt, d.h. es werden dort Nutzungsschwerpunkte gesetzt, wo die Umwelt bereits anthropogen beeinflusst wird. In Bezug auf den Einsatz von Kleinwasserkraftwerken, werden daher Gewässerabschnitte mit bestehender Nutzung oder sonstigen Strukturen menschlicher Aktivität bevorzugt betrachtet. Die räumliche Aggregation dieser genutzten Gewässerabschnitte ist Teil eines Entscheidungsprozesses, der basierend auf den erarbeiteten Karten vorgenommen wird.  
Bei einer veränderten Ausgangslage wie bspw. in Entwicklungsländern, wo eine Nutzung der Ressourcen noch weitgehend fehlt, bedarf es möglicherweise einer Neuausrichtung dieses Leitgedankens.

### 3.1.2 HERLEITUNG DES KONZEPTS

Nachdem im vorangehenden Kapitel die methodischen Anforderungen genannt wurden, denen das Beurteilungsinstrument gerecht werden soll, stehen in diesem Kapitel inhaltliche Kernpunkte im Vordergrund. Die hier aufgeführten Begriffe bilden das Rückgrat der vorliegenden Arbeit und werden fortan entsprechend häufig verwendet. Ihre Definitionen sind daher besonders wichtig.

#### **Ganzheitlichkeit**

Der Ursprung holistischen Denkens ist insbesondere in der Ökologie zu suchen. Die ganzheitliche Betrachtungsweise ist dort seit den Anfängen tief verankert und daher von zentraler Bedeutung. Sie beruht auf der Gaia-Hypothese (Lovelock 1995), die besagt, „dass sich die Gesamtheit der Lebensformen auf der Erde [...] als eine einzige lebende Wesenheit betrachten lässt [...]“ und die damit „die für das Leben auf der Erde zweckmässige Regulierung und Stabilisierung der ganzen Biosphäre [...]“ (Gloy 1996: 162) erklärt. Entsprechend versteht Gloy (1996) unter Ökologie „[...] die Berücksichtigung des Ingesamt, der natürlichen wie künstlichen Umwelt, der Lebensbedingungen und -beziehungen der verschiedenen Lebewesen, sowohl was den anorganischen Bereich (Klima, Wasser, Boden) wie den organischen Bereich (Artgenossen und andere Arten) wie den künstlichen (Technik) betrifft (Gloy 1996: 164)“.

#### **Nachhaltigkeit**

Ebenso gebräuchlich ist der Begriff der *Ganzheitlichkeit* in der nachhaltigen Entwicklung. Letztere wird im Brundtland-Bericht - auch *Our Common Future* genannt - als “development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” bezeichnet (United Nations 1987). Bereits damals wurde festgehalten, dass sich Nachhaltigkeit und Ganzheitlichkeit über die gleichzeitige und ausgewogene Berücksichtigung der drei Pfeiler (oder Dimensionen) *wirtschaftliche Entwicklung (Wirtschaft)*, *soziale Gleichheit (Gesellschaft)* und *Umweltschutz (Umwelt)* definieren. Neuere Studien belegen indes, dass gerade dieser ganzheitliche Ansatz - so gut er aus theoretischer Sicht auch immer sein mag - nur zögerlich in die Praxis umgesetzt wird (United Nations 2010). Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass, wenngleich die nachhaltige Entwicklung alle drei Pfeiler umfasst, sie trotzdem in den vergangenen 20 Jahren mehrheitlich als Umweltproblematik abgetan wurde (United Nations 2010: 2). Dies ist deshalb als Nachteil zu verstehen, weil sich im Prozess zur Wahl nachhaltiger Entwicklungsmöglichkeiten soziokulturelle und insbesondere wirtschaftliche Wertungsdimensionen gegenüber ökologischen besser durchsetzen und auf diese Weise die Umweltpolitik tendenziell in den Hintergrund gedrängt wird. Denn wirtschaftliche und soziokulturelle Referenzwerte weisen eine grössere direkte Interessensvertretung auf, sind gesellschaftlich besser verankert und zeigen Veränderungen wesentlich kurzfristiger an (Wiesmann und Messerli 2007: 131). Andererseits wird die Umsetzung des Nachhaltigkeitskonzepts durch die tendenziell vorherrschende Ansicht, Entwicklung sei mit rein ökonomischem Wachstum gleichzusetzen, weiter eingeschränkt (United Nations 2010: 2). Die zukünftige Herausforderung besteht deshalb darin, der nachhaltigen Entwicklung als Ganzes den Zugang zur Politik zu verschaffen, was nicht zuletzt ein systematischer Wandel und weltweites Umdenken erfordern wird. Erst dadurch würden in der nachhaltigen Entwicklung die gewünschten Fortschritte erzielt.



Die ganzheitliche Betrachtungsweise im Sinne der Abdeckung aller Teile einer Gesamtheit als auch ihrer Eigenschaften und Beziehungen (Gloy 1996) ist ebenso in der vorliegenden Methodik das Hauptanliegen. Eine Orientierung am Nachhaltigkeitskonzept (United Nations 1987) liegt deshalb nahe, was insbesondere bei der Auswahl der einzelnen Indikatoren zum Ausdruck kommt. Mit den Indikatoren werden die Ausprägungen der einzelnen Ökosystemfunktionen erfasst. Da ein Gewässer sehr vielfältige Funktionen erfüllt (Hauser 2011), ist es besonders wichtig, dass die Auswahl der Indikatoren diese Fülle vollständig abdeckt. Damit dies gewährleistet ist, stützt sie sich auf die Nachhaltigkeitsleitlinien des Bundes (Schweizerischer Bundesrat 2008, ARE 2008) und des Kantons Bern (Regierungsrat des Kanton Bern 2008) sowie auf die kantonale Nachhaltigkeitsbeurteilung (AUE 2010), die auf die Kleinwasserkraftnutzung ausgerichtet ist.

### Ökosystemleistungen

Während das Nachhaltigkeitskonzept vor allem die Auswahl der Indikatoren beeinflusste, wurde zur Gliederung der Indikatoren die Ökosystemtheorie beigezogen. Sie ist ein weiteres zentrales Element, das sich in Anbetracht des Ziels, eine ganzheitliche Beurteilung der Ökosystemfunktionen eines Gewässers zu erreichen, förmlich aufdrängt. Als Grundlage diene vornehmlich das Millennium Ecosystem Assessment (MEA), woraus sich auch die hier verwendete Definition des Begriffs *Ökosystem* ableitet: Ein Ökosystem ist ein dynamisches Konstrukt aus Pflanzen-, Tier- und Mikroorganismen-Gesellschaften und der leblosen Umwelt, die als funktionelle Einheit interagieren (MEA 2005: V).

In Anlehnung an die Ökosystemfunktionstypen in besagtem MEA (2005: Vlf) und in de Groot et al. (2002: 396) sind die Funktionen und somit auch deren Indikatoren in regulierende (Typ A), kulturelle (Typ B) und bereitstellende Funktionen (Typ C) aufgeteilt. Um etwas Klarheit in die zum Teil sehr widersprüchliche Verwendung der beiden Begriffe Ökosystemleistung und Ökosystemfunktion zu bringen, beruft sich die vorliegende Arbeit auf folgende Definition: *Ökosystemfunktionen* werden erst dann als Ökosystemleistungen bezeichnet, wenn ihnen durch die Beurteilung ein Wert zugewiesen wurde. Dabei ist zu beachten, dass die Beurteilung mehrere Zwischenschritte durchläuft bis eine Gesamtbewertung bzw. eine Leistung vorliegt (vgl. Figur 4: linke und rechte Spalte). Mit dieser Anpassung der Begrifflichkeit wird der durch die Bewertung herbeigeführten Verknüpfung von Sach- und Wertebene (vgl. Figur 4: oben und unten) Rechnung getragen (Bernotat et al. 2003: 363). Insgesamt wird unter einer *Ökosystemleistung (Ecosystem services & goods)* der Nutzen verstanden, welcher der Mensch aus einem Ökosystem bezieht (MEA 2005 V). Folglich sind Ökosystemleistungen das Mittel zum Zweck oder Ziel, ein nachhaltiges Wohlbefinden des Menschen zu erreichen (Constanza 2008: 350).

### Das Ökosystem Gewässer

Bei aller Ganzheitlichkeit sollte im vorliegenden Fall aber nicht vergessen werden, dass der Hauptgegenstand der Untersuchungen das Ökosystem Gewässer ist. Dieser Fokus ist insofern von Bedeutung, als dass die Beurteilungsmethodik gewisse Ökosystemfunktionen unberücksichtigt lässt. Davon betroffen sind Ökosystemfunktionen, die weder einen erkennbaren direkten noch indirekten Bezug zum Gewässer aufweisen, wie z.B. die Regulation der Luftqualität oder die Bereitstellung einer Weidefläche an einem entfernten Bergkamm. Die Beurteilungsmethodik erfasst ausschliesslich gewäs-

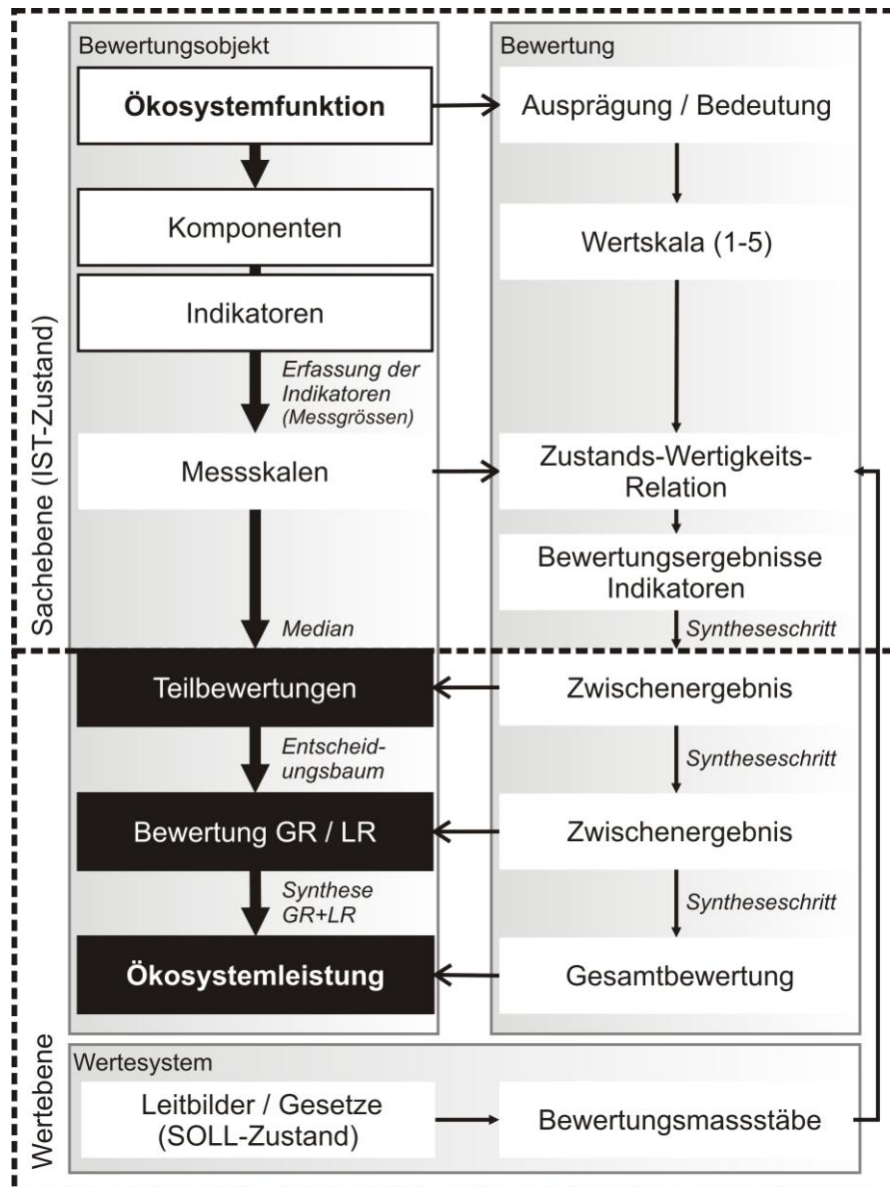
serrelevante (Art) oder gewässernahe (Ort) Ökosystemfunktionen, und zwar in einem räumlich begrenzten Bereich (vgl. 3.1.4 Untersuchungseinheiten). Im Übrigen kann aber davon ausgegangen werden, dass die im Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005: 7) erwähnten sowie auch die in Constanza et al. (1997: 254), de Groot et al. (2002: 376f) oder Staub und Ott (2011: 11f) aufgelisteten relevanten Ökosystemfunktionen abgedeckt werden.

Eine weitere Einschränkung bildet der Fokus auf den aktuellen Zustand (*IST-Zustand*) des Gewässers, der als eine Art ‚Schnappschuss‘ der Realität verstanden wird. Damit gelingt es der Beurteilungsmethodik zwar die vorhandenen Ökosystemfunktionen zu lokalisieren und ihre Qualität in Form einer Ausprägung abzubilden. Die zeitliche Variabilität bzw. die Dynamik der Funktionen hingegen vermag sie nicht zu erfassen.

Die Wissenschaft ist sich dieser wie auch weiterer Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Beurteilungsmethoden von Ökosystemfunktionen längst bewusst, was durch zahlreiche Studien belegt wird (de Groot et al. 2002, Swetnam et al. 2011, Constanza et al. 1997, Constanza 2008). Auch die vorliegende Arbeit sieht sich mit diesen Schwierigkeiten konfrontiert. Sie ist somit ein weiterer Versuch, Ökosystemfunktionen möglichst umfassend mit dem Fokus Kleinwasserkraft zu beurteilen.

## **Bewertungsverfahren**

Um die gewünschte Gültigkeit und Nachvollziehbarkeit zu erlangen, stützt sich die präsentierte Bewertungsmethode bezüglich Aufbau und Begrifflichkeit auf gängige Standards im Naturschutz wie bspw. in Plachter et al. (2003). Gemäss diesen Autoren geht es sowohl in der Analyse wie auch in Bewertungen um „die systematische Untersuchung und Aufbereitung eines Gegenstandes oder Sachverhaltes hinsichtlich aller einzelnen Komponenten oder Faktoren, die ihn bestimmen [...] und bewertungsrelevant sind“ (Bernotat et al. 2003: 362). Weiter werden bei der Bewertung, im Gegensatz zur eher ‚wertfreien‘ Analyse, immer Wertmassstäbe vorausgesetzt, die „vorab durch rechtlich verankerte (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien) oder durch anerkannt fachliche Normen bzw. Standards festgelegt“ wurden (Bernotat et al. 2003: 364). Da sowohl die Definition der Bewertung als auch der Analyse auf die vorliegende Arbeit zutrifft und der Übergang zwischen den beiden Begriffen ohnehin fliessend ist, werden sie synonym verwendet (z. B. Bewertung von Ökosystemfunktionen, Analyseraster). Die Bewertungsmassstäbe dieser Arbeit richten sich, wenn immer möglich, nach den entsprechenden gesetzlichen Vorschriften (GSchG 1991, GSchV 1998, NHG 1966, WRG1916, WRV 2000) oder fachlichen Leitbilder (Bolliger et al. 2009, ARE 2011, Schweizerischer Bundesrat 2008, BFE 2011b; BAFU et al. 2011) (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3 oder Anhang 8.2). Folglich kann bei einer Anwendung der vorliegenden Methode davon ausgegangen werden, dass alle relevanten und in der Schweiz aktuell gültigen Richtlinien berücksichtigt werden. Dadurch ist die Methode zwar in gewisser Hinsicht rechtsgültig, jedoch hat ihre Anwendung keine verpflichtende Wirkung; d.h. die Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse ist für den Anwender nicht zwingend, solange diese nicht in die Richt- und Nutzungsplanung aufgenommen werden.



**Figur 4** Bewertungsmodell. Wesentliche Elemente und Begriffe der Beurteilung. Das Modell gliedert sich in vier Grundeinheiten: Sachebene (oben) und Wertebene (unten) sowie Bewertungsobjekt (links) und Bewertung (rechts). (Darstellung in Anlehnung an Bernotat et al. 2003: 363, 365)

Wie in Bewertungsmethoden üblich, erfolgt auch in dieser Methode eine Transformation von Sachaussagen in Werte mithilfe von Indikatoren (vgl. Figur 4): Die Ausprägung der Ökosystemfunktionen jedes Gewässerabschnitts (*Sachaussage*, Figur 4: oben links) wird mittels Indikatoren erfasst und in eine Ökosystemleistung (*Wert*, Figur 4: unten links) überführt. Diese Wertzuweisung macht einen Gewässerabschnitt überhaupt erst verhandel- und als Entscheidungsgrundlage verwendbar, was für die vorliegende Fragestellung durchaus wesentlich ist. Wie die Wertzuweisung (Figur 4: rechte Spalte) genau vorgenommen wurde, ist in Kapitel 3.1.5 Analyseraster und 3.2.2 Wertsynthese nachzulesen.

Der Aufbau einer Bewertungsmethode lässt sich gemäss Bernotat et al. (2003: 365f) am besten durch ein Modell beschreiben, wobei das vorliegende Modell eine Kombination aus Bewertungs-, Wert-

und Sachmodell darstellt. Das Bewertungsmodell ist in Figur 4 abgebildet. Die einzelnen Elemente (Begriffe) werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

### 3.1.3 DATENGRUNDLAGEN UND -AUFBEREITUNG

#### Anforderungen an die Daten

Die Erwartungen an die Daten waren bereits zu Beginn sehr hoch, und sie wurden im Verlaufe der Konzeptausarbeitung noch zusätzlich durch neue Erkenntnisse erweitert. So zeigte bspw. eine erste Versuchsphase (Baumgartner 2010, Studer 2010), dass sich der Arbeitsaufwand beachtlich reduzieren lässt, wenn gänzlich auf eine Datenerhebung im Feld verzichtet wird (vgl. *Verwendbarkeit*, Kapitel 3.1.1). Solche effizienzsteigernde Massnahmen führen allerdings ganz klar auch Nachteile mit sich, was das genannte Beispiel anschaulich zeigt: Mit dem Verzicht auf Feldarbeit wird die Wahrnehmung der lokal vorliegenden Situation massiv eingeschränkt und damit das Risiko einer realitätsfernen Beurteilung erhöht. Trotzdem wurden solche wie auch weitere Massnahmen ergriffen, so dass sich die Anforderungen an die Daten wie folgt zusammenstellen lassen:

- bestehende Datensätze nutzen → steigert die Methodeneffizienz
- angemessener Auflösungsgrad wählen (mind. kilometergenau) → garantiert eine präzise abschnittsspezifische Aussage
- flächendeckende Daten verwenden (national, kantonal, mindestens kommunal (Gemeinde)) → sichert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse
- GIS-kompatibel, d.h. räumliche Daten einsetzen → reduziert die Handarbeit
- aktuellste Zeitstände benützen → erhöht die Repräsentativität der Ergebnisse (IST-Zustand)

Gerade weil sich die Methodik ausschliesslich auf die Beurteilung einer Momentaufnahme des Gewässerzustands konzentriert, ist der Zeitpunkt bzw. Erhebungszeitraum der verwendeten Daten von grundlegender Bedeutung. Der absolut beste Aktualitätsgrad würde wiederum durch eine direkte Datenerhebung im Feld unmittelbar vor der Analyse erzielt. Da aber darauf verzichtet wird und stattdessen bestehende Datensätze verwendet werden, können die Ergebnisse nur so aktuell sein wie die ihnen zugrunde liegenden Daten. Deshalb ist es besonders wichtig, dass vor jeder Wiederholung der Analyse geprüft wird, ob die Daten auf dem denkbar aktuellsten Stand sind. Die Zeitstände der hier verwendeten Daten reichen von 2006 bis 2011 mit einigen älteren Ausnahmen, die damit aber dennoch das aktuellste Datum aufweisen.

#### Basisdaten

So vielfältig die Ökosystemfunktionen eines Gewässers, so zahlreich sind auch die erforderlichen Datensätze, was sich unmittelbar auf den Zeitaufwand auswirkt. Eine umfangreiche Datenbasis führt nämlich dazu, dass viel Zeit für die Beschaffung und Aufbereitung der Daten, sprich in die Vorberei-

**Tabelle 2** Liste der verwendeten Geodaten. Daten, welche sowohl für die Abgrenzung (Referenzdaten) wie auch für die Analyse eingesetzt werden, sind **fett** hervorgehoben. Daten, welche zur Darstellung der Ergebnisse hilfreich sind, wurden mit einem \* versehen. nat: nationale Daten, kant: kantonale Daten.

Datensatz	Beschreibung	Datenherr/Datenquelle	Vertreiber	Perimeter
ARA-DB	Abwasserreinigungsanlagen der Schweiz	BAFU	BAFU	nat
AVR	Amtliche Vermessung	AGI (BE)	AGI (BE)	kant
BDM	Modellierter Artenreichtum vaskuläre Pflanzen (Biodiversitätsmonitoring)	WSL, Hintermann & Weber AG	WSL	nat
BIOSPH	UNESCO Biosphärenreservate	BAFU	BAFU	nat
BIV	Bundesinventare	BAFU	BAFU	nat
BLN	Bundesinventar der Landschaften & Naturdenkmäler	BAFU	BAFU	nat
DHM25	Digitales Höhenmodell 25x25 m	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
<b>EZG</b>	Basis-, Bilanz- & Flussgebiete	BAFU, GIUB (HADES)	GIUB	nat
FEUGEB	Feuchtgebiete	LANAT, ANF	AGI (BE)	kant
FISTAT	Fischfangstatistik	BAFU (GEWISS)	BAFU	nat
GBO	Geschützte botanische Objekte	LANAT (BE)	AGI (BE)	kant.
Gewäs	National bedeutende Gewässerstrecken	BAFU & CSCF	BAFU	nat
GGO	Geschützte Geologische Objekte	LANAT	AGI (BE)	kant.
GK5	Naturgefahrenkarte (synoptische Gefahrenkarte)	KAWA (BE)	AGI (BE)	kant
GSK25	Gewässerschutzzonen & Grundwasserschutzzone	AWA (BE)	AGI (BE)	kant
GWN25*	Gewässernetz VECTOR25	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
INVENT	Restwasserkarte: Wasser-Entnahme- & Rückgabestellen	BAFU (GEWISS), Eawag	Ecogis	nat
ISOS	Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz	BAFU	BAFU	nat
IVS	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz	ASTRA	ASTRA	nat
Jagdb	Eidgenössische Jagdbanngelände	BAFU	BAFU	nat
NSG	Naturschutzgebiete	LANAT, ANF (BE)	AGI (BE)	kant
<b>OEM</b>	Ökomorphologie Stufe F	BAFU	BAFU	nat
OEV	Bahn, Bus, Tram	AOEV (BE)		kant
Pärke	Nationalparks & regionale Naturparks	BAFU	BAFU	nat
PK25*	Pixelkarte 1:25.000	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
QUALILOG	Wasserqualität der Oberflächengewässer	GBL (BE), BAFU (GEWISS: NADUF)	AGI (BE)	kant
RAMSAR	Ramsar-Gebiete	BAFU	BAFU	nat
REN	Nationales ökologisches Netzwerk	BAFU	BAFU	nat
Renat	Renaturierungen & Revitalisierungen	LANAT, FI (BE)	FI	kant
Restw	Restwasserstrecken	AWA (BE)	AWA	kant
RoLiArten	Rote Liste/Prioritäre/eidg. geschützte APN Arten	CSCF, Schweizer. Vogelwarte	CSCF, Vogelwarte	kant
SMARAGD	Smaragd-Gebiete	BAFU	BAFU	nat
SNBE	Strassennetz	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
sonBase	Lärmdatenbank	BAFU	BAFU	nat
<b>spLei</b>	Theoretisches Wasserkraftpotential [kW/m]	WatervisWeb AG	WatervisWeb AG	nat
SWISSI	Orthofoto-Mosaik (Entzerrte Luftbilder)	Swisstopo	AGI (BE)	kant
TROSEC	Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern (Kraftwerkstyp)	AWA (BE), BFE (map.geo.admin.ch)	AGI (BE)	kant
TROSTA	Trockenstandorte	LANAT (BE)	AGI (BE)	kant
UZP	Übersichtszonenplan	AGR (BE)	AGI (BE)	kant
VAEW	Gebiete mit Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung	BAFU	BAFU	nat
VELO	Routennetz Velowandern	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
WANDERN	Wanderrouennetz	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
WaRes	Waldreservate	KAWA (BE)	KAWA	kant
WK-Gde	Wasserkraftgemeinde	(Balmer 2011), CEPE ETHZ	Balmer M.	nat
WNE	UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete	UNESCO	BAFU	nat
WNI	Walddatenschutzinventar	LANAT, ANF (BE)	AGI (BE)	kant
WZV	Nationale Wasser- & Zugvogelreservate	BAFU	BAFU	nat

**Tabelle 3** Liste der übrigen Daten (manuelle Überführung ins GIS)

Datensatz	Beschreibung	Datenherr/Datenquelle	Vertreiber	Perimeter
Canyoning	Canyoning-Strecken	www.schlucht.ch	schlucht.ch	nat
Gastronomie	Restaurant/Bar/Café, Feuerstelle, Spielplatz	http://map.search.ch	map.search.ch	nat
Kanu	Paddelstrecken	www.rivermap.ch	rivermap.ch	nat
KGS	Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung (A-Objekte)	BABS	BABS	nat
SNP	Schutz- und Nutzungsplanung nach GSchG	BAFU	BAFU	nat
WKE	UNESCO Weltkulturerbe-Gebiete	UNESCO	BAK	nat

tung investiert werden muss. Hingegen ändert sich am Aufwand für die anschliessende Beurteilung wenig, da mit einer Geodatenbank gearbeitet wird, die ohnehin rasch zu Ergebnissen führt.

Eine Liste aller erforderlichen Datensätze ist in Tabelle 2 und Tabelle 3 zusammengestellt. Sofern für ein Gebiet einer der geforderten Datensätze nicht vorhanden sein sollte, kann er durch einen ähnlichen ersetzt werden. Allerdings müsste dabei unbedingt darauf geachtet werden, dass er repräsentativ für die zu analysierende Ökosystemfunktion und GIS-kompatibel ist.

### Referenzdaten

Die beiden nachfolgend erläuterten Referenzdatensätze Ökomorphologie und Wasserkraftpotential dienen hauptsächlich der Abgrenzung der Untersuchungseinheiten (vgl. Kapitel 3.1.4). Sie bilden damit die Basis der Bewertung und sind folglich besonders wichtig. Beide Geodatensätze liegen in digitaler und flächendeckender Form für die ganze Schweiz vor.

Mangels Datenverfügbarkeit einerseits und äusserst kleinem und somit uninteressantem Nutzungspotential andererseits, ist es wenig sinnvoll, jedes noch so kleine Rinnsal zu analysieren. Deshalb wird im Vorfeld eine Auswahl an Gewässerabschnitten getroffen, die anschliessend nicht mehr verändert wird.

Diese Auswahl beruht auf dem Datensatz zur **Ökomorphologie<sup>2</sup> der Fliessgewässer Stufe F 2009** (BAFU 2009d, AWA/GBL 2011, Zeh-Weissmann et al. 2009, Baumann und Langhans 2010) und somit auf dem Gewässernetz 1:25'000 (Stand 2007) (swisstopo 2007b). Dieser Datensatz hat den Vorteil, dass er flächendeckend für die ganze Schweiz vorhanden ist. Denn die Kantone sind seit der 1994/98 eingeführten Wasserbau- (WBV 1994: Art. 27) und Gewässerschutzverordnung (GSchV 1998: Art. 41d) verpflichtet, den ökologischen Zustand sowie seit 2011 (GSchG 1991: Art 36a) den Raumbedarf ihrer Gewässer festzuhalten und in periodischen Zeitabständen nachzuführen, wobei einzelne Kantone nach wie vor Defizite aufweisen<sup>3</sup>. Diese Massnahmen sind vergleichbar mit den Vorschriften der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000), welche die Mitgliedstaaten ebenfalls dazu ver-

<sup>2</sup> Der Begriff *Ökomorphologie* beschreibt die Struktur des Lebensraums Fliessgewässer, indem er sowohl die Beschaffenheit von Sohle, Ufer, Umland wie auch die Vernetzung des Fliessgewässers und die Beeinflussung durch den Menschen erfasst. Die Ökomorphologie wird als Schlüsselfaktor des Ökosystems Fliessgewässer bezeichnet (Zeh-Weissmann et al. 2009: 16).

<sup>3</sup> Zwischen 1997 und 2008 wurde der Zustand der Gewässerstruktur in 24 Kantonen mit einheitlicher Methode (Ökomorphologie Stufe F) erhoben und dient fortan als Grundlage für die Bestimmung von Raumbedarf und Revitalisierungen. Zu beachten ist die z.T. sehr unterschiedliche Aufnahmedichte: Insbesondere in alpinen Kantonen beschränkte sich die Erfassung auf die wichtigsten Bäche, wohingegen andere das gesamte Gewässernetz berücksichtigten (Zeh-Weissmann et al. 2009: 16f).

pflichtet, Gewässerzustandsanalysen und Bewirtschaftungspläne für die Einzugsgebiete bis 2012 bereitzustellen und anschliessend alle sechs Jahre zu prüfen. Das Ziel beider Vorgaben ist denn auch dasselbe, nämlich möglichst viele Gewässer in einen ökologisch und chemisch guten Zustand zu überführen oder sie zumindest in ihrer Zustandsklassierung aufzuwerten (EU 2000: Art. 25&26, GSchV 1998: Art. 1).

Diese erste, nach ökomorphologischen Kriterien durchgeführte Auswahl von Gewässerabschnitten wird durch einen weiteren Selektionsschritt ergänzt. Hierzu wird der Datensatz zum **Wasserkraftpotential** (Watergisweb AG 2010) beigezogen. Dieser ist deshalb von Bedeutung, weil er die Anzahl der Gewässerabschnitte auf jene reduziert, welche tatsächlich ein nutzbares Potential aufweisen bzw. von der Watergisweb AG berechnet wurden. Der Datensatz zum Wasserkraftpotential liegt ebenfalls in räumlich hochaufgelöster Form und flächendeckend für sämtliche Fliessgewässer der Schweiz vor (vgl. Glossar: *Theoretisches Wasserkraftpotential*).

Die definitive Auswahl an Gewässerstrecken setzt sich somit aus der Verschneidung der beiden Datensätze Ökomorphologie und Wasserkraftpotential zusammen. Folglich werden Abschnitte, welche durch die Restriktionen des einen oder anderen Datensatzes wegfallen, nicht in die Analyse einbezogen. Folgende Strecken fehlen a) in den Beurteilungen der Ökomorphologie (Zeh 2010) oder b) in den Berechnungen des Wasserkraftpotentials (Watergisweb AG 2008: 10):

- Gewässerabschnitte, die aus Sicherheits- und Effizienzgründen nicht kartiert wurden <sup>a)</sup>
- Gewässerabschnitte, die höher als 2'000 m liegen und ein Gefälle >20 % aufweisen <sup>a)</sup>
- Gewässerabschnitte, die sich in den Voralpen befinden und dem Typ Strahler 1 angehören <sup>a)</sup>
- Gewässerabschnitte, die aufgrund der vorliegenden Situation und dem persönlichen Ermessensspielraum des Kartierenden nicht aufgezeichnet wurden <sup>a)</sup>
- Strecken, die zum Quellbereich gehören, d.h. die ersten 500 m ab Quelle <sup>b)</sup>
- Strecken, die anthropogen beeinflusst sind, d.h. gemäss der Produkteinformation des VECTOR 25 (swisstopo 2007a: 17) unterirdische Gewässer, Suonen, Druckleitungen und Bäche ohne erkennbare/eindeutige Fliessrichtungen sowie Seeachsen (Attribute ObjectVal = Bach\_U, Bisse, Druckl\_1, Druckl\_2, Drucksto, Kanal, Seeachse) <sup>b)</sup>

Die Verschneidung der Datensätze zur Ökomorphologie und dem Wasserkraftpotential mittels GIS hat den Vorteil, dass die darin enthaltenen Informationen kombiniert werden können. Wichtige Informationen, wie z.B. die GEWISS-Nr.<sup>4</sup> (BAFU 2009b: 28) bleiben erhalten, wohingegen unnötige Parameter gelöscht werden können. Mit diesen Referenzgrössen ist der neu entstehende Datensatz auch für andere Anwendungen interessant (z.B. kantonaler/kommunaler Nutzungsplan).

---

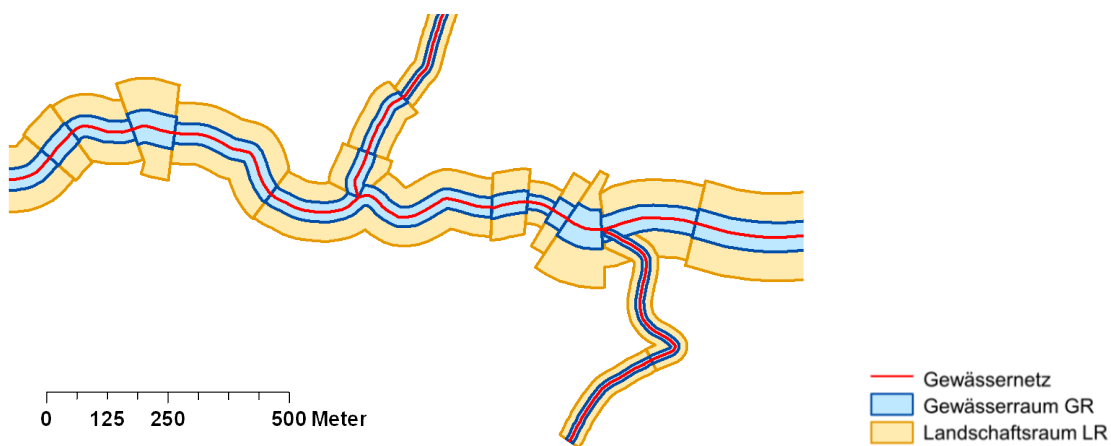
<sup>4</sup> Das Gewässerinformationssystem Schweiz GEWISS basiert auf dem Gewässernetz 1:25'000 und dient in der Schweiz als linear adressiertes Referenzsystem. Da die Strukturierung des Gewässernetzes einem kantonsübergreifend konsistenten Regelwerk folgt (z.B. GEWISS-Nummerierung), wird damit der Austausch von gewässerbezogenen Geodaten zwischen Bund und Kantonen erheblich erleichtert (BAFU 2009b: 6).

## Geodatenbank

Zusammen mit sämtlichen Indikatoren des Analyserasters (Kapitel 3.1.4) wird der neue Datensatz in einer von Hirschi (2011) entworfenen GIS-Datenbank integriert. Damit gelingt die Verknüpfung von Raum- und Sachdaten. Details zur Erstellung der Datenbank sind dem Anhang 8.2 zu entnehmen, während weitere Angaben zur Anwendung im Kapitel Datenerhebung aufgeführt sind (Kapitel 3.2.1).

### 3.1.4 UNTERSUCHUNGSEINHEITEN

Die Anforderungen waren nicht nur bezüglich Datengrundlage hoch, sondern auch in Bezug auf die Untersuchungseinheit. Einerseits sollte die Einheit von ausreichender Grösse sein, damit sämtliche gewässerrelevanten Ökosystemfunktionen im und um das Fließgewässer herum zuverlässig erfasst werden. Andererseits durfte sie aber auch nicht zu gross gewählt werden, weil damit jeglicher Bezug zum Gewässer verloren ginge und nicht mehr nachvollziehbar wäre. Ausserdem sollte die Abgrenzung sowohl eine detaillierte Abbildung des Gewässerzustandes ermöglichen wie auch dessen Bedeutung im Landschaftskontext widerspiegeln; sie sollte also mehr als nur die Linie des Gewässers repräsentieren. Daraus folgte bereits zu Beginn der Arbeit ein Abgrenzungskonzept, das mit zwei verschiedenen Betrachtungsebenen arbeitete. Allerdings bedurfte es mehrerer Versuche (vgl. Baumgartner 2010, Studer 2010 und Hirschi 2011), bis die konkrete Dimensionierung dieser beiden Untersuchungseinheiten abschliessend festgelegt war.



**Figur 5** Schematische Abgrenzung der Untersuchungseinheiten

Die kleinere Einheit, im Folgenden als **Gewässerraum (GR)** bezeichnet, fokussiert auf den Gewässerlauf per se und den nahegelegenen Uferbereich<sup>5</sup>, wohingegen der **Landschaftsraum (LR)** das Umfeld<sup>6</sup> mit allen übrigen gewässerrelevanten Ökosystemfunktionen erfasst (Figur 5). Sowohl die Längen- als

<sup>5</sup> Der Uferbereich (hier anders verwendet als in Leuthold et al. 1997, vgl. Fussnote 6) ist für die Funktionalität des Gewässers verantwortlich und wird nach der Schlüsselkurve bestimmt. Er beträgt je nach Breite der Gerinnesohle beidseitig des Gewässers mindestens 5 m und umfasst somit ebenfalls die gemäss Stoffverordnung auf 3 m festgelegte Nährstoff-Pufferzone (BWG 2001: 19).

<sup>6</sup> Der Begriff „Umfeld“ wird in der vorliegenden Arbeit anstelle des gängigen Begriffs „Uferbereich“ verwendet. Er stützt sich auf die Definition in Leuthold et al. (1997: 26) und deckt sich somit weitgehend mit dem in Art. 18 Abs. 1<sup>bis</sup> des NHG (1966) rechtlich festgesetzten Terms.



auch die Breitenbegrenzung der Untersuchungseinheiten basiert auf dem erwähnten Datensatz zur Ökomorphologie der Fliessgewässer Stufe F 2009 (BAFU 2009d).

### Länge

Da dieser Datensatz durch Feldarbeit erzeugt wurde (Zeh-Weissmann et al. 2009: 19), weisen die darin verwendeten Abschnittslängen die gewünschte Realitätsnähe auf und können direkt für beide Raumeinheiten (GR und LR) übernommen werden. Die minimale Länge der einzelnen Abschnitte beträgt 25 m (AWA/GBL 2011: 4). Die Abschnittslänge ist allerdings sehr variabel, da bei der Kartierung darauf geachtet wurde, homogene Abschnitte auszuwählen; d.h. ein neuer Abschnitt beginnt immer dort, wo die Ausprägung mindestens eines Parameters der Ökomorphologie deutlich ändert (Zeh-Weissmann et al. 2009: 19).

### Breite

Die beiden gewählten Einheitsflächen (GR und LR) unterscheiden sich also ausschliesslich in ihrer Breite. Die Breite des Gewässerraums definiert sich über die Schlüsselkurve<sup>7</sup> (BWG 2001: 18f.), d.h. über die Parameter Sohlenbreite und Breitenvariabilitätsfaktor, welche ebenfalls in der Datenbank der Ökomorphologie (BAFU 2009d: 4) enthalten sind. Damit entspricht die Breitenbegrenzung den gesetzlichen Vorgaben zur Sicherstellung der Biodiversität und des Hochwasserschutzes in Schutzgebieten (GSchV 1998: Art. 41a) und kann, falls bereits in die kantonale Gewässernutzungsplanung aufgenommen und entsprechend umgesetzt, übernommen werden. Dadurch wird auch bei kleinen Bächen eine Breite von mindestens 10 m eingehalten (BWG 2001: 19). Sie kann aber insbesondere bei breiten Mittellandflüssen mitunter eine Ausdehnung von bis zu 60 m erreichen (vgl. Lüttschne (Mittelwert): 14 m), da die Begrenzung in der vorliegenden Arbeit nach oben hin offen gelassen wurde (vgl. BWG 2001: 19).

Die Breite des Landschaftsraums hingegen wird - der Einfachheit halber für alle Gewässerabschnitte gleichermassen - über die Pendelbreite festgelegt. Sie bezeichnet den Raum, welcher ein naturbelastetes Gewässer durch seine mäandrierende Dynamik beanspruchen würde. Eine funktionierende Pendelbreite (Winter 2011: 18ff.) ist deshalb wichtig, weil sie die Selbstreinigung des Wassers und die Filterleistung des Sohlenkörpers sichert; beides sind grundlegende Voraussetzungen für die Erneuerung von Grund- und Trinkwasser.

Die Dimensionierung der Pendelbreite eines Fliessgewässers wird in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben. Das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG 2001) spricht von der fünf- bis sechsfachen Gerinnesohlenbreite, wohingegen Winter (2011: 19) mindestens von der dreifachen Bach- oder Flussbreite ausgeht. Für die vorliegende Arbeit wurde die Breite des Landschaftsraums schliesslich pragmatisch auf die dreifache Gewässerraumbreite festgelegt und beträgt somit maximal 180 m (vgl. Lüttschne (Mittelwert): 42 m). Einerseits ist sie damit nicht zu breit, so dass Flächen, die

<sup>7</sup> Die Schlüsselkurve dient der Festlegung des Raumbedarfs eines Gewässers aus Sicht des Hochwasserschutzes und der Ökologie (BWG 2001: 18f). Basierend auf der natürlichen Gerinnesohlenbreite oder entsprechenden Multiplikationen mit den Breitenvariabilitätsfaktoren (vgl. AWA/GBL 2011: 7, 12) ermittelt sie die zur Sicherstellung des Hochwasserschutzes und der Biodiversität erforderliche Breite des Uferbereichs. Diese beträgt einseitig mindestens 5 m bzw. maximal 30 m.

für das Gewässer ohnehin von untergeordneter Bedeutung sind (z.B. Weidefläche an entfernter Bergflanke), nicht in die Bewertung eingebunden werden. Andererseits ist sie ausreichend flächig, um auch der von naturräumlichen Faktoren und dominanten Nutzungen abhängigen Landschaftsabgrenzung von Camenzind und Stalder (2011: 17) annähernd Rechnung zu tragen. Camenzind und Stalder bemessen die Flussraumbreite im Zusammenhang mit dem Landschaftstyp „Flusslandschaft“ mit mindestens 300 m wesentlich breiter als die übrigen Autoren.

Insgesamt wird mit der gewählten Breitenabgrenzung der Untersuchungseinheiten GR und LR eine räumlich differenzierte Charakterisierung der wichtigsten Ökosystemfunktionen eines Gewässers erreicht. Die dafür notwendigen Indikatoren werden im nächsten Kapitel vorgestellt. Sie gehören entweder dem GR oder dem LR an.

### 3.1.5 ANALYSEMASTER

Die Beurteilung der soeben erläuterten Untersuchungseinheiten bzw. der darin enthaltenen Ökosystemfunktionen folgt dem Modell in Figur 4. Diesem Modell kann entnommen werden, dass zur Beurteilung Indikatoren<sup>8</sup> beigezogen werden. Sie sind die Grundbausteine des Analyseasters. Der Begriff „Indikator“ wird in der vorliegenden Arbeit als Messinstrument verstanden, das den Zustand einer Ökosystemfunktion innerhalb eines Gewässer- oder Landschaftsraums repräsentativ widerspiegelt. Ein Indikator erfasst also die Ausprägung einer Ökosystemfunktion, wobei darauf hingewiesen sei, dass *eine* Ökosystemfunktion *mehrere* Ausprägungen und somit mehrere Indikatoren aufweisen kann. Entsprechend gross ist die Anzahl der benötigten Indikatoren im Analyseaster und damit das Risiko einer Überlagerung. Deshalb wurde besonders darauf geachtet, eine Redundanz auszuschliessen.

### Komponenten und Indikatoren

Nebst der Einteilung dieser Indikatoren in regulierende (Typ A), kulturelle (Typ B) und bereitstellende (Typ C) Ökosystemfunktionen (Kapitel 3.1.2) wurden in einem weiteren Gliederungsschritt „verwandte“ Indikatoren zu Komponenten<sup>9</sup> zusammengefasst (Figur 6). Folglich setzt sich eine Komponente aus sämtlichen Indikatoren zusammen, welche dieselbe Ökosystemfunktion erfassen. In der Regel handelt es sich um drei Komponenten pro Funktionstyp A, B oder C. Abweichungen entstehen einzig bei den Komponenten des Landschaftsraumes (Typ A: 4, Typ B: 6, Typ C: 3). Diese zusätzliche Gliederung macht den Beurteilungsraster insgesamt übersichtlicher und dient ausserdem der anschliessenden Synthese.

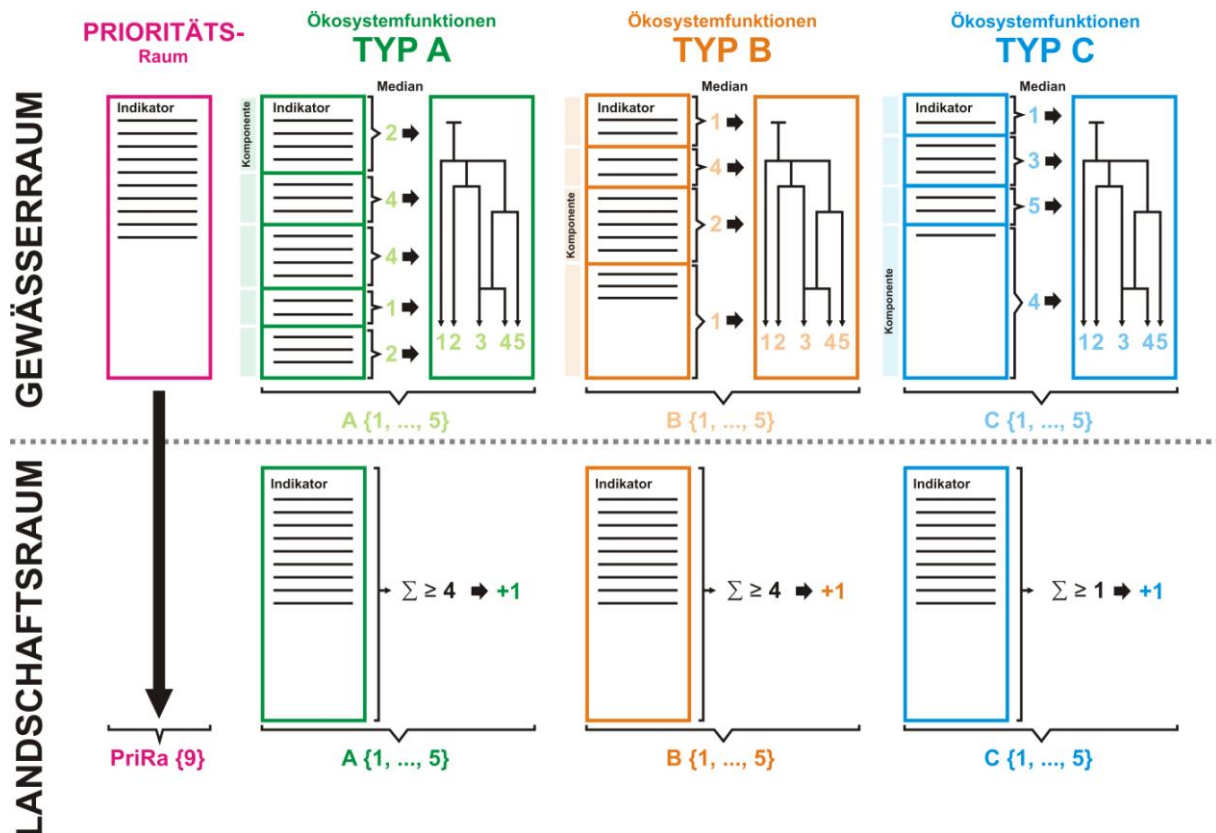
Die Komponenten und Indikatoren des Analyseasters werden nachfolgend kurz erläutert. Da die Komponente *Prioritätsraum* in allen drei Funktionstypen enthalten ist, wird sie am Ende des Abschnitts *Komponenten und Indikatoren* vorgestellt (Seite 28). Für weitere Einzelheiten, insbesondere

---

<sup>8</sup> In der Literatur wird der Begriff „Indikator“ sehr unterschiedlich verwendet. Während in Roth et al. 2010 der Zustand und die Entwicklung der Landschaft Schweiz mithilfe von Indikatoren - diese sind in Themenbereiche zusammengefasst - beschrieben wird, setzt Hauser et al. (2011) wie auch König (2011) zur Bewertung urbaner Fließgewässer Parameter ein, wobei König (2011) diese in Teilbereiche gliedert. In Plachter et al. (2003) werden die Begriffe Parameter und Indikator für Bewertungen im Naturschutz vorgeschlagen.

<sup>9</sup> Der Begriff „Komponente“ wird in der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an die Verwendung in de Groot et al. (2002: 395ff) eingesetzt.

die genaue Herleitung der Indikatoren, wird auf Hirschi (2011: 35ff) verwiesen. Zudem findet sich die vollständige Liste aller Indikatoren im Anhang 8.1 und 8.2.3.



Figur 6 Strukturierung der Ökosystemfunktionen eines Typs

## Regulierenden Ökosystemfunktionen - Typ A

### Gewässermorphologie & Gewässertyp

Die Indikatoren der Komponente Gewässermorphologie und Gewässertyp erfassen vor allem Gewässerökosystemfunktionen, die zur Aufrechterhaltung eines intakten Lebensraumes von Flora und Fauna nötig sind. Dazu gehört die Beurteilung der Naturnähe und Ursprünglichkeit der Gewässerstruktur durch den Indikator *Natürlichkeitsgrad der Ökomorphologie* (BAFU 1998). Ebenso beurteilt wird die laterale, longitudinale und vertikale Durchwanderbarkeit eines Gewässerraumes (Meyer 2008), wobei insbesondere die Fischwanderung berücksichtigt wird (WWF Schweiz et al. 2008: 28ff). Als Messgrösse hierfür wird die Anzahl Abstürze im Gewässerraum eingesetzt (Indikator *Durchgängigkeit*). Eine weitere wichtige Funktion wird über den Indikator *Geschiebehaushalt* registriert. Die Dynamik des Geschiebetransports ist ausschlaggebend für eine funktionsfähige Flusssohle, die einerseits als Lebensraum und Laichgebiet dient, aber auch die Filterung des Wassers aufrechterhält (WWF Schweiz et al. 2008: 39). Gehört der GR einem Gewässertyp an, der besonders selten und in seiner Form einmalig ist, wird dies durch den Indikator *Einzigartigkeit* bewertet (v. Känel 2009, Michor et al. 2006). Ausserdem wird davon ausgegangen, dass in einer renaturierten Gewässerstrecke die genannten Ökosystemfunktionen besser erfüllt werden können (Göggel 2012). Dieser Annahme wird durch den Indikator *Renaturierungen* Rechnung getragen.

**Tabelle 4** Regulierende Ökosystemfunktionen - Typ A

	Komponente	Funktion	Indikator	Messgrösse	Wertskala
Gewässerraum	Prioritätsraum	Refugium	Nationale Schutzgebiete	Präsenz	{0, 1, 9}
	Gewässer-morphologie & Gewässertyp	Lebensraum, Wasserhaushalt	Natürlichkeitsgrad der Ökomorphologie	Grad	{1, ..., 5}
			Durchgängigkeit (Abstürze)	Anzahl	{1, ..., 5}
			Natürlichkeit des Geschiebehaushalts (Bauwerke)	Anzahl	{1, ..., 5}
			Einzigkeitigkeit	Präsenz	{1, 5}
			Renaturierungen	Präsenz	{1, 5}
	Wasserqualität	Nährstoffhaushalt, Lebensraum	Verdünnungsverhältnis ARA	%	{1, ..., 5}
			PO <sub>4</sub> -P	mg P/l	{1, ..., 5}
			NO <sub>3</sub>	mg N/l	{1, ..., 5}
			NH <sub>4</sub>	mg N/l	{1, ..., 5}
			DOC	mg C/l	{1, ..., 5}
	Wasserführung	Wasserregulation, Lebensraum	Schwall-Sunk-Betrieb Wasserkraft	Typ & Anzahl	{1, ..., 5}
			Restwasserstrecken	Präsenz	{1, 5}
Landschaftsraum	Geschützte Lebensräume	Refugium	Int., nat., kant. Schutzgebiete	Präsenz	{0, 1}
	Biodiversität	Biologische & genetische Vielfalt	Artenvielfalt	Anzahl	{0, 1}
			Rote Liste (CR, EN, VU) od. Prioritäre Arten	Anzahl	{0, 1}
	Vernetzung	Lebensraum, Reproduktion	Nat. ökologisches Netzwerk REN	Präsenz	{0, 1}
			Zerschneidung der Landschaft	Präsenz	{0, 1}
	Bodenbedeckung	Lebensraum, Lärmschutz	Waldflächen	Fläche [%]	{0, 1}

### Wasserqualität

Eine gute Wasserqualität ist Voraussetzung für ein funktionierendes Ökosystem und eine hinreichende Trinkwasserversorgung. Durch eine Wasserentnahme kann sich die Wasserqualität verschlechtern, da allfällige Schadstoff- oder Nährstoffeinträge weniger verdünnt werden (Bolliger et al. 2009: 43). Deshalb umfasst die Komponente Wasserqualität fünf Indikatoren zur Beurteilung der Gewässergüte. Sie beurteilen die Konzentrationen wesentlicher chemischer Parameter (*Phosphat, Nitrat, Ammonium, organischer Kohlenstoff*), deren Daten gut zugänglich sind, und das *Verdünnungsverhältnis bei den Einleitungen von Abwasserreinigungsanlagen* (BAFU 1998, GSchV 1998: Anhang 2).

### Wasserführung

Damit ein Gewässer natürliche Strömungs- und Habitatmuster aufweist und die für die Lebensraumvielfalt wichtigen Umlagerungs- und Austauschprozesse stattfinden können, braucht es ein möglichst naturnahes Abflussregime (Bolliger et al. 2009: 37), d.h. Abfluss, Saisonalität und Variabilität sind weitgehend unbeeinflusst. Zur Beurteilung des Abflussregimes ziehen Pfaundler et al. (2011) Aspekte wie Niedrig-, Mittel- und Hochwasserbereiche bei. In der vorliegenden Arbeit werden die Indikatoren *Schwall-Sunk-Betrieb Wasserkraft* und *Restwasserstrecken* eingesetzt. Sie beurteilen die Hydrologie des Gewässers aufgrund der Anzahl Beeinträchtigungen durch Wasserkraftnutzung (Kraftwerksvertreter & Umweltverbände 2009). Dabei steht insbesondere das vom Stromverbrauch gesteuerte und von der Turbinierung des Wassers erzeugte An- und Abswellen des Abflusses (Schwall-Sunk) im Vordergrund (WWF Schweiz et al. 2008: 42ff).

### Geschützte Lebensräume

Die Komponente geschützte Lebensräume bezieht sich auf den LR. Die Indikatoren dieser Komponente sind identisch mit jenen der Komponente Prioritätsraum (Seite 28). Dies ist damit zu begründen, dass ein Schutzgebiet auch dann erfasst werden soll, wenn sein Perimeter nur einen Teil des LR be-

trifft, den GR aber nicht einschliesst. Diese Indikatoren werden noch durch weitere *kantonale oder regionale Schutzgebiete* ergänzt, deren Schutzregelungen allerdings weit weniger strenge Eingriffsbeschränkungen aufweisen (BAFU et al. 2011: 12ff). Dennoch bieten sie Rückzugsmöglichkeiten und wertvolle Habitate für zahlreiche Lebewesen und erfüllen damit wichtige Ökosystemfunktionen.

#### *Biodiversität*

Mit den Indikatoren *Artenvielfalt* und *Rote Liste Arten* erfasst die Komponente Biodiversität den Zustand der biologischen und genetischen Vielfalt in der Landschaft. Die Biodiversität ist eine unserer wichtigsten Lebensgrundlagen (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009). Sie widerspiegelt die verschiedenen nutzungsbedingten Veränderungen in der Landschaft durch modifizierte Artenzahlen und -zusammensetzungen. Der Indikator *Rote Liste Arten* bezieht sich deshalb auf einzelne besonders gefährdete, prioritäre oder sonstige schützenswerte Arten (Cordillot und Klaus 2011).

#### *Vernetzung*

Studien belegen, dass zur Erhaltung von Ökosystemfunktionen viele, grössere, vernetzte und diverse Schutz- und Förderflächen besser sind als wenige, kleine, fragmentierte, isolierte und homogene (Fischer 2011). Daher untersucht die Komponente Vernetzung die Fläche - die nützlichste „Währung“ in der Naturschutzpraxis. Der Indikator *Nationales Ökologisches Netzwerk REN* konzentriert sich dabei auf die Vernetzung der Lebensräume durch verbindende Strukturen wie Hecken, Wälder und Wasserläufe (Berthoud et al. 2004), wohingegen der Indikator *Zerschneidung* die Fragmentierung der Landschaft durch Strassen und Bahnlinien beurteilt (Stuber 2008: 36). Mit der Zerschneidung einher geht ausserdem der Verlust naturnaher Landschaften und die zunehmende Lärmbelastung, was den Erholungswert für Bevölkerung und Tourismus mindert (Roth et al. 2010: 40).

#### *Bodenbedeckung*

Die Komponente Bodenbedeckung erfasst über den Indikator *Waldflächen* verschiedenste Ökosystemfunktionen. Einerseits liefert der Wald den gefragten Rohstoff Holz, andererseits trägt er zur biologischen Vielfalt bei, dient der CO<sub>2</sub>-Speicherung, schützt vor Naturgefahren, begünstigt die Grundwasserfilterung und erfüllt ausserdem eine wesentliche Erholungsfunktion (Lüscher 2010: 306).

### **Kulturelle Ökosystemfunktionen - Typ B**

#### *Erschliessung*

Es wird davon ausgegangen, dass der kulturelle Wert eines Gewässers mit verbesserter *Erreichbarkeit* und Zugänglichkeit steigt; d.h. die Erholungsfunktion ist dann gegeben, wenn ein GR für den Erholungssuchenden *erreichbar*, *einsehbar* und damit erlebbar ist (AUE 2007). Die Qualität der Erreichbarkeit und Einsehbarkeit wird in der Komponente Erschliessung mittels Wegnetzdicke erfasst.

#### *Erlebnischarakter*

Die Komponente Erlebnischarakter registriert mithilfe zweier Indikatoren den Landschaftscharakter und die *Besonderheiten* bzw. die Eigenart eines Gewässerraumes (Roth et al. 2005). Dies wird am

Vorhandensein von *Wasserfällen* (AWA 2010b: 27), *Bademöglichkeiten* oder anderen kulturellen Attraktionen und ästhetischen Erlebnissen bemessen.

**Tabelle 5** Kulturelle Ökosystemfunktionen - Typ B

	Komponente	Funktion	Indikator	Messgrösse	Wertskala
Gewässerraum	Prioritätsraum	Ästhet., kultur. Information	Naturerlebnispark	Präsenz	{0, 1, 9}
	Erschliessung	Erholung, ästeth. Information	Erreichbarkeit & Einsehbarkeit	m/m <sup>2</sup>	{1, ..., 5}
	Erlebnischarakter	Erholung, ästeth. Information	Landschaftsästhetische Besonderheit (Wasserfall)	Präsenz	{1, 5}
	Freizeit & Sport	Erholung, Freizeit	Angelfischerei	Anzahl	{1, ..., 5}
			Wassersport (Kanu, Canyoning)	Schwierigkeit	{1, 5}
Landschaftsraum	Landschaft	Ästhet., kultur. Information	Naturerlebnispark, UNESCO-Weltkulturerbe	Präsenz	{0, 1}
	Erlebnischarakter	ästhet. Information	Aussichtspunkte	Präsenz	{0, 1}
			Wanderwege	Präsenz	{0, 1}
	Freizeit & Sport	Erholung, ästeth. Information	Velorouten	Präsenz	{0, 1}
			Erholungswert (Gastronomie)	Anzahl	{0, 1}
			Historische Verkehrswege IVA	Präsenz	{0, 1}
	Kulturhistorische Objekte	Histor., kultur. Information	Schützenswerte Ortsbilder ISOS	Präsenz	{0, 1}
			Nat. Kulturgüter KGS	Präsenz	{0, 1}
	Bodennutzung	Erholung, Freizeit	Wohn- & Ferienhäuser	Fläche [%]	{0, 1}
	Tourismus	Erholung, Freizeit	Infrastrukturen (Seilbahn, Skipiste, Schiff)	Präsenz	{0, 1}
			Eisenbahnlärm	Fläche [%]	{0, 1}
			Strassenlärm	Fläche [%]	{0, 1}
	Lärmschutz	Erholung	Fluglärm	Fläche [%]	{0, 1}

### *Freizeit und Sport*

Die Gewässerlandschaft bietet unzählige Möglichkeiten für Freizeitaktivitäten und touristische Nutzungen (AUE 2010: 18). Sie dient vielen als Erholungs- und Erlebnisraum und erfüllt damit eine wichtige kulturelle Funktion (Dürrenmatt 2007: 21). Die Komponente Freizeit und Sport beurteilt mithilfe von fünf Indikatoren eine Auswahl dieser Funktionen. Dabei liegt bei der Beurteilung des GR der Schwerpunkt auf den *Wassersportaktivitäten* und der *Angelfischerei*, wohingegen die Indikatoren des LR die Intensität der Freizeitnutzung aufgrund von *Velo- und Wanderwegen* sowie Restaurants oder Feuerstellen (*Erholungswert*) bewerten.

### *Landschaft*

Mit der Komponente Landschaft werden Schutzgebiete wie *Naturerlebnispärke* (BAFU et al. 2011: 14) und die *Weltkulturerbe* (BAK 2011) berücksichtigt. Der Indikator prüft, ob sich ein LR in einem dieser Schutzgebiete befindet und beurteilt aufgrund dessen seine kulturelle und ästhetische Informationsfunktion.

### *Kulturhistorische Objekte*

In der Schweiz kommen den traditionellen Bewirtschaftungsformen und den unterschiedlichen Elementen, welche diese charakterisieren, eine grosse Bedeutung zu (Stuber 2008: 22). Ein Gewässer in einer solchen Landschaft kann deshalb historische und kulturelle Informationsfunktionen erfüllen. Die kulturgeschichtlich bedeutenden Elemente werden in Anlehnung an AUE (2010: 17) über die Indikatoren *historische Verkehrswege der Schweiz IVS*, *schützenswerte Ortsbilder der Schweiz ISOS* und *schweizerisches Kulturgüterinventar KGS* ermittelt (BABS 2010).

#### *Bodennutzung*

Insbesondere in Siedlungsgebieten gilt es zu berücksichtigen, dass die Erholungsfunktion des Gewässers wesentlich bedeutender sein kann als anderswo (Dürrenmatt 2007: 19ff). Dabei spielen Wohnlage und Wohnqualität eine wichtige Rolle (AUE 2007: 27). Daher werden mithilfe der Komponente Bodennutzung die Flächenanteile von *Wohn- und Ferienhäusern* im LR bemessen.

#### *Tourismus*

Der Tourismus hat in der Schweizer Raumentwicklung einen besonders hohen Stellenwert (ARE 2011: 30). In Gewässernähe finden sich daher oft Zeugen touristischer Nutzung wie beispielsweise Seilbahnen oder Langlaufloipen. Mit der Komponente Tourismus werden diese *Infrastrukturanlagen* bezüglich ihrer Naherholungsfunktion beurteilt (Dürrenmatt 2007: 21).

#### *Lärmschutz*

Lärmemissionen können mit steigendem Schallpegel einen zunehmend negativen Einfluss auf die Gesundheit, das Sozialverhalten und die Lebensraumqualität haben (BAFU 2009a: 17) und somit als Störung wirken (Meier und Wachter 2005: 14). Ob eine Lärmquelle die verschiedenen kulturellen Funktionen des Gewässers negativ beeinflusst, wird durch die Indikatoren *Bahn-, Strassen- und Fluglärm* beurteilt (BAFU 2009c).

### **Bereitstellende Ökosystemfunktionen - Typ C**

#### *Rohstoffnutzung*

Das Gewässer stellt einerseits den Rohstoff Wasser zur Verfügung. Die vielfältigen Nutzungen reichen von der Stromproduktion über die Entnahmen für Kühlungs Zwecke oder Trinkwassergewinnung bis hin zur Reinigung von Brauchwasser und Abwasser in den Abwasserreinigungsanlagen (BAFU et al. 2007). Andererseits stellt das Gewässer auch Rohstoffe wie Kies und andere Abbaugüter zur Verfügung. Die Komponente Rohstoffnutzung beurteilt diese bereitstellenden Ökosystemfunktionen über insgesamt drei Indikatoren. Sie registrieren *Wasserentnahmestellen* aller Art sowie *Abbau- und Deponieflächen* und beurteilen diese aufgrund von Entnahmemenge und Flächenanteilen.

#### *Potentielle Wasserkraft*

Indem Wasser als Energiequelle bereitgestellt wird, leistet das Gewässer einen wesentlichen Beitrag an die Energiewirtschaft (Staub und Ott 2011: 36). Dabei sind die Abflussmenge (Pfaundler und Zappa 2006) und das Gefälle die bestimmenden Faktoren für die *spezifische Wasserkraftleistung* [kW/m] eines GR (Watergisweb AG 2009). Die Komponente Potentielle Wasserkraft dient der Beurteilung dieser *spezifischen Wasserkraftleistung*, die theoretisch für eine Nutzung zur Verfügung stehen würde (Watergisweb AG 2009).

#### *Risikoversorge*

In Abhängigkeit der morphologischen Ausgestaltung der Gewässerlandschaft kann sie mehr oder weniger präventive Wirkung gegenüber Naturgefahren wie Lawinen, Murgängen oder Hochwasser haben (Staub und Ott 2011: 35). Die Schutzfunktion eines GR lässt sich über Vegetationsbewuchs oder Wasserrückhalteflächen beurteilen oder aus den kantonalen Gefahrenkarten ablesen (ARE

2007). In der vorliegenden Arbeit beurteilt der Indikator *Gefahrenzonen* die Schutzwirkung eines GR über die Fläche und Gefahrenstufe.

**Tabelle 6** Bereitstellende Ökosystemfunktionen - Typ C

	Komponente	Funktion	Indikator	Messgrösse	Wertskala
Gewässerraum	Prioritätsraum	Wasserversorgung	Gewässer- & Grundwasserschutzzone S1, S2	Präsenz	{0, 1, 9}
	Rohstoffnutzung	Energiequelle	Wasserentnahme für Wasserkraft	% Q <sub>347</sub>	{1, ..., 5}
			Wasserentnahme für andere Nutzungen	% Q <sub>347</sub>	{1, ..., 5}
	Pot. Wasserkraft	Energiequelle	Spezifische Wasserkraftleistung	kW/m	{1, ..., 5}
	Risikoversorge	Schutz, Prävention	Gefahrenzonen Lawinen, Rutschungen & Hochwas-	Fläche [%]	{1, ..., 5}
Landschaftsraum	Rohstoffnutzung	Baustoff	Abbau & Deponie	Fläche [%]	{0, 1}
		Reinigung	ARA	Präsenz	{0, 1}
	Bodeneignung	Bodenverfügbarkeit	techn. Infrastruktur (Bauzonen, Bauten/Anlagen)	Präsenz	{0, 1}
			Wasserkraftgemeinde (Steuereinnahmen aus WK)	Präsenz	{0, 1}
	Bodennutzung	Bodenverfügbarkeit	Industrie & Gewerbe	Fläche [%]	{0, 1}
			Landwirtschaftsflächen	Fläche [%]	{0, 1}

### *Bodeneignung*

Die Komponente Bodeneignung setzt sich aus den Indikatoren *technische Infrastruktur* und *Wasserkraftgemeinde* zusammen. Damit wird einerseits berücksichtigt, inwieweit ein Grundstück bereits durch Zufahrtsstrassen und Energieversorgung erschlossen ist (BAFU et al. 2011: 19). Andererseits wird beurteilt, ob sich der Gewässerraum in einer Gemeinde befindet, die Steuereinnahmen durch Wasserkraftnutzung vorweisen kann (AUE 2010: 15). Da im Sinne der Raumplanung von einer regionalen Konzentration der Nutzungen ausgegangen wird (ARE 2011), kommt diesem Gewässerraum eine grössere Bedeutung zu.

### *Bodennutzung*

Nebst den Nutzungen des Gewässers selbst, werden auch die bestehenden Nutzungen im LR in die Beurteilung einbezogen (BAFU et al. 2011: 20). Damit werden Ökosystemfunktionen wie die Bodenbildung oder die Bereitstellung von Baufläche angesprochen. Zur Bemessung werden die Indikatoren *Industrie und Gewerbe* sowie *Landwirtschaftsflächen* eingesetzt (Dürrenmatt 2007: 19; AUE 2007: 27).

### **Prioritätsräume**

Unter Prioritätsraum wird in der vorliegenden Arbeit ein Gewässerraum verstanden, der in einem Schutzgebiet liegt oder von einem solchen teilweise überdeckt ist. Der Schutzstatus dieser Gebiete ist in jedem Fall gesetzlich geregelt und verbindlich (Küchler et al. 2011: 6-16), wobei die Regelung sowohl internationaler, nationaler als auch kantonaler Art sein kann. Diese Schutzgebiete sind laut Gesetzgebung zu schonen und wo das allgemeine Interesse an ihnen überwiegt, ungeschmälert zu erhalten. Das Erstellen von Bauten und Anlagen ist in diesen Gebieten nicht oder nur unter erschwerenden Bedingungen und Auflagen möglich (NHG 1966: Art. 1). Folglich hat der Schutz in diesen Gebieten höchste Priorität (Prioritätsraum). Deshalb wird davon ausgegangen, dass anthropogene Eingriffe in diesen Räumen bis auf weiteres unwahrscheinlich sind.



Liegt also ein GR in einem gesetzlichen Schutzgebiet gemäss BAFU, ARE und BFE (BAFU et al. 2011: 12ff), kommt ihm in der vorliegenden Bewertungsmethode ein Sonderstatus zu (Wert 9). Um einerseits vollständige Informationen zu erhalten und andererseits die Verwendung der Ergebnisse auch für andere Fragestellungen zu ermöglichen, werden die betroffenen Gewässerräume dennoch vollständig beurteilt. Sie schliessen aber aufgrund ihres Schutzstatus eine Wasserkraftnutzung mit höchster Wahrscheinlichkeit aus. Die Komponente Prioritätsraum findet sich in allen drei Funktionstypen (A, B und C) wieder, da Schutzgebiete alle drei Arten von Ökosystemfunktionen erfüllen. Jedoch beschränkt sich die Komponente räumlich auf den Gewässerraum, d.h. die Bewertung Prioritätsraum kann ausschliesslich dort erreicht werden, wo sich ein Schutzgebiet mit nachvollziehbarem Bezug zum Gewässer befindet. Schneidet sich die Fläche eines Gewässerraums bspw. mit einem Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden, führt dies nicht zur Bewertung Prioritätsraum. Ebenso ausgeschlossen ist der Status Prioritätsraum bei der Bewertung der Ökosystemfunktionen im Landschaftsraum. Dort führen dieselben Schutzgebiete zwar zu einer besseren Bewertung, der Status Prioritätsraum ist aber nicht erreichbar. Tabelle 7 zeigt die in dieser Arbeit relevanten Schutzgebiete mit Prioritätscharakter. Weitere Details sind dem Anhang 8.1 zu entnehmen.

**Tabelle 7** Schutzgebiete, die zum Sonderstatus „Prioritätsraum“ führen.

Schutzgebiet	Funktionstyp
Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete	A
Bundesinventar der Auengebiete	A
Bundesinventar der Flachmoore	A
Bundesinventar der Hochmoore	A
Bundesinventar der Moorlandschaften	A
Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden	A
Geschützte Gebiete gemäss Verordnung über die Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung VAEW	A
Gewässer mit Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Fischarten	A
Gewässerschutzzonen S1/S2	C
Gewässerstrecken von nationaler Bedeutung	A
Grundwasserschutzzonen	C
Inventar international und national bedeutender Wasser- und Zugvogelreservate	A
Nationalpark	A
Naturerlebnispark	B

## Mess- und Wertskala

Wie bereits in Kapitel 3.1.2 erwähnt, sind Beurteilungen im Wesentlichen so aufgebaut, dass sie mittels Indikatoren einem Objekt - hier Gewässerabschnitt bzw. Ökosystemfunktion - in Abhängigkeit der Relation seines Zustandes zur Referenzgrösse einen Wert auf einer Skala zuordnen (Zustands-Wertigkeits-Relation, Wertzuweisung, Bernotat et al. 2003: 369ff, 401). Die Referenzgrössen beruhen meist auf rechtlich oder fachlich normativ festgelegten Bewertungsmassstäben (Bernotat et al. 2003: 367), so auch in der vorliegenden Arbeit (vgl. Bewertungsverfahren in Kapitel 3.1.2). Hingegen werden die Mess- und Wertskalen<sup>10</sup> durch die Beurteilungsmethode definiert (Bernotat et al. 2003: 368).

<sup>10</sup> Es wird zwischen Nominal-, Ordinal- und Intervallskala unterschieden. Bei einer *Nominalskala* können Objekte lediglich klassiert werden (z.B. Landschaftstypen: Tallandschaft, Hügellandschaft, etc.), während eine *Ordinalskala* sie entlang ihrer Grösser-Kleiner-Relation (undefinierter Abstand) in eine Rangfolge bringt (z.B. Ökomorphologie: 1 = natürlich, 2 = wenig beeinträchtigt, 3 = stark beeinträchtigt). Erst wenn die Grösse der Abstände bekannt ist, kommt die *Intervallskala* zum Einsatz (z.B. Temperaturskala in °C) (Bernotat et al. 2003: 369ff).

Sie bestimmt ebenfalls die Syntheseregeln, welche von der gewählten Wertskala abhängig sind<sup>11</sup> und in Kapitel 3.2.2 Wertsynthese beschrieben werden.

Nachdem die Auswahl der Indikatoren im vorangehenden Abschnitt dargelegt wurde, bleiben nun noch die Mess- und Wertskalen zu definieren (vgl. Figur 4). In den Messskalen werden die Indikatoren skaliert, wohingegen die Wertskala der Skalierung der Werte dient.

In der vorliegenden Arbeit besitzt jeder Indikator eine spezifische **Messskala**. Die Skalierung richtet sich nach den jeweils relevanten Umweltqualitätszielen oder -standards und leitet sich aus den Produktebeschreibungen der verwendeten Datensätze ab oder wird bestehenden Bewertungsmethoden entnommen (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3 oder Anhang 8.2.1 und 8.2.3). Damit erübrigt sich auch die Festlegung der Referenzzustände (Soll-Wert). Der Indikator *Natürlichkeitsgrad der Ökomorphologie* bspw. kann gemäss der Produktebeschreibung des Datensatzes Ökomorphologie (AWA/GBL 2011: 8) fünf unterschiedliche Natürlichkeitsgrade und entsprechende Zustandsklassen aufweisen: natürlich = Klasse 1, wenig beeinträchtigt = Klasse 2, stark beeinträchtigt = Klasse 3, naturfremd = Klasse 4 und eingedolt = Klasse 5. Zur Bemessung der Indikatorzustände werden Messgrössen wie z.B. Flächengrösse, Anzahl oder Dichte eingesetzt (vgl. Tabelle 4 bis Tabelle 6) eingesetzt.

Die **Wertskala** operationalisiert die Sollzustände; d.h. sie misst die Erfüllung oder Nichterfüllung der formulierten Ziele. Das Ziel der vorliegenden Beurteilung ist es, den Ausprägungsgrad der verschiedenen Ökosystemfunktionen in einem Gewässerraum bewerten zu können, um schliesslich zu einer Ökosystemleistung zu gelangen. Für eine sinnvolle Differenzierung der Bewertungsergebnisse und gleichzeitig vertretbare Validität schlägt Bernotat et al. (2003: 400) eine fünf- oder höherstufige Skalierung vor. Ausserdem sollte die Skala eine ungerade Anzahl von Wertstufen aufweisen. In der vorliegenden Studie wird zur Bewertung der Ökosystemfunktionen eine fünfstufige Ordinalskala gewählt (Tabelle 8). Demnach liefert das Bewertungsverfahren für jede Ökosystemfunktion einen Ausprägungsgrad zwischen 1 und 5. Diese Wertskala richtet sich damit nach der im europäischen Raum etablierten und einheitlich angewandten Skalierung von Bewertungsverfahren für Gewässerzustände (EU 2000).

**Tabelle 8** Wertskala

Ausprägung	Wert
sehr bedeutend	5
bedeutend	4
mässig bedeutend	3
wenig bedeutend	2
nicht bedeutend	1

### Verknüpfung von Zustand und Wert

In einem nächsten Schritt wird den unterschiedlichen Zuständen der Indikatoren ein entsprechender Wert auf der Wertskala (Tabelle 8) zugeordnet. Die Verknüpfung von Messskalen und Wertskala erfolgt durch die Bestimmung der **Zustands-Wertigkeits-Relationen** (vgl. Figur 4). Diese sind in Form

<sup>11</sup>Das arithmetische Mittel ist bspw. ausschliesslich bei Intervallskalen zulässig (Bernotat et al. 2003: 370ff).

von Wertzuweisungsvorschriften aufzustellen, mittels derer die Bewertung der Erhebungsergebnisse (Indikatoren) durchgeführt wird (Bernotat et al. 2003: 380). Die Bezugsbasis zur Erstellung der Wertzuweisungsvorschriften bilden die in Kapitel 3.1.2 erläuterten Bewertungsmassstäbe (vgl. Seite 14 wie auch Anhang 8.2.3). Daraus ergibt sich für das bereits oben eingesetzte Beispiel folgende Zustands-Wertigkeits-Relation: Da der Natürlichkeitsgrad „*natürlich*“ mit der Zustandsklasse 1 (Sachebene) einem „*sehr guten*“ Zustand (Wertebene) entspricht, wird ihm der beste „Wert 5“ (Bewertung) zugeordnet. Dies bedeutet so viel wie: in einem „*natürlichen*“ Gewässerabschnitt sind die Funktionen Lebensraum- und Wasserhaushaltsregulation stark ausgeprägt, der Gewässerraum verfügt über „*sehr bedeutende*“ ökologische Ökosystemleistungen.

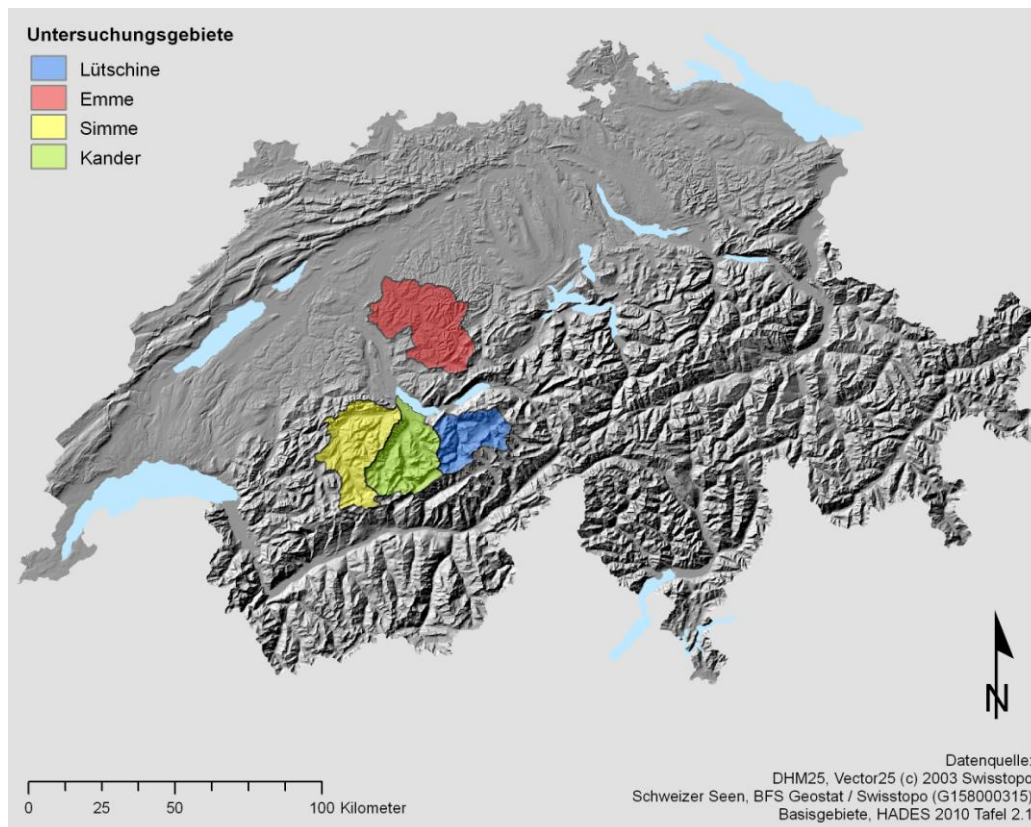
Die bisherigen Ausführungen galten ausschliesslich der Bewertung der Ökosystemfunktionen des Gewässerraums. Im Gegensatz dazu erfolgt die Beurteilung der Ökosystemfunktionen auf der Landschaftsraumebene einheitlich über ein Bonus-Malus-System, d.h. es wird lediglich geprüft, ob ein Indikator vorhanden ist (Wert 1) oder nicht (Wert 0). Dieses Vorgehen entspricht einer Nominalskala, d.h. aus den Zuständen der Indikatoren lassen sich weder eine Rangfolge noch Zustandsabstände ablesen. Ein Landschaftsraum erfüllt bspw. eine Erholungsfunktion, wenn er Wander- oder Velowege aufweist (Tabelle 5).

### 3.1.6 UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Die Auswahl der Testgebiete beschränkt sich in der vorliegenden Arbeit auf den Kanton Bern (Figur 7). Der Kanton Bern ist deshalb besonders interessant, weil er einerseits ein grosses, noch weitgehend ungenutztes Wasserkraftpotential aufweist und andererseits - dank seiner Grösse und Topographie - über ein breites Spektrum an verschiedenen Gewässertypen verfügt. Zudem wird die Datenlage und -verfügbarkeit in diesem Kanton als sehr gut bewertet. Die einzelnen Gebiete wurden denn auch so gewählt, dass möglichst viele der Gewässertypen vertreten sind und die Vielfalt der Schweizer Fliessgewässer bestmöglich repräsentiert wird. Einen ersten Eindruck dieser Fliessgewässervielfalt vermitteln die Gebietskenngrössen in Tabelle 9. Nicht vertreten sind Gebiete der südlichen Alpen sowie des Jurabogens. Die geographische Lage der Testgebiete ist in Figur 7 abgebildet.

**Tabelle 9** Testgebiete

Gewässer	EZG [km <sup>2</sup> ]	Regime	Höhenstufen	Max Höhe [m]	Min Höhe [m]
Lütschine	380	glazial bis glazio-nival	nival/alpin bis montan	4150	550
Emme	1046	nival bis pluvial	subalpin/montan bis kollin	2250	550
Kander	502	glazial bis nival	nival/alpin bis montan	3850	550
Simme	597	glazial bis nival	alpin bis montan	3250	550



**Figur 7** Untersuchungsgebiete

## 3.2 BEURTEILUNG (2)

Die ganzheitliche Beurteilung (Schritt 2, Figur 3) ist das zentrale Steuerelement des gesamten Bewertungsverfahrens. Ihr Ziel ist es, die Bedeutung der Ökosystemfunktionen für den Menschen in Form von Leistungen zu quantifizieren. Die Ökosystemfunktionen werden dazu in die drei Typen regulierende (Typ A), kulturelle (Typ B) und bereitstellende Funktionen (Typ C) aufgeteilt (vgl. Kapitel 3.1.2). Entsprechend dreiteilig verläuft die Beurteilung der Funktionen: Jeder Untersuchungseinheit (GR und LR) werden in Abhängigkeit von Typ, Anzahl und Leistungen der Ökosystemfunktionen drei Werte zugeordnet. Je mehr Funktionen und je grösser deren Leistungen, desto höher sind diese Werte und desto bedeutender die beurteilten Funktionen. Die Werte sind also ein Mass, welches die Bedeutung der Ökosystemfunktionen quantifiziert und damit die ökologischen, kulturellen und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen jeder Untersuchungseinheit beziffert (vgl. Figur 8). Da jede Untersuchungseinheit schliesslich über einen dreistelligen Wert verfügt, entsteht eine dreifache Charakterisierung des gesamten Untersuchungsgebietes. Damit resultiert aus Schritt 2 ein Zwischenergebnis (vgl. ökologische Ökosystemleistungen (A), kult. Leist. (B) und wirts. Leist. (C) in Figur 8), das Schwerpunkte sichtbar macht und sich ohne weiteres für andere Anwendungszwecke einsetzen liesse (z.B. Planung von Revitalisierungen).

Die folgenden Abschnitte sollen zeigen, wie die einzelnen Schritte der soeben kurz geschilderten ganzheitlichen Beurteilung genau vorgenommen werden.

### 3.2.1 DATENERHEBUNG (ERFASSUNG IST-ZUSTAND)

Die Erfassung und Beurteilung der Ökosystemfunktionen sowohl des Gewässerraums als auch des Landschaftsraums, erfolgt, wie in Kapitel 3.1.3 erwähnt, mithilfe einer speziell entworfenen Datenbank im GIS (vgl. Anhang 8.2.2 und 8.2.3). Damit gelingt einerseits eine Reduktion des Arbeitsaufwandes auf ca. 3-4 Tage pro Untersuchungsgebiet, wobei die Anschaffung und Aufbereitung sämtlicher benötigter Datensätze nicht eingerechnet ist. Obwohl darauf geachtet wurde, dass die verwendeten Datensätze bereits vorhanden sind und zwar möglichst national oder zumindest über ein kantonales Geoportal abrufbar, ist diese Datenaufbereitung mit einem beachtlichen zusätzlichen Zeitaufwand verbunden (Tabelle 10). Andererseits hat die Verwendung einer Datenbank den weiteren Vorteil, dass jederzeit zurückverfolgt werden kann, welche Indikatoren mit welchem Ausmass die *Ausprägung* der Ökosystemfunktionen bzw. die *Bedeutung* der Ökosystemleistungen und damit die Beurteilung einer Untersuchungseinheit (GR und LR) beeinflussen.

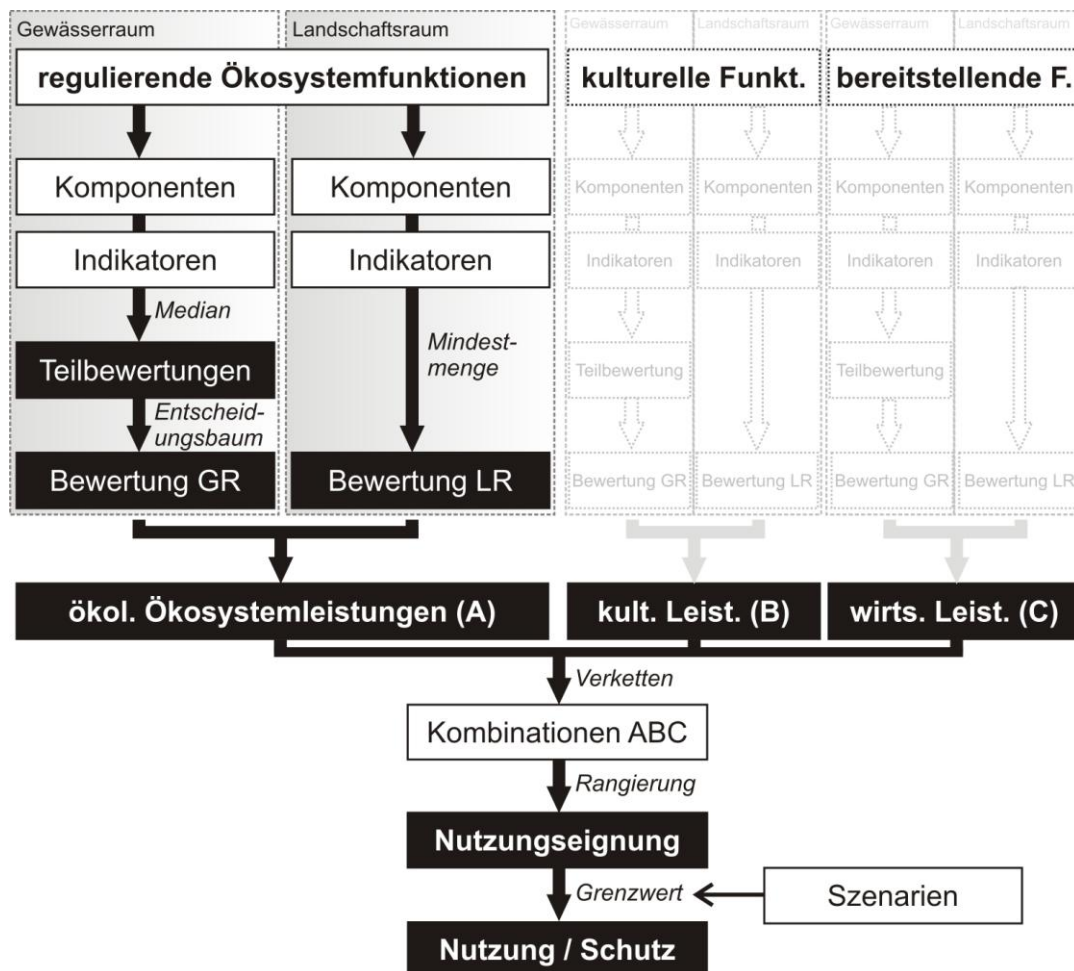
Die in der Datenbank gesicherten Bewertungen werden nach Abschluss der Datenerhebung mittels Wertsynthese zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt (vgl. Kapitel 3.2.2). Die Gesamtbewertung entspricht in der vorliegenden Arbeit den Ökosystemleistungen (A, B und C). Die Wertsynthese beschränkt sich zurzeit noch auf eine sehr einfache MS Excel-Anwendung (Anhang 8.2.4). Die Daten müssen daher manuell importiert und bearbeitet werden. Eine teilweise Automatisierung oder Programmierung der Prozesse wäre mit einem zu grossen zusätzlichen Aufwand verbunden gewesen, als dass sie in der Studie hätten integriert werden können. MS Excel wurde vor allem deshalb gewählt, weil damit die gewünschten Syntheseschritte zufriedenstellend ausgeführt werden können und eine anschliessende Darstellung der Ergebnisse im GIS ohne weiteres möglich ist. Dazu werden die Ökosystemleistungen exportiert und im GIS mit der bestehenden Datenbank verknüpft, so dass jedem Gewässerraum die entsprechenden Ökosystemleistungen zugeordnet werden.

**Tabelle 10** Zeitaufwand<sup>12</sup> pro Gebiet in Arbeitstagen [d].

Arbeitsschritt	Zeitbedarf [d]
Datenbeschaffung & -vorbereitung (1)	5
Datenbankerstellung (1)	2
Datenerhebung (2)	4
Wertsynthese (2)	1
Festlegung der Nutzungseignung (3)	1
Darstellung & Szenarien (4)	1

<sup>12</sup> Es ist zu berücksichtigen, dass der effektive Arbeitsaufwand von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Die Angaben beziehen sich auf eine mittlere Gebietsgrösse von 500 - 1'000 km<sup>2</sup> (1'000 - 4'000 Untersuchungseinheiten (UE)), wobei die Grösse weniger eine Rolle spielt als die Anzahl GR bzw. LR sowie die Lage und Erschliessung eines Gebietes: Je mehr UE und je vielfältiger die Landschaft und die anthropogenen Nutzungen, desto grösser der Aufwand bei der Datenerfassung. Es empfiehlt sich kleinere Gebiete zusammenzufassen und bspw. mit Kantonen zu arbeiten, da sich der Perimeter der erforderlichen Geodaten meist auf diese administrative Einheit bezieht. Ausserdem ist der Zeitaufwand auch von den GIS-Kenntnissen des Anwenders abhängig.

### 3.2.2 WERTSYNTHESE



**Figur 8** Bewertungsmethode. Syntheseschritte zur Bewertung der Bedeutung der Ökosystemfunktionen (Darstellung in Anlehnung an Bernotat et al. 2003: 368, 381).

Nach der systematischen Beurteilung aller Untersuchungseinheiten mithilfe der GIS-Datenbank wird die Synthese der Teilergebnisse durchgeführt (Figur 8). Die Wertsynthese reduziert die Bewertungen auf die drei Einzelwerte ökologische, kulturelle und wirtschaftliche Ökosystemleistungen. Dadurch wird das Ergebnis einerseits leichter fass- und nutzbar, verliert aber andererseits an Tiefenschärfe, da Einzelheiten verwischen. Dieser Informationsverlust wurde mehrfach kritisiert und diskutiert, doch auch wenn er umstritten bleibt, so zeigte sich dennoch, dass eine Beurteilung per se immer eine Reduktion komplexer Sachverhalte darstellt. Zudem bleiben die ausschlaggebenden Sachverhalte, die zu den Bewertungsergebnissen geführt haben, durch die offen dargelegte Vorgehensweise auch nach dem Aggregieren der Teilwerte erkennbar oder sind zumindest zurück verfolgbar (Bernotat et al. 2003: 403). In den nächsten Abschnitten werden die wesentlichen Syntheseschritte ausserdem eingehend dokumentiert und logisch begründet, so dass diese nachvollziehbar sein sollten (Bernotat et al. 2003: 402). In diesem Sinne wurde das Vorgehen als berechtigt angesehen.

Zur Aggregation der Teilwerte werden verschiedene Methoden der deskriptiven Statistik eingesetzt. Die Abfolge der Syntheseschritte sowie die verwendeten Methoden und ihre Kenngrößen sind in

Figur 8 schematisch dargestellt und werden nachfolgend erläutert. Zuerst wird auf die Synthese der Bewertung des Gewässerraums (*Bewertung GR*) eingegangen, bevor die Syntheseschritte des Landschaftsraums (*Bewertung LR*) erläutert werden.

### Teilbewertung Komponenten (*Median*)

Nach Abschluss der Datenerhebung in den Gewässerräumen mithilfe der Indikatoren werden die Ergebnisse in ein vorbereitetes Excel-Formular importiert (vgl. Kapitel 3.2.1 und Anhang 8.2.4) und zu den Teilbewertungen der Komponenten zusammengefasst (Figur 8). Da es sich bei den Bewertungen der Indikatorzustände um Ordinalskalen handelt (vgl. Kapitel 3.1.4), wird dazu der Median eingesetzt. Somit entspricht eine Teilbewertung dem Median der IST-Zustände aller Indikatoren einer Komponente (vgl. Figur 6). Weil jeder Funktionstyp (A, B und C) über drei Komponenten verfügt (exkl. Prioritätsraum), resultieren jeweils drei Teilbewertungen pro Typ bezogen auf den Gewässerraum (Tabelle 11). Die Komponente *Prioritätsraum* wird als Sonderfall berücksichtigt. Nach diesem ersten Syntheseschritt werden die Teilbewertungen einer weiteren Aggregation unterzogen, woraus die Bewertung des Gewässerraums resultiert. Hierfür werden aus Transparenz- und Nachvollziehbarkeitsgründen Entscheidungsbäume verwendet. Eine entscheidende Rolle beim Aufbau des Entscheidungsbaumes spielt die Reihenfolge bzw. die Gewichtung der Teilbewertungen.

**Tabelle 11** Zuordnung der Gewässerraum-Indikatoren zur entsprechenden Komponente. Die Bezeichnung der Indikatoren bezieht sich auf Anhang 8.1.

Ökosystemfunktionstyp	Komponente	Akronym	Indikatoren
Regulierende Funktionen (Typ A)	Prioritätsraum	PriRa	GR_A01-GR_A10
	Gewässermorphologie und -typ	GewMo	GR_A11-GR_A15
	Wasserführung	WaFüh	GR_A16-GR_A20
	Wasserqualität	WaQua	GR_A21-GR_A22
Kulturelle Funktionen (Typ B)	Prioritätsraum	PriRa	GR_B01
	Erschliessung	Ersch	GR_B02
	Erlebnischarakter	Erleb	GR_B03
	Freizeit & Sport	FreSp	GR_B04-GR_B05
Breitstellende Funktionen (Typ C)	Prioritätsraum	PriRa	GR_C01-GR_C02
	Rohstoffnutzung	RohNu	GR_C03-GR_C04
	Potentielle Wasserkraft	PotWK	GR_C05
	Risikoversorge	Riskvo	GR_C06

### Bewertung GR (Entscheidungsbaum)

Der folgende Abschnitt hat zum Ziel, die drei Teilbewertungen soweit zu aggregieren, dass schliesslich jeder Gewässerraum über einen Wert pro Funktionstyp verfügt (Figur 8). Diese Einzelwerte werden als *Bewertung GR* bezeichnet.

In Anbetracht des Ziels, eine ganzheitliche Methode bereit zu stellen, wird eine ausgewogene Berücksichtigung aller Elemente angestrebt. Eine Gewichtung ist daher möglichst zu vermeiden. Dies gelingt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass alle Elemente - hier Indikatoren und Komponenten - voneinander unabhängig und gleichbedeutend sind. Dies trifft im vorliegenden Fall nicht zu: Es gibt Komponenten, welche stärker auf Zustandsveränderungen reagieren als andere und somit eine gewisse Schlüsselfunktion innerhalb eines Funktionstyps einnehmen. Folglich ist eine Gewichtung un-

umgänglich. Zu dieser Erkenntnis führten die Ergebnisse mehrerer Sensitivitätsanalysen. Diese werden nachfolgend kurz erläutert.

Den Analysen gingen einige grundlegende Überlegungen voraus. Einerseits wird angenommen, dass die Komponenten repräsentativ sind. Das heisst, ihre Angaben zum IST-Zustand einer Ökosystemfunktion - die Teilbewertung - entspricht exakt dem durch die Indikatoren gemessenen Zustand. Eine gegenseitige Beeinflussung der Indikatoren wird also ausgeschlossen.

Andererseits werden die drei Funktionstypen separat untersucht. Es gilt die Annahme, dass zwischen Komponenten unterschiedlichen Funktionstyps keine Verknüpfungen bestehen. Obwohl dies unrealistisch ist - die Komponente *Gewässermorphologie* (Typ A) bspw. hat sehr wohl Einfluss auf die Komponente *Erlebnischarakter* (Typ B) -, wird dieser Fall in der vorliegenden Arbeit als berechtigt angesehen. Denn die dreigeteilte Vorgehensweise setzt sich bis ans Ende der Bewertung fort (Figur 8), d.h. auch im Falle von Abhängigkeiten zwischen Funktionstypen (vgl. *Gewässermorphologie* und *Erlebnischarakter*) würden diese durch die separierte Vorgehensweise nicht verwischt.

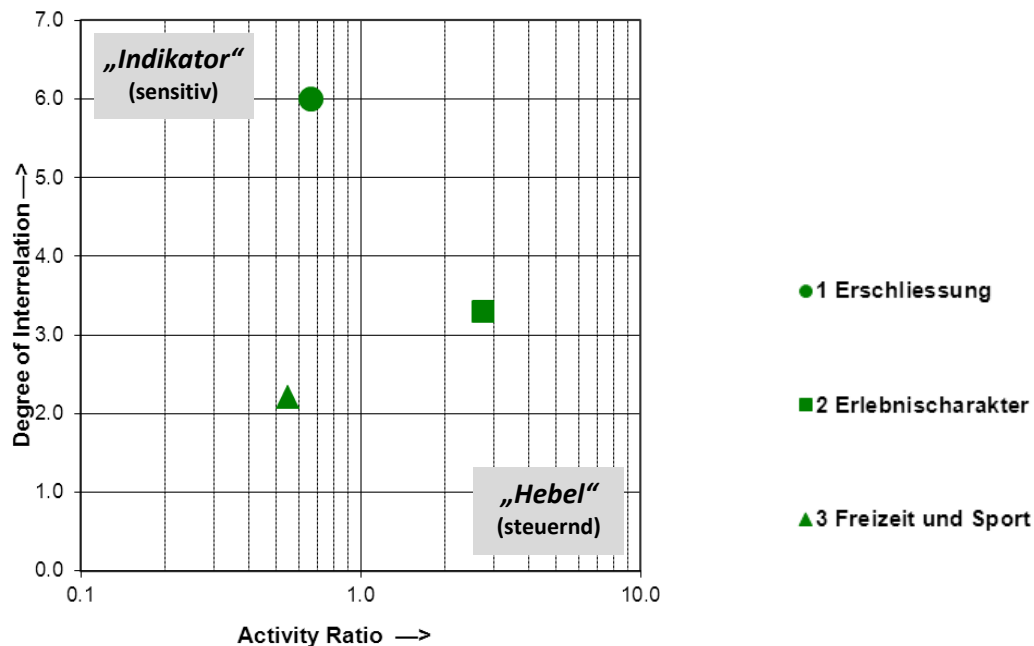
Die Sensitivitätsanalysen sollten vor allem eines zeigen: Ob und wenn ja, welche der drei Komponenten die Ausprägung der Ökosystemfunktion am besten repräsentiert. Das heisst, es werden jene Komponenten identifiziert, die besonders sensitiv auf Veränderungen reagieren und damit die Eigenschaften eines „Hebels“ oder „Indikators“ besitzen. In der Regel sind das Elemente, die sehr stark in ein System eingebunden sind und einen hohen Vernetzungsgrad aufweisen. Die Art der Verknüpfungen ist dabei unwesentlich. Sowohl ein steuerndes Element (Hebel) als auch ein von den anderen Elementen beeinflusstes Element (Indikator) kann „Zeigerfunktion“ haben.

Für die Analysen wird der Modellansatz nach Vester und von Hesler (1988) und die Sensitivitätsanalyse nach Messerli (2000) gewählt. Mithilfe dieser Sensitivitätsanalysen wird ermittelt, welche Komponente am stärksten mit den anderen Komponenten desselben Funktionstyps verknüpft ist (Vernetzungsgrad). Je stärker eine solche Vernetzung auftritt, desto massgebender ist die „Zeigerfunktion“ einer Komponente. Ihr Einfluss auf die Ausprägung der betreffenden Ökosystemfunktion und damit auf die *Bewertung GR* ist somit am grössten.

Detaillierte Angaben zur Anwendung der Sensitivitätsanalyse sowie weiterführende Hintergrundinformationen sind in Messerli (2000) enthalten. Grundsätzlich werden die Beziehungen der Komponenten eines Funktionstyps hinsichtlich ihrer Sensitivität und Einflusswirkung untersucht. Wie stark sensitiv (*passiv*) und beeinflussend (*aktiv, steuernd*) diese Beziehungen sind, wird durch die Faktoren 2 (stark), 1 (moderat), 0.5 (schwach) und 0.1 (sehr schwach) ausgedrückt. Der *Vernetzungsgrad* einer Komponente resultiert letztlich aus der Multiplikation der Summe ihrer passiven und aktiven Faktoren. Im Gegensatz dazu definiert sich die *Activity Ratio* über den Quotienten aus den Summen aktiver und passiver Faktoren. Figur 9 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus den Ergebnissen der Sensitivitätsanalyse zu den Komponenten des Funktionstyps B. Der Graphik kann entnommen werden, dass die Komponente *Erschliessung* gegenüber den anderen beiden Komponenten des Funktionstyps B den höchsten Vernetzungsgrad aufweist, d.h. verändert sich eine der Komponenten, wird sich dies am stärksten in der Teilbewertung *Erschliessung* niederschlagen. Ihr Einfluss auf die Bewertung GR ist



damit am grössten. Gefolgt wird sie von der Komponente *Erlebnisharakter*, die zugleich eine stark steuernde Wirkung auf die anderen Komponenten hat (Activity Ratio). Allerdings ist die Vernetzungsart - hier die „Steuerung“ - für die vorliegende Fragestellung nicht relevant.



**Figur 9** Ausschnitt aus der Sensitivitätsanalyse der kulturellen Ökosystemfunktionen. Vernetzungsgrad der Komponenten Erschliessung (Ersch), Erlebnisharakter (Erleb) und Freizeit & Sport (FreSp) des Funktionstyps B. Degree of Interrelation: Vernetzungsgrad; Activity Ratio: Steuerungsfaktor.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse die ungleiche Bedeutung und die Abhängigkeit der Komponenten. Diesen Eigenschaften muss bei der Zusammenführung der Teilbewertungen unbedingt Rechnung getragen werden. Folglich wäre eine Mittelung (z.B. Mittelwert) im vorliegenden Fall nicht zielführend. Es wird viel mehr eine Gewichtung vorgeschlagen, die eine spezifische Berücksichtigung ermöglicht. Im Entscheidungsbaum geschieht dies auf eine transparente Art und Weise, weshalb er in der vorliegenden Arbeit als Syntheseinstrument eingesetzt wird. Als Inputdaten dienen die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse. Dabei entscheidet der Vernetzungsgrad der Komponenten über deren Position im Entscheidungsbaum. Sobald sie einen hohen Vernetzungsgrad aufweisen, wird ihren Teilbewertungen mehr Gewicht beigemessen. Tabelle 12 gibt eine Übersicht zur Gewichtung der Teilbewertungen, wie sie in der vorliegenden Arbeit angewandt wurde. Die Sensitivitätsanalysen, welche diesen Gewichtungen zugrunde liegen, stützen sich auf Expertenmeinungen, die unter anderem im Rahmen der Begleitgruppensitzung V vom 17. Mai 2011 eingeholt wurden.

Basierend auf dieser Gewichtung werden nachfolgend die drei Entscheidungsbäume aufgebaut, die der Zusammenführung der *Teilbewertungen* zur *Bewertung GR* dienen (Figur 8), und zwar mit dem Ziel, die Differenziertheit der Teilbewertungen möglichst bis zum Endergebnis - den Ökosystemleistungen - zu erhalten. Folglich stellen die Entscheidungsbäume eine erste Schlüsselstelle im Bewertungsprozess dar. Hier werden Entscheidungen getroffen, die das Ergebnis massgeblich beeinflussen. Sofern also Anpassungen an der Methodik durchgeführt werden sollten, sei es aus Gründen anderer

Gewichtungsschwerpunkte (Strategie) oder insgesamt anderer Zielsetzungen (Politik), eignen sich die Entscheidungsbäume besonders gut. Entsprechend sorgfältig musste bei ihrem Aufbau vorgegangen werden.

**Tabelle 12** Gewichtung der Teilbewertungen des Gewässerraums aufgrund des Vernetzungsgrades ihrer Komponenten (hoher Vernetzungsgrad = stärkste Gewichtung bzw. Position 1 im Entscheidungsbaum).

Funktionstyp	Komponente	Akronym	Vernetzungsgrad
Typ A	Gewässermorphologie und -typ	GewMo	hoch
	Wasserführung	WaFüh	mittel
	Wasserqualität	WaQua	niedrig
Typ B	Erschliessung	Ersch	hoch
	Erlebnischarakter	Erleb	mittel
	Freizeit & Sport	FreSp	niedrig
Typ C	Rohstoffnutzung	RohNu	hoch
	Potentielle Wasserkraft	PotWK	mittel
	Risikovorsorge	Riskvo	niedrig

Die Grundstruktur der Entscheidungsbäume wurde möglichst einfach und für alle drei Funktionstypen einheitlich gewählt. Einziger Unterschied bilden die Komponenten und ihre gewichteten Teilbewertungen (Tabelle 12). Diese Einheitsstruktur soll hauptsächlich eines möglich machen: Die *Teilbewertungen* ohne Verlust ihrer Differenziertheit zur *Bewertung GR* zusammenzuführen. Mit anderen Worten, die 125 möglichen *Bewertungen GR* - 3 Komponenten mit je 5 möglichen Teilbewertungen - sollen über die ganze Bandbreite der Wertskala streuen (Werte 1 bis 5). Diese Streuung sollte auch nach der Synthese von *Bewertung GR* und *Bewertung LR* noch stark genug sein, so dass schliesslich eine möglichst flache Verteilung<sup>13</sup> der Ökosystemleistungen (= *Bewertung GR* + *Bewertung LR*) vorliegt. Voraussetzung dafür ist eine rechtsschiefe Verteilung<sup>14</sup> der *Bewertung GR*. Denn die Aufwertung der *Bewertung GR* durch die *Bewertung LR* (+1 oder 0) - bedingt durch deren Skalierung (vgl. Kapitel 3.1.5) -, führt in der Verteilung der 125 *Bewertungen GR* zu einer Verschiebung des Medians nach rechts (vgl. Abschnitt *Bewertung LR*). Der Entscheidungsbaum ist also idealerweise so strukturiert, dass er eine rechtsschiefe, flache Verteilung der 125 *Bewertungen GR* liefert.

Eine Annäherung an diese optimale Struktur gelang durch den Test verschiedener Gewichtungsansätze. Dabei wurden die 125 *Bewertungen GR* unterschiedlich gewichtet und die resultierenden Häufigkeitsverteilungen (Histogramm) verglichen. Eine Auswahl dieser Gewichtungs-Tests ist in Figur 10 abgebildet. Daraus wird ersichtlich, dass insbesondere mit den Entscheidungsbäumen die gewünschte rechtsschiefe Verteilung erzeugt werden kann (vgl. Diagramm 3 und 4 in Figur 10). Hingegen gelingt eine starke Streuung bzw. eine flache Verteilung der *Bewertungen GR* nur annähernd; die Werte 2 und 3 werden nach wie vor sehr häufig belegt. Dennoch wird in der vorliegenden Arbeit der Entscheidungsbaum in Diagramm 3 (Figur 10) angewendet, da er im Vergleich strenger mit hohen Bewertungen umgeht: Die sehr guten *Bewertungen GR* 4 und 5 sind nur schwer erreichbar. Mit dieser

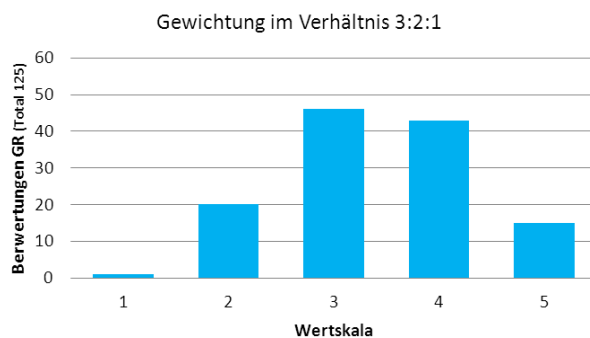
<sup>13</sup> Streuen die Werte sehr stark, liegt eine flache Verteilung ohne eindeutigen Modalwert vor (Cleff 2012: 57).

<sup>14</sup> Eine Verteilung ist rechtsschief, wenn mehr als 50 % der Beobachtungen - hier *Bewertungen GR* - in ein kleines Intervall mit niedrigen Werten fallen (z.B. 1 und 2). Die restlichen 50 % der hohen Werte verteilen sich auf ein grosses Intervall. Das heisst, der Median des Datensatzes ist stark nach links verschoben. Das entsprechende Histogramm ist in einem solchen Fall rechtsschief bzw. linkssteil (Cleff 2012: 57).

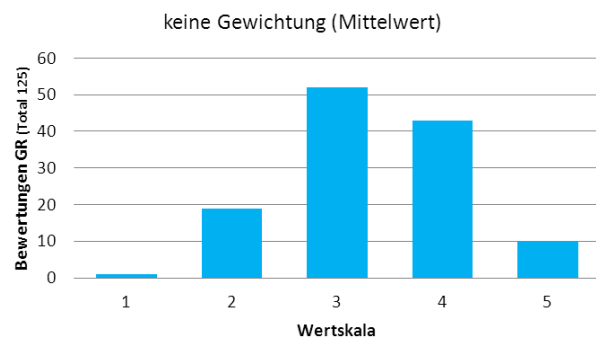
bewusst gewählten Strenge fördert der Entscheidungsbaum die Differenzierung der Bewertungen. Die Struktur dieses Entscheidungsbaumes ist in Figur 11 in dreifacher Ausführung für die Funktionstypen A, B und C dargestellt.

Werden diese Entscheidungsbäume mit den entsprechenden Teilleistungen der Komponenten gefüttert, generieren sie also eine rechtsschiefe, annähernd flache Verteilung der *Bewertungen GR*. Damit ist die Ausgangslage für den nächsten Syntheseschritt - die Zusammenführung der *Bewertung GR* und *LR* - geschaffen.

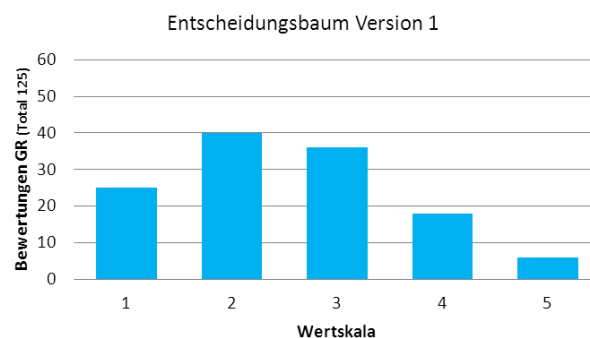
1)



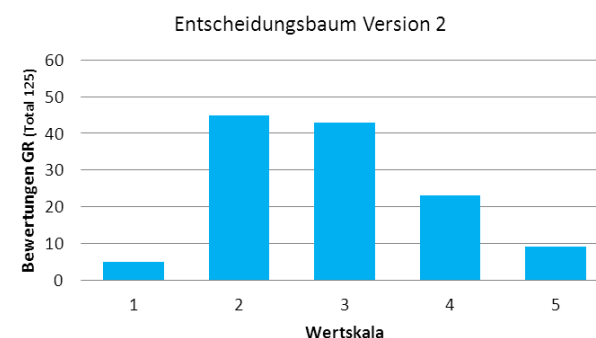
2)



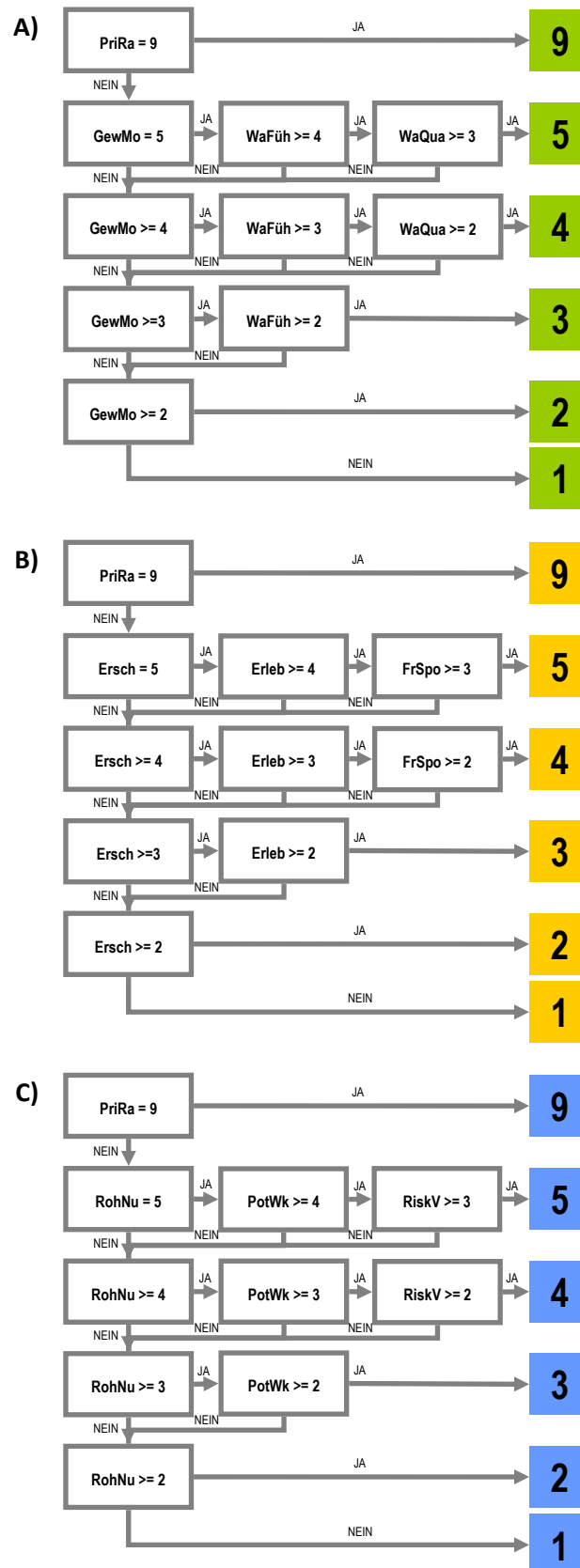
3)



4)



**Figur 10** Gewichtungstests. Dargestellt sind die Werteverteilungen der 125 *Bewertungen GR*. 1) Gewichtung der Komponenten im Verhältnis 3:2:1 (annähernd symmetrische, schmale Verteilung), 2) Referenztest: keine Gewichtung bzw. Mittelung der Teilbewertungen (annähernd symmetrische, sehr schmale Verteilung), 3) Anwendung des Entscheidungsbaums Struktur-Version 1: Gewichtung gemäss Tabelle 12 (rechtsschiefe, annähernd flache Verteilung), 4) Anwendung des Entscheidungsbaums Struktur-Version 2: Gewichtung im Verhältnis 2:2:1 (rechtsschiefe, tendenziell schmale Verteilung).



**Figur 11** Entscheidungsbäume zur Ermittlung der *Bewertung GR* (= farbig hinterlegte Ziffern). Inputgrößen sind die Teilbewertungen der Komponenten, wobei gilt: A) Regulierende Ökosystemfunktionen, B) kulturelle Ökosystemfunktionen, C) Bereitstellende Ökosystemfunktionen. Die Bedeutung der Akronyme sind der Tabelle 12 zu entnehmen.

### Bewertung LR (Mindestmenge)

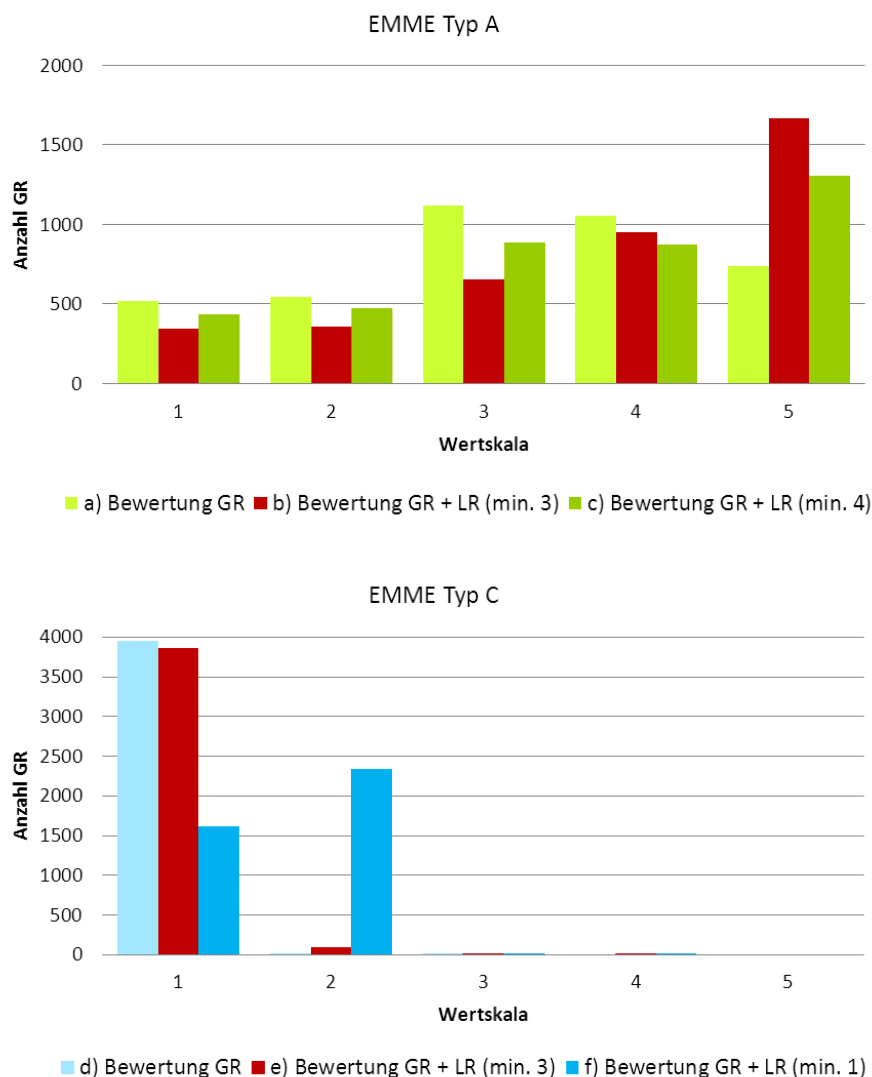
Nachdem alle vorangehenden Syntheseschritte der Bewertung der Ökosystemfunktionen im Gewässerraum dienten, widmet sich dieser Schritt dem Einfluss der Ökosystemfunktionen des Landschaftsraums. Die *Bewertung LR* basiert ebenso auf den durch Indikatoren bemessenen Funktionszuständen (vgl. Kapitel 3.1.5). Wohingegen diese nicht einer fünfstufigen Bewertungsskala folgen, sondern einem einfachen Bonus-Malus-System (0 und +1). Die Aggregation der im Landschaftsraum vorhandenen (+1) oder aber nicht existenten Ökosystemfunktionen (0) zur *Bewertung LR* erfolgt über vorangehend definierte Mindestmengen (vgl. Tabelle 13). Für jeden der drei Funktionstypen A, B und C wird eine spezifische Anzahl mit 1 bewerteten Indikatoren bestimmt, die mindestens erreicht werden muss. Um welche Indikatoren es sich dabei handelt, ist unwesentlich. Da eine Mittelung (Median, Mittelwert) nicht zulässig wäre - es handelt sich um eine Nominalskala (0/+1) -, wurde die Festlegung von individuellen Mindestzahlen im vorliegenden Fall als sinnvoller erachtet. Die Besonderheiten (z.B. gleichzeitiges Vorhandensein von Schutzgebieten) und Häufigkeiten (z.B. regulierende Funktionen sind häufiger als kulturelle Funktionen) der Indikatoren im Landschaftsraum können auf diese Weise angemessener berücksichtigt werden. Die Festlegung der Mindestmengen geschah im Hinblick auf den letzten Syntheseschritt, der Zusammenführung der *Bewertung GR* und *LR*. Da dort mit einfacher Addition gearbeitet wird, hat die *Bewertung LR* direkten Einfluss auf die *Bewertung GR* und somit auf das Endergebnis, die Ökosystemleistungen. Sie kann die *Bewertung GR* um eine Stufe aufwerten (+1), wenn sie eine ausreichende Anzahl Ökosystemfunktionen vorweist.

**Tabelle 13** Zuordnung der Landschaftsraum-Indikatoren zum entsprechenden Ökosystemfunktionstyp und Festlegung der Mindestmengen zur Bestimmung ihres Einflusses (0 oder +1) auf die Bewertung GR. Die Bezeichnung der Indikatoren bezieht sich auf Anhang 8.1.

Funktions- typ	Indikatoren	Gesamt samt- zahl	Max. mögliche Anzahl	Indik. / LR Emme (effektiv)			Mindestmenge	Veränd. Bewertung GR	
				Min	Max	Mittel (Modus)		Wahr	Falsch
Typ A	LR_A01 - LR_A22	22	8	0	8	3	≥4	+1	0
Typ B	LR_B01 - LR_B14	14	13	3	11	3	≥4	+1	0
Typ C	LR_C01 - LR_C06	6	6	0	4	1	≥1	+1	0

Die konkreten Mindestmengen sind Ergebnis verschiedener Tests (vgl. Figur 12). Es wurde untersucht inwieweit die Mindestmenge verändert werden muss, um die *Bewertung GR* einer flachen Verteilung anzunähern. Dazu wurde vorerst die **maximal mögliche Anzahl** Indikatoren pro Funktionstyp ermittelt. Diese Zahl weicht von der **Gesamtanzahl** Indikatoren pro Typ ab, weil sie Mehrfachzählungen von Schutzgebieten ausschliesst (z.B. Typ A: von 17 Schutzgebieten können max. 3 gleichzeitig vorhanden sein, plus 5 weitere Indikatoren; d.h. max. mögl. Anzahl: 8, vgl. Tabelle 13). Anschliessend wurde unter Einsatz realer Daten - im vorliegenden Fall aus der Datenerhebung zur Emme - geprüft, ob diese „maximal mögliche Anzahl“ Indikatoren in Wirklichkeit erreicht wird. Diese Untersuchungen zeigten, dass die **effektiv erreichte Anzahl** Indikatoren in einem LR je nach Funktionstyp sehr variabel ist (vgl. Indik. / LR Emme in Tabelle 13). Die „maximal mögliche Anzahl“ Indikatoren des Typs C bspw. wird in der Emme von keinem Landschaftsraum erreicht. Deren Zahl schwankt zwischen keinem und vier mit 1 bewerteten Indikatoren (vgl. Min / Max in Tabelle 13). Aus den Daten der Emme konnten also realistische Maximalwerte gewonnen werden, welche einen guten Richtwert darstellen und die Festlegung der Mindestmenge pro Typ wesentlich erleichterten (vgl. Mindestmenge in Tabelle 13).

Die Tests zeigten, dass die Mindestmenge unbedingt spezifisch auf den jeweiligen Funktionstyp abgestimmt werden muss, um damit die gewünschte Verteilung erzeugen zu können. Während eine Mindestmenge von drei Ökosystemfunktionen für den Funktionstyp A zu wenig selektiv wirkt (Figur 12, oben), ist sie für den Funktionstyp C zu restriktiv (Figur 12, unten). Mit anderen Worten, die Wahrscheinlichkeit, dass die *Bewertung GR* aufgewertet wird ist mit der Mindestmenge  $\geq 3$  für den Funktionstyp A zu gross, wohingegen die *Bewertung GR* des Funktionstyps C damit kaum jemals eine Aufwertung erfahren würde. Die für die vorliegende Studie festgelegten Mindestmengen sind der Tabelle 13 zu entnehmen. Zur besseren Vergleichbarkeit sollten für alle Untersuchungsgebiete die gleichen Mindestmengen eingesetzt werden. Nach den Entscheidungsbäumen befindet sich auch hier eine Schlüsselstelle, an der die Methode massgeblich beeinflusst werden kann.



**Figur 12** Einfluss der *Bewertung LR* auf die *Bewertung GR* bzw. die *Ökosystemleistungen* der beiden Funktionstypen A (oben) und C (unten) am Beispiel der Emme. Dargestellt ist jeweils die *Bewertung GR* als Ausgangslage (links: a, d) und die Werteverteilung nach der Vereinigung der *Bewertung GR* und *LR*, wobei für die *Bewertung LR* eine Mindestmenge von 3 (Mitte: b, e) bzw. von 4 für den Funktionstyp A (c) und 1 für den Funktionstyp C (f) eingesetzt wurde.

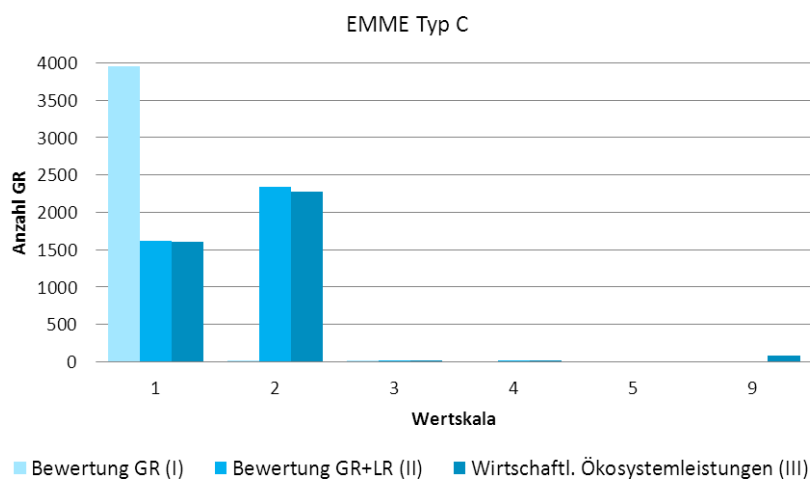
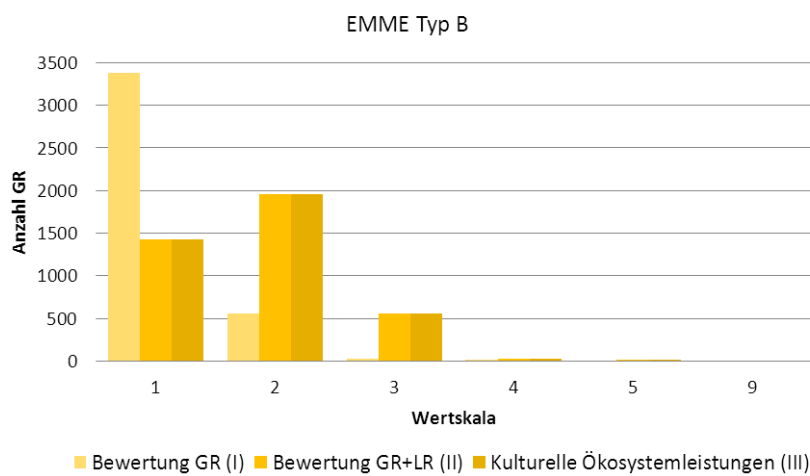
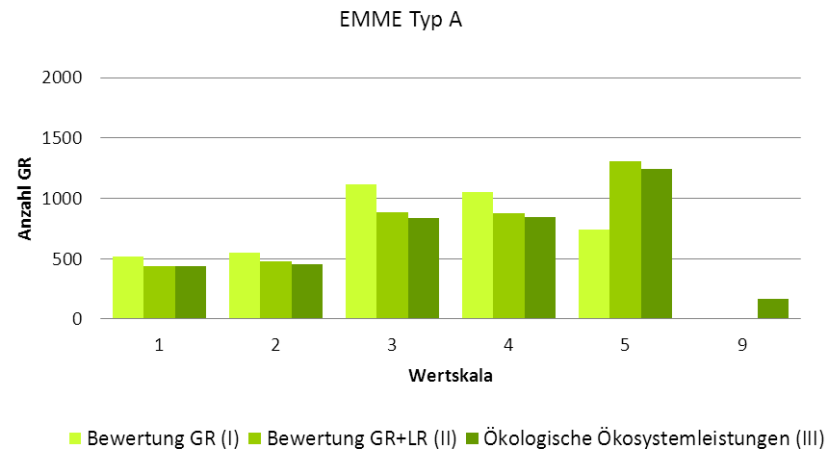
Sobald also eine bestimmte Anzahl Landschaftsraum-Indikatoren desselben Funktionstyps vorhanden ist (vgl. Tabelle 13), führt dies zu einer Erhöhung der *Bewertung GR*. Sind in einem Landschaftsraum bspw. mehr als vier von 13 kulturellen Ökosystemfunktionen (Max. mögliche Anzahl in Tabelle 13) vorhanden, wird die Beurteilung der kulturellen Ökosystemfunktionen des Gewässerraums und damit ebenso die Ökosystemleistungen B um eine Stufe (+1) aufgewertet.

Eine Abwertung kann deshalb nicht stattfinden, weil davon ausgegangen wird, dass der IST-Zustand eines Gewässerraumes unveränderlich ist; er wird als konstante Grösse angesehen. Allerdings kann dessen Bedeutung bzw. die Bedeutung der darin enthaltenen Ökosystemfunktionen für den Menschen gesteigert werden wenn das nahe Umfeld zusätzlich Funktionen mit einer starken Ausprägung aufweist. Für diese Fälle sind die Indikatoren des Landschaftsraumes und ihre Messskalen aber so ausgelegt, dass keine negativen Einflüsse entstehen können; d.h. enthält der Landschaftsraum einen negativen Faktor wie z.B. Lärm (vgl. Lärmschutz, Tabelle 5), verändert sich der Wert der *Bewertung GR* nicht. Denn Lärm beeinträchtigt bspw. das Vorhandensein eines Wasserfalls oder einer Bademöglichkeit nicht (vgl. Landschaftsästhetische Besonderheit, Tabelle 5); d.h. ihr IST-Zustand wird durch Lärm weder gesteigert noch vermindert, er bleibt unverändert: entweder sie existieren oder nicht - Lärm hin oder her. Hingegen ändert sich durch Lärm bzw. Ruhe die Bedeutung des Gewässerraums. Ist nämlich kein Lärm vorhanden, werden Wasserfall oder Bademöglichkeit attraktiver; die kulturellen Ökosystemleistungen des Gewässerraums gewinnen an Bedeutung. Oder anders ausgedrückt, die vorherrschende Stille führt zu einer stärkeren Ausprägung der Erholungsfunktion. Der Einfluss auf die *Bewertung GR* des Typs B (kulturelle Ökosystemfunktionen) fällt entsprechend positiv aus (+1).

### Ökosystemleistung (Bewertung GR + LR)

Der letzte Syntheseschritt führt die Beurteilungen der Ökosystemfunktionen des Gewässer- und des Landschaftsraums zusammen (Figur 8). Dadurch kann sich, wie angekündigt, die Werteverteilung der *Bewertung GR* gegebenenfalls verändern (Figur 12). Diese Veränderung wird in Figur 13 für alle drei Funktionstypen der Emme demonstriert.

Die anfänglich rechtsschiefe Verteilung der *Bewertung GR* verschiebt sich unter Einwirkung der *Bewertung LR* in Richtung flache Verteilung; die Werte werden stärker gestreut. Diese Werteverteilung verändert sich durch die Zuordnung des Schutzstatus (Prioritätsraum) einzelner Gewässerräume nur noch gering. Dies kann der letzten Spalte in Figur 13 entnommen werden. Sie zeigt die Gesamtbewertungen der Ökosystemfunktionen: die Ökosystemleistungen. Bis anhin haben die Prioritätsräume ebenso den gesamten Bewertungsprozess durchlaufen und wurden deshalb gleich behandelt wie alle anderen Gewässerräume (vgl. Kapitel 3.1.5). Da ihr gesetzlich festgelegter Schutzstatus für die vorliegende Fragestellung wichtiger ist als ihre Bewertung, wird er in die Ökosystemleistungen aufgenommen. Für einen Gewässerraum in einem Schutzgebiet bedeutet dies, dass er fortan mit dem Wert 9 gekennzeichnet ist. Die Säulen über den Werten 1 bis 5 in Figur 13 werden durch diese Umverteilung etwas kleiner.



**Figur 13** Synthese der *Bewertung GR* und *LR* nach Funktionstyp A (grün), B (orange) und C (blau). Dargestellt sind von links nach rechts die Werteverteilungen der *Bewertung GR*, der zusammengeführten *Bewertung GR und LR* sowie der Gesamtbewertung der *Ökosystemleistungen* der Emme.

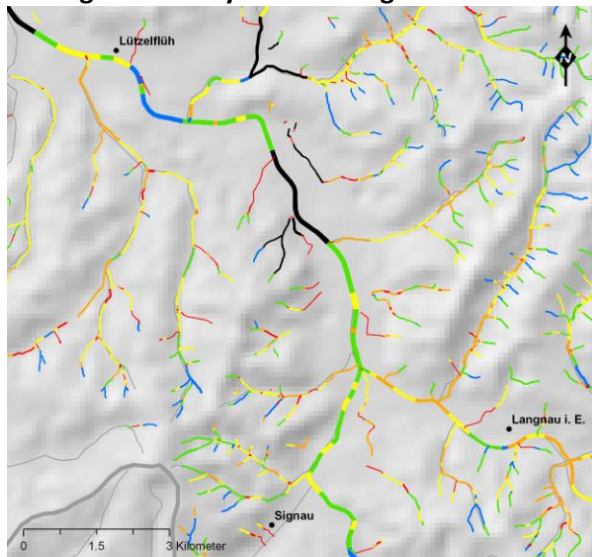


### 3.2.3 ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN A, B UND C

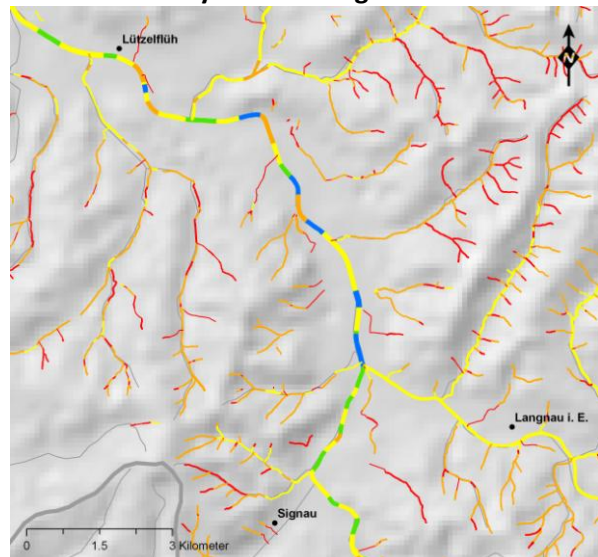
Nach Abschluss aller Syntheseschritte liegen für jeden Gewässerraum drei Werte vor (vgl. Figur 8): die ökologischen (A), die kulturellen (B) und die wirtschaftlichen Ökosystemleistungen (C). In Kartenform präsentiert, geben diese Zwischenergebnisse erstmals Auskunft über die Charakteristiken eines Untersuchungsgebietes. Daraus lässt sich bspw. ablesen, ob es sich insgesamt um ein von regulierenden Ökosystemfunktionen (Typ A) geprägtes oder doch eher um ein von bereitstellenden Ökosystemfunktionen (Typ C) dominiertes Gebiet handelt. Solche Schwerpunkte können ebenso auf lokaler Ebene ausgemacht werden (z.B. Täler oder Gemeinden). Zudem lassen sich die Informationen jederzeit auch für einzelne Gewässerräume ablesen.

Figur 14 zeigt beispielhaft die Zwischenergebnisse eines Ausschnitts des Untersuchungsgebiets Emme. Weitere Ergebnisse werden in Kapitel 4 aufgezeigt.

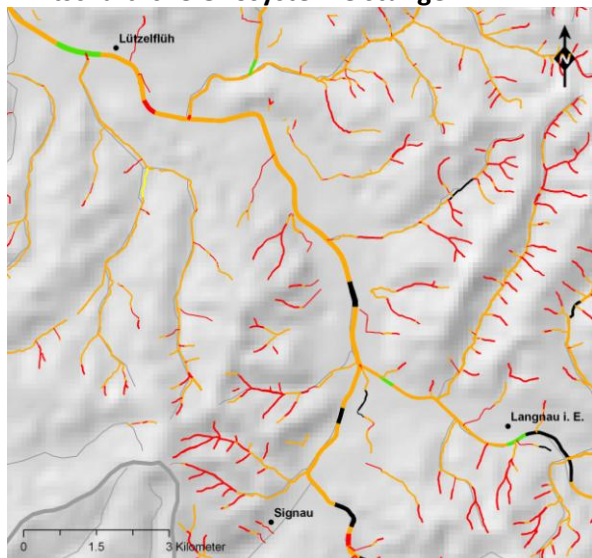
#### Ökologische Ökosystemleistungen



#### Kulturelle Ökosystemleistungen



#### Wirtschaftliche Ökosystemleistungen



Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1


Stand: 2011

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)
- gesetzl. Schutz (9)

**Figur 14** Ökosystemleistungen eines Ausschnitts der Emme (Gesamtbewertung).

Die Interpretation dieser Zwischenergebnisse setzt gewisse Kenntnisse der Methodik voraus. Es sollte bspw. klar sein, welchen IST-Zuständen die fünf Bewertungsstufen entsprechen. Als besonders wichtig wird Stufe 5 („sehr bedeutend“) betrachtet. Sie repräsentiert die höchstmögliche Bewertung von Ökosystemfunktionen; d.h., die erbrachten Ökosystemleistungen sind für den Menschen äusserst bedeutsam. In Tabelle 14 werden diese Höchstwerte kurz umschrieben.

**Tabelle 14** Die drei bedeutendsten IST-Zustände für die Funktionstypen A, B und C. Sie entsprechen dem Wert 5 auf der Wertskala.

Ökosystemleistungen	Eigenschaften der Bewertung 5 („sehr bedeutend“)	Foto
ökologische Leistungen (Funktionstyp A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kaum beeinträchtigte Gewässermorphologie; seltener Lebensraum; dynamische Geschiebe- und Abflussverhältnisse; Wasserkraftnutzung im Ober- oder Unterlauf ist zwar möglich, der GR liegt jedoch nicht in einer Restwasserstrecke; ausreichend gute Wasserqualität</li> <li>- LR mit hoher Artenvielfalt, möglicherweise mit Prioritären Arten; vernetzte und weitestgehend unzerschnitten Lebensräume; bewaldete Flächen</li> </ul>	 <p>Ova da Trupchun Engadin 2008</p>
kulturelle Leistungen (Funktionstyp B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gut erschlossener und einsehbarer GR; Wasserfall oder Bademöglichkeit vorhanden; beliebtes Ausflugsziel für Angler und Wassersportler</li> <li>- LR weist Wander- oder Radwege auf; allenfalls Restaurant oder z.B. Langlaufloipe vorhanden; ruhige Lage; kulturhistorisch interessant</li> </ul>	 <p>Doubs St. Ursanne 2009</p>
wirtschaftliche Leistungen (Funktionstyp C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserressourcen werden bereits genutzt; spezifische Wasserkraftleistung von 0.3-1.0 kW/m; erhebliche Gefährdung des GR durch Naturgefahren ist ausgeschlossen</li> <li>- LR bietet weitere Nutzungsmöglichkeiten wie z.B Kiesabbau, Landwirtschaft, Industrie oder er ist Teil einer Gemeinde mit wirtschaftlich bedeutender Wasserkraftnutzung</li> </ul>	 <p>Lütschine Grindelwald (ARA) 2009</p>

Durch Verkettung der Ökosystemleistungen (A, B, C) entsteht ein dreistelliger Wert (ABC), der aufgrund der gewählten fünfstufigen Wertskala in 125 (5<sup>3</sup>) verschiedenen Ausführungen vorkommen kann; d.h. jede Ziffer der dreistelligen Zahlenabfolge kann mit einem Wert zwischen 1 und 5 belegt werden. Mithilfe dieser Kombinationsmöglichkeiten wird im dritten Vorgehensschritt die Eignung eines Gewässerraums für eine Kleinwasserkraftnutzung bestimmt.

### 3.3 AUSWERTUNG (3)

Das Ziel des folgenden Schrittes ist es (Schritt 3, Figur 3), für jeden Gewässerraum festzulegen, ob er sich aufgrund seiner Ökosystembeurteilungen für eine Kleinwasserkraftnutzung eignet (Nutzungs-eignung).

Es existieren bereits unzählige Hierarchisierungs- und Optimierungsverfahren (Leathwick und Julian 2009b, Game und Grantham 2008, McDonnell et al. 2002), die hierfür eingesetzt werden könnten. Aufgrund der vorliegenden Ausgangslage wurde allerdings die Entwicklung eines neuen Auswahlver-

fahrens, das spezifisch auf die Beurteilungsmethode und deren Ergebnisse zugeschnitten ist, vorgezogen. Auf diese Weise war es möglich, die individuellen Eigenschaften sämtlicher Bewertungskombinationen gezielt zu ordnen.

Jede der 125 Kombinationen ABC und somit jeder Gewässerraum hat seine ganz eigene, durch die Beurteilungen der drei Funktionstypen bestimmte Charakteristik und eignet sich dadurch besser oder schlechter für eine Nutzung. Damit diese Eignung möglichst rasch erfasst werden kann, werden die Kombinationen in Abhängigkeit ihrer ökologischen, kulturellen und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen rangiert. Generell gelingt eine Rangierung entweder durch die Bildung einer Zahlenreihe, also einer Folge von Partialsummen, was im vorliegenden Fall wenig sinnvoll ist, da die Werte durch Verkettung generiert wurden und daher nicht als Ziffern des Dezimalsystems betrachtet werden dürfen. Oder für jede Kombinationen wird aufgrund der Information, die sie enthält, einzeln abgewogen, wie gut sie sich für eine Nutzung eignet. Folglich ist dazu ein Abwägungsprozess notwendig. Weil mit diesem Ansatz angemessener auf eine kraftwerksspezifische Beurteilung eingegangen werden kann, eignet er sich besser für die hier vorgestellte Methode.

Damit dieser Abwägungsprozess nachvollziehbar und transparent bleibt, wurden einerseits vier Grundsatzregeln formuliert, welche die Entscheidungen objektivieren und standardisieren. Andererseits wurde eine Matrix entworfen, welche die Entscheidungen graphisch unterstützt.

#### Regel 1

Im Sinne der Darwin'schen Evolutionstheorie ‚Survival of the Fittest‘ überlebt immer das stärkste Glied einer Kette. Übertragen auf die vorliegende Zahlenabfolge bedeutet dies:

Eine Ziffer (Ökosystemleistungen) dominiert immer dann über den anderen Ziffern, wenn sie **mindestens um einen Wert grösser** ist als die beiden anderen. Ökosystemleistungen mit kleinen Werten spielen immer eine untergeordnete Rolle.

Ist also der Wert der ersten Ziffer (A) am grössten (z.B. 321), kann der GR als ‚Naturraum‘ bezeichnet werden. Das bedeutet, dass der GR v.a. regulierende Ökosystemfunktionen mit bedeutenden Leistungen aufweist. Ist hingegen der Wert der zweiten Ziffer (B) am höchsten (z.B. 132), so handelt es sich um einen ‚Kultur- oder Erholungsraum‘. In diesem Fall dominieren die Leistungen der kulturellen Ökosystemfunktionen im GR. Von einem ‚Wirtschaftsraum‘ wird gesprochen, wenn der Wert der letzten Ziffer (C) der Grösste ist (z.B. 123). Im GR überwiegen die Leistungen der bereitstellenden Ökosystemfunktionen.

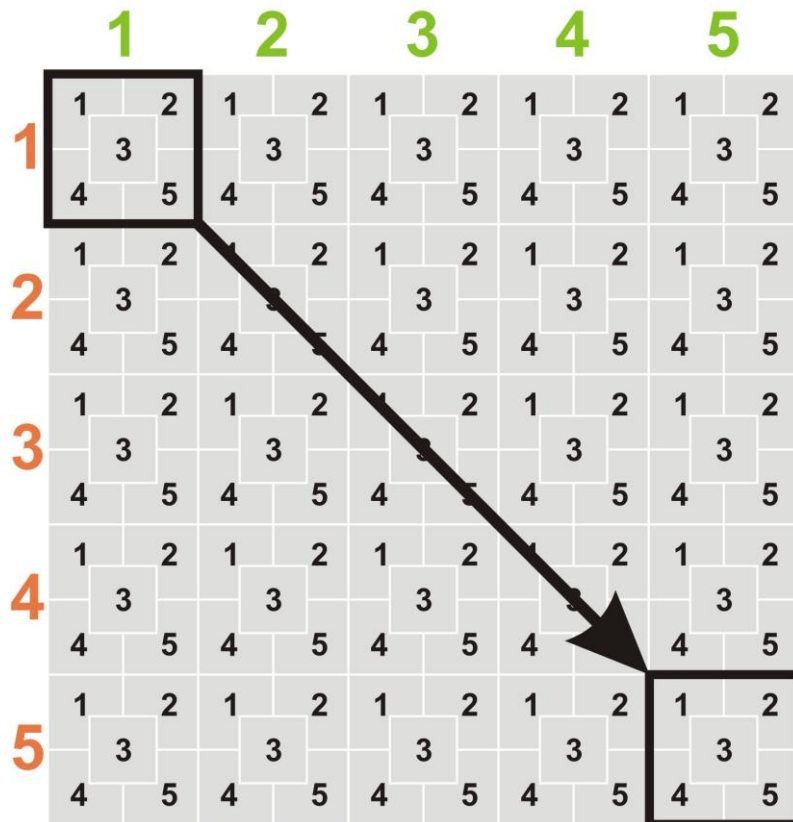
#### Regel 2

Die Priorisierung erfolgt immer aus **Nutzer-Sicht**, weil es erstens um die Kleinwasserkraftnutzung geht und zweitens, eine Nutzung dort als sinnvoll erachtet wird, wo bereits eine Nutzung besteht, also bedeutende **wirtschaftliche Ökosystemleistungen** vorliegen.

Die Kombination, welche sich am besten für eine Wasserkraftnutzung eignet, soll Rang 1 belegen.

Dieser Grundsatzgedanke führt zu einem zweiten Rangierungsschritt (Regel 2), der in Figur 15 mithilfe einer Entscheidungsmatrix visualisiert ist. Aus der Grundsatzregel 2 leitet sich die allgemeine Lese- richtung in der Matrix ab: Vom linken oberen Feld (kleinster A- und B-Wert) zum rechten unteren Feld und innerhalb eines Feldes vom höchsten (5) zum kleinsten C-Wert (1). Auf diese Weise wird stets die Nutzung priorisiert.

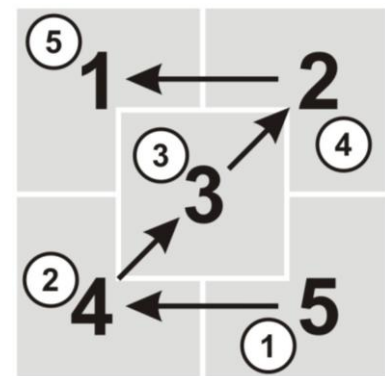
a)



Ziffern ABC

- {1,...,5} A: Ökologische Ökosystemleistungen (1. Ziffer)
- {1,...,5} B: Kulturelle Ökosystemleistungen (2. Ziffer)
- {1,...,5} C: Wirtschaftliche Ökosystemleistungen (3. Ziffer)

b)



Bearbeitungsreihenfolge

① bis ⑤

von Nr. 1 (höchster C-Wert) bis Nr. 5 (kleinster C-Wert)

**Figur 15** Allgemeine Leserichtung in der Entscheidungsmatrix: a) Vom linken oberen zum rechten unteren Feld und b) vom höchsten (5) zum kleinsten (1) C-Wert (Regel 2).

### Regel 3

In Anlehnung an das Modell „Homo oeconomicus“ der Neoklassik und unter der Annahme, dass eine Nutzung immer auch negative Auswirkungen hat bzw. Kosten verursacht, wird von einer Optimierungsentscheidung ausgegangen: Nutzenmaximierung und Kostenminimierung.

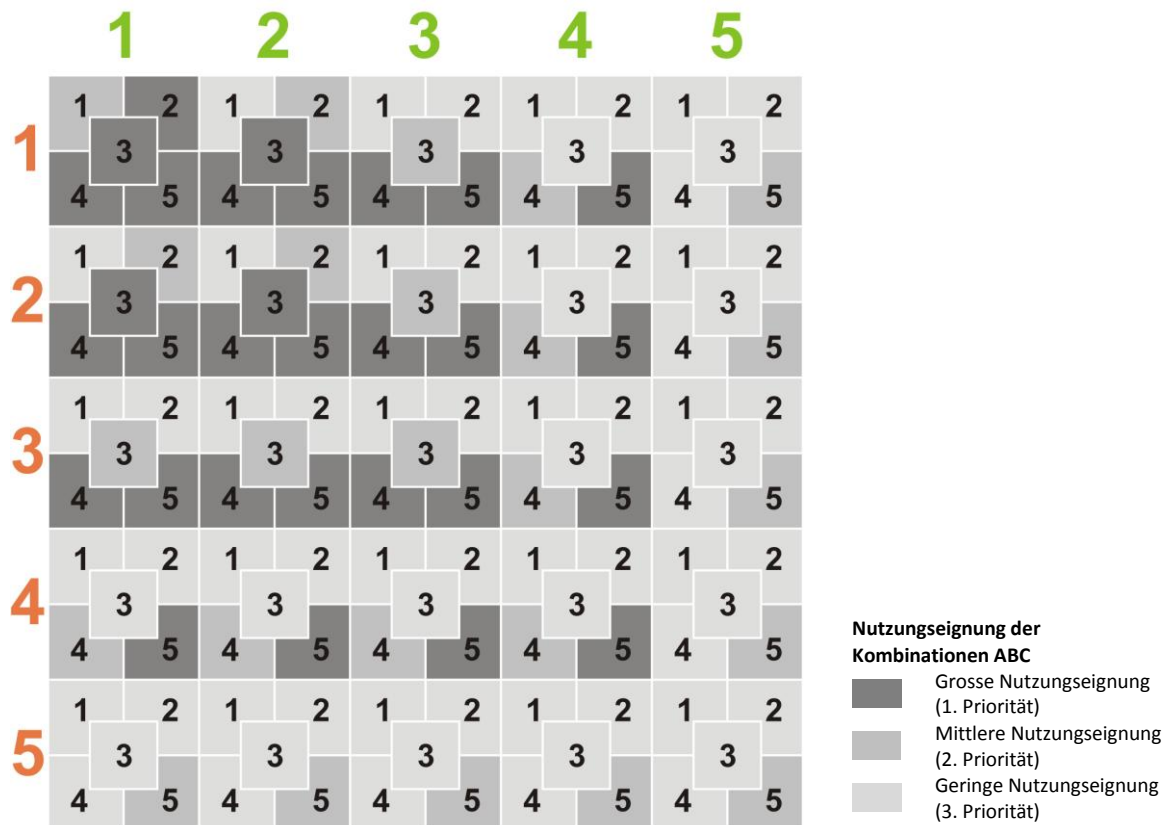
Im übertragenen Sinne bedeutet dies:

Je **größer** die **wirtschaftlichen Ökosystemleistungen** (C-Wert) und je **kleiner** die **ökologischen** (A-Wert) und **kulturellen Ökosystemleistungen** (B-Wert), desto besser der Rang.

Das heisst, maximaler C-Wert (Nutzen) mit gleichzeitig minimalen A- und B-Werten (Kosten) ergibt Rang 1.

Daraus leitet sich der dritte Rangierungsschritt ab (Regel 3). Die Kombinationen werden in drei Prioritätengruppen aufgeteilt (Figur 16):

- |              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| 1. Priorität | C-Wert > A-Wert oder C-Wert > B-Wert |
| 2. Priorität | C-Wert = A-Wert oder C-Wert = B-Wert |
| 3. Priorität | C-Wert < A-Wert oder C-Wert < B-Wert |



**Figur 16** Gruppierung der Kombinationen ABC (Regel 3)

Im Folgenden werden die A- und B-Werte in den Vordergrund gerückt. Gemäss Regel 3 werden jene Kombinationen mit einem besseren Rang versehen, die tiefe AB-Werte aufweisen und damit insgesamt für geringe Kosten sorgen. Diese geringen Kosten sind auf die kleine Quersumme der Werte A und B zurückzuführen. Folglich resultieren z.B. für die AB-Werte 21 (Quersumme = 3) bessere Ränge als für die AB-Werte 34 (Quersumme = 7). Das Hierarchisierungsverfahren funktioniert scheinbar wie gewünscht. Bei genauerem Hinsehen zeigt sich jedoch rasch einmal, dass Regel 3 an ihre Grenzen stösst: Es existieren Kombinationen mit AB-Werten, die sich einzig in ihrer Abfolge, nicht aber in der Quersumme ihrer Werte unterscheiden (z.B. AB = 13 und AB = 31; Quersumme = 4). Auch diese komplementären Kombinationen sollen auf eine sachlich-objektive Art rangiert werden. Entsprechend wurde bis anhin, weder den ökologischen noch den kulturellen Ökosystemleistungen eine höhere Schutzwürdigkeit zugewiesen. Da sich letztlich dennoch eine Entscheidung aufdrängt, wird Regel 4 angewendet.

#### Regel 4

Gemäss dem Modell der Maslow'schen Bedürfnispyramide ordnet der Mensch in seinem Streben nach Zufriedenheit, den Grundbedürfnissen immer einen höheren Stellenwert zu als den Bedürfnissen der nächst höheren Stufe (z.B. soziale und Individual-Bedürfnisse). Wenn davon ausgegangen wird, dass diese Grundbedürfnisse in erster Linie durch regulierende Ökosystemfunktionen, also durch die ökologischen Leistungen erfüllt werden, folgt daraus für den Spezialfall der komplementären AB-Kombinationen:

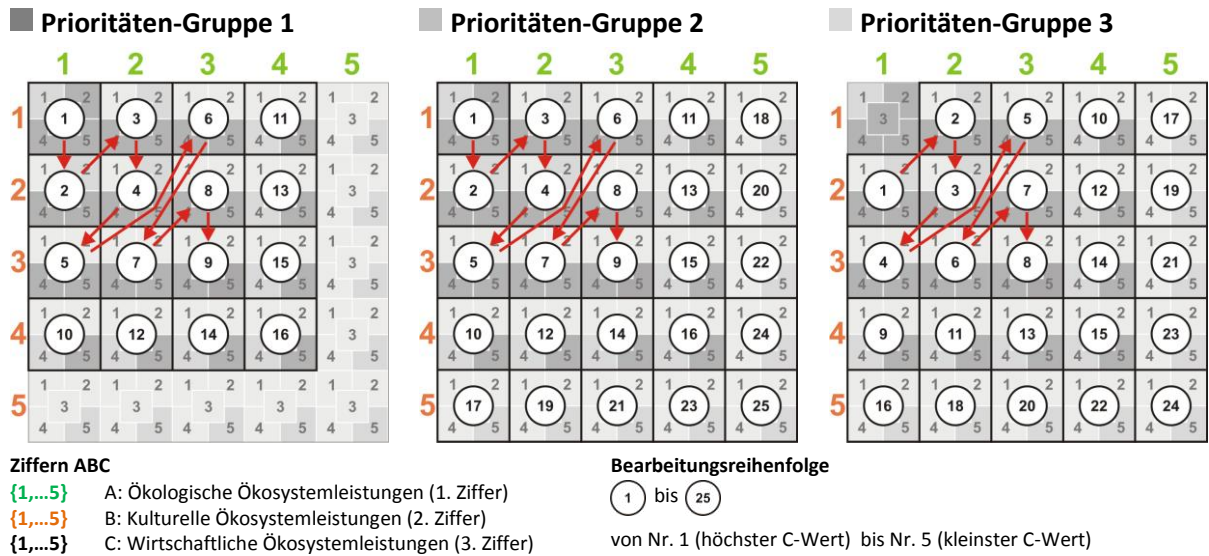
Die **Kosten**, d.h. der Verlust von Leistungen, bei einer Beeinträchtigung der **ökologischen Ökosystemleistungen** (A-Wert) sind **höher** einzustufen als bei einer Beeinträchtigung der kulturellen Ökosystemleistungen (B-Wert).

Das bedeutet, dass die Kombinationen links unten vor den komplementären Kombinationen rechts oben berücksichtigt werden und daher einen besseren Rang erhalten (z.B. ABC = 132 = Rang 59 und ABC = 312 = Rang 61). Oder anders ausgedrückt: im Zweifelsfalle sind kulturelle und wirtschaftliche Ökosystemleistungen besser vereinbar.

Durch den vierten Rangierungsschritt (Regel 4) erhalten die Kombinationen im linken unteren Feld der Entscheidungsmatrix immer einen besseren Rang als die komplementären Kombinationen des rechten oberen Feldes (Figur 17). Das heisst, komplementäre Kombinationen bezüglich AB-Wert wie bspw. ABC = 132 und ABC = 312, werden schrittweise nacheinander rangiert (vgl. Feld-Nr. 4 (ABC = 132) und 5 (ABC = 312) der Prioritäten-Gruppe 3 in Figur 17). Damit kann einerseits die wichtigere Regel 3 eingehalten werden: Die Quersummen der A- und B-Werte, d.h. die Kosten der ökologischen und kulturellen Ökosystemleistungen, werden möglichst klein gehalten (Kostenminimierung). Andererseits wird erreicht, dass den ökologischen Ökosystemleistungen ein Höchstmass an Schutz zugeordnet wird (Regel 4).

Dadurch erhält bspw. die Kombination 232 einen schlechteren Rang (Rang 63) als die Kombination 312 (Rang 61). Dies obwohl der A-Wert der Kombination 312 (A = 3) höher ist als jener der Kombination 232 (A = 2) und auf den ersten Blick einen schlechteren Rang erhalten sollte, damit der Schutz der ökologischen Ökosystemleistungen eher gewährleistet ist (Regel 4). Bei einer gleichzeitigen Betrachtung von A- und B-Wert wird allerdings rasch klar, dass die AB-Werte 23 (Quersumme = 5) gemäss Regel 3 insgesamt mehr schützenswerte Ökosystemleistungen bieten als die AB-Werte 31 (Quersumme = 4). Entsprechend berechtigt erscheint somit ein schlechterer Rang für die AB-Werte 23 (Rang 63). Daraus folgen wie erwünscht geringere Kosten (Regel 3), die im Falle einer Beeinträchtigung der regulierenden und kulturellen Ökosystemfunktionen entstehen würden.





**Figur 17** Kombinationen ABC im linken unteren Feld erhalten immer einen besseren Rang als Kombinationen im rechten oberen Feld (Regel 4).

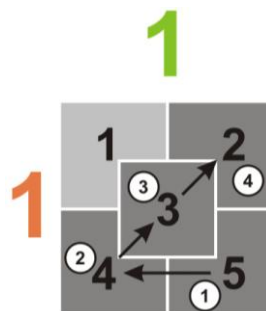
Insgesamt ist bei der Hierarchisierung zwingend zu beachten:

- Rangierungsschritt 4 wird **für jede** der unter Regel 3 genannten **Gruppierung separat** wiederholt (Figur 17); d.h. zuerst für die Prioritäten-Gruppe 1 (dunkelgrau), danach für die Prioritäten-Gruppe 2 (hellgrau) und zuletzt für die Prioritäten-Gruppe 3 (blassgrau).
- Des Weiteren ist sehr wichtig, dass der **Wechsel** zum nächsten Feld erst dann erfolgt, **wenn alle Kombinationen des Feldes gemäss Regel 1 rangiert** worden sind, also immer vom grössten (C = 5) zum kleinsten C-Wert (C = 1) (Figur 15 b).

Für Feld 1 der Prioritätengruppe 1 werden die Kombinationen also wie folgt rangiert (Figur 18):

1. Rang      ABC = 115
2. Rang      ABC = 114
3. Rang      ABC = 113
4. Rang      ABC = 112

Die Kombination 111 wird zu diesem Zeitpunkt nicht rangiert, weil sie nicht der Prioritäten-Gruppe 1 angehört.



**Figur 18** Erst nachdem alle Kombinationen derselben Prioritätengruppe innerhalb des betrachteten Feldes rangiert worden sind, wird zum nächsten Feld gewechselt (vgl. Figur 17). Abgebildet ist die Rangierung der Prioritätengruppe 1 in Feld 1.

Diese Regeln führen dazu, dass jene Kombination Rang 1 belegt, welche sich unter minimalem Kostenaufwand für ökologische und kulturelle Ökosystemleistungen am besten für eine Wasserkraftnutzung eignet. Das heisst, die Kombination 115 mit wenig bedeutenden ökologischen und kulturellen Ökosystemleistungen und gleichzeitig bedeutenden wirtschaftlichen Leistungen, weist die beste Nutzungseignung auf und erhält somit Rang 1 (vgl. Tabelle 15). Der Kombination 551 mit den höchsten ökologischen und kulturellen Ökosystemleistungen und den geringsten wirtschaftlichen Leistungen wird indessen der letzte Rang zugeordnet (Tabelle 15); d.h. eine Nutzung würde erst dann erfolgen, wenn alle anderen Kombinationen ebenfalls genutzt werden.

**Tabelle 15** Rangierung aller 125 Kombinationen ABC

Rang	ABC	Rang	ABC	Rang	ABC	Rang	ABC	Rang	ABC
1	115	26	245	51	355	76	242	101	251
2	114	27	425	52	535	77	241	102	524
3	113	28	345	53	455	78	423	103	523
4	112	29	435	54	545	79	422	104	522
5	125	30	445	55	555	80	421	105	521
6	124	31	111	56	121	81	343	106	354
7	123	32	122	57	211	82	342	107	353
8	215	33	212	58	221	83	341	108	352
9	214	34	222	59	132	84	433	109	351
10	213	35	133	60	131	85	432	110	534
11	225	36	313	61	312	86	431	111	533
12	224	37	233	62	311	87	443	112	532
13	223	38	323	63	232	88	442	113	531
14	135	39	333	64	231	89	441	114	454
15	134	40	144	65	322	90	154	115	453
16	315	41	414	66	321	91	153	116	452
17	314	42	244	67	332	92	152	117	451
18	235	43	424	68	331	93	151	118	544
19	234	44	344	69	143	94	514	119	543
20	325	45	434	70	142	95	513	120	542
21	324	46	444	71	141	96	512	121	541
22	335	47	155	72	413	97	511	122	554
23	334	48	515	73	412	98	254	123	553
24	145	49	255	74	411	99	253	124	552
25	415	50	525	75	243	100	252	125	551

Unter konsequenter Anwendung der vier Regeln entsteht die in Tabelle 15 enthaltene Rangliste aller Kombinationen ABC. Es zeigt sich, dass das Vorgehen mithilfe dieser Grundsatzregeln sowohl das Gütekriterium der Reproduzierbarkeit als auch der Validität erfüllt:

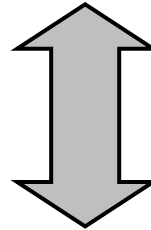
- Eine Wiederholung der Rangierung würde zu demselben Ergebnis führen.
- Die Verknüpfung von Sach- und Wertebene gelingt erfolgreich, da der Rang die gegebenen Charakteristiken, d.h. die unterschiedlich ausgeprägten Ökosystemfunktionen bzw. ihre Leistungen, repräsentativ abbildet.

Schliesslich werden die Ränge auf die Beurteilungen der einzelnen Gewässerräume übertragen, so dass jeder Gewässerraum über einen Rang verfügt, der Auskunft über dessen Eignungsgrad für eine Kleinwasserkraftnutzung gibt. Damit ist allerdings noch nicht klar, ob der Gewässerraum in Zukunft auch wirklich genutzt werden soll. Eine eindeutige Empfehlung ist möglich, wenn festgelegt wird



zwischen welchen Rängen sich die Schutz-Nutzungsgrenze befindet. Erst dann ist ersichtlich, welche Ränge zu einer Nutzungsempfehlung führen (Figur 19). Bleibt diese Grenze ausserdem flexibel verschiebbar, so ist die Voraussetzung für beliebige Nutzungsszenarien gegeben.

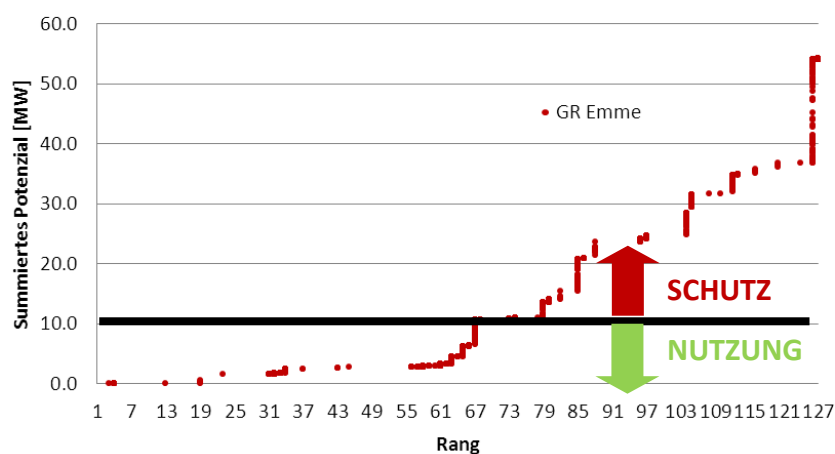
Rang	ABC
...	...
52	535
53	455
54	545
55	555
56	121
57	211
58	221
59	132
60	131
61	312
62	311
63	232
64	231
65	322
66	321
67	332
...	...



**Figur 19** Die bewegliche Grenze in der Rangliste entscheidet über die finale Nutzungseignung der einzelnen Kombinationen ABC bzw. der Gewässerräume und bildet die Grundlage der Szenarien. (Grün = Nutzung; Rot = Schutz; dargestellt ist ein fiktives Beispiel).

### 3.4 SZENARIEN (4)

Bei der Ausarbeitung der Methode wurde grossen Wert darauf gelegt, dass sie sich auf die Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen beschränkt. Politische Entscheide sind daher ausgeschlossen. Dementsprechend sind die nachfolgend präsentierten Ergebnisse als Vorschläge und mögliche Varianten zu verstehen. Die vorliegende Arbeit enthält keine definitiven Lösungen.

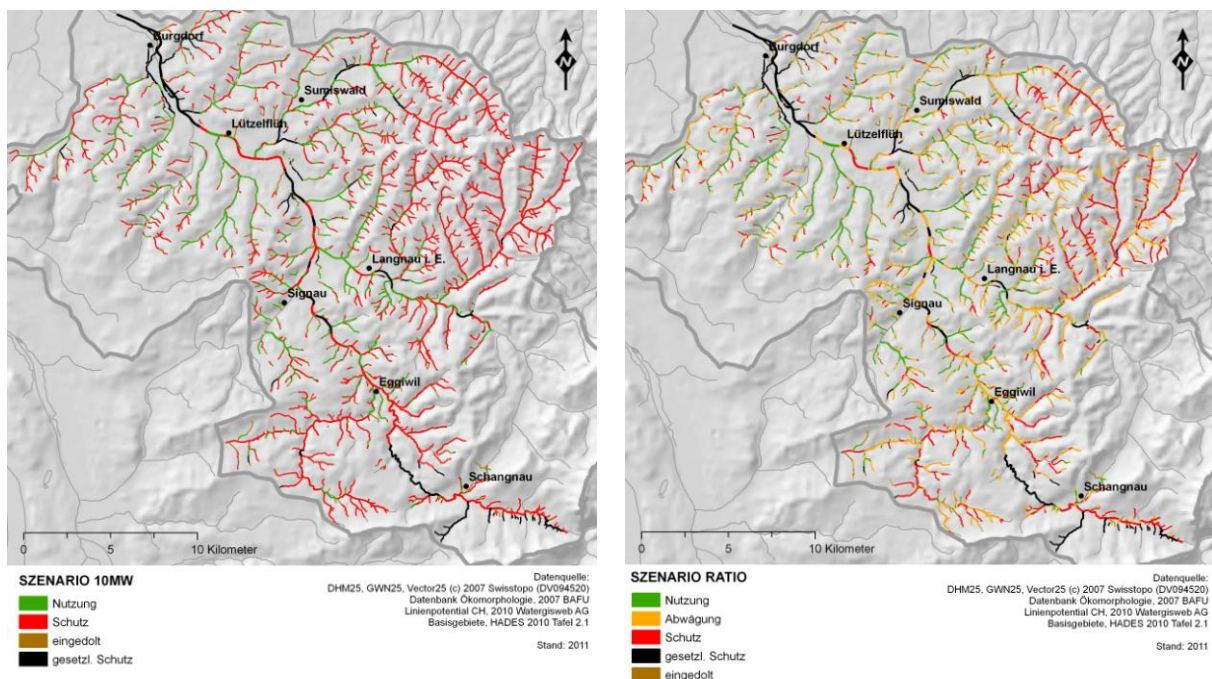


**Figur 20** Rangverteilung und Wasserkraftpotential der Gewässerräume der Emme. Dargestellt ist die Schutz- und Nutzungszuweisung bei einem Ausbauziel von 10 MW für das gesamte EZG der Emme.

Wie bereits angedeutet, lassen sich in der Rangliste der Gewässerräume durch die Verschiebung der Grenze zwischen Schutz und Nutzung unterschiedliche Szenarien erzeugen (Figur 19). Sowohl diese wie auch die räumliche Begrenzung der Szenarien sind flexibel wählbar. Entsprechend können sich die Szenarien auf einzelne Täler, Kantone oder aber auf grosse Regionen, wie bspw. den Alpenraum, beziehen.

Da jeder Gewässerraum, nebst seinem Rang, über eine bekannte spezifische Wasserkraftleistung [kW/m] verfügt, besteht die Möglichkeit, die Grenzziehung zwischen Schutz und Nutzung von der Grösse des Wasserkraft-Ausbauzieles [kW] der untersuchten Region abhängig zu machen (Figur 20). Durch Umrechnung der spezifischen Wasserkraftleistung [kW/m] auf die Gewässerraumlänge [km] und anschliessendem Aufsummieren dieser Wasserkraftleistung aller rangierter Gewässerräume [kW] würde sofort ersichtlich, wo die Grenze gesetzt werden müsste, um das Ausbauziel zu erreichen und welche Gewässerräume von einer Nutzung betroffen wären. Dabei sind allerdings zwei Dinge zu bedenken:

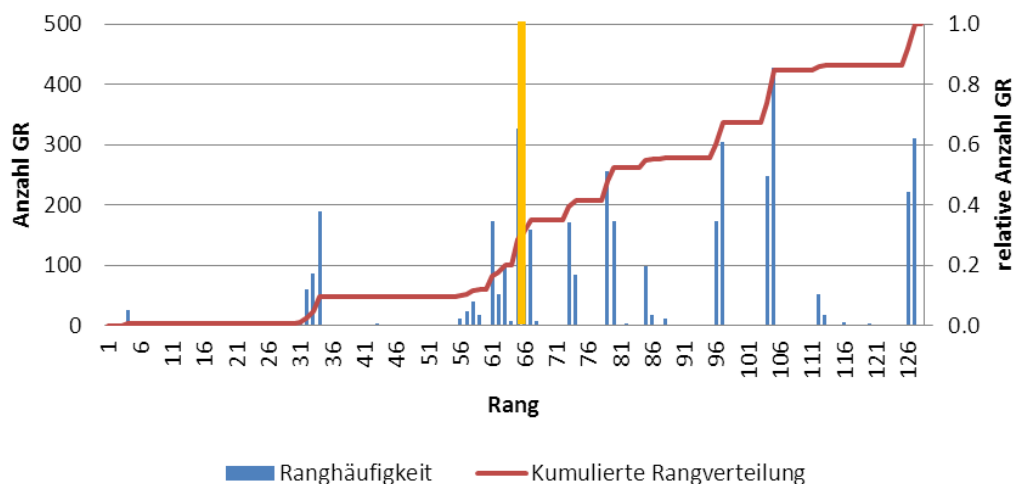
Erstens, je mehr Ränge in den Bereich „Nutzung“ fallen, desto heftiger schlägt sich dies im Szenario nieder: eine Mehrheit der Gewässerräume würde eine Nutzungsempfehlung erhalten, was ferner bedeutet, dass die Kleinwasserkraftnutzung in einer Region in Zukunft zunehmen würde. Dies kann auch heissen, dass Gewässerräume genutzt würden, welche aufgrund ihrer Beurteilung vernünftigerweise als schutzwürdig bezeichnet werden sollten. Figur 21 zeigt beide Möglichkeiten der Szenarien-Bildung auf: eine auf ein bestimmtes Ausbauziel ausgerichtete Variante (linke Karte) und eine Variante, bei der sich die Nutzung auf eine vernünftige Anzahl Gewässerräume beschränkt (rechte Karte).



**Figur 21** Darstellung der Ergebnisse für die Emme bei einem 10 MW-Szenario (links) und einem Szenario, bei dem auf die spezifischen Charakteristiken (ausgeprägte regulierende Ökosystemfunktionen) des EZG Rücksicht genommen wurde (rechts).

Die beiden Szenarien in Figur 21 weisen auf die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsintensitäten hin. Um beurteilen zu können, welches der beiden Szenarien für das untersuchte Einzugsgebiet sinnvoller ist, empfiehlt es sich die Eigenheiten des Gebiets zu kennen und zu berücksichtigen. Hierzu bietet die Methodik mit der Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Ränge aller Gewässerräume eines Einzugsgebietes ein geeignetes Hilfsmittel. Mit dieser Rangverteilungskurve gelingt eine repräsentative Typisierung eines Gebietes. Als Beispiel ist in Figur 22 die Rangverteilung der Gewässerräume des Testgebietes Emme dargestellt. Daraus lässt sich einerseits ablesen, ob sich ein Gebiet wirklich für eine intensivere Wasserkraftnutzung eignet: belegt eine Mehrheit der Gewässerräume die hohen Ränge (vgl. Emme), verfügt das Gebiet über besonders ausgeprägte regulierende Ökosystemfunktionen und damit bedeutende ökologische Leistungen. Eine restlose Ausschöpfung des ohnehin niedrigen Wasserkraftpotentials würde in diesem Fall wenig Sinn machen. Die Grenze zwischen Schutz und Nutzung kämen hier also vernünftigerweise in den unteren Rängen zu liegen. Diesem Vorgehen entspricht das Szenario RATIO in der rechten Karte der Figur 21, welches unter Berücksichtigung ebendieser spezifischen Charakteristik des Einzugsgebietes der Emme gebildet wurde.

Nebst diesen gebietsspezifischen Eigenheiten, lassen sich andererseits aber auch, durch den Vergleich der Rangverteilungskurven mehrerer Gebiete (Figur 29), regionale Schwerpunkte herausarbeiten. Ein solcher Vergleich kann anschaulich zeigen, welche Gebiete hinsichtlich einer Nutzung bevorzugt behandelt werden sollten. In einem Kanton oder einer Region, wie bspw. dem Berner Oberland, eignen sich nicht alle Fliessgewässer gleichermassen für eine Nutzung der Wasserkraft. Der Vergleich ihrer Rangverteilungskurven kann daher nützliche Hinweise liefern, zukünftige Nutzungsschwerpunkte zu erkennen.



**Figur 22** Rangverteilung der Gewässerräume der Emme. Erfolgt die Unterteilung (gelbe Linie) in Ränge, die sich für eine Nutzung eignen (Rang 1 bis 65) und in schutzwürdige Ränge (Rang 66 bis 127) unter Berücksichtigung der spezifischen Gebietseigenschaften der Emme, ergibt sich ein Szenario wie in Figur 21 (rechts) dargestellt.

Zweitens zeigen die Szenarien-Karten ausschliesslich Einzelbeurteilungen der Gewässerräume. Das heisst, es wurde weder überprüft, ob die Abschnittslängen aus technischer Sicht sinnvoll nutzbar sind, noch wurde geschaut, ob sich die Gewässerräume zu grösseren Einheiten aggregieren lassen. Zur Prüfung der technischen Machbarkeit wird auf Umweltverträglichkeitsprüfungen und Experten-

wissen verwiesen (BAFU 1997, VUE 2010). Eine räumliche Aggregation wird insbesondere im Rahmen einer regionalen Wassernutzungsplanung empfohlen. Die damit verbundene Anpassung der Szenarien erfolgt im letzten Vorgehensschritt (5) der Methode (vgl. Figur 3). Auf diesen Schritt wird in der vorliegenden Studie nur begrenzt eingegangen, weil es als wenig sinnvoll erachtet wird, ein definitives Vorgehen festzulegen. Eine Aggregation sollte in erster Linie durch Diskussion und Abwägung der verschiedenen Interessen aller Betroffenen an einem ‚runden Tisch‘ entschieden werden. Zur Unterstützung dieser Diskussion werden nachfolgend einige mögliche Denkansätze dargelegt.

Eine Aggregation dient der Abstraktion und Reduktion komplexer Sachverhalte. Dazu ist ein gewisses Mass an Pragmatismus nötig. Dennoch sollte auf Details der zugrunde liegenden Szenarien-Karten reagiert werden können.

Als Bezugsräume werden deshalb die hydrologischen Einzugsgebiete (z.B. Basisgebiete des HADES) empfohlen. Sie fassen die Fliessgewässer übersichtsmässig zusammen und erlauben trotzdem Einsicht in Details einzelner Gewässerräume. Falls eine noch pragmatischere Lösung gewünscht ist, liessen sich die Ergebnisse für diese Gebiete anschliessend zu noch grösseren Raumeinheiten zusammenfassen.

Eine pragmatische Vorgehensweise setzt ausserdem einige Einschränkungen voraus. Es wird bspw. empfohlen die Gewässerräum*länge* nicht sonderlich zu berücksichtigen, d.h. sowohl lange als auch kurze Gewässerräume würden gleich behandelt. Ebenfalls als nicht zielführend, wird die besondere Beachtung der Abhängigkeit eines einzelnen Gewässerraums von den umliegenden Gewässerräumen erachtet. Dies würde zwar anschaulich demonstrieren, dass die Nutzung eines Gewässerraums im Oberlauf des Fliessgewässers sämtliche unterliegenden Gewässerräume beeinflusste, also weitaus gravierendere Folgen hätte als die Nutzung eines Gewässerraums im Unterlauf. Aber Angaben zum zeitlichen Aufwand und der technischen Machbarkeit einer solchen Lösung mit Gewichtungsfaktoren fehlen bisher.

Als zu pragmatisch wird hingegen der Ansatz bewertet, Gewässerräume zu einer grösseren Einheit zusammenzufassen, sobald innerhalb einer vordefinierten Gewässerlänge (z.B. 5 km) eine bestimmte Anzahl Gewässerräume (z.B. 3) mit einer Nutzungsempfehlung auftritt. Denn dies hätte zur Folge, dass eine Wasserkraftnutzung in hochgelegenen alpinen Gebieten praktisch ausgeschlossen wäre. Die Gewässerräume dieser Gebiete weisen aufgrund ihres ursprünglichen Zustandes äusserst selten und auch dann nur vereinzelt, eine Nutzungseignung auf. Bei einer Zusammenfassung dieser Gewässerräume käme es immer zu einer Schutzempfehlung.

Es wird viel mehr ein qualitatives und weitgehend vom visuellen Eindruck beeinflusstes Vorgehen mit folgendem Ablauf vorgeschlagen:

Zuerst sollen die Nutzungsschwerpunkte im Einzugsgebiet lokalisiert werden. Dies kann bspw. durch einen Stromkonzern geschehen, der auf der ausgewählten Szenarien-Karte überprüft, welche der mit einer Nutzungseignung versehenen Gewässerräume sich aus technischer und wirtschaftlicher Sicht auch wirklich eignen. Daraus ergibt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit eine erste engere Selektion.

Danach oder, falls diese Prüfung nicht möglich war, unmittelbar zu Beginn, wird die Karte unter folgenden drei Gesichtspunkten betrachtet:

- Liegen grüne (Nutzungsempfehlung) und orange (Abwägungsempfehlung) Gewässerräume nebeneinander, werden diese zuerst zu Nutzungsstrecken zusammengefasst. Erst danach werden Strecken zusammengeführt, in welchen auf grüne Gewässerräume rote (Schutzempfehlung) folgen.
- Zeigt die Karte mehrere, dicht aufeinander folgende grüne Gewässerräume (2 km), werden diese prioritär zu grösseren Nutzungsstrecken zusammengefasst, als wenn es sich um vereinzelte grüne Gewässerräume handelt.
- Die grünen Gewässerräume des Hauptgerinnes werden vor den grünen Gewässerräumen des Seitengerinnes zusammengefasst.

Die Länge der zusammengeführten Gewässerräume wird individuell festgelegt. Es wird vorgeschlagen, die grünen Gewässerräume des Hauptgerinnes solange immer wieder zusammenzuführen bis eine längere Strecke roter oder abwechselnd roter und oranger Gewässerräume folg. Wohingegen die Seitengerinne nicht mehr unterteilt, sondern zu einer Einheit zusammengefasst würden.

Wie eine Aggregation nach diesen Gesichtspunkten aussehen könnte, wird in Figur 28 am Einzugsgebiet der Lütschine exemplarisch aufgezeigt.

## 4 FALLSTUDIEN

In diesem Kapitel werden Ergebnisse aus den Testgebieten Lüttschine, Emme sowie Simme und Kander vorgestellt. Sie sollen aufzeigen, wie die soeben erläuterte Methode funktioniert und welche Anwendungsmöglichkeiten sich ergeben könnten. Besonders ausführlich ist die Dokumentation des Einzugsgebiets der Lüttschine. Sie veranschaulicht exemplarisch den Umfang der Ergebnisse, die für jedes Einzugsgebiet vorliegen. Die Darstellung der anderen Einzugsgebiete beschränkt sich auf einige wesentliche Grafiken, die für einen Vergleich interessant sind. Im letzten Abschnitt werden die generierten Ergebnisse anderen Studien gegenüber gestellt.

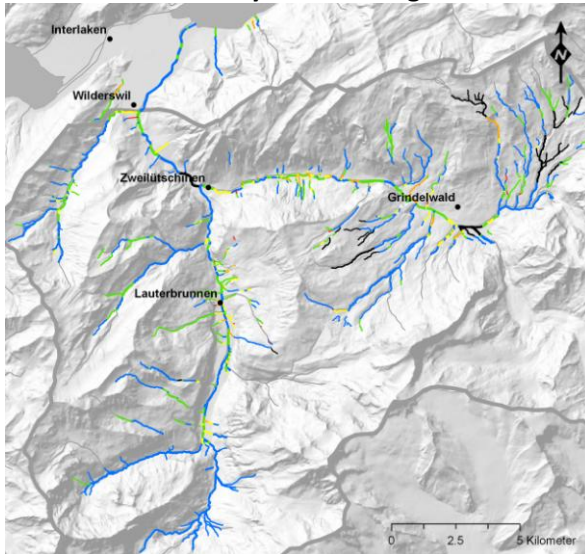
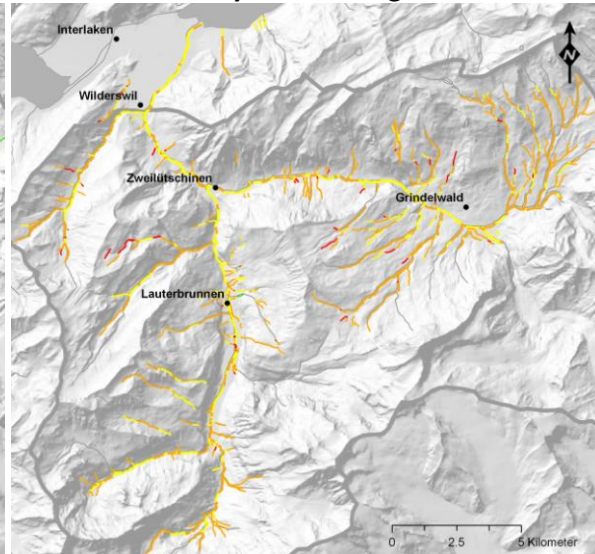
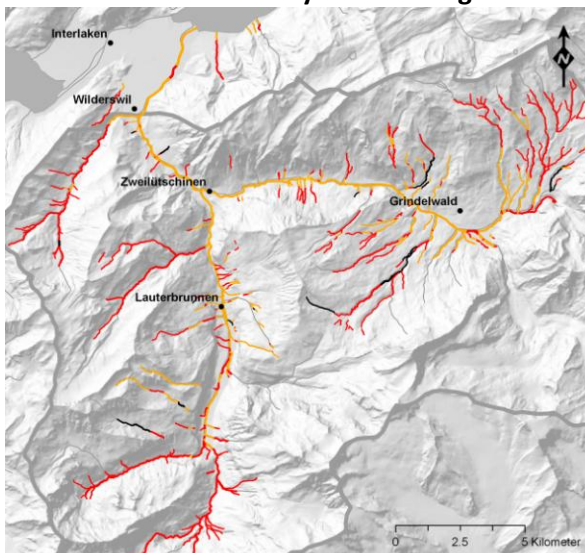
### 4.1 LÜTTSCHINE

Die Ergebnisse der Lüttschine werden chronologisch dargestellt. Dadurch wird für jeden Vorgehensschritt der Methode ersichtlich, welche Ergebnisse zu erwarten sind.

Bereits die Werteverteilungen der Ökosystemleistungen weisen auf deutliche Schwerpunkte im Gebiet hin (Figur 23, unten). Die Ökosystemleistungen der regulierenden Funktionen (grün) der Lüttschine sind äusserst bedeutend. Wohingegen die Bedeutung der kulturellen (orange) und wirtschaftlichen Leistungen (blau) vergleichsweise gering ausfällt. Trotzdem ist sie nicht vernachlässigbar, denn eine gewisse kulturelle Attraktivität und wirtschaftliche Aktivität ist im Gebiet durchaus vorhanden. Ebenso deutlich sind diese Schwerpunkte in den Karten zu erkennen, welche zusätzlich auf deren räumliche Verteilung hinweisen (Figur 23). Es wird beispielsweise sichtbar, dass insbesondere das Hauptgerinne der Lüttschine die kulturell und wirtschaftlich interessanten Ökosystemleistungen erbringt. Im Gegensatz dazu sind es in der Karte der ökologischen Leistungen die Seitengerinne, welche als besonders bedeutend hervorgehoben werden. Die Ursachen dieser Ergebnisse sind in den unterschiedlichen Indikatorzuständen zu suchen.

Die ausserordentlich hohen Bewertungen der ökologischen Ökosystemleistungen sind auf die Ursprünglichkeit des Gewässers zurückzuführen. Die Lüttschine weist eine überwiegend natürliche Gewässermorphologie, geringen anthropogenen Einfluss und eine ausgezeichnete Wasserqualität auf. In 75 % aller GR wird die Komponente *Gewässertyp und -morphologie* als bedeutend (4) oder sehr bedeutend (5) bewertet. Dafür verantwortlich sind vor allem der gute ökomorphologische Zustand (Indikator GR\_A11) und in zahlreichen Fällen die Einzigartigkeit (GR\_A15) der Gewässerabschnitte. Lediglich 42 GR (6 %) sind Teil einer Restwasserstrecke oder Schwall-Sunk-Auswirkungen ausgesetzt, weshalb der anthropogene Einfluss auf die *Wasserführung* als gering bewertet wird. Eine sehr gute *Wasserqualität* erreicht die Lüttschine, weil die Konzentration der chemischen Parameter (Indikatoren GR\_A16-20) in ausnahmslos allen GR unbedenklich ist. Ausserdem wird die ohnehin grosse Bedeutung der ökologischen Leistungen in 40 % sämtlicher Gewässerräume noch zusätzlich durch bedeutende Ökosystemleistungen im Landschaftsraum verstärkt. Zu diesen Ergebnissen führen insbesondere eine hohe Artenvielfalt, kaum zerschnittene Lebensräume und kantonale Schutzgebiete, wobei es sich vorwiegend um Waldreservate handelt.

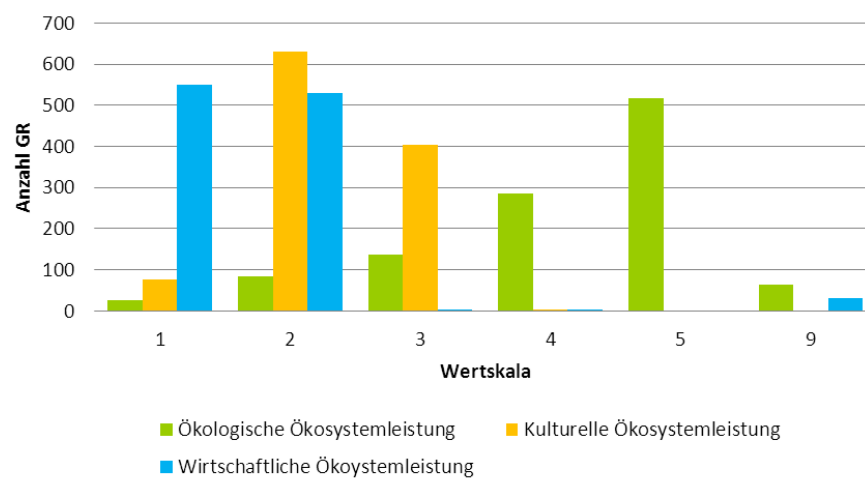


**ÖKOLOGISCHE Ökosystemleistungen****KULTURELLE Ökosystemleistungen****WIRTSCHAFTLICHE Ökosystemleistungen**

Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)
- gesetzl. Schutz (9)

**LÜTSCHINE Ökosystemleistungen**

**Figur 23** Ökosystemleistungen der Lütschine. Dargestellt sind die Ausprägungsgrade der ökologischen (links oben), kulturellen (rechts oben) und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen (links unten). Das Diagramm quantifiziert diese Ergebnisse in Form einer Häufigkeitsverteilung der Ränge (Histogramm).

Die insgesamt geringe Bedeutung der kulturellen Leistungen im Einzugsgebiet der Lüttschine rührt daher, dass nur in vereinzelt Fällen ein Objekt von besonderer Erlebniswirkung wie beispielsweise ein Wasserfall vorhanden ist. Gerade mal in 13 GR (1 %) werden durch den Indikator Erlebnischarakter (GR\_B03) Wasserfälle registriert. Bei einem Erschliessungsgrad (GR\_B02) von 40 % reicht dies bei Weitem nicht aus, um zu bedeutenden kulturellen Leistungen zu führen. Zudem bietet die Lüttschine nur ein spärliches Freizeitangebot, was die Indikatoren Angelfischerei (GR\_B04) und Wassersport (GR\_B05) belegen. Die vorhandenen Canyoning-Strecken beschränken sich auf 5 % der GR. Besonders vielfältige und bedeutend zahlreichere kulturelle Funktionen sind hingegen im Landschaftsraum auszumachen. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leisten in mehr als 50 % der GR das dichte Wanderwegnetz und einige Velowege (LR\_B03-04), in fast 80 % der GR die Einsehbarkeit von Aussichtslagen aus (LR\_B06) und in einem wesentlichen Teil der GR die historischen Verkehrswege, schützenswerte Ortsbilder oder sonstige Kulturgüter (LR\_07-09). Dem anzufügen ist die ruhige Umgebung der Lüttschine. In nahezu allen Abschnitten herrscht Ruhe oder zumindest eine sehr geringe Lärmbelastung von weniger als 55 dB. All diese im Landschaftsraum gegebenen Funktionen führen immerhin in mehr als 90 % der GR zu einer Aufwertung der Bewertungen GR.

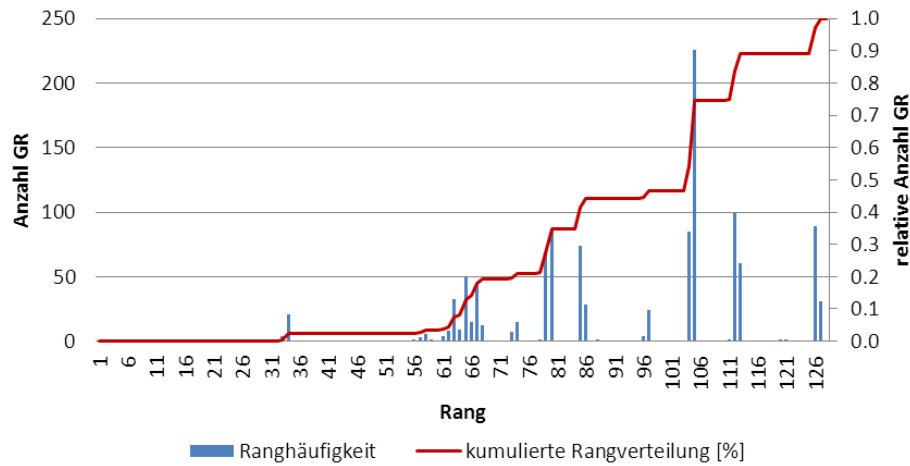
Die gesamthaft wenig bedeutenden wirtschaftlichen Leistungen der Lüttschine sind in Anbetracht des reichlich vorhandenen Wasserkraftpotentials erstaunlich. In 20 % der GR verzeichnet der Indikator zur Erfassung des Wasserkraftpotentials (GR\_C05) sogar eine spezifische Leistung von mehr als 1 kW/m. Aufgrund der wenigen bestehenden Nutzungen - es wird ausschliesslich in 4 GR eine Wasserentnahme registriert (GR\_C03-04) - ändert dies jedoch wenig am Gesamtergebnis. Ebenso wenig vermag die relativ grosse Anzahl gering oder gar nicht gefährdeter GR (70 %) die Bedeutung der wirtschaftlichen Leistungen zu verändern. Die Lüttschine gewinnt einzig durch die in 50 % der Landschaftsräume enthaltenen Funktionen an wirtschaftlicher Bedeutung. Dies ist insbesondere auf vorhandene technische Infrastrukturen (LR\_C03) zurückzuführen. Einen erkennbaren Beitrag leisten auch die Industrie- und vor allem aber Landwirtschaftsflächen, die sich in doch mehr als 20 % der LR vorfinden.

Die Bewertung der wirtschaftlichen Ökosystemleistungen des alpinen Einzugsgebietes weist eindeutig darauf hin, dass es sich nicht um eine von Industrie oder sonstiger anthropogener Nutzung geprägte Landschaft handelt. Den Naturwerten kommt hier eindeutig eine vorrangige Bedeutung zu, die auch die kulturellen Leistungen in den Hintergrund rücken lässt.

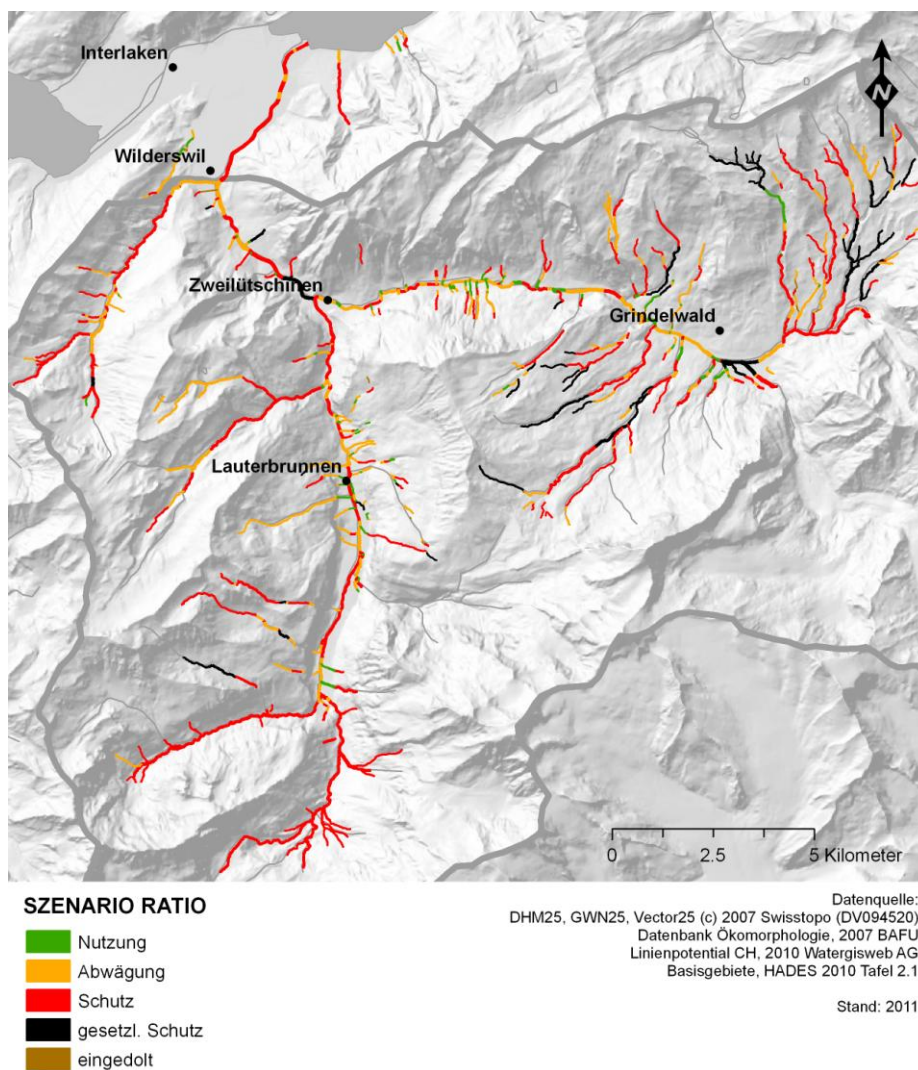
Ähnliches lässt sich aus der Graphik in Figur 24 herauslesen. Die Gleichzeitigkeit von bedeutenden ökologischen und verhältnismässig geringen kulturellen und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen im Einzugsgebiet der Lüttschine führt dazu, dass sich aus ganzheitlicher Sicht nur sehr wenige Gewässerräume für eine Nutzung eignen. Die Rangverteilung in Figur 24 zeigt einen deutlichen Schwerpunkt im oberen Bereich. Der grösste Teil der Bewertungskombinationen ABC der Lüttschine ist in der dritten Prioritäten-Gruppe anzusiedeln, woraus schlechtere Ränge bzw. Nutzungseignungen resultieren (vgl. Tabelle 15). Es bleibt deshalb abzuwägen inwieweit sich die Lüttschine für eine Wasserkraftnutzung eignet. Ein mögliches Szenario ist in Figur 25 abgebildet. Das Szenario RATIO zeigt die räumliche Verteilung der für eine Nutzung geeigneten Gewässerräume. Dabei wird insbesondere auf ge-



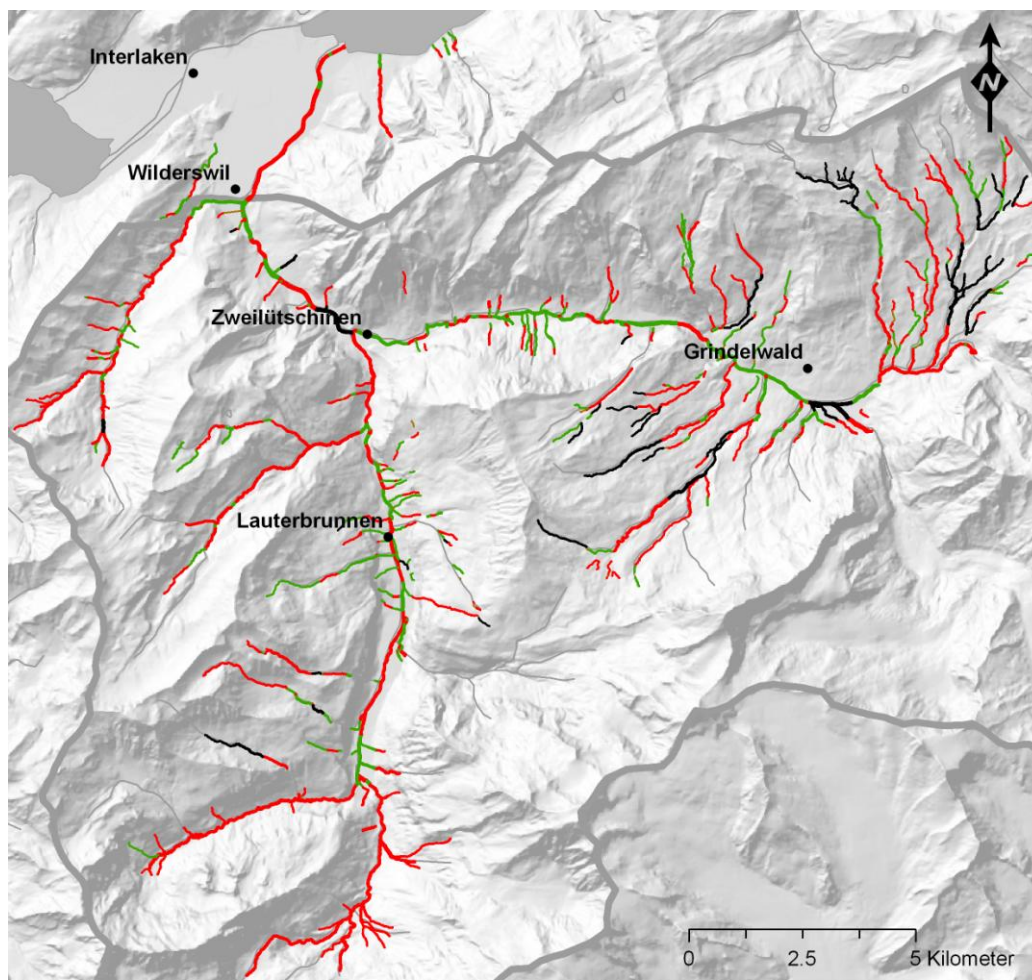
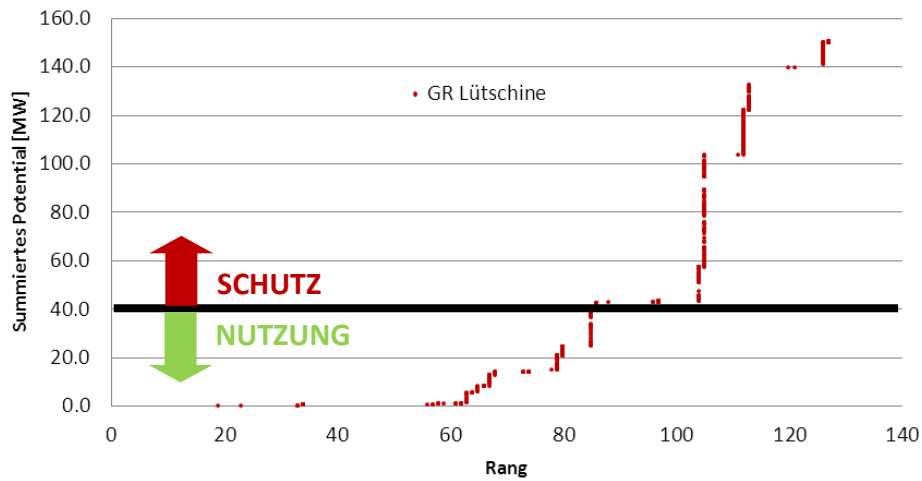
bietstypische Eigenschaften Rücksicht genommen; im vorliegenden Fall also auf die hohen Naturwerte. Folglich dominieren Schutzempfehlungen im dargestellten Szenario. Die Grenzen wurden nach Ermessen der Autorin gewählt: Bis Rang 65 wird eine Nutzungsempfehlung abgegeben, wohingegen ab Rang 100 eine Schutzempfehlung gemacht wird.



**Figur 24** Typische Rangverteilung der Gewässerräume der Lütschine.



**Figur 25** Nutzungs-Szenario für das EZG der Lütschine unter Berücksichtigung gebietsspezifischer Eigenheiten.



#### SZENARIO 40MW

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

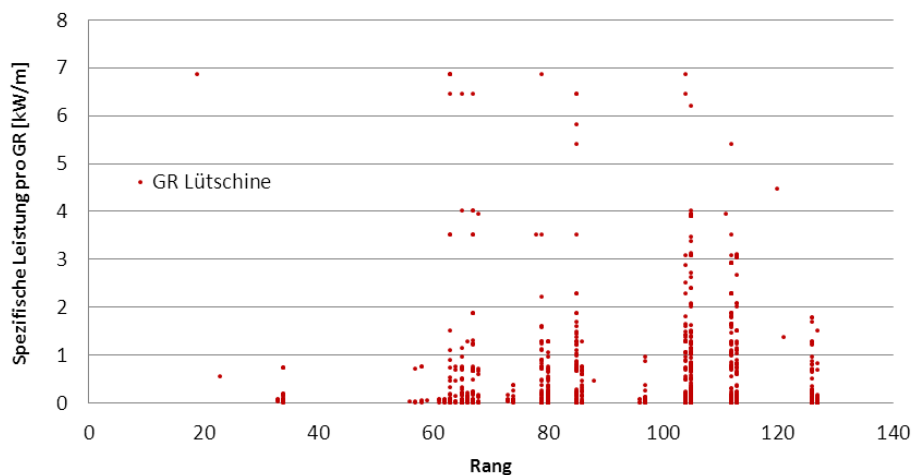
Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011

**Figur 26** 40 MW-Szenario für das EZG der Lüttschine. Die Zuordnung einer Nutzungsempfehlung erfolgt ohne Rücksichtnahme auf die effektive Nutzungseignung der Gewässerräume. Das Ausbauziel von 40 MW lässt sich durch Festlegung der Grenze zwischen Rang 85 und 86 erreichen.

Ein völlig anderes Szenario resultiert unter Einbezug eines definierten Ausbauzieles von beispielsweise 40 MW Leistung für das gesamte Einzugsgebiet der Lütschine (Figur 26). Dadurch wird, unabhängig von der charakteristischen Ausstattung des Gebiets, eine theoretische Grenze zwischen Nutzung und Schutz gelegt. Dies führt im vorliegenden Fall zu signifikanten Veränderungen gegenüber dem in Figur 25 präsentierten Szenario. Die Zahl der Gewässerräume mit einer Nutzungsempfehlung steigt auf Kosten der Schutzeempfehlungen. Dank der Rangierung kann allerdings davon ausgegangen werden, dass auch in diesem Szenario jene Gewässerräume prioritär eine Nutzungsempfehlung erhalten, die von allen GR der Lütschine am wenigsten Schaden nehmen würden.

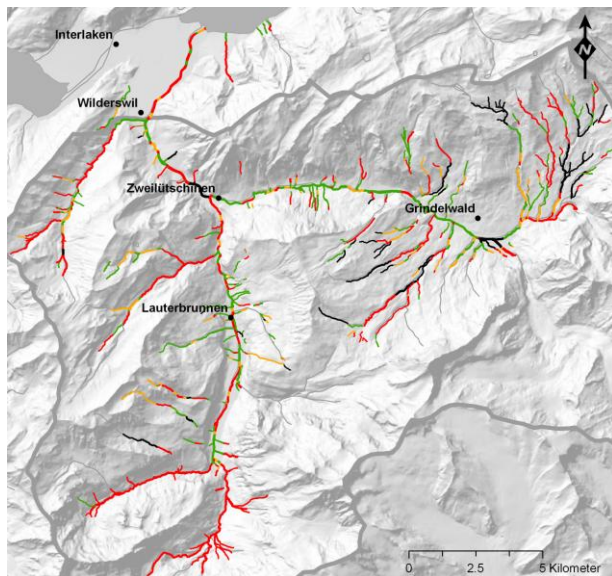
Eine etwas detailliertere Betrachtung der spezifischen Wasserkraftleistungen der einzelnen Gewässerräume führt zur Erkenntnis, dass keine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Leistung [kW/m] und der Nutzungseignung (Rang) besteht. Sowohl gute wie auch schlechte Ränge können nennenswerte spezifische Leistungen aufweisen. Diese ausgewogene Verteilung ist auf die ganzheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung zurückzuführen, was mit Figur 27 belegt wird.



**Figur 27** Spezifische Leistung der Gewässerräume in Abhängigkeit ihrer Nutzungseignung (Rang).

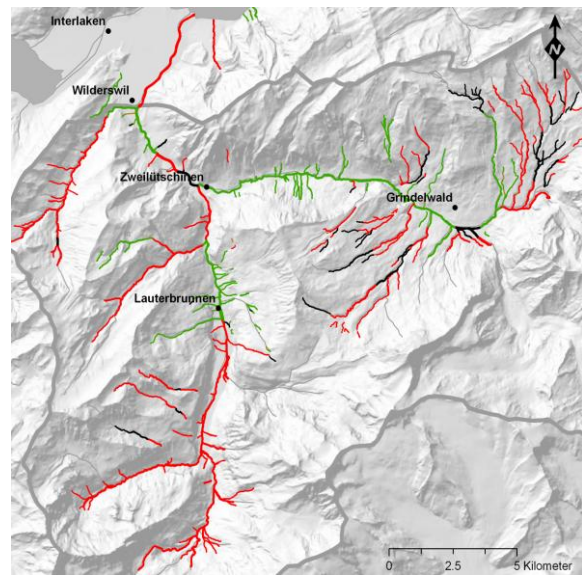
Schliesslich zeigt Figur 28 eine mögliche Aggregation der Gewässerräume für das Untersuchungsgebiet der Lütschine. Sie dient ausschliesslich der Illustration der Möglichkeiten, welche sich durch eine Anwendung der vorliegenden Methode ergeben. Die Aggregation für das Einzugsgebiet der Lütschine wurde analog der Angaben in Kapitel 3.4 ausgearbeitet. Sie basiert auf dem Szenario 85/104 (vgl. Figur 33).

## LÜTSCHINE Szenario 85/104



- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

## LÜTSCHINE Aggregation (Beispiel)



Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

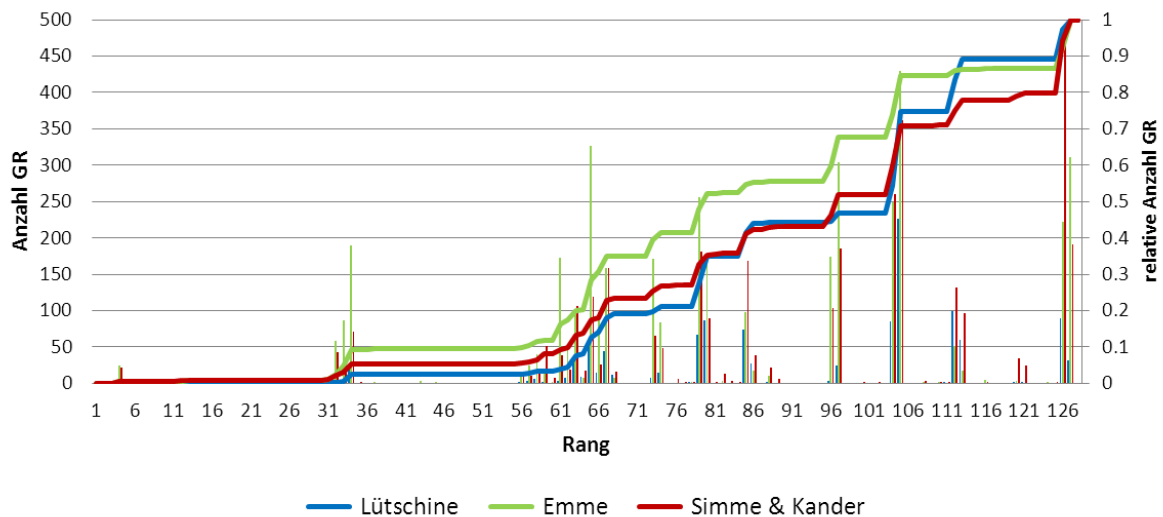
Stand: 2011

**Figur 28** Exemplarische Aggregation der Gewässerräume des Einzugsgebiets der Lutschine basierend auf dem Szenario 85/104 (vgl. Figur 33). Die Aggregation wurde gemäss den Empfehlungen in Kapitel 3.4 durchgeführt.



## 4.2 VERGLEICH DER UNTERSUCHUNGSGBIETE

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungsgebiete einander gegenübergestellt, wobei die Simme und die Kander aus technischen Gründen zusammengefasst wurden (Hirschi 2011). Die präsentierte Übersicht soll vor allem auf die unterschiedlichen Gebietseigenschaften aufmerksam machen, die durch die Anwendung der vorgeschlagenen Methode sichtbar werden.

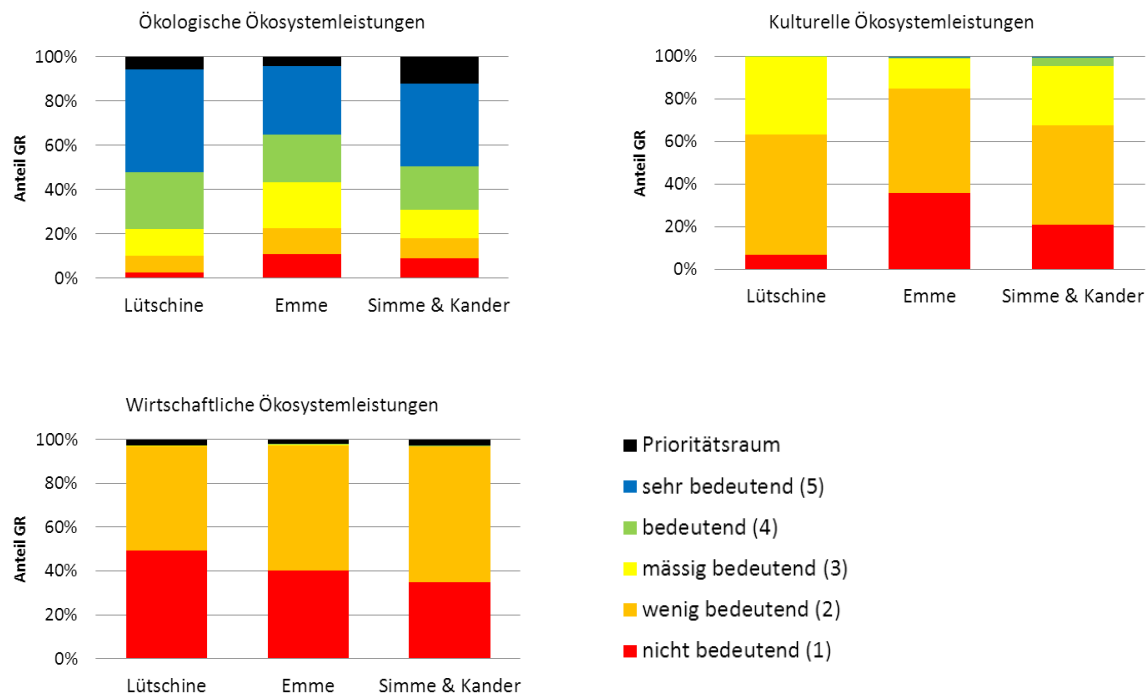


**Figur 29** Rangverteilungen der Untersuchungsgebiete Lüttschine, Emme, Simme und Kander.

Die relative Rangverteilung in den vier Gebieten zeigt auf den ersten Blick kaum Differenzen (Figur 29). Die Gewässerräume weisen aufgrund sehr ähnlicher Kombinationen ABC dieselben Nutzungseignungen bzw. Ränge auf. Dafür verantwortlich sind die insgesamt dominierenden ökologischen Leistungen (Figur 30) sowie die geringe Bedeutung der wirtschaftlichen und kulturellen Leistungen. Die Bezeichnung „Naturraum“ trifft gemäss den vorliegenden Untersuchungen also gut auf die vier Gebiete zu. Diese Interpretation erscheint durchaus realistisch, denn die geographische Lage der Gebiete weist darauf hin, dass es sich in allen vier Fällen um alpine bis montane Quellgebiete handelt. Im Gegensatz zu ihren Unterläufen im schweizerischen Mittelland sind die vier Flusslandschaften dementsprechend ursprünglicher und vielfältiger strukturiert. Des Weiteren sind die ausgewählten Einzugsgebiete im Berner Oberland und Emmental im schweizerischen Vergleich relativ wenig von der Wasserkraftnutzung betroffen, was ebenfalls zu den hohen Rängen führt.

Dennoch sind bei einer detaillierteren Betrachtung der relativen Rangverteilung Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten auszumachen (Figur 29). Auffallend ist beispielsweise der vergleichsweise starke Anstieg der Rangverteilungskurve der Emme zwischen den Rängen 30 und 40. Dies lässt sich damit erklären, dass die Emme als einziges der vier Einzugsgebiete am ehesten die Eigenschaften eines anthropogen beeinflussten Gewässers aufweist (Figur 30). Insbesondere die Strecken zwischen Langnau und Burgdorf zeugen von einer intensiveren anthropogenen Nutzung. Landwirtschafts- aber auch Industrie- und Siedlungsflächen in Flussnähe sind wesentlich häufiger anzutreffen als in den Berggebieten der Lüttschine, Kander oder Simme. In Kombination mit geringen ökologischen Leis-

tungen führt dies in 189 Gewässerräumen der Emme zu einer Bewertung ABC = 222, was Rang 34 entspricht.

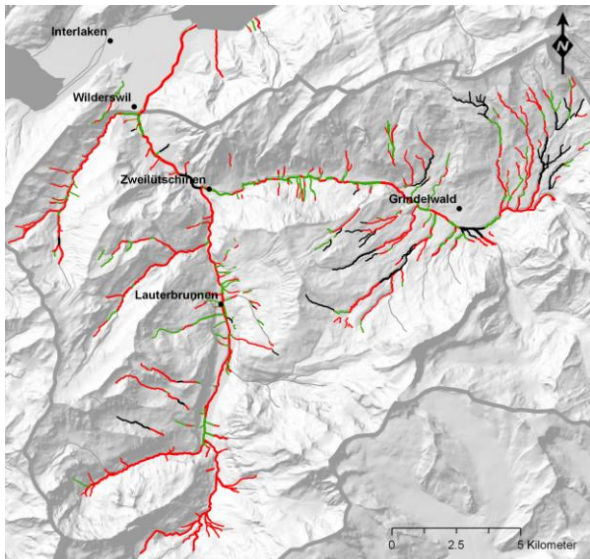


**Figur 30** Relativer Anteil der ökologischen, kulturellen und wirtschaftlichen Leistungen in den EZG Lüttschne, Emme, Simme und Kander. Dargestellt ist der prozentuale Anteil Gewässerräume unabhängig von ihrer Länge.

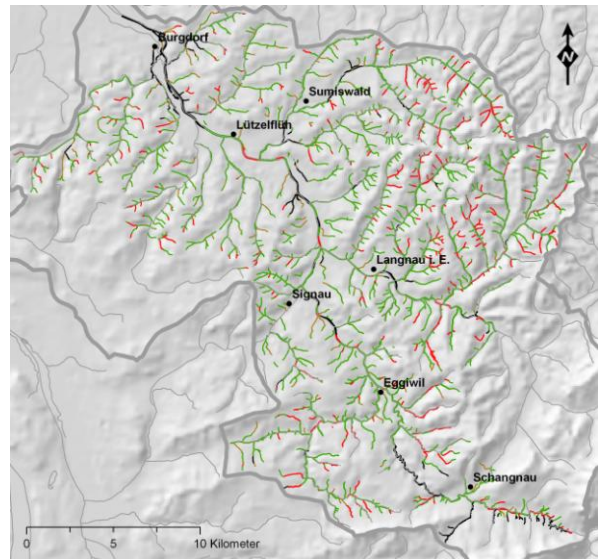
Ebenfalls einen sehr steilen Anstieg der Rangverteilungskurve, jedoch zwischen Rang 100 und 105 ist im Gebiet der Lüttschne zu verzeichnen (Figur 29). Besonders Rang 105 mit der Kombination ABC = 521 ist stark vertreten. Dies ist genauso in den Einzugsgebieten der Kander und der Simme der Fall, allerdings findet dort durch die insgesamt grössere Anzahl an Gewässerräumen ein Ausgleich statt. Das kleinflächige Einzugsgebiet der Lüttschne weist viel deutlicher auf die extreme Bewertung zugunsten der ökologischen Leistungen hin (Figur 30). Die überaus häufige Belegung von Rang 105 ist vor allem auch auf die zahlreichen Seitengerinne zurückzuführen, die weder für eine kulturelle noch eine andere menschliche Nutzung erschlossen sind und über einen ausgesprochen natürlichen Zustand verfügen.

Bemerkenswert ist auch die bei Rang 126 ansteigende Rangverteilungskurve der Simme und der Kander (Figur 29). Dieser Rang kann nur erreicht werden, wenn das untersuchte Gewässer ein gesetzliches Schutzgebiet durchfliesst. Die entsprechenden Gewässerräume werden hier als Prioritätsräume bezeichnet. In der Simme und der Kander handelt es sich gemäss Figur 30 vornehmlich um Naturschutzgebiete. In der Karte in Figur 31 ist zu erkennen, dass sich die Gewässerabschnitte mit Schutzstatus vorwiegend im Einzugsgebiet der Kander befinden.

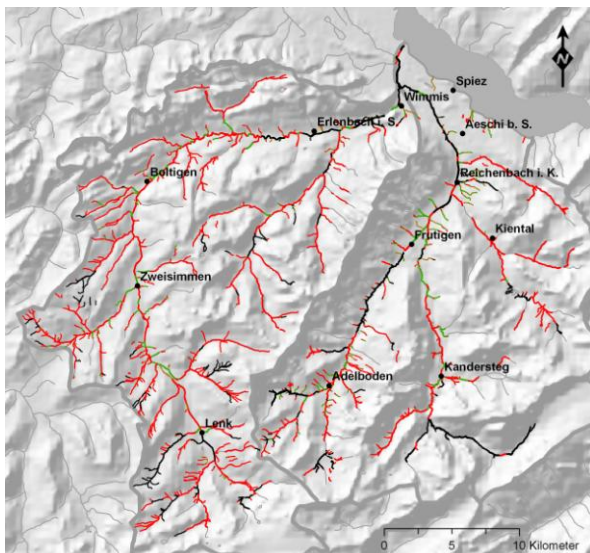
### LÜTSCHINE



### EMME



### SIMME und KANDER

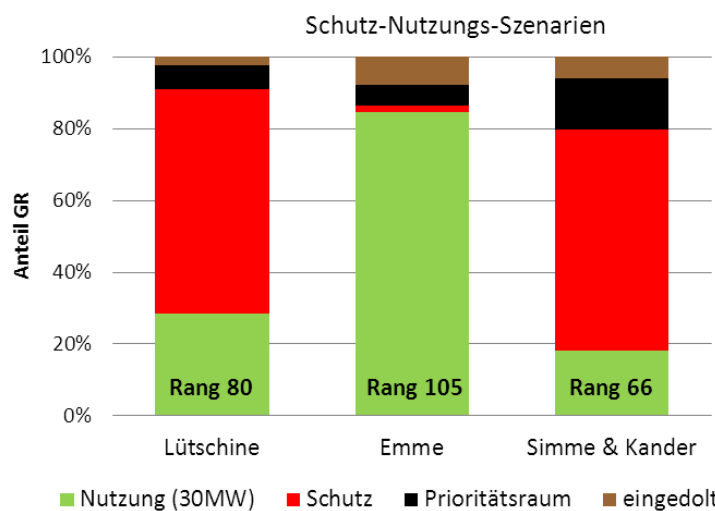


Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011

#### SCENARIO 30MW

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz



**Figur 31** 30 MW-Szenario. Die Nutzungszuweisung erfolgt in allen Gebieten ausschliesslich aufgrund des bei 30 MW festgelegten Ausbauzieles. Die Graphik unten quantifiziert die betroffenen Gewässerräume und zeigt bei welchem Rang die Grenze zwischen Schutz und Nutzung liegen würde. Die Gewässerraumlänge wurde nicht berücksichtigt.

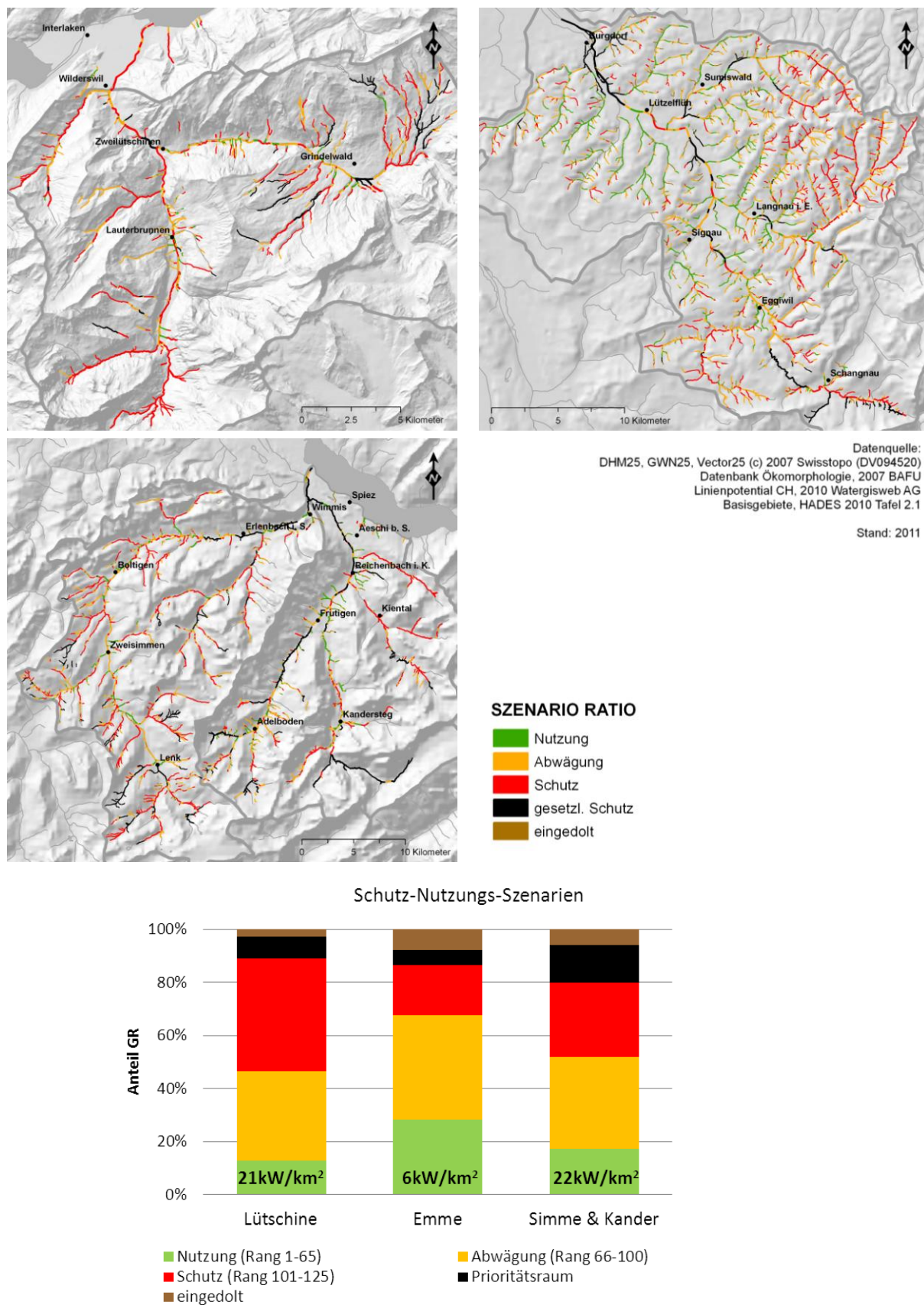
Im Hinblick auf eine Wasserkraftnutzung lassen die eben erläuterten Untersuchungsergebnisse auf eher ungünstige Ausgangsbedingungen schliessen. In ein etwas anderes Licht rücken dieselben Ergebnisse durch die in Figur 31 und Figur 32 abgebildeten Szenarien. Trotz hohem Anteil bedeutender ökologischer Leistungen in allen drei Einzugsgebieten können Gewässerräume identifiziert werden, die sich - falls eine Nutzung stattfinden soll - am ehesten für eine solche eignen würden.

Damit die Szenarien der verschiedenen Testgebiete verglichen werden können, wurde die Grenze zwischen Schutz und Nutzung in allen Gebieten gleich gewählt. Dies ist möglich, wenn für jedes der Gebiete dasselbe Ausbauziel festgelegt wird. Figur 31 zeigt einerseits die räumliche Verteilung von Schutz- und Nutzungsempfehlungen bei einem Ausbauziel von 30 MW Leistung. Andererseits wird mithilfe des Diagramms deutlich, wie viele GR von einer Nutzung betroffen wären. Insgesamt ist deutlich zu erkennen, dass bei gleichem Ausbauziel im Einzugsgebiet der Emme - aufgrund des geringen Wasserkraftpotentials dieser Region - wesentlich mehr Gewässerräume eine Nutzungsempfehlung zugeordnet erhielten. Entsprechend hoch liegt die Grenze zwischen Schutz und Nutzung in Bezug auf den Rang (105). Dies hätte zur Folge, dass sehr viele Räume, die eher als schutzwürdig bewertet wurden, eine Nutzungsempfehlung zugewiesen bekommen. Ein derartiges Ausbauziel ist deshalb für die Emme unrealistisch und nicht zu empfehlen.

Vergleichbare Ergebnisse werden erzeugt, wenn wie in Figur 32 die Grenzen zwischen denselben Rängen gesetzt wird. Im vorliegenden Fall wurden dafür die Ränge 65 und 100 ausgewählt, d.h. alle Ränge bis 65 erhalten eine Nutzungsempfehlung, da sie sich aufgrund ihrer Bewertung am ehesten dafür eignen. Für die Gewässerräume mit einem Rang zwischen 65 und 100 gilt es eine Interessenabwägung durchzuführen. Alle weiteren Ränge werden als schutzwürdig klassiert. Im Gegensatz zum Szenario 30 MW (Figur 31) wird mehr Rücksicht genommen auf die ganzheitliche Beurteilung und damit auf die gewässertypischen Eigenschaften. Aus Figur 32 lässt sich beispielsweise ablesen, dass unter Berücksichtigung der Bewertungsergebnisse das Einzugsgebiet der Emme gegenüber den anderen mehr Gewässerräume aufweist, die sich für eine Nutzung eignen würden. Eine grössere Anzahl Gewässerräume führt aber nicht unmittelbar zu einer höheren Wasserkraftleistung, denn diese ist von der Länge und insbesondere der Topographie der Gewässerräume abhängig. Die Wasserkraftleistung ist ebenfalls der Grafik in Figur 32 zu entnehmen (Angaben in  $\text{kW/km}^2$  in den grünen Balken). Daraus geht hervor, dass bei einer Nutzung aller Gewässerräume der Emme mit einem Rang bis 65 höchstens eine Leistung von  $6 \text{ kW/km}^2$  erzielt werden könnte. Damit kommt auch in diesen Szenarien zum Ausdruck, dass ein Ausbauziel unbedingt auf die Gebietseigenschaften abgestimmt werden sollte.



## 4.2 Vergleich der Untersuchungsgebiete



**Figur 32** Szenario unter Berücksichtigung der Gewässerraumbeurteilungen. Die Grenzen liegen bei Rang 65 (ABC=322) und 100 (ABC = 252). Die Graphik unten zeigt zusätzlich zum Anteil der betroffenen GR die mit diesem Szenario erreichbare Wasserkraftleistung im Gebiet (aufsummierte kW pro km<sup>2</sup>).

## 4.3 VERGLEICH MIT ANDEREN ERGEBNISSEN

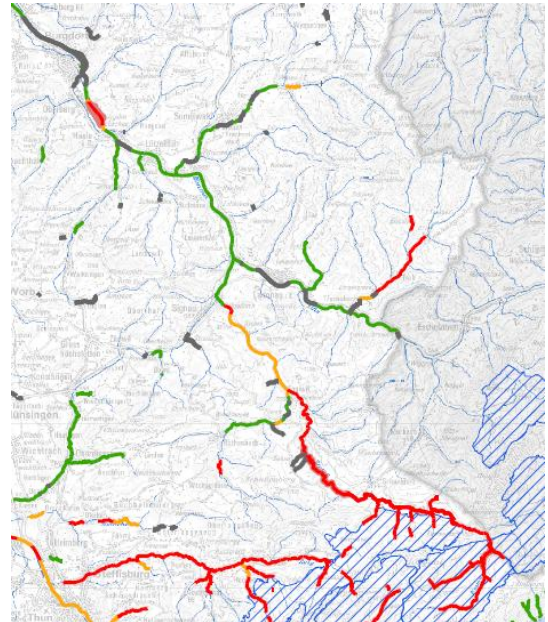
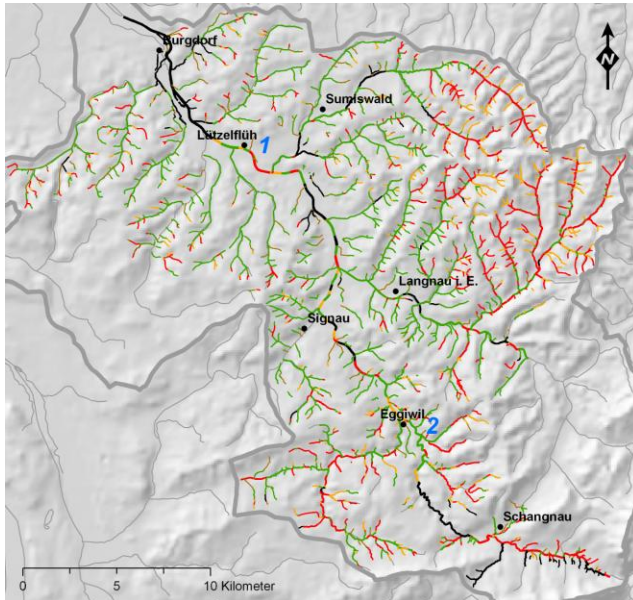
Einerseits lassen sich die Ergebnisse durch einen Vergleich mit den real vorliegenden Gegebenheiten verifizieren. Dazu ist eine Feldbegehung nötig, also eine Beurteilung vor Ort. Der Anwender ordnet jedem Gewässerraum spontan eine Nutzungseignung zu; d.h. aufgrund des ersten Eindrucks entscheidet er, ob eine Nutzung im betrachteten Gewässerraum denkbar wäre. Diese Vorgehensweise ist sehr subjektiv, wird aber dennoch als eine gute Lösung betrachtet, da sie der Bewertungsmethode zu mehr Realitätsnähe verhilft. Denn die generierten Ergebnisse basieren vorwiegend auf bestehenden digitalen Daten und bergen deshalb ein gewisses Risiko, dass Unstimmigkeiten mit den real vorherrschenden Bedingungen entstehen können.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine solche Geländebeurteilung am Hauptgerinne der Emme durchgeführt. Der Vergleich zeigte mehrheitlich gute Übereinstimmungen zwischen dem Feldeindruck und den Beurteilungen durch die vorliegende Methode (Hirschi 2011: 68ff). Eine wesentliche Rolle dabei spielt das gewählte Szenario. Die Übereinstimmungen können sich durch eine Verschiebung der Grenze zwischen Schutz und Nutzung verändern. Die Flexibilität der Methode lässt hier einen gewissen Spielraum. Denkbar ist beispielsweise, genau diese Feldbegehung als Richtwert zu verwenden, um die Grenze anzulegen.

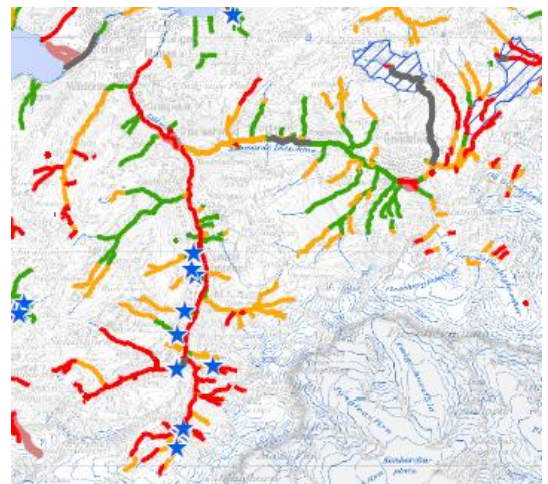
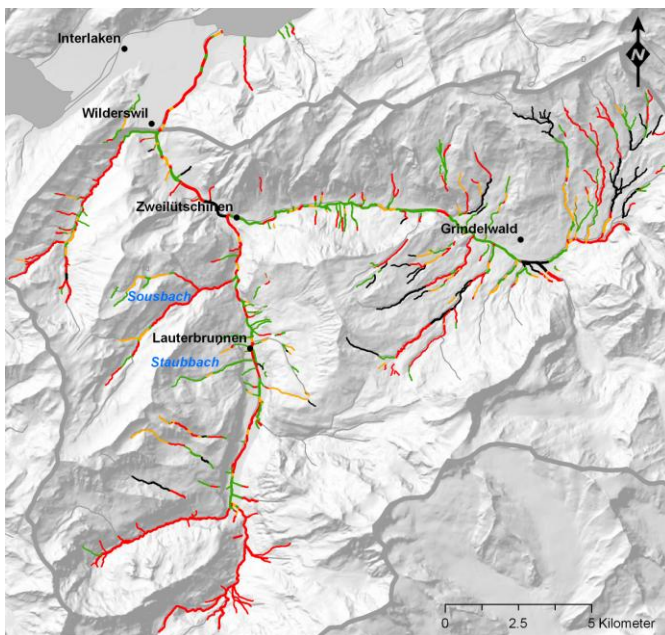
Andererseits bieten verschiedene bestehende Ergebnisse ähnlicher Bewertungsverfahren eine weitere Möglichkeit zur Verifikation. Für die vorliegende Arbeit wurde dazu die Wassernutzungsstrategie des Kantons Bern (AWA 2010b) eingesetzt. Die darin enthaltene Nutzungskarte eignet sich besonders gut für einen Vergleich, da sie flächendeckend für den gesamten Kanton erstellt wurde. Figur 33 zeigt die Gegenüberstellung der untersuchten Gebietsausschnitte der Emme, der Lütschine sowie der Kander und der Simme. Es ist zu beachten, dass zu diesem Zwecke für die einzelnen Gebiete jeweils Szenarien gewählt wurden, welche eine möglichst gute Annäherung an die Wassernutzungskarte des Kantons Bern zeigen. Deshalb weisen sie unterschiedliche Grenzen zwischen Nutzung, Abwägung und Schutz auf, was durch die Angaben 85/102 (Emme), 85/104 (Lütschine) und 86/105 (Simme & Kander) in Figur 33 gekennzeichnet ist. Im Gegensatz dazu geht die Wassernutzungskarte insgesamt von einem fixen Ausbauziel, einer Steigerung der Jahresproduktion im Kanton Bern um jährlich 300 GWh, aus. Für das Szenario der Emme (85/102) und der Lütschine (85/104) wurde die Nutzungsgrenze bei Rang 85, für das Szenario der Simme und Kander (86/105) hingegen bei Rang 86 festgelegt. Diese Grenzen sind sehr hoch angesetzt, weshalb viele Gewässerräume eine Nutzungsempfehlung zugewiesen erhalten, obwohl sie sich aufgrund ihrer ganzheitlichen Beurteilung eher weniger eignen.



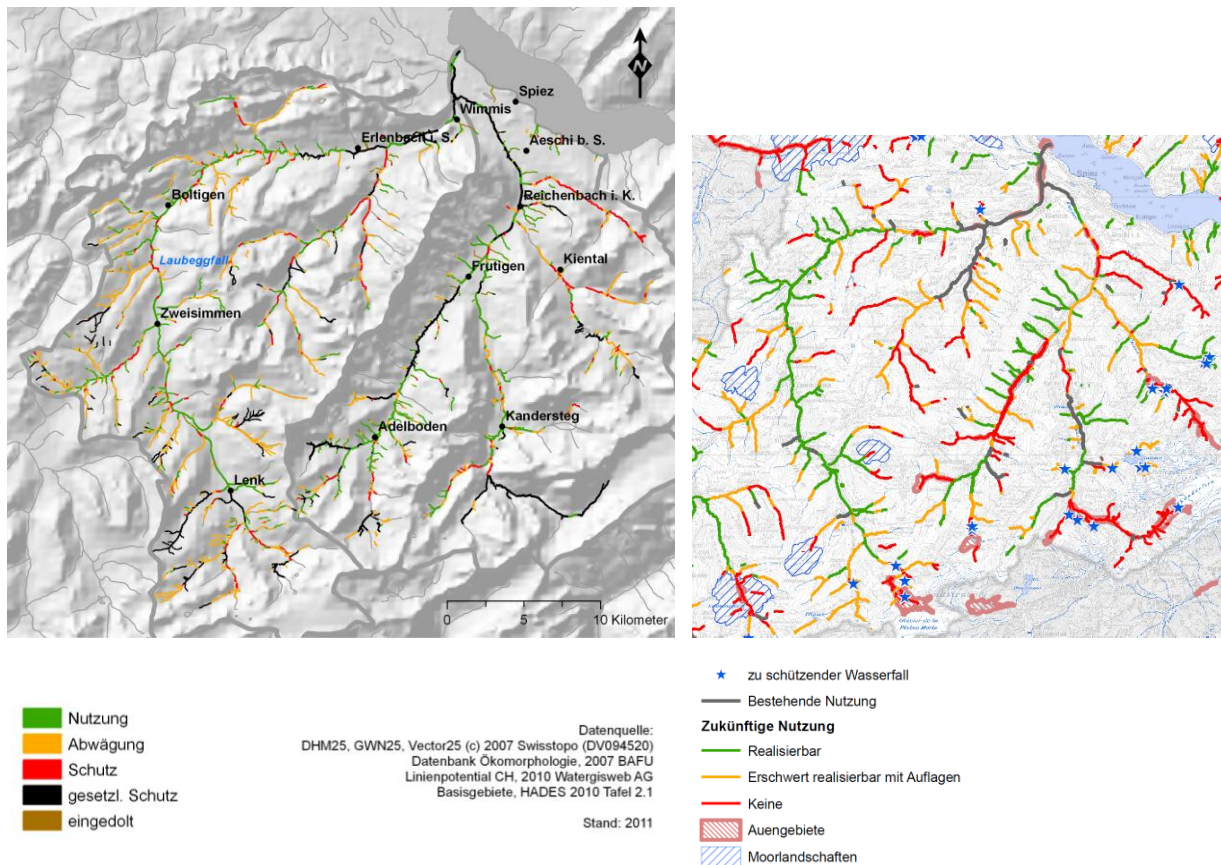
**EMME Szenario 85/102**



**LÜTSCHINE Szenario 85/104**



## SIMME & KANDER Szenario 86/105



**Figur 33** Gegenüberstellung der Wassernutzungskarte des Kantons Bern (AWA 2010a) und der Schutz und Nutzungs-Szenarien für die Emme (oben), die Lütschine (Mitte) sowie die Simme und Kander (unten). Dargestellt sind jeweils unterschiedliche Szenarien für die einzelnen Gebiete (z.B. Emme 85/102 = Nutzungsempfehlungen bis Rang 85, Schutzempfehlungen ab Rang 102), wohingegen die Wassernutzungskarte unverändert bleibt.

In Anbetracht der pragmatischen Vorgehensweise bei der Nutzungs- und Schutzzuweisung in der Wassernutzungsstrategie, zeigt der Vergleich insgesamt eine gute Übereinstimmung. Daraus ist zu schliessen, dass der Kanton Bern bei der Zusammenführung von einzelnen Gewässerabschnitten zu grösseren Einheiten die gewässerspezifischen Eigenschaften ausgewogen berücksichtigt hat.

Dennoch weist Figur 33 auf einzelne Unterschiede hin. Die Emme bei Lützelflüh beispielsweise (Nr. 1 in Figur 33 oben) wurde durch die vorliegende Methode als schutzwürdig klassiert, weil die Gewässerräume bedeutende ökologische aber auch kulturelle Leistungen aufweisen: Das Gewässer ist an dieser Stelle weitgehend natürlich, aber dennoch erreichbar und damit erlebbar sowohl für Badegäste als auch für Angler. Hingegen wäre gemäss Wassernutzungsstrategie in derselben Strecke eine Wasserkraftnutzung realisierbar. Anders bei den Gewässerabschnitten um Eggiwil (Nr. 2 in Figur 33 oben): Das Szenario 85/102 weist auf eine Nutzung hin, während die Wassernutzungskarte eine Nutzung ausschliesst. Trotz vorhandener Bademöglichkeiten und Wassersportstrecken, wird für diese Gewässerräume durch die ganzheitliche Beurteilung eine Nutzungsempfehlung abgegeben. Der Grund ist hauptsächlich in den sehr hoch angesetzten Grenzen zu suchen, wodurch auch Gewässerräume mit bedeutenden kulturellen Ökosystemleistungen eine Nutzungsempfehlung erhalten. Ande-

rerseits ist ebenso eine in diesen Gewässerräumen stark beeinträchtigte Gewässermorphologie für die Ergebnisse verantwortlich.

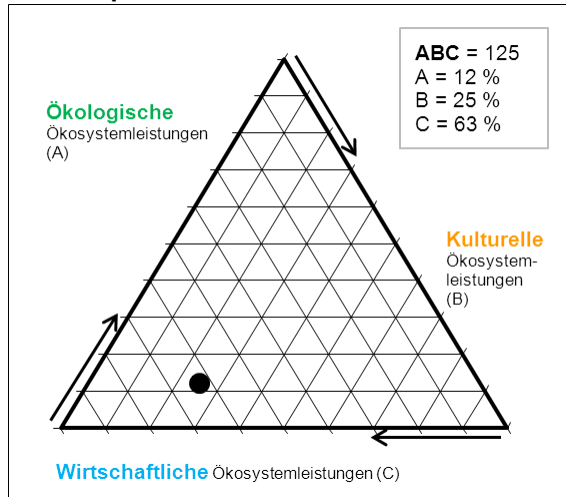
In den Karten der Lütschine sind die Ergebnisse des Soustals und des Staubbachs bei Lauterbrunnen auffallend (Figur 33 Mitte). Die Beurteilungsmethode weist Letzterem eine Nutzungsempfehlung zu, bewertet jedoch das Soustal als schützenswert, obwohl beide Gewässer über gleich bedeutende ökologische und kulturelle Leistungen verfügen. In exakt entgegengesetzter Weise verteilt die Wassernutzungskarte zukünftige Nutzungsprioritäten. Die Bewertungen im Szenario 85/104 lassen sich nicht durch die Gewässerraumbewertungen erklären, denn beide Gewässer verfügen über gleich bedeutende ökologische und kulturelle Leistungen. Die Ursache liegt viel mehr bei den bedeutenden Ökosystemleistungen in den Landschaftsräumen (kantonales Inventar) des Soubaches. Diese führen letztlich zu einem schlechteren Rang und damit im vorliegenden Szenario zu einer Schutzempfehlung. Da die Nutzungsgrenzen sehr hoch gewählt wurden, resultiert für das sehr ähnliche Seitengerinne bei Lauterbrunnen eine Nutzungsempfehlung.

Ein weiterer Unterschied ist im Einzugsgebiet der Simme auszumachen (Figur 33 unten). Während die Gewässerstrecken bei Littisbach in der Szenarien-Karte als schutzwürdig gekennzeichnet werden, erhalten sie in der Wassernutzungskarte dieselbe Nutzungsempfehlung wie alle übrigen Abschnitte des Hauptgerinnes. Die ganzheitliche Beurteilung im Szenario 86/105 beruht in diesem Fall auf der landschaftsästhetischen Besonderheit des Laubeggfalls.

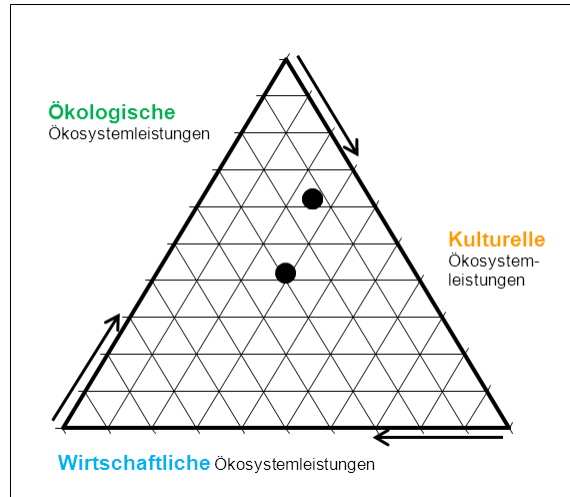
Als letzte Verifikationsmöglichkeit bietet sich ein Vergleich der Ergebnisse mit konkreten Kraftwerksstandorten an. Die BKW stellte dazu ihre Kleinwasserkraftstandorte im Kanton Bern zur Verfügung. Sieben dieser Standorte liegen in den untersuchten Einzugsgebieten und konnten daher überprüft werden. Die Ergebnisse sind in Figur 34 zusammengefasst.



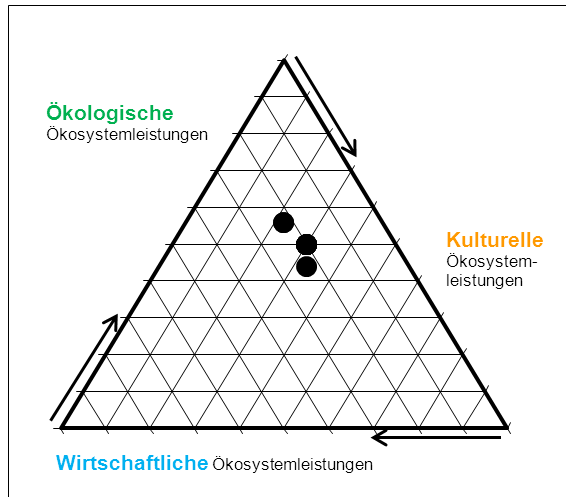
### Lesebeispiel



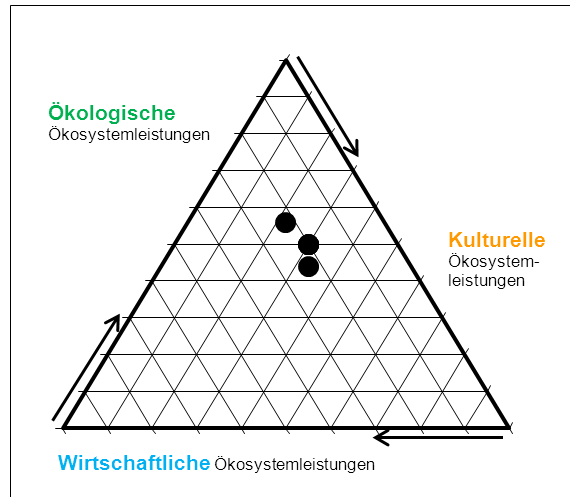
### Sousbach



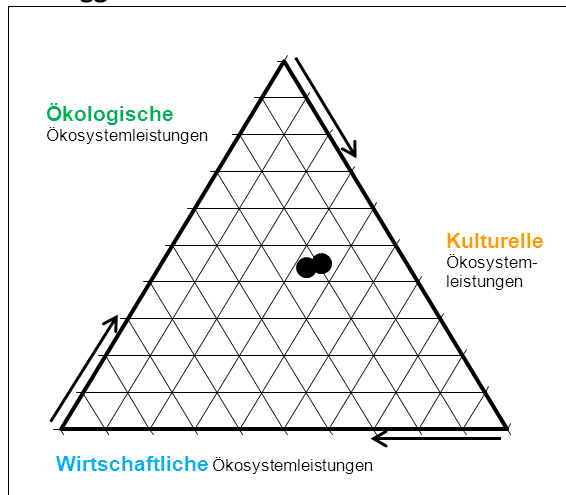
### Sandweidli



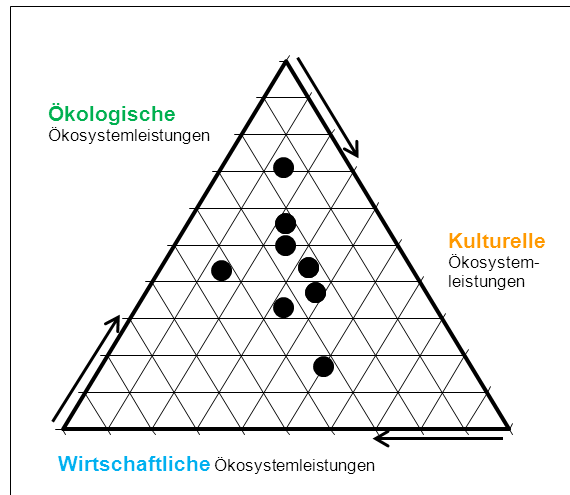
### Wilderswil



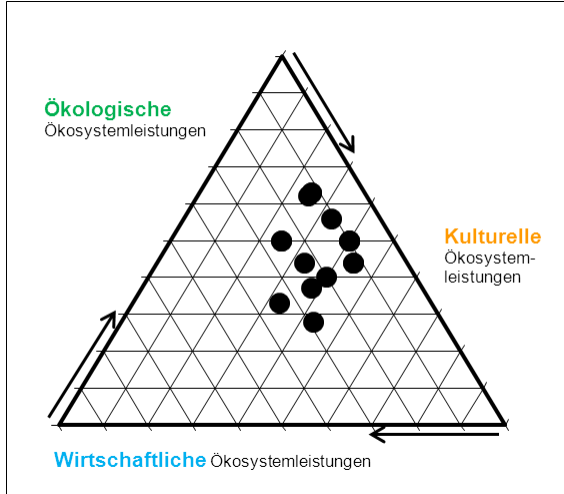
### Laubeggfall



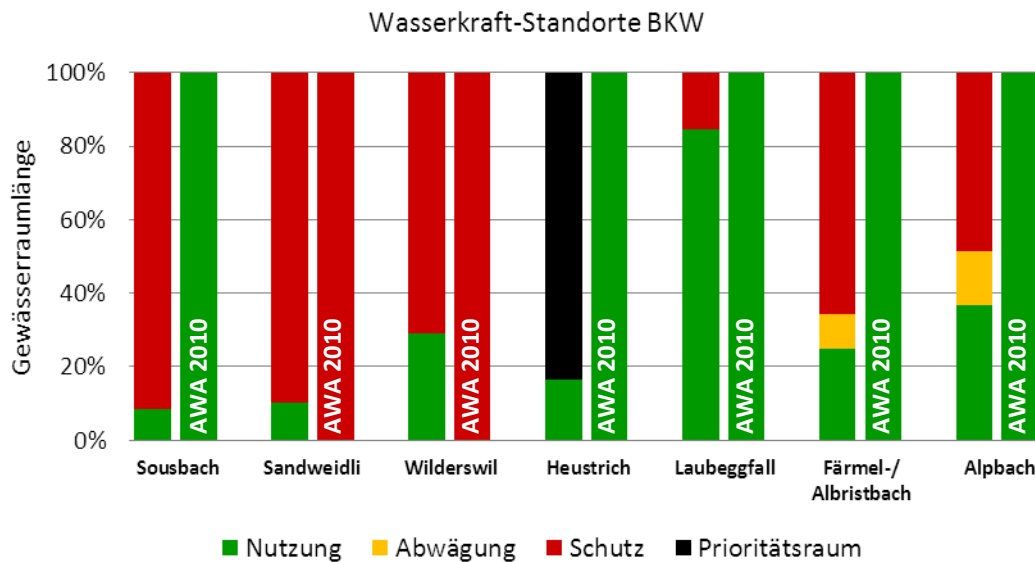
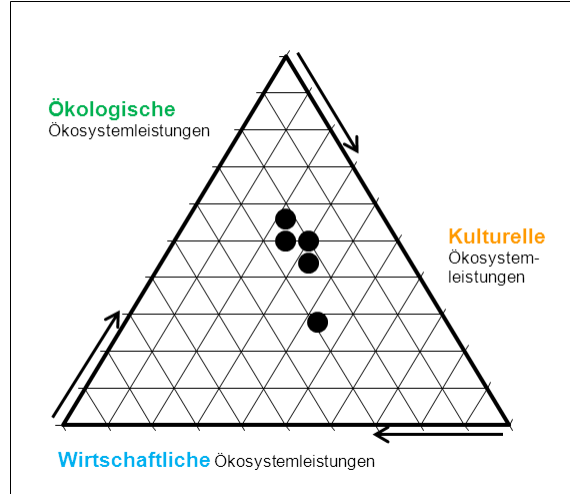
### Heustrich



### Matten (Färmel- und Albristbach)



### Alpbach



**Figur 34** Ökosystemleistungen der 7 Standorte (Tri-Plots). Die Plots zeigen die dreiteiligen Beurteilungen der durch den Wasserkraftwerksstandort betroffenen Gewässerräume (schwarze Punkte), ungeachtet dessen, ob es sich um ein gesetzl. Schutzgebiet handelt oder nicht. Lesebeispiel: Ein GR mit der ABC-Kombination 125, also überdurchschnittlich bedeutenden wirtschaftlichen Ökosystemleistungen (63 %), wird in der linken unteren Ecke des Tri-Plots aufgezeichnet. Graphik unten: Vergleich der längengewichteten Nutzungsempfehlungen gemäss den Szenarien in Figur 33 und der Wassernutzungskarte (AWA 2010).

Aus den Ergebnissen in Figur 34 geht vor allem hervor, dass die Standorte insgesamt kaum mit den Empfehlungen der Szenarien übereinstimmen. Dies liegt einerseits daran, dass die Szenarien ausschliesslich einzelne Gewässerräume abbilden. Anstelle einheitlicher Empfehlungen für längere zusammenhängende Gewässerabschnitte, wie sie die Wassernutzungskarte des Kantons Bern macht, zeigt sich in den Szenarien-Karten ein sehr feines Mosaik. Im Hinblick auf eine Wasserkraftnutzung, die immer längere Gewässerstrecken beansprucht, ist dies wenig hilfreich. Deshalb ist unbedingt eine Aggregation der Gewässerräume anzustreben, wie in Kapitel 3.4 vorgeschlagen wurde.

Andererseits sind die Differenzen auf die sehr spezifischen Anforderungen der Kleinwasserkraft zurückzuführen. Ein idealer Standort verfügt mindestens über ein hohes Wasserkraftpotential, d.h. ein ausreichendes Gefälle kombiniert mit konstanten jährlichen Abflussmengen. Hinzu kommen weitere wirtschaftliche und technische Anforderungen. Diese Bedingungen sind nicht selten genau dort erfüllt, wo das Gewässer noch ursprünglich und fernab von jeglicher Nutzung fliesst. Da die ganzheitliche Beurteilungsmethode alle Faktoren gleichermassen berücksichtigt und eine räumliche Konzentration der Nutzung anstrebt, erstaunt es wenig, wenn exakt diese Standorte als ungeeignet für eine Nutzung bezeichnet werden.

Abschliessend sei festgehalten, dass in jedem Fall eine eingehende Abwägung der Interessen stattfinden sollte. Besonders wichtig dabei ist die Loslösung vom Einzelstandort. Die Betrachtung einer ganzen Region eröffnet mehr Möglichkeiten für ausgeglichene Lösungen. Hierzu liefern die Szenarien geeignete Grundlagen.

Insgesamt heben die in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse sehr anschaulich das grosse Potential der vorliegenden Methode hervor: Sie generiert einerseits gewässerscharfe Beurteilungen, welche die Fliessgewässertypisierung eines Gebiets unterstützt. Andererseits bietet die Methode durch die Bildung von frei wählbaren Nutzungs-Szenarien die Möglichkeit Regionen zu vergleichen. Dadurch könnte sie insbesondere im Bereich des Einzugsgebietsmanagements und der Planung zukünftiger regionaler Wassernutzungsstrategien von grossem Nutzen sein.



## 5 DISKUSSION

Die Analysen zeigen, dass es möglich ist mit der vorliegenden Methode flächendeckende und zuverlässige Grundlagen zu schaffen, die den Entscheidungsprozess zwischen Nutzung und Schutz ausgewogen unterstützen können. Dabei werden die Ergebnisse umso differenzierter, je vielfältiger die zu beurteilende Gewässerlandschaft ausgestaltet ist. Denn dank der ganzheitlichen Vorgehensweise gelingt es sämtliche Ökosystemfunktionen eines Gewässers zu erfassen, ihre Schwerpunkte zu erkennen und entsprechend zu bewerten.

Die Anwendungen in den Untersuchungsgebieten machen aber auch auf Unsicherheiten aufmerksam. Wie etwa die insgesamt sehr ähnliche Rangverteilung aller Gebiete oder die Aggregation der Gewässerräume zu grösseren Einheiten. Diesbezügliche Bedenken werden in den nächsten Abschnitten kurz diskutiert.

Die gewässertypischen Rangverteilungen in Figur 29 sind sich entgegen allen Erwartungen sehr ähnlich. Dies erstaunt deshalb, weil davon ausgegangen wurde, dass es sich zumindest bei der Emme um einen wesentlich anderen Gewässertyp handelt, was sich direkt in der Rangverteilung zeigen sollte. Die grosse Ähnlichkeit der vier Untersuchungsgebiete kann verschiedene Ursachen haben. Zum einen sind die Lücken, welche an gleicher Stelle in den Rangverteilungshistogrammen entstehen, auf Kombinationen zurückzuführen, die realistischerweise kaum existieren (z.B. ABC = 555). Es ist sehr unwahrscheinlich, dass ein Gewässerabschnitt zugleich bedeutende ökologische, kulturelle und wirtschaftliche Ökosystemleistungen erbringt. Zum anderen ist der Grund für die mengenmässig viel stärker vertretenen hohen Ränge in den Bewertungen der einzelnen Funktionstypen zu suchen. Während in allen Gebieten Naturwerte dominieren, wurden kaum bedeutende kulturelle und wirtschaftliche Leistungen nachgewiesen. Sicherlich ist grundsätzlich davon auszugehen, dass es sich bei Fliessgewässern um ursprüngliche Naturelemente handelt und die kulturellen und wirtschaftlichen Funktionen erst im Laufe der Zeit mehr oder weniger dazugekommen sind. Aus dieser historischen Perspektive ist es deshalb wenig erstaunlich, dass die ökologischen Funktionen überwiegen, gerade in peripheren Räumen wie der Emme, Lütschine, Simme und Kander. Eine weitere Erklärung für die dominierenden Naturwerte liefert die Zuordnung der Untersuchungsgebiete zu ihrem entsprechenden Landschaftstyp gemäss Camenzind und Stalder (2011). Die Landschaftstypisierung nach Camenzind und Stalder (2011) basiert auf den Daten der Arealstatistik von 1997/92. Da sie sich nicht an Kantons- und Gemeindegrenzen orientiert, eignet sie sich besonders gut zur Charakterisierung der vier Gebiete. Die Einzugsgebiete Lütschine, Kander und Simme verfügen aus naturräumlicher und nutzungsgeprägter Sicht über ähnliche Landschaftsmerkmale und gehören deshalb denselben Landschaftstypen an. Die steilen Berg- und Hochgebirgslandschaften weisen verhältnismässig wenig anthropogene Nutzung auf, woraus geschlossen werden kann, dass die wirtschaftlichen Ökosystemleistungen in diesen Gebieten mit grösster Wahrscheinlichkeit keine maximalen Werte erreichen. Hingegen bieten die Tallandschaften des Mittellandes, wie sie im unteren Teil des Einzugsgebiets der Emme zu finden sind, mehr Raum für kulturelle und wirtschaftliche Nutzungen. Da dieser Landschaftstyp jedoch im untersuchten Gewässerabschnitt zwischen Kemmeriboden und Burgdorf gegenüber den

stark geformten Hügel- und Berglandschaften einen geringen Anteil ausmacht, sind auch im Untersuchungsperimeter der Emme keine signifikanten wirtschaftlichen Leistungen zu erwarten. Offensichtlich sind jene Landschaftstypen, welche von intensiver anthropogener Nutzung zeugen und folglich zu erhöhten wirtschaftlichen wie höchstwahrscheinlich auch kulturellen Ökosystemleistungen führen würden, in den vier Untersuchungsgebieten nicht oder nur spärlich vertreten. Diese Befunde gelten vermutlich sinngemäss auch für weitere Teile des Alpenraums. Mit der flexiblen Grenze zwischen Nutzung und Schutz besteht aber die Möglichkeit darauf entsprechend methodisch zu reagieren. Dennoch wäre eine Anwendung der Methode in einem Gebiet des Typs acker- bzw. futterbaugeprägte Hügellandschaft, landwirtschaftlich geprägte Ebene oder Stadt- bzw. Siedlungslandschaft interessant (z.B. Aare Thun-Bern-Biel-Olten, Thur, Reuss Luzern-Brugg, Glatt, Suze). Es ist zu erwarten, dass damit eine erhöhte Bedeutung sowohl wirtschaftlicher wie auch kultureller Ökosystemleistungen belegt werden könnte. Entsprechend stärker wäre auch die Streuung der Ränge in Figur 29.

Eine weitere Ursache fehlender tiefer Ränge liegt nicht etwa in der Rangliste selbst, sondern viel mehr in der Gruppierung der Indikatoren sowie den Syntheseschritten der kulturellen (Typ B) und bereitstellenden Ökosystemfunktionen (Typ C). Hier bieten sich noch Möglichkeiten die Methode zu verfeinern.

Bisher ist es beispielsweise aufgrund der gewählten Messskala beschränkt möglich, für einen Gewässerraum ohne Erlebnisobjekt (Wasserfall, Bademöglichkeit (GR\_B03); vgl Anhang 8.1) bedeutende kulturelle Leistungen auszuweisen. Eine erweiterte Liste dieser Objekte oder bestenfalls eine Karte der landschaftsästhetischen Besonderheiten eines Gebiets wären hierfür sehr dienlich. Des Weiteren führt die Synthese der Indikatorbewertungen zur Teilbewertung der Komponente *Freizeit & Sport* (GR\_B04/05) dazu, dass in den meisten Fällen höchstens ein Wert von 3 erreicht werden kann. Eine optimale Feinjustierung der Indikatorbewertungen wäre an dieser Stelle der Methode vielversprechend. Weiteres Verbesserungspotenzial bietet sich bei der Bewertung LR an. Bis anhin werden Ökosystemfunktionen des Typs B vorwiegend in den Landschaftsräumen aufgezeichnet. Hier lohnt sich die Überlegung, ob die Bewertung LR im Falle des Funktionstyps B stärker gewichtet werden sollte. Beispielsweise indem eine Aufwertung der Bewertung GR von mehr als einem Wert (+1) ermöglicht würde. Damit steigt allerdings auch die Gefahr, dass der Fokus vom Gewässer - dem Hauptuntersuchungsgegenstand - abgelenkt würde.

Ähnliches zeigt sich bei der Bewertung der Ökosystemfunktionen des Typs C. Die Teilbewertung der Komponente *Rohstoffnutzung* (GR\_C03/04) konnte bisher höchstens den Wert 3 erreichen, weil eine mehrfache Wasserentnahme in demselben Gewässerraum mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht auftritt. Die Synthese der Indikatorzustände zur Teilbewertung mithilfe des Medians eignet sich in diesem Fall nur bedingt. Dies hat letztlich massgebende Auswirkungen auf die Bewertung GR, denn die Komponente *Rohstoffnutzung* ist gemäss Sensitivitätsanalyse am stärksten vernetzt und daher an einflussreichster Stelle im Entscheidungsbaum eingeordnet. Beide Indikatoren zu einem Einzigen zusammenzufügen oder anstelle der *Rohstoffnutzung* die Komponente *Potentielle Wasserkraft* am stärksten zu gewichten, sind denkbare Ansätze, welche zu einer Verfeinerung der Methodik führen könnten.

Trotz diesen Optimierungsmöglichkeiten ist die Methodik in ihrer vorliegenden Form anwendbar, denn die flexibel verstellbare Grenze zwischen Nutzung und Schutz (Kapitel 4.3) vermag die geringen Bewertungen der kulturellen und wirtschaftlichen Ökosystemleistungen zu relativieren und auszugleichen. Sicherlich würden heterogenere Bewertungen zu einer breiteren Streuung der Ränge beitragen und damit für eine bessere Feinjustierung sorgen.

Als eine weitere Unsicherheit der vorliegenden Methode kann die Distanziertheit zu den real vorherrschenden Bedingungen bezeichnet werden. Einerseits führt die Verwendung von bestehenden digitalen Grundlagendaten zur Objektivierung der Bewertungen und zu einer Reduktion des Arbeitsaufwandes. Dies sind zweifellos bemerkenswerte Stärken der Methode. Andererseits beschränkt sich aber die Integration von Landschaftsimpressionen und tatsächlich vorhandenen Eigenheiten auf einige wenige Indikatoren. Es wird deshalb wiederholt betont, dass zur Verifikation der Ergebnisse eine Feldbegehung durchgeführt werden sollte. Auf diese Weise lassen sich allenfalls widersprüchliche Bewertungen einzelner Gewässerräume korrigieren.

Die in Kapitel 4.3 dargelegten Abweichungen von der Wassernutzungsstrategie und den Projektstandorten der BKW sind insbesondere auf die fehlende Aggregation in den verwendeten Szenarien-Karten zurückzuführen. Eine entsprechende Zusammenfassung der Gewässerräume zu grösseren Einheiten, wie sie Figur 28 beispielhaft für die Lüttschne zeigt, würde mit Sicherheit zu einer besseren Übereinstimmung führen. Daraus geht hervor, dass die Art und Weise wie aggregiert wird, eine wesentliche Rolle spielt. Einige Anhaltspunkte hierzu liefert der in Kapitel 4.3 kurz umrissene Vorgehensvorschlag. Zusätzliche Erleichterung würde das Wissen um zukünftige Raumplanungsabsichten bringen. Wären dem Anwender bspw. die regionalen Schutz- und Nutzungsplanungen bekannt, könnten diese unmittelbar in die Szenarien integriert und die räumliche Verteilung von Schutz und Nutzungsempfehlungen entsprechend angepasst werden. Der dazu notwendige Informationsaustausch liegt vor allem in der Verantwortung der Entscheidungsträger.

Eine gewisse Vorsicht ist auch beim Umgang mit den zahlreichen Schaltstellen der Methode geboten. Jeder Syntheseschritt der Bewertungen (Kapitel 3.2.2), die Rangierung in Kapitel 3.3 und letztlich die Festlegung einer Grenze zwischen Schutz und Nutzung (Kapitel 3.4) sind einerseits als Chance zu werten, bergen aber andererseits auch Risiken.

Weitere Unsicherheiten machen sich bei den Datengrundlagen bemerkbar. Wie in Kapitel 3.1.3 erwähnt, ist beispielsweise die Aktualität der verwendeten Daten ausschlaggebend für die Bewertungsergebnisse, d.h. je älter die Daten, desto weniger entsprechen sie der real vorliegenden Situation. Ausserdem kommt dem Auflösungsgrad eine wesentliche Bedeutung zu. Mit einer hohen Auflösung können präzisere Gewässerraumbeurteilungen gemacht werden. Zudem kann eine unsorgfältige Arbeitsweise während der Datenaufbereitung (Schritt 1, Figur 3) rasch zu Fehlern führen.

Abschliessend sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Methodik in der vorliegenden Form anwendbar ist. Es gelingt ihr - trotz verbleibendem Optimierungspotential - innert nützlicher Frist räumlich hochaufgelöste und sehr differenzierte Gewässerbeurteilungen abzugeben. Im Gegensatz zu den eingangs erwähnten Bewertungsmethoden (Kapitel 1.2), ist diese Praxistauglichkeit und Präzision ein

wesentlicher Fortschritt. Zudem berücksichtigt sie ausgewogen ökologische, soziokulturelle wie auch wirtschaftliche Interessen, wodurch sie sich ebenfalls von den bisherigen Instrumenten abhebt (Tabelle 1). Des Weiteren gewinnt sie als Hilfsmittel an Wert, indem sie die rechtmässige Einhaltung aller geltenden und für die Fragestellung relevanten Schutzgebietsregelungen gewährleistet. Die Methode und die daraus resultierenden Empfehlungen tragen aus all diesen Gründen auf wissenschaftliche Weise zur Versachlichung der konflikträchtigen Diskussion um den Ausbau der Kleinwasserkraft bei.

## 6 SCHLUSSFOLGERUNG

### 6.1 FAZIT

Insgesamt wird die Methodik als Erfolg gewertet, weil sie einerseits vergleichbare Ergebnisse bspw. zur Wassernutzungskarte des Kantons Bern (AWA 2010b) oder zur Nutzungskarte in Wehse (Wehse 2009a) erzeugt und andererseits Antworten auf die gestellten Forschungsfragen liefert:

- Sie macht eine ganzheitliche Beurteilung des Ökosystems Gewässer möglich, d.h. alle gewässerrelevanten Ökosystemfunktionen werden erfasst und beurteilt.
- Sie prüft die Eignung einzelner Gewässerabschnitte für eine Kleinwasserkraftnutzung und identifiziert insbesondere die geeignetsten.
- Ergebnisse verschiedener regionaler Entwicklungsszenarien lassen sich kartographisch darstellen und damit aus räumlicher Sicht vergleichend beurteilen.

Zudem erfüllt sie die von Bewertungsmethoden geforderten Gütekriterien (Kapitel 3.1.1): Sie liefert auf objektive (Objektivität) und zuverlässige (Reliabilität) Art und Weise repräsentative und gültige (Validität) Ergebnisse, die zur Versachlichung der aktuellen Diskussion um den Einsatz der Kleinwasserkraft verwendet werden können (Verwendbarkeit). Damit richtet sie sich vor allem an die kantonalen Behörden, die als Entscheidungsträger eine führende Rolle in den einzelnen Bewilligungsverfahren übernehmen.

Im Wesentlichen lassen sich die Stärken und Grenzen der Methode wie folgt zusammenfassen (Tabelle 16):

**Tabelle 16** Stärken und Grenzen der Methode.

Stärken	Grenzen
Integrale Beurteilung	Bedarf an Inputdaten ist gross
Regional anwendbar (flächendeckend)	Ausweisung von geeigneten Gewässerabschnitten; d.h. Einzelstandorte müssten nachträglich noch auf ihre finale Eignung geprüft werden (UVP)
Entscheidungshilfe („Wegweiser“)	
Flexibilität (Entwicklungs-Szenarien)	
Geringer zeitlicher Aufwand, dank GIS-gestützter Anwendung (ca. 14 d/Einzugsgebiet, je nach Datenlage)	
Anwendung nicht an Schweiz gebunden	
Beurteilung kann ebenso für andere Zwecke verwendet werden (nicht zwingend für Kleinwasserkraftwerke)	
Wiederholte Anwendung mit gleichen Input-Parametern liefert dieselben Resultate (Reproduzierbarkeit)	
Transparent eingebaute Schlüsselstellen, die Anknüpfungspunkt für beliebige Veränderungen bieten (z.B. Entscheidungsbäume)	

## 6.2 EMPFEHLUNGEN

Abschliessend sei erwähnt, dass das Bewertungsverfahren in den Untersuchungsgebieten Emme, Lüttschne, Kander und Simme getestet wurde und für diese Gebiete zufriedenstellende Ergebnisse erzielte. Damit sind die Möglichkeiten sicherlich noch nicht ausgeschöpft. Gerade in der Schweiz bieten sich für eine sinnvolle Anwendung weitere Gebiete an. Als besonders interessant werden Gebiete des Alpenhauptkammes, der südlichen Alpentäler sowie des Mittellandes erachtet. Damit sollte auch eine Eichung der Bewertung der kulturellen und bereitstellenden Ökosystemfunktionen möglich sein.

Ausserdem wird davon ausgegangen, dass die Übertragbarkeit der Methode über die Landesgrenzen hinaus reicht. Unter diesem Gesichtspunkt ist eine Anwendung in einem völlig anderen Einzugsgebiet durchaus in Erwägung zu ziehen. Einzige Einschränkungen hierbei könnten sich durch mangelnde Grundlagendaten ergeben. Diese Schwierigkeit liesse sich aber höchstwahrscheinlich durch den Einsatz gleichwertiger, aber verfügbarer Daten umgehen.

Schliesslich sei nochmals betont, dass es sich bei den Szenarien um Empfehlungen handelt. Die definitiven Entscheide werden der Politik überlassen. In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, dass die Szenarien-Karten als solche unfertig sind. Es braucht eine zusätzliche Aggregation einzelner Gewässerräume, damit Strecken entstehen, welche technisch und raumplanerisch sinnvoll nutzbar sind (vgl. Figur 28). Die Bildung solch grösserer Einheiten sollte denn auch in der Diskussion und in Absprache mit allen Interessenvertretern geschehen. Ebenso wichtig bei der Planung von Wassernutzungsstrategien ist die regionale bis überregionale Perspektive. Denn es wird immer Gebiete geben, welche sich aufgrund ihrer Charakteristiken insgesamt besser für eine Nutzung eignen als andere. Und genau diese Gebiete sollten prioritär behandelt werden.

## 7 LITERATUR

- Amt der Tiroler Landesregierung (2011): Wasserkraft in Tirol. Kriterienkatalog. Kriterien für die weitere Nutzung der Wasserkraft in Tirol. Herausgegeben von Amt der Tiroler Landesregierung. (Version 3.0). Online verfügbar unter [http://www.tirol.gv.at/uploads/media/Kriterienkatalog\\_Version-07-04-2011\\_3.0.pdf](http://www.tirol.gv.at/uploads/media/Kriterienkatalog_Version-07-04-2011_3.0.pdf), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Arbeitsgruppe Wasserkraft (2011): Strategie Wasserkraft Kanton Wallis. Ziel, Stossrichtungen und Massnahmen. Schlussbericht der Arbeitsgruppe Wasserkraft zuhanden des Staatsrats des Kantons Wallis. Departement für Volkswirtschaft, Energie und Raumentwicklung des Kantons Wallis. Sion.
- ARE (2007): Gefahrenkarte. Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Online verfügbar unter <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00244/00432/00433/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 06.03.2012.
- ARE (2008): Nachhaltigkeitsbeurteilung. Leitfaden für Bundesstellen und weitere Interessierte. Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Bern.
- ARE (2011): Raumkonzept Schweiz. Entwurf für die tripartite Konsultation. Bundesamt für Raumentwicklung ARE; Schweizerische Eidgenossenschaft; Konferenz der Kantonsregierungen; Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz; Schweizerischer Städteverband; Schweizerischer Gemeindeverband. (Entwurf). Online verfügbar unter <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00228/00274/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 12.02.2012.
- AUE (2007): Nachhaltige Entwicklung im Kanton Bern. Ergebnisbericht 2.Phase an den Regierungsrat betreffend. Amt für Umweltkoordination und Energie AUE und Amt für Gemeinden und Raumordnung AGR.
- AUE (2010): Beurteilung von Projekten für Kleinwasserkraftwerke (< 10 MW) aus Sicht der Nachhaltigen Entwicklung. Instrument zur Nachhaltigkeitsbeurteilung auf der Stufe Vorprojekt. Testversion Januar 2010. Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern BVE; Amt für Umweltkoordination und Energie AUE. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/ueber-die-direktion/dossiers/nachhaltige\\_entwicklungne/nachhaltigkeitsbeurteilung.html](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/ueber-die-direktion/dossiers/nachhaltige_entwicklungne/nachhaltigkeitsbeurteilung.html), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- AWA (2010a): Wassernutzungsstrategie 2010 des Kantons Bern. Karte Nutzungskategorien. Bern.
- AWA (2010b): Wassernutzungsstrategie 2010 des Kantons Bern. Amt für Wasser und Abfall AWA. Bern. Online verfügbar unter <http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/ueber-die-direktion/dossiers/wasserstrategie.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- AWA/GBL (2011): OEKOMORF Ökomorphologie der Fliessgewässer Produktebeschreibung Stufe: J:\. AWA/GBL Kanton Bern. Bern.
- BABS (2010): Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung. Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS. Departement VBS. Bern.
- BAFU (1997): UVP von Wasserkraftanlagen. Massnahmen zum Schutz der Umwelt. Vollzug Umwelt. Herausgegeben von BAFU. Bern. (Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), 8).
- BAFU (1998): Modul-Stufen-Konzept. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Vollzug Umwelt. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW). BAFU. Bern. (Mitteilungen zum Gewässerschutz, 26).
- BAFU (2009a): Lärmbelastung in der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings SonBase. Unter Mitarbeit von K. Ingold und M. Köpfl. Abteilung Lärmbekämpfung BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0907).
- BAFU (2009b): Strukturierung und Adressierung des Gewässernetzes 1:25'000 nach Modell gwn25-07. Stand 2005/06. Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wasser. Bern. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02118/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 07.06.2009.
- BAFU (2009c): SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Bundesamt für Umwelt. Bern. (Umwelt-Wissen, 0908).
- BAFU (2009d): Datenbank Ökomorphologie Stufe F. Kurzdokumentation. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern.
- BAFU (2011): GEWISS - Gewässerinformationssystem Schweiz. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/02114/02116/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 16.02.2011, zuletzt geprüft am 07.02.2012.

- BAFU: UNO-Klimakonferenz: kaum Fortschritte nach der ersten Verhandlungswoche. Pressemitteilung vom 02.12.2011. Bern.
- BAFU; BFE; ARE (Hg.) (2011): Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke. Bern. Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/ud-1037-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/ud-1037-d), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- BAFU; swisstopo; GIUB (Hg.) (2007): Wasserentnahmen und -rückgaben. Bern (Hydrologischer Atlas der Schweiz, Tafel 5.10).
- BAK (2011): UNESCO Welterbe. Welterbestätten. Bundesamt für Kultur BAK. Online verfügbar unter <http://www.bak.admin.ch/themen/01804/01806/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 27.06.2011, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- Balmer, M. (2011): Typology of Hydropower Schemes in Switzerland. Zürich.
- Batrach, Ch; Truffer, B. (2001): Ökostrom-Zertifizierung. Konzepte, Verfahren, Kriterien. Greenhydro - Umweltgerechte Wasserkraftnutzung nach EAWAG-Verfahren. (Ökostrom Publikation, Band 6). Online verfügbar unter ISBN 3-905484-05-6.
- Baumann, P.; Langhans S. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Synthese der Beurteilungen auf Stufe F (flächendeckend). Bern. (Umwelt-Vollzug, Entwurf). Online verfügbar unter <http://www.modul-stufen-konzept.ch/d/synthese.htm>, zuletzt geprüft am 11.12.2011.
- Baumgartner, I. (2010): Methode zur ganzheitlichen Beurteilung von Gewässerräumen. Entwickelt und getestet am Beispiel des Einzugsgebiets der Lütschine im Berner Oberland. Masterarbeit, Gewässerkunde Nr. 461. Leiter: Prof. Dr. R. Weingartner. Betreut von C. Hemund. Universität Bern, Geographisches Institut.
- Bernotat, D.; Jebram, J.; Gruehn, D.; Kaiser, T.; Krönert, R.; Plachter, H. et al. (2003): Bewertung. Gelbdruck (Entwurf). In: Plachter, H.; Bernotat, D.; Müssner, R.; Riecken, U. (Hg.): Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Ergebnisse einer Pilotstudie. 2. Aufl. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 70), S. 357–407.
- Berthoud, G.; Righetti, A.; Lebeau, R. (2004): Nationales ökologisches Netzwerk REN. Schlussbericht. Eine Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraum. BAFU (BUWAL). Bern. (Schriftenreihe Umwelt - Natur und Landschaft, 373).
- BFE (2008): Richtlinie kostendeckende Einspeisevergütung (KEV). Art. 7a EnG. Kleinwasserkraft Anhang 1.1 EnV. Schweizerische Eidgenossenschaft, Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Energie BFE.
- BFE (10.06.2011): Energieperspektiven 2050. Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung unter neuen Rahmenbedingungen. Bundesamt für Energie BFE. Bern. (Faktenblatt).
- BFE (2011a): Energieszenarien für die Schweiz bis 2050 Zwischenbericht I-II. Erste Ergebnisse der angepassten Szenarien I und IV aus den Energieperspektiven 2007. Zwischenbericht II: Elektrizitätsangebot. Herausgegeben von BFE. prognos AG. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier\\_id=05024](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- BFE (Hg.) (2011b): Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates. Aktualisierung der Energieperspektiven 2035 (energiewirtschaftliche Modelle). Zusammenfassung. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier\\_id=05024](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- BFE (2011c): Stand der Wasserkraftnutzung in der Schweiz am 1. Januar 2011. Bern.
- Bolliger, R.; Zysset, A.; Winiker, M. (2009): Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz. Erfahrungen, Beurteilungskriterien und Erfolgsfaktoren. Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt. Bern. (Umwelt-Wissen, 0931). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/uw-0931-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uw-0931-d).
- Bundesversammlung der Schweizerische Eidgenossenschaft (1916): Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkraft (Wasserrechtsgesetz). WRG, SR 721.80, vom 01. Jan 2011.
- Bundesversammlung der Schweizerische Eidgenossenschaft (1966): Bundesgesetz über Natur- und Heimatschutz. NHG, SR 451, vom 01.01.2008.
- Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (1991): Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz). GSchG, SR 814.20, vom 01. Jan 2011.
- BWG (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern. Wegleitung des BWG. Unter Mitarbeit von BAFU, ARE und BLW. Bundesamt für Wasser und Geologie BWG. Biel.



- Camenzind, R.; Stalder, A. (2011): Landschaftstypologie Schweiz. Teil 1. Ziele, Methode und Anwendung. Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bundesamt für Umwelt BAFU und Bundesamt für Statistik BFS. Bern. Online verfügbar unter <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00244/04456/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 30.06.2011.
- Cleff, T. (2012): Deskriptive Statistik und moderne Datenanalyse. Eine computergestützte Einführung mit Excel, PASW (SPSS) und STATA. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler.
- Constanza, R. (2008): Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. In: *Biological Conservation*, Jg. 141, H. 2, S. 350–352.
- Constanza, R.; d'Age, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskin, R.; Sutton, P.; van den Belt, M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. In: *Nature*, H. 387, S. 253–260.
- Cordillot, F.; Klaus, G. (2011): Gefährdete Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt BAFU. (Umwelt-Zustand, 1120).
- de Groot, R.; Wilson, M. A.; Boumas, R. M. J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. In: *Ecological Economics*, Jg. 41, H. 3, S. 393–408.
- Dürrenmatt, R. (2007): Kander.2050 - "läbigs Kanderwasser". Gewässerentwicklungskonzept - GEKa Modul Umwelt. Fachbericht Teilprojekt Ökologie - OeKa. Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern und Tiefbauamt des Kantons Bern. Thun. (Projekt Nr. 2-06-004; Version 3.01).
- EC (2007): Renewable Energy Road Map. Renewable energies in the 21st century: Building a more sustainable future. Impact Assessment. European Commission. Brussels. (SEC(2006) 1719).
- ESHA (2005): Umweltverträglichkeit von Kleinwasserkraftwerken. Unter Mitarbeit von Kleinwasserkraft Österreich Studio Frosio. ESHA. Online verfügbar unter [http://www.esha.be/fileadmin/esha\\_files/documents/publications/publications/Brochure\\_DE.pdf](http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/publications/Brochure_DE.pdf), zuletzt geprüft am 25.03.2009.
- Estoppey, R.; Juillerat, R. (2009): Wasserkraft: Viel mehr liegt nicht drin. In: *Umwelt; BAFU*, H. 02, S. 20–23.
- Estoppey, R.; Kiefer, B.; Kummer, M.; Lagger, S.; Aschwanden, H. (2000): Angemessene Restwassermengen - Wie können sie bestimmt werden? Wegleitung. BAFU (BUWAL). Bern. (BUWAL Vollzug Umwelt, VU-2701-D). Online verfügbar unter <http://www.admin.ch/buwal/publikat/d/>.
- EU (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Herausgegeben von Europäisches Parlament & Rat der europäischen Union. (Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften L327, L 327/1-72), zuletzt aktualisiert am 19.12.2000, zuletzt geprüft am 17.2.2009.
- Fischer, M. (2011): Biodiversität benötigt Fläche. Naturschutzbiologische Grundlagen. In: *Forum Biodiversität Schweiz* (Hg.): Das Schweizer Schutzgebietsnetz. Biodiversität: Forschung und Praxis im Dialog. Bern (Hotspot, 24), S. 17–19.
- Game, E. T.; Grantham, H. S. (2008): Marxan User manual: For Marxan version 1.8.10. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia; Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Gilgen, K.; Sartoris, A.; Leuzinger, Y.; Contesse, E. (2009): Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen. Die Anwendung von Raumplanungsinstrumenten und Kriterien zur Standortwahl. BFE, ARE und BAFU. Bern.
- Gloy, K. (1996): Das Verständnis der Natur. Die Geschichte des ganzheitlichen Denkens. München: Beck (Band 2).
- Göggel, W. (2012): Revitalisierung von Fließgewässern. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. BAFU. (Umwelt-Vollzug, 1208).
- Hänggi, P.; Balmer, M.; Weingartner, R. (2011): Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz - Hochrechnung. In: *Wasser-Energie-Luft*, Jg. 103, H. 4, S. 300–307.
- Hauser, A. (2011): Gewässer als Standortfaktoren. In: *umwelt*, H. 3, S. 14.
- Hauser, F.; Wastl-Walter, D.; Weingartner, R. (2011): Integration urbaner Gewässer - Entwicklung, Bilanz und neue Herausforderungen. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Jg. 55, H. 4, S. 199–214.
- Hirschi, J. (2011): Ganzheitliche Beurteilung von Gewässer- und Landschaftsräumen. Eine GIS-basierte Methodik zur Identifizierung von Gewässerräumen für eine potentielle Kleinwasserkraftnutzung in der Schweiz. Masterarbeit, Leiter: Prof. Dr. R. Weingartner. Betreut von C. Hemund. Universität Bern, Geographisches Institut.

- IEA (2010): World Energy Outlook 2010. Zusammenfassung. Herausgegeben von International Energy Agency IEA. Online verfügbar unter [www.iea.ch](http://www.iea.ch), zuletzt geprüft am 03.01.2012.
- IEA (2011): World Energy Outlook. Executive Summary. Herausgegeben von International Energy Agency IEA. Online verfügbar unter [www.iea.org](http://www.iea.org).
- Känel, A. v. (2009): Auswahl von einzigartigen und wertvollen bernischen Fließgewässerobjekten. Fachbericht 2009. AWA Kt Bern Gewässer- und Bodenschutzlabor. Bern.
- Kanton Uri (2011): Kantonaler Richtplan. Herausgegeben von Justizdirektion Amt für Raumentwicklung.
- König, F. (2011): Methode zur hydromorphologischen und soziokulturellen Bewertung urbaner Fließgewässer. Karlsruhe (Dissertation).
- Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (2009): Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0911).
- Kraftwerksvertreter & Umweltverbände (2009): Ökofilter für die Wasserkraft. Ein Methoden-Handbuch zur ökologischen Beurteilung von möglichen Standorten für zukünftige Wasserkraftanlagen. Schlussbericht für Externe. Unter Mitarbeit von NOK, WWF und Pro Natura.
- Küchler, M.; Ecker, K.; Paccaud, G.; Roulier, Ch; Borgula, A.; Volkart, G. (2011): Schutzgebiete in der Schweiz. Quantität - Qualität - Überlappungen - Defizite. In: Forum Biodiversität Schweiz (Hg.): Das Schweizer Schutzgebietsnetz. Biodiversität: Forschung und Praxis im Dialog. Bern (Hotspot, 24), S. 6–16.
- Leathwick, J.; Julian, K. (2009a): Identification of high value rivers and streams in the Waikato Region: Final Report. National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd. Environment Waikato. Hamilton. (NIWA Project, EVW08213). Online verfügbar unter [www.niwa.co.nz](http://www.niwa.co.nz).
- Leathwick, J.; Julian, K. (2009b): Setting priorities for protecting rivers and streams. Freshwater Biodiversity. In: Water & Atmosphere, Jg. Vol. 17, H. No. 1.
- Leuthold, B.; Lussi, S.; Klötzli, F. (1997): Ufervegetation und Uferbereich nach NHG. Begriffserklärung. Herausgegeben von BUWAL. (Vollzug-Umwelt).
- Lovelock, James (1995): Gaia. A new look at life on earth. Reissued, with a new preface and corrections. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Lüscher, F. (2010): Wald - schützen durch Nutzung. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, H. 08, S. 306–310.
- Mazzetto, F.; Papetti, L.; Pelikan, B. (2000): Small Hydroelectric Plants. Guide to the Environmental Approach and Impact Assessment. European Commission. (Energie).
- McDonnell, M. D.; Possingham, H. P.; Ball, I. R.; Cousins, E. A. (2002): Mathematical methods for spatially cohesive reserve design. In: Environmental Modeling and Assessment, H. 7, S. 107–114.
- MEA (2005): Ecosystems and Human Well-being. Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington DC.
- Meier, A.; Wachter, D. (2005): Kernindikatoren für die nachhaltige Entwicklung in Städten und Kantonen. Bericht des Circle Indicateurs. Unter Mitarbeit von Städte, Kantone und Bundesämter. Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). Bern, zuletzt geprüft am 22.7.2009.
- Messerli, P. (2000): Use of Sensitivity Analysis to Evaluate Key Factors for Improving Slash-and-Burn Cultivation Systems on the Eastern Escarpment of Madagascar. In: Mountain Research and Development, Jg. Vol 20, H. No 1, S. 32–41.
- Metz, B.; Davidson, O. R.; Bosch, P. R.; Dave, R.; Meyer, L. A. (2007): Climate change 2007 - Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Cambridge, Mass.: Cambridge Univ. Pr.
- Meyer, Christopher (2008): Welche Wasserkraft will die Schweiz? Argumente für eine nachhaltige Wassernutzung. Herausgegeben von Pro Natura. Steudler Press AG, Basel. (Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz, 29).
- Michor, K.; Moritz, Ch; Bühler, S. (2006): Checkliste für Wasserkraftwerke bis 15 MW Engpassleistung aus naturschutzfachlicher Sicht. Abt Umweltschutz Amt der Tiroler Landesregierung. Auftragnehmer: REVITAL ecoconsult; ARGE Limnologie. Nussdorf/Innsbruck. (Version 4.0).
- Monmollin, André de; Altwegg, David; Meier, Andrea; Roth, Irene; Scheller, Irene (2003): Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz. Indikatoren und Kommentare. Herausgegeben von Bundesamt für Statistik BFS, Bundes-

- amt für Umwelt BAFU und Bundesamt für Raumentwicklung ARE. Neuchâtel. (Statistik der Schweiz; 21 Nachhaltige Entwicklung und regionale Disparitäten).
- Pelikan, B. (2004): Handbuch zur Planung und Errichtung von Kleinwasserkraftwerken. Deutsche Übersetzung der Version Celso Penche et al., ESHA 2004. Belgien.
- Pfaundler, M.; Zappa, M. (2006): Die mittleren Abflüsse über die ganze Schweiz. Ein optimierter Datensatz im 500×500m Raster. Herausgegeben von BAFU und WSL. BAFU; WSL. (Wasser, Energie, Luft, 4), zuletzt geprüft am 12.5.2009.
- Pfaundler, M.; Dübendorfer, Ch.; Zysset, A. (2011): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächendeckend). Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern. (Umwelt-Vollzug, 1107).
- Plachter, H.; Bernotat, D.; Müssner, R., et al. (Hg.) (2003): Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. Ergebnisse einer Pilotstudie. 2. Aufl. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 70).
- Platform Water Management in the Alps (2011): Common Guidelines for the Use of Small Hydropower in the Alpine Region. Alpine Convention. Innsbruck. Online verfügbar unter [http://www.alpconv.org/documents/Permanent\\_Secretariat/web/library/SHP\\_common\\_guidelines\\_en.pdf](http://www.alpconv.org/documents/Permanent_Secretariat/web/library/SHP_common_guidelines_en.pdf), zuletzt geprüft am 22.06.2011.
- Regierungsrat des Kanton Bern (2008): Energiestrategie 2006 des Kanton Bern. Beschlossen vom Regierungsrat am 5. Juli 2006. Herausgegeben von BVE Kanton Bern. Bau, Verkehrs- und Energiedirektion Kantons Bern; Amt für Umweltkoordination und Energie. Bern. Online verfügbar unter <http://www.bve.be.ch/bve/de/index/direktion/ueber-die-direktion/dossiers/energiestrategie.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Roth, U.; Schwick, Ch; Spichtig, F. (2010): Zustand der Landschaft in der Schweiz. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz LABES. BAFU. (Umwelt-Zustand, 1010).
- Roth, U.; Zeh, H.; Schmitt, H. M. (2005): Landschaftsästhetik, Arbeitshilfe. BAFU (BUWAL). Sigmaplan; Hesse + Schwarze Partner. Bern. (Leitfaden Umwelt, 9). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch](http://www.umwelt-schweiz.ch); Themen: Landschaft.
- Schweizerischer Bundesrat (01. Dezember 1994): Wasserbauverordnung. WBV; SR 721.100.1, vom 01. Juni 2011.
- Schweizerischer Bundesrat (1998): Energieverordnung. EnV, SR 730.01, vom 01. März 2012.
- Schweizerischer Bundesrat (1998): Gewässerschutzverordnung. GSchV, SR 814.201, vom 01. Aug 2011.
- Schweizerischer Bundesrat (2000): Verordnung über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Wasserrechtsverordnung). WRV, SR 721.801, vom 12.09.2006.
- Schweizerischer Bundesrat (2008): Strategie Nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008–2011. Bericht vom 16. April 2008. Schweizerischer Bundesrat. Bern. Online verfügbar unter <http://www.are.admin.ch/nachhaltigeentwicklung>, zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Schweizerischer Bundesrat (2011): Energieperspektiven 2050. Analyse der Stromangebotsvarianten des Bundesrats. Faktenblatt. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier\\_id=05024](http://www.bfe.admin.ch/themen/00526/00527/index.html?lang=de&dossier_id=05024), zuletzt geprüft am 27.05.2011.
- Staub, C.; Ott, W.; Heusi, F.; Klingler, G.; Jenny, A.; Häcki, M.; Hauser, A. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen. Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern. (Umwelt-Wissen, 1102). Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01587/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 13.04.2011.
- StremLOW, Matthias; Pfister, Heinz (2003): Landschaft 2020 - Leitbild. Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft. Herausgegeben von BUWAL. BAFU.
- Stuber, A. (2008): Qualität von Natur und Landschaft: Instrument zur Bewertung. Handbuch für die Feldaufnahmen und die Auswertung. Anhang zur Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde «Pärke von nationaler Bedeutung. Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Pärken». BAFU, Hintermann & Weber SA. Bern. (Umwelt-Vollzug, 0802). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/uv-0802-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uv-0802-d), zuletzt geprüft am 23.4.2009.
- Studer, D. (2010): Beurteilung von Landschaftsteilräumen. Methodik zur Abgrenzung, Aufnahme, Auswertung und Darstellung des IST-Zustands von Landschaftsteilräumen am Beispiel des Einzugsgebiets der Lutschine.

- Masterarbeit, Publikation Gewässerkunde Nr. 458. Leiter: Prof. Dr. R. Weingartner. Betreut von C. Hemund. Universität Bern, Geographisches Institut.
- Swetnam, R. D.; Fisher, B.; Mbilinyi, B. P.; Munishi, P. K. T.; Willcock, S.; Ricketts, T.; Mwakalila, S. (2011): Mapping socio-economic scenarios of land cover change: A GIS method to enable ecosystem service modelling. In: Journal of Environmental Management, H. 92, S. 563–573.
- Swissgrid (23.04.2012): Report KEV Warteliste. Frick. Online verfügbar unter [https://www.guarantee-of-origin.ch/reports/Downloads/statistik\\_DE.pdf](https://www.guarantee-of-origin.ch/reports/Downloads/statistik_DE.pdf), zuletzt geprüft am 23.04.2012.
- swisstopo (2007a): VECTOR 25. Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz. Produkteinformation. Bundesamt für Landestopographie swisstopo. Wabern. Online verfügbar unter <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/vector25.html>, zuletzt geprüft am 13.07.2011.
- swisstopo (2007b): Gewässernetz der Schweiz (GWN25). Massstab 1:25.000. Geodaten (c) swisstopo. Bern.
- United Nations (1987): 42/187 Report of the World Commission on Environment and Development. United Nations. (General Assembly, A/RES/42/187). Online verfügbar unter <http://www.un-documents.net/a42r187.htm>, zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- United Nations (1998): Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. Bonn. Online verfügbar unter [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php), zuletzt geprüft am 01.12.2011.
- United Nations (Hg.) (2010): Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012. Background Paper. prepared for consideration by the High Level Panel on Global Sustainability at its first meeting, 19 September 2010. New York. (Global Sustainability Panel, GSP1-6).
- Vester, F.; von Hesler, A. (1988): Sensitivitätsmodell. Ökologie und Planung in Verdichtungsgebieten. Forschungsbericht 80-101 040 34. 2. Aufl. Herausgegeben von Umlandverband Frankfurt. Frankfurt am Main.
- VUE (2010): Zertifizierungsrichtlinien. Bestimmungen und Kriterien: naturemadestar und naturemade basic. Version. Herausgegeben von energieschweiz. Verein für umweltgerechte Energie VUE. (Version 1.9). Online verfügbar unter [http://www.naturemade.ch/Dokumente/zertifizierung/Richtlinien\\_d.pdf](http://www.naturemade.ch/Dokumente/zertifizierung/Richtlinien_d.pdf), zuletzt geprüft am 24.11.2010.
- Wasseragenda 21; NWB (2009): Umgang mit Gesuchen für neue Wasserkraftwerke - Abwägung zwischen Nutzungs- und Schutzbedürfnissen. Unterlagen zum Seminar. Zürich.
- Watergisweb AG (2008): Erhebung des Kleinwasserkraftpotentials der Schweiz. Ermittlung des hydroelektrischen Potentials für Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz. (Jahresbericht).
- Watergisweb AG (2009): Erhebung des Kleinwasserkraftpotentials der Schweiz. Ermittlung des hydroelektrischen Potentials für Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz. Bundesamt für Energie BFE. (Jahresbericht).
- Watergisweb AG (2010): Wasserkraftpotenzial Schweiz. Datenbank. Gewässernetz Schweiz 1:25,000 (swisstopo 2007). Bern.
- Wehse, H. (2009a): Methodik zur Bewertung und Klassierung der Nutzungseignung von Fliessgewässerstrecken. Grundlagen für die räumliche Prioritätensetzung bei der Wasserkraftnutzung und dem Schutz von Gewässern. Schlussbericht. Herausgegeben von BFE und BAFU. Wasseragenda 21. Bern. Online verfügbar unter [http://www.bfe.admin.ch/forschungwasserkraft/02563/03781/index.html?lang=de&dossier\\_id=04319](http://www.bfe.admin.ch/forschungwasserkraft/02563/03781/index.html?lang=de&dossier_id=04319), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Wehse, H. (2010): Beurteilung und Bewirtschaftung der Wasserkraft im Kanton Freiburg. Synthesebericht. Herausgegeben vom Kanton Freiburg. Raumplanungs-, Umwelt und Baudirektion. Online verfügbar unter [http://www.fr.ch/publ/files/pdf28/R228-Gestion\\_de\\_la\\_force\\_hydraulique.pdf](http://www.fr.ch/publ/files/pdf28/R228-Gestion_de_la_force_hydraulique.pdf), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Wehse, Heiko (2009b): Methodik zur Bewertung und Klassierung der Nutzungseignung von Fliessgewässerstrecken. Grundlagen für die räumliche Prioritätensetzung bei der Wasserkraftnutzung und dem Schutz von Gewässern. Klassifizierung von Fliessgewässerstrecken. Unter Mitarbeit von Arbeitsgruppe Dialog Wasserkraft. Herausgegeben von Wasseragenda 21. Bern.
- Wiesmann, U.; Messerli, P. (2007): Wege aus den konzeptionellen Fallen der Nachhaltigkeit – Beiträge der Geographie. In: Schweizerische Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (Hg.): Nachhaltigkeitsforschung – Perspektiven der Sozial- und Geisteswissenschaften. Bern, S. 123–142.
- Winter, T. (2011): Fliessgewässer naturnah pflegen und aufwerten. Dossier & Praktischer Leitfaden. In: Thema Umwelt - Pusch, H. 1, S. 18–21.

- WWF Schweiz (Hg.) (2010): Kleinwasserkraft - zusätzliches Potenzial an ökologisch geeigneten KEV-Standorten. Schlussbericht 16. November 2011. Ernst + Basler AG. Zollikon. Online verfügbar unter <http://www.wwf.ch/de/derwwf/themen/wasser/wasserkraft/wasserkraft2/>, zuletzt geprüft am 17.01.2011.
- WWF Schweiz; Pro Natura (Hg.) (2008): Kriterienkatalog für ökologische Wasserkraft. Schlussbericht. Ernst Basler + Partner AG. Zollikon. Online verfügbar unter [http://www.pronatura.ch/content/data/2008\\_Kriterien\\_oe kraft.pdf](http://www.pronatura.ch/content/data/2008_Kriterien_oe kraft.pdf), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- Zeh, M. (2010): OEKOMORF\_OEM Kt BE. Bern. Mail vom 25.01.2010 an C. Hemund.
- Zeh-Weissmann, H.; Könitzer, Ch; Bertiller, A. (2009): Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie). Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand: April 2009. Bern (Umwelt-Zustand, Nr. 0926).



# 8 ANHANG

8 Anhang.....	91
8.1 Analyseraster .....	92
8.2 Arbeitshilfen .....	100
8.2.1 Basis- und Referenzdaten.....	100
8.2.2 Geodatenbank.....	102
8.2.3 Datenerhebung im GIS .....	107
8.2.4 Wertsynthese .....	165
8.3 Karten .....	166
8.3.1 Emme.....	167
8.3.2 Lütschine .....	174
8.3.3 Simme und Kander .....	182

## 8.1 ANALYSERASTER

## GEWÄSSERRAUM

## Typ A

## REGULIERENDE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs A erfassen unterstützende (Nährstoffkreisläufe, Bodenbildung, Primärproduktion, etc) sowie regulierende Ökosystemfunktionen (Klimaregulation, Wasserreinigung, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
Prioritätsraum	GR_A01	Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Bundesinventar der Moorlandschaften (BAFU)
	GR_A02	Hochmoore und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore (BAFU)
	GR_A03	Flachmoore von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Bundesinventar der Flachmoore (BAFU)
	GR_A04	Auengebiete von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Bundesinventar der Auengebiete (BAFU)
	GR_A05	Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete (BAFU)
	GR_A06	Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Wasser- und Zugvogelreservate (BAFU)
	GR_A07	Gewässerstrecken von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Äschen- und Nasenpopulationen (BAFU); Flusskrebspopulationen (CSCF)
	GR_A08	Gewässer mit Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Fischarten Roi du Doubs, Sofie, Savetta, Marmorforelle oder Nase	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Vorkommen von Roi du Doubs, Sofie, Savetta, Marmorforelle, Nase (CSCF)
	GR_A09	bestehende Nationalparks	vorhanden nicht vorhanden	9 1	Schweizerischer Nationalpark (BAFU)
	GR_A10	Gemäss der Verordnung über die Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung geschützte Gebiete (VAEW)	vorhanden nicht vorhanden	9 1	VAEW-Gebiete (BAFU)
Gewässermorphologie und Gewässertyp	GR_A11	Natürlichkeitsgrad der Ökomorphologie	natürlich	5	Abschnittsklassifizierung aus Ökomorphologie Stufe F (BAFU)
			wenig beeinträchtigt	4	
			stark beeinträchtigt	3	
			naturfremd	2	
			eingedolt	1	
	GR_A12	Durchgängigkeit: Künstliche Abstürze	kein Absturz pro 100 m	5	Abstürze aus Ökomorphologie Stufe F (BAFU)
			>0 bis ≤1 Abstürze pro 100 m	4	
			>1 bis ≤2 Abstürze pro 100 m	3	
			>2 bis ≤3 Abstürze pro 100 m	2	
			>3 Abstürze pro 100 m	1	
	GR_A13	Natürlichkeit des Geschiebehaushalts	kein Bauwerk pro 100 m	5	Bauwerke aus Ökomorphologie Stufe F (BAFU)
			>0 bis ≤1 Bauwerke pro 100 m	4	
			>1 bis ≤2 Bauwerke pro 100 m	3	
			>2 bis ≤3 Bauwerke pro 100 m	2	
			>3 Bauwerke pro 100 m	1	



## 8.1 Analyseraster

Wasserqualität	GR_A14	Einzigartigkeit/Seltenheit eines Gewässers	schweizweit einzigartiges, kantonal hervorragendes oder regional bedeutendes Fließgewässerobjekt	5	Auswahl von einzigartigen und wertvollen bernischen Fließgewässerobjekten (Angela von Känel 2009)
			kein einzigartiges oder seltenes Fließgewässerobjekt	1	
	GR_A15	bestehende und geplante Renaturierungen und Revitalisierungen	vorhanden	5	Fischaufstieg, Gerinnerevitalisierung, Ausdolung, Uferstrukturierung, Geschiebehauhalt, neue Gewässer, Rückbau von Ufermauern, Auenrevitalisierung, aufgelöste Blockrampe, Gerinneaufweitung (FI, Kanton Bern)
			nicht vorhanden	1	
	GR_A16	Verdünnungsverhältnisse bei Abwasserreinigungsanlage (ARA)-Einleitungen	<25 %	5	Abwasserreinigungsanlage (BAFU)
			25 -50 %	3	
			>50 %	1	
	GR_A17	Orthophosphat PO <sub>4</sub> -P [mg P/l]	sehr gut: <0.02	5	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)
			gut: 0.02 bis <0.04	4	
			mässig: 0.04 bis <0.06	3	
			unbefriedigend: 0.06 bis <0.08	2	
			schlecht: ≥0.08	1	
	GR_A18	Nitrat NO <sub>3</sub> [mg N/l]	sehr gut: <1.5	5	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)
			gut: 1.5 bis < 5.6	4	
			mässig: 5.6 bis <8.4	3	
			unbefriedigend: 8.4 bis <11.2	2	
			schlecht: ≥11.2	1	
	GR_A19	Ammonium NH <sub>4</sub> [mg N/l]	sehr gut: <0.04	5	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)
			gut: 0.04 bis <0.2	4	
			mässig: 0.2 bis <0.3	3	
			unbefriedigend: 0.3 bis <0.4	2	
			schlecht: ≥0.4	1	
GR_A20	Gelöster Organischer Kohlenstoff DOC [mg C/l]	sehr gut: <2.0	5	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)	
		gut: 2.0 bis < 4.0	4		
		mässig: 4.0 bis <6.0	3		
		unbefriedigend: 6.0 bis <8.0	2		
		schlecht: ≥8.0	1		
Wasserführung	GR_A21	Veränderungen der Wasserführung durch Wasserkraftnutzung (Schwall / Sunk)	Keine Veränderungen durch Wasserkraftnutzung	5	Speicherkraftwerke, Flusskraftwerke (AWA, Kanton Bern)
			1 Flusskraft-/Umleitwerk etc. innerhalb 1000m des oberliegenden Gewässers vorhanden	2	
			≥2 Flusskraft-/Umleitwerke etc. innerhalb 1'000m des oberliegenden Gewässers vorhanden oder/und ein Speicherkraft-/Pumpwerk innerhalb 20km des oberliegenden Gewässers oder bis zum nächsten See vorhanden	1	
	GR_A22	Restwasserstrecken	keine Restwasserstrecke	5	Restwasserstrecken (AWA, Kanton Bern)
			Restwasserstrecke	1	

# TYP B

## KULTURELLE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs B erfassen kulturelle Ökosystemfunktionen (Ästhetik, Erholung, Spiritualität, Pädagogik, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
Prioritätsraum	GR_B01	Naturerlebnispark	vorhanden	9	Naturerlebnispärke (BAFU)
			nicht vorhanden	1	
Erschliessung	GR_B02	Erreichbarkeit & Einsehbarkeit: Wegnetzdicke (WnD) von Wegen, Strassen und öffentlichen Verkehrslinien pro Gewässerraum [ $m/m^2 \times 100$ ]	sehr gut erreichbar und einsehbar: WnD >2	5	Strassennetz, Wanderrouennetz, Routennetz Velowandern (TBA, Kanton Bern); Tramlinien, Ortverkehrslinien, Buslinien aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern)
			gut erreichbar und einsehbar: WnD ≤2 und >1.5	4	
			durchschnittlich gut erreichbar und einsehbar: WnD ≤1.5 und >1	3	
			schlecht erreichbar und einsehbar: WnD ≤1 und >0.5	2	
			sehr schlecht oder nicht erreichbar und einsehbar: WnD ≤0.5	1	
Erlebnischarakter	GR_B03	Wasserfälle, Bademöglichkeiten und/oder weitere landschaftsästhetische Besonderheiten	vorhanden	5	Wasserfälle (AGI, Kanton Bern); sichtbare Kiesbänke (GoogleEarth oder Orthobildern) oder Bademöglichkeiten nach individuellen Ortskenntnissen
			nicht vorhanden	1	
Freizeit und Sport	GR_B04	Angelfischerei (Mittlerer Fang Forellen pro km im Jahr 2005)	>200 Stück	5	Fischfangstatistik Schweiz (BAFU)
			150< bis ≤200 Stück	4	
			100< bis ≤150 Stück	3	
			50< bis ≤100 Stück	2	
			≤50 Stück	1	
	GR_B05	Wassersport: River Rafting / Kanu / Kajak / Canyoning	Kategorie I: unschwierig	5	Wasserkraftnutzung und Wassersport (AWA, Kanton Bern), Paddelstrecken ( <a href="http://www.rivermap.ch">www.rivermap.ch</a> ), Canyoningstrecken ( <a href="http://www.schlucht.ch">www.schlucht.ch</a> , Canyoning-Führer von Brunner & Bétrisey (2001), Baumgartner, Brunner, & Zimmermann (2010)
			Kategorie II: mässig schwierig	4	
			Kategorie III: schwierig	3	
			Kategorie IV: sehr schwierig	2	
			Kategorie V: äusserst schwierig oder keine Wassersportstrecke	1	

# TYP C

## BEREITSTELLEND E ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs C erfassen bereitstellende Ökosystemfunktionen (Nahrungsmittel, frisches Wasser, Brennstoff, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
Prioritätsraum	GR_C01	Gewässerschutzzonen S1 & S2	vorhanden	9	Gewässerschutzkarte (AWA, Kanton Bern)
			nicht vorhanden	1	
	GR_C02	Grundwasserschutzzonen	vorhanden	9	Gewässerschutzkarte (AWA, Kanton Bern)
			nicht vorhanden	1	
Rohstoffnutzung	GR_C03	Wasserentnahmen für Wasserkraft	Entnahmemenge >50 % des Q <sub>347</sub>	5	Restwasserkarte (BAFU)
			Entnahmemenge <50 % des Q <sub>347</sub> oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich	4	
			weitere Entnahmen (Entnahmemenge unbekannt)	3	
			keine Wasserentnahmen für Wasserkraft	1	
			Entnahmemenge >0 % des Q <sub>347</sub>	5	
			Entnahmemenge <0 % des Q <sub>347</sub> oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich	4	
	GR_C04	Wasserentnahmen für andere Nutzungen	weitere Entnahmen (Entnahmemenge unbekannt)	3	Restwasserkarte (BAFU)
			keine Wasserentnahmen für andere Nutzungen	1	
			sehr hohe Leistung: >3.0 kW/m	5	
			hohe Leistung: >1.0 bis ≤3.0 kW/m	4	
Potentielle Wasserkraft	GR_C05	Spezifische Wasserkraftleistung [kW/m]	mittlere Leistung: >0.3 bis ≤1.0 kW/m	3	Spezifische Leistung (WaterGis-Web AG)
			geringe Leistung: >0.1 bis ≤0.3 kW/m	2	
			sehr geringe Leistung: 0 bis ≤0.1 kW/m	1	
			keine Gefährdung	5	
			Flächenanteil der Restgefährdung überwiegt (gelb schraffierte Zone)	4	
Risikoversorge	GR_C06	Sturz-, Lawinen-, Rutsch-, Wasser- und Einsturzfahren	Flächenanteil der geringen Gefährdung überwiegt (gelbe Zone)	3	Synoptische Gefahrenkarte aus der kantonalen Naturgefahrenkarte (KAWA, TBA, Kanton Bern)
			Flächenanteil der mittleren Gefährdung überwiegt (blaue Zone)	2	
			Flächenanteil der erheblichen Gefährdung überwiegt (rote Zone)	1	

# LANDSCHAFTSRAUM

## TYP A

### REGULIERENDE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs A erfassen unterstützende (Nährstoffkreisläufe, Bodenbildung, Primärproduktion, etc) sowie regulierende Ökosystemfunktionen (Klimaregulation, Wasserreinigung, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
geschützte Lebensräume und Objekte	LR_A01	Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Moorlandschaften (BAFU)
	LR_A02	Hochmoore und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore (BAFU)
	LR_A03	Flachmoore von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Flachmoore (BAFU)
	LR_A04	Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete (BAFU)
	LR_A05	Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden (BAFU)
	LR_A06	*Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BAFU)
	LR_A07	bestehende und geplante Nationalpärke	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Schweizer Nationalpärke (BAFU)
	LR_A08	bestehende und geplante Regionale Naturpärke	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Regionale Naturpärke (BAFU)
	LR_A09	Eidgenössische Jagdbanngebiete	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Eidgenössische Jagdbanngebiete (BAFU)
	LR_A10	*kantonale Naturschutzgebiete	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Kantonale Naturschutzgebiete (ANF, Kanton Bern)
	LR_A11	Ramsar-Gebiete	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Ramsar-Gebiete (BAFU)
	LR_A12	*Smaragd-Gebiete	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Smaragd-Gebiete (BAFU)
	LR_A13	UNESCO Biosphärenreservate	vorhanden nicht vorhanden	1 0	UNESCO Biosphärenreservate (BAFU)
	LR_A14	*UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete	vorhanden nicht vorhanden	1 0	UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete (UNESCO)
	LR_A15	*Rechtskräftige Schutz- und Nutzungsplanung	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz (BAFU 2009)
	LR_A16	Waldreservate	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Waldreservate (KAWA, Kanton Bern)
	LR_A17	Kantonale Inventare (Waldnaturschutzinventar, Trockenstandorte, Feuchtgebiete, Geschützte Botanische und Geologische Objekte)	vorhanden nicht vorhanden	1 0	Waldnaturschutzinventar, Trockenstandorte, Feuchtgebiete, Geschützte Botanische und Geologische Objekte (ANF, Kanton Bern)

## 8.1 Analyseraster

Biodiversität	LR_N18	BDM; modellierter Artenreichtum: vaskuläre Pflanzen [Arten / km <sup>2</sup> ] (modellierte Vorhersage; Gefässpflanzen)	grosse Anzahl: ≥243 bis ≤365	1	Biodiversitätsmonitoring vaskulärer Pflanzen (WSL)
			geringe-mittlere Anzahl an Arten: ≤242	0	
	LR_N19	Rote Liste Arten, prioritäre Arten oder Arten mit APN-Schutzstatus (Fauna): Säugetiere, Fische, Krebstiere, Rundmäuler, Amphibien, Reptilien, Weichtiere, Insekten und Brutvögel.	eine Art der Kategorie Critically Endangered (CR), Endangered (EN), Vulnerable (VU) oder eine prioritäre Art der Klasse 1, 2, 3 oder eidgenössisch geschützte Art (APN) der Klasse 2, 2a, 3 vorhanden	1	Rote Liste Arten, prioritäre Arten, APN Arten (CSCF und Schweizerische Volgewarte Sempach)
			keine Rote Liste, prioritäre oder nach APN geschützte Arte vorhanden	0	
Vernetzung	LR_A20	Fliessgewässer/Seen oder Feuchtgebiete gemäss REN	Kerngebiet, Ausbreitungsgebiet, Kontinuum oder ökologischer Korridor vorhanden	1	Nationales ökologisches Netzwerk (BAFU)
			kein Vernetzungselement vorhanden (Insel)	0	
	LR_A21	Zerschneidung der Landschaft	keine Zerschneidung des Landschaftsraums durch Strassen und Schienen	1	Strassennetz (TBA, Kanton Bern); Tramlinien, Ortverkehrslinien, Buslinien aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern)
			Strassen und Schienen zerschneiden den Landschaftsraum	0	
Bodenbedeckung	LR_A22	Waldflächen	Wald macht mehr als 30 % des Landschaftsraums aus	1	Geschlossener Wald der amtlichen Vermessung (AGI, Kanton Bern)
			Wald macht weniger als 30 % des Landschaftsraums aus	0	

\*Kriterium kann zum Ausschluss führen, d.h. weitere Abklärungen sind nötig (z.B. Einbezug des Schutzbeschlusses)

# TYP B

## KULTURELLE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs B erfassen kulturelle Ökosystemfunktionen (Ästhetik, Erholung, Spiritualität, Pädagogik, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
Landschaft	LR_B01	bestehende und geplante Naturerlebnisparks	vorhanden	1	Naturerlebnisparks (BAFU)
			nicht vorhanden	0	
	LR_B02	UNESCO Weltkulturerbe-Gebiete	vorhanden	1	Weltkulturerbe-Gebiete (UNESCO)
			nicht vorhanden	0	
Freizeit und Sport	LR_B03	markierte Wanderwege	Wanderwege vorhanden	1	Wanderrouthenetz (TBA, Kanton Bern)
			keine Wanderwege vorhanden	0	
	LR_B04	markierte Velorouten	Velowege vorhanden	1	Routennetz Velowandern (TBA, Kanton Bern)
			keine Velowege vorhanden	0	
	LR_B05	Erholungswert	Bars, Cafés, Hotels, Restaurants, Feuerstellen und/oder Spielplätze vorhanden	1	Gastronomie (Bar, Café, Hotel, Restaurant) und Kultur/Freizeit (Feuerstelle, Spielplatz) ( <a href="http://map.search.ch">http://map.search.ch</a> )
Erlebnischarakter	LR_B06	Einsehbarkeit	Landschaftsraum ist von Aussichtspunkten einsehbar	1	
			Landschaftsraum ist von Aussichtspunkten nicht einsehbar	0	Aussichtslagen des kantonalen Richtplans des Wanderrouthenetzes (AGI, Kanton Bern)
	LR_B07	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS)	ein historischer Verkehrsraum oder mindestens ein wegbegleitendes Element vorhanden	1	
			keine historische Verkehrsverläufe oder wegbegleitende Elemente vorhanden	0	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (Astra)
kultuhistorische Landschaftsinventare	LR_B08	Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS)	ein schützenswertes Ortsbild vom Landschaftsraum aus sichtbar	1	Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (BAFU)
			keine schützenswerte Ortsbilder vom Landschaftsraum aus sichtbar	0	
	LR_B09	Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung (KGS)	ein Kulturgut vom Landschaftsraum aus sichtbar	1	Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung (BABS)
			keine Kulturgüter vom Landschaftsraum aus sichtbar	0	
Boden-nutzung	LR_B10	Wohn- und Ferienhäuser	Wohn- und Ferienhauszonen machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus	1	Wohnzonen des kantonalen Übersichts-zonenplans (AGI, Kanton Bern)
			Wohn- und Ferienhauszonen machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus	0	
Tourismus	LR_B11	touristische Infrastruktur: Seilbahnen, Skipiste, Loipen, Beschneiungsflächen und Schifflinien	Infrastrukturen für den Tourismus vorhanden	1	Skipiste, Loipen, Beschneiungsfläche des kantonalen Übersichts-zonenplans (AGI, Kanton Bern); Seilbahn- und Schifflinien aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern)
			keine Infrastrukturen für den Tourismus vorhanden	0	
Lärmschutz	LR_B12	Eisenbahnlärm am Tag	mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von ≤55 dB auf	1	SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU)
			mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von >55 dB auf	0	
	LR_B13	Strassenlärm am Tag	mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von ≤55 dB auf	1	SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU)
			mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von >55 dB auf	0	
	LR_B14	Fluglärm am Tag	mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von ≤55 dB auf	1	SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU)
			mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von >55 dB auf	0	

# TYP C

## BEREITSTELLEND E ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Die Indikatoren des Typs C erfassen bereitstellende Ökosystemfunktionen (Nahrungsmittel, frisches Wasser, Brennstoff, etc).

Komponente	Nr.	Indikator	Messskala	Wertskala	Datengrundlage
Rohstoffnutzung	LR_C01	Abbau und Deponie	Abbau und Deponie machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus	1	Abbau- und/oder Ablagerungszone aus Bauzonen des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern)
			Abbau und Deponie machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus	0	
	LR_C02	Abwasserreinigungsanlage (ARA)	vorhanden	1	Abwasserreinigungsanlagen (BAFU)
			nicht vorhanden	0	
Bodeneignung	LR_C03	technische Infrastruktur: Bauzonen oder sonstige (touristische) Bauten/Anlagen, die auf vorhandene technische Infrastruktur schliessen lassen (z.B. Seilbahn, Skilift, Bahn)	technische Infrastrukturen vorhanden	1	Bauzonen des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern); Linien und Haltestellen aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern); Strassennetz (TBA, Kanton Bern)
			keine technischen Infrastrukturen vorhanden	0	
	LR_C04	Wasserkraftgemeinde (Steuereinnahmen aus Wasserkraft)	Landschaftsraum liegt innerhalb einer Wasserkraftgemeinde	1	Daniel Spreng resp. Herr Balmer von der ETH Zürich
			Landschaftsraum liegt ausserhalb Wasserkraftgemeinde	0	
Bodennutzung	LR_C05	Industrie und Gewerbe: Mischzonen, Kernzone städtisch, Arbeitszone, Zone für öffentliche Nutzung und Zone für militärische Nutzung	Industrie und Gewerbe machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus	1	Mischzonen, Kernzone städtisch, Arbeitszone, Zone für öffentliche Nutzung, Zone für militärische Nutzung des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern)
			Industrie und Gewerbe machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus	0	
	LR_C06	Landwirtschaftsflächen	Landwirtschaftsflächen machen mehr als 30 % des Landschaftsraums aus	1	Acker, Wiese, Weide der amtlichen Vermessung (AGI, Kanton Bern)
			Landwirtschaftsflächen machen weniger als 30 % des Landschaftsraums aus	0	

## 8.2 ARBEITSHILFEN

### 8.2.1 BASIS- UND REFERENZDATEN

**Tabelle 2** Liste der verwendeten Geodaten. Daten, welche sowohl für die Abgrenzung (Referenzdaten) wie auch für die Analyse eingesetzt werden, sind **fett** hervorgehoben. Daten, welche zur Darstellung der Ergebnisse hilfreich sind, wurden mit einem \* versehen. nat: nationale Daten, kant: kantonale Daten.

Datensatz	Beschreibung	Datenherr/Datenquelle	Vertreiber	Perimeter
ARA-DB	Abwasserreinigungsanlagen der Schweiz	BAFU	BAFU	nat
AVR	Amtliche Vermessung	AGI (BE)	AGI (BE)	kant
BDM	Modellierter Artenreichtum vaskuläre Pflanzen (Biodiversitätsmonitoring)	WSL, Hintermann & Weber AG	WSL	nat
BIOSPH	UNESCO Biosphärenreservate	BAFU	BAFU	nat
BIV	Bundesinventare	BAFU	BAFU	nat
BLN	Bundesinventar der Landschaften & Naturdenkmäler	BAFU	BAFU	nat
DHM25	Digitales Höhenmodell 25x25 m	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
<b>EZG</b>	Basis-, Bilanz- & Flussgebiete	BAFU, GIUB (HADES)	GIUB	nat
FEUGEB	Feuchtgebiete	LANAT, ANF	AGI (BE)	kant
FISTAT	Fischfangstatistik	BAFU (GEWISS)	BAFU	nat
GBO	Geschützte botanische Objekte	LANAT (BE)	AGI (BE)	kant.
Gewäs	National bedeutende Gewässerstrecken	BAFU & CSCF	BAFU	nat
GGO	Geschützte Geologische Objekte	LANAT	AGI (BE)	kant.
GK5	Naturgefahrenkarte (synoptische Gefahrenkarte)	KAWA (BE)	AGI (BE)	kant
GSK25	Gewässerschutzzonen & Grundwasserschutzzonareale	AWA (BE)	AGI (BE)	kant
GWN25*	Gewässernetz VECTOR25	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
INVENT	Restwasserkarte: Wasser-Entnahme- & Rückgabestellen	BAFU (GEWISS), Eawag	Ecogis	nat
ISOS	Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz	BAFU	BAFU	nat
IVS	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz	ASTRA	ASTRA	nat
Jagdb	Eidgenössische Jagdbannggebiete	BAFU	BAFU	nat
NSG	Naturschutzgebiete	LANAT, ANF (BE)	AGI (BE)	kant
<b>OEM</b>	Ökomorphologie Stufe F	BAFU	BAFU	nat
OEV	Bahn, Bus, Tram	AOEV (BE)		kant
Pärke	Nationalpärke & regionale Naturpärke	BAFU	BAFU	nat
PK25*	Pixelkarte 1:25.000	Swisstopo	AGI; Swisstopo	kant, nat
QUALILOG	Wasserqualität der Oberflächengewässer	GBL (BE), BAFU (GEWISS: NADUF)	AGI (BE)	kant
RAMSAR	Ramsar-Gebiete	BAFU	BAFU	nat
REN	Nationales ökologisches Netzwerk	BAFU	BAFU	nat
Renat	Renaturierungen & Revitalisierungen	LANAT, FI (BE)	FI	kant
Restw	Restwasserstrecken	AWA (BE)	AWA	kant
RoLisArten	Rote Liste/Prioritäre/eidg. geschützte APN Arten	CSCF, Schweizer. Vogelwarte	CSCF, Vogelwarte	kant
SMARAGD	Smaragd-Gebiete	BAFU	BAFU	nat
SNBE	Strassennetz	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
sonBase	Lärmdatenbank	BAFU	BAFU	nat
<b>spLei</b>	Theoretisches Wasserkraftpotential [kW/m]	WatergisWeb AG	WatergisWeb AG	nat
SWISSI	Orthofoto-Mosaik (Entzerrte Luftbilder)	Swisstopo	AGI (BE)	kant
TROSEC	Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern (Kraftwerkstyp)	AWA (BE), BFE (map.geo.admin.ch)	AGI (BE)	kant
TROSTA	Trockenstandorte	LANAT (BE)	AGI (BE)	kant
UZP	Übersichtszonenplan	AGR (BE)	AGI (BE)	kant
VAEW	Gebiete mit Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung	BAFU	BAFU	nat
VELO	Routennetz Velowandern	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
WANDERN	Wanderroutennetz	TBA (BE)	AGI (BE)	kant
WaRes	Waldreservate	KAWA (BE)	KAWA	kant
WK-Gde	Wasserkraftgemeinde	(Balmer 2011), CEPE ETHZ	Balmer M.	nat
WNE	UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete	UNESCO	BAFU	nat



WNI	Waldnaturschutzinventar	LANAT, ANF (BE)	AGI (BE)	kant
WZV	Nationale Wasser- & Zugvogelreservate	BAFU	BAFU	nat

**Tabelle 3** Liste der übrigen Daten (manuelle Überführung ins GIS)

Datensatz	Beschreibung	Datenherr/Datenquelle	Vertreiber	Perimeter
Canyoning	Canyoning-Strecken	<a href="http://www.schlucht.ch">www.schlucht.ch</a>	<a href="http://schlucht.ch">schlucht.ch</a>	nat
Gastronomie	Restaurant/Bar/Café, Feuerstelle, Spielplatz	<a href="http://map.search.ch">http://map.search.ch</a>	<a href="http://map.search.ch">map.search.ch</a>	nat
Kanu	Paddelstrecken	<a href="http://www.rivermap.ch">www.rivermap.ch</a>	<a href="http://rivermap.ch">rivermap.ch</a>	nat
KGS	Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung (A-Objekte)	BABS	BABS	nat
SNP	Schutz- und Nutzungsplanung nach GSchG	BAFU	BAFU	nat
WKE	UNESCO Weltkulturerbe-Gebiete	UNESCO	BAK	nat

## 8.2.2 GEODATENBANK

## ABGRENZUNG DER UNTERSUCHUNGSEINHEITEN GR UND LR

Abkürzung	Beschreibung
<b>_xx</b>	Gewässer XX
<b>xx.gdb</b>	Geodatabase des Gewässers xx (vgl. GIS Anleitung GDB)
<b>HADESbilanz_xx</b>	Einzugsgebietsgrenze des Gewässers xx
<b>Linienpotential</b>	Wasserkraftpotential in kW pro 1000m (GISdaten: <i>GR_P5_SpezifLeistung_kWprOKm_WaterGISWebAG10.shp</i> )
<b>OEM_BAFU</b>	Ökomorphologische Kartierung des Bundesamts für Umwelt (GISdaten: <i>GR_N11_om_abschnitte_gwl25_BAFU08.shp</i> )
<b>BREITENVAR</b>	Breitenvariabilität
<b>GR</b>	Gewässerraum
<b>LR</b>	Landschaftsraum
<b>nat_GeSoBr</b>	Natürliche Gerinnesohlenbreite
<b>GR_Breite</b>	Breite des Gewässerraums
<b>LR_Breite</b>	Breite des Landschaftsraums
<b>GR_xx</b>	Resultierte Abgrenzung der Gewässerräume
<b>LR_xx</b>	Resultierte Abgrenzung der Landschaftsräume
<b>r. MaTa</b>	rechte Maustaste

## Formeln

Zur Berechnung der natürlichen Gerinnesohlenbreite nach der Schlüsselkurve des Bundes wird folgende Formel verwendet:

**Mittlere Sohlenbreite x Variabilität der Wasserspiegelbreite = natürliche Gerinnesohlenbreite**

Natürliche Gerinnesohlenbreite (nG) kann wie folgt aus der Schlüsselkurve abstrahiert werden:

$1 \geq nG$	→ + 5m Uferbereich (einseitig)
$1 < nG \leq 3$	→ + 7,5m Uferbereich (einseitig)
$3 < nG < 5$	→ + 12,5m Uferbereich (einseitig)
$nG \geq 5$	→ +15m Uferbereich (einseitig)

## ArcCatalog

Verwendeter Datensatz	Arbeitsschritte
HADESbilanz	im ArcMap öffnen → Menufunktion: Select Features by Rectangle → Bilanzgebiete des zu untersuchenden Gewässers auswählen (markieren) → HADESbilanz.shp → r. MaTa → Data → Export Data → Export: Selected features → im Ordner xxx... speichern → Output: HADESbilanz_xx.shp → Save as type: shapefile → OK
HADESbilanz_xx	xx.gdb → r. MaTa → Import Feature Class (Single) → Input: HADESbilanz_xx.shp → Output: HADESbilanz_xx.shp → OK
GR_P5_SpezifLeistung_kWprOKm_WaterGIS	xx.gdb → r. MaTa → Import Feature Class (Single) → Input: GR_P5_SpezifLeistung_kWprOKm_WaterGISWebAG10.shp → Output: Linienpotential.shp → OK

WebAG10.shp

GR\_N11\_om\_ abschnitte\_gwl25\_BAFU08.shp → Input: xx.gdb → r. MaTa → Import Feature Class (Single) → Input: GR\_N11\_om\_abschnitte\_gwl25\_BAFU08.shp → Output: OEM\_BAFU.shp → OK

**ARCMAP****Verwendeter Datensatz****Arbeitsschritte****1. Auswahl der zu untersuchenden Gewässerabschnitte**

Linienpotential und OEM\_BAFU → Select by location → select OEM\_BAFU that share a line segment with Linienpotential → OEM\_BAFU → r. MaTa → Data → Export Data → Export: Selected features → im Ordner xxx... speichern → Output: OEM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → Save as type: shapefile → OK

O-EM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → ArcCatalog → xx.gdb → r. MaTa → Import Feature Class (Single) → Input: O-EM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → Output: OEM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → OK

O-EM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → Analysis Tools → Extract → Clip → Input features: OEM\_BAFU\_ShareLiSeg.shp → Clip feature: HADESbilanz\_xx.shp → in xx.gdb speichern → Output feature class: OEM\_BAFU\_ShareLiSeg\_xx.shp → OK

**2. Vorbereitung Breitenabgrenzung**

OEM\_BAFU\_ShareLiSeg\_xx.shp → Attribute Table → Add Field → 3 neue Spalten erstellen mit den Namen:

- BrVar\_F
- nat\_GeSoBr
- GR\_Breite

Für alle float wählen.

OEM\_BAFU\_ShareLiSeg\_xx.shp → Properties → Definition Query → Query Builder → Field Calculator → "BREITENVAR = 0" eingeben → OK

OEM\_BAFU\_ShareLiSeg\_xx.shp → Attribute Table → Spalte: BrVar\_F → r. MaTa → Field Calculator → „BrVar\_F = 0“ → OK  
Alle Linien mit einer Breitenvariabilität von 0 erhalten in der Spalte BrVar\_F eine 0 (0 = eingedolte Strecke)

Dasselbe wird für eine ausgeprägte, eingeschränkte und keine Breitenvariabilität wiederholt:

- bei BREITENVAR = 1 → BrVar\_F = 1 eingeben (1 = ausgeprägte Breitenvariabilität)
- bei BREITENVAR = 2 → BrVar\_F = 1.5 eingeben (2 = eingeschränkte Breitenvariabilität)
- bei BREITENVAR = 3 → BrVar\_F = 2 eingeben (3 = keine Breitenvariabilität)

Nun ist für jeden Abschnitt berechnet mit welchem Faktor die Gerinnesohlenbreite multipliziert werden muss, um auf die natürliche Gerinnesohlenbreite zu kommen.

**WICHTIG: Query Builder löschen!**

---

OEM_BAFU_S hareLiS- eg_xx.shp	Attribute Table → Spalte: nat_GeSoBr → r. MaTa → Field Calculator → „nat_GeSoBr“ = GSBREITE * BrVar_F eingeben → OK.
-------------------------------------	---

---

OEM_BAFU_S hareLiS- eg_xx.shp	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Properties → Definition Query → Query Builder → nat_GeSoBr &lt;= 1. Attribute Table → Spalte: GR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „(nat_GeSoBr + 10)/2“ eingeben → OK.</li> <li>2. Properties → Definition Query → Query Builder → „1 &lt; nat_GeSoBr AND nat_GeSoBr &lt;= 3“. Attribute Table → Spalte: GR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „(nat_GeSoBr + 15)/2“ → OK.</li> <li>3. Properties → Definition Query → Query Builder → „nat_GeSoBr &gt;3 AND nat_GeSoBr &lt; 5“. Attribute Table → Spalte: GR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „(nat_GeSoBr + 25)/2“ → OK.</li> <li>4. Properties → Definition Query → Query Builder → „nat_GeSoBr &gt;= 5“. Attribute Table → Spalte: GR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „(nat_GeSoBr + 30)/2“ → OK.</li> <li>5. Properties → Definition Query → Query Builder → „nat_GeSoBr = 0“. Attribute Table → Spalte: GR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „GR_Breite = 0.1“</li> </ol>
-------------------------------------	---

*ACHTUNG: Die ausgewählten Zeilen enthalten bereits einen Wert; dieser muss überschrieben werden!*

Nun haben alle Gewässerabschnitte eine GR\_Breite. Mit diesem Wert können die Gewässerabschnitte anschliessend zu den GR gepuffert werden. Abschnitte, die eingedolt sind (OEKOMKLASSE = 5), haben die GR\_Breite 0.1 erhalten.

*WICHTIG: Query Builder löschen!*

---

OEM_BAFU_S hareLiS- eg_xx.shp	Attribute Table → Add Field → neue Spalte: „LR_Breite“ → float Attribute Table → Spalte: LR_Breite → r. MaTa → Field Calculator: „LR_Breite = GR_Breite x 3“ → OK.
-------------------------------------	---

Abschnitte, die eingedolt (OEKOMKLASSE = 5) sind, haben die LR\_Breite 0.3 erhalten.

---

### 3. Breitenabgrenzung des Gewässerraums

---

OEM_BAFU_S hareLiS- eg_xx.shp	Analysis Tools → Proximity → Buffer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Input: OEM_BAFU_ShareLiSeg_xx.shp</li> <li>• Speicherort: xx.gdb</li> <li>• Output: GR_xx</li> <li>• Field: GR_Breite</li> <li>• Side Type: Full</li> <li>• End Type: Flat</li> <li>• Dissolve Type: None</li> </ul>
-------------------------------------	--

Die Abgrenzung der GR ist abgeschlossen. Die resultierende Polygon Feature Class GR\_xx ist somit bereit für den Beurteilungsvorgang (Anleitung Kriterien).

---

### 4. Breitenabgrenzung des Landschaftsraums

---

OEM_BAFU_S hareLiS- eg_xx.shp	Analysis Tools → Proximity → Buffer: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Input: OEM_BAFU_ShareLiSeg_xx.shp</li> <li>• Speicherort: xx.gdb</li> </ul>
-------------------------------------	---

---

- 
- Output: LR\_xx
  - Field: LR\_Breite
  - Side Type: Full
  - End Type: Flat
  - Dissolve Type: None

Die Abgrenzung der LR ist abgeschlossen. Das resultierende Polygon Feature Class LR\_xx ist somit bereit für den Beurteilungsvorgang (Anleitung Kriterien).

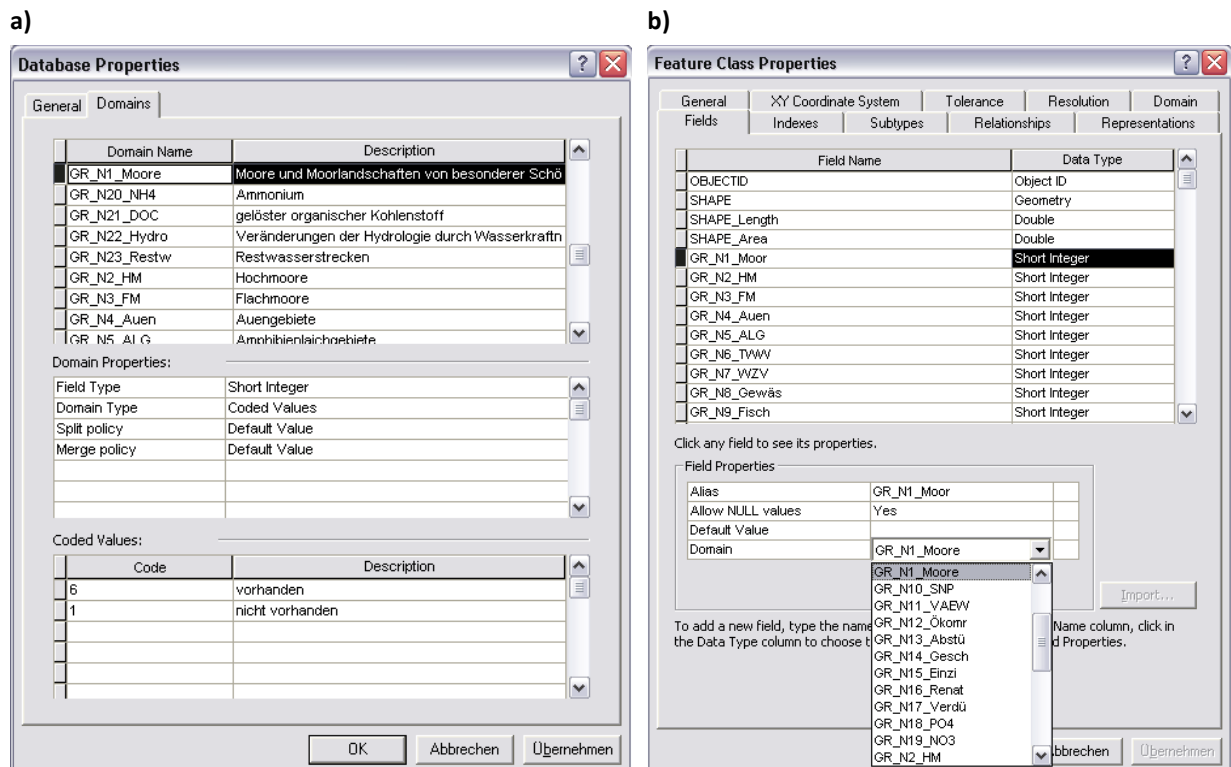
---

Die entstehenden Überschneidungen, insbesondere an den Enden der Polygone, und die damit verbundene doppelte Bewertung dieser Schnittflächen, werden toleriert, weil es als wichtiger erachtet wird, die ursprüngliche Länge der Gewässerabschnitte aus der Ökomorphologie zu erhalten. Zudem machen die Schnittflächen über das gesamte Gewässernetz gesehen einen vernachlässigbaren Flächenanteil aus.

Der Vorgang kann mehr oder weniger Fehler (Zwickel / Lücken) generieren. Falls diese gravierend oder sonst wie offensichtlich sind, müssen sie von Hand korrigiert werden (Editor → Start Editing → Modify Features).

## FILE GEODATABASE (DATENBANK)

ArcCatalog öffnen und in den Ordner rechtsklicken, wo die Datenbank erstellt werden soll. New File Geodatabase → Namen der Kriterien unter Domain Name und eine kurze Erklärung unter Description eingeben, Short Integer und Coded Values auswählen → Übernehmen. Unter Code die Klassen der Indikatoren und unter Description den Beschrieb der Indikatoren eingeben, wie in Figur 1a ersichtlich (die Description unter Coded Values wird dann im Attribute Table ersichtlich sein) → Übernehmen und OK.



**Figur 1 a)** Database Properties: Eingabe der Kriterien und Indikatoren . **b)** Feature Class Properties: Verlinken der Datenbank mit den Feature Classes

Rechtsklick auf FileGeodatabase → Import → Feature Dataset einfügen und Koordinatensystem (CH1903 LV03) auswählen. Rechtsklick auf Feature Dataset → New Feature Class (GR\_XX resp. LR\_XX) erstellen.

In den Feature Classes unter Fields die Namen der Kriterien eingeben und immer short integer wählen. Danach muss die Geodatenbank mit den Feature Classes verlinkt werden indem jedem Kriterium die Domain aus der FileGeodatabase zugewiesen wird (Figur 1b). Dabei werden die Kriterien, die auf Gewässerraumbene erhoben werden (diese beginnen mit GR\_N..., GR\_K... und GR\_P...) mit der Feature Class GR\_XX verlinkt und diese Kriterien, die auf Landschaftsraumbene erhoben werden (diese beginnen mit LR\_N..., LR\_K... und LR\_P...) mit der Feature Class LR\_XX verlinkt.

## 8.2.3 DATENERHEBUNG IM GIS

# GEWÄSSERRAUM

## TYP A

### REGULIERENDE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A01_Moore	Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	Prioritätsraum
<b>Beschreibung</b>		
<p>Moore sind nasse Lebensräume mit erschwertem Wasserabfluss. Sie sind luft- und sauerstoffarm, wodurch Pflanzenreste nicht vollständig abgebaut werden können. Mit den Jahren bildet sich Torf, aus welchem die Moorböden bestehen. Darauf kommen nur äusserst spezialisierte und charakteristische Pflanzenarten vor wie beispielsweise das Torfmoos. Mehrere Moore, die zusammen eine Landschaft prägen, bezeichnet man als eine Moorlandschaft (WSL 2005).</p> <p>Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und gesamtschweizerischer Bedeutung sind seit der Volksabstimmung zur Annahme des „Rothenthurm-Artikels“ von 1987 in der Bundesverfassung Art. 78 zum Natur- und Heimatschutz Abs. 5 geschützt. Es dürfen darin weder Anlagen gebaut noch Bodenveränderungen vorgenommen werden. Ausgenommen sind Einrichtungen, die dem Schutz oder der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung der Moore und Moorlandschaften dienen (NHG, 1966).</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Bundesinventar der Moorlandschaften (BAFU)	
Datensatz:	GR_A01_ml070701_BAFU07.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<div><div>1.</div><div>Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A01_ml070701_BAFU07.shp → OK.</div></div> <div><div>2.</div><div>Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A01_ml070701_BAFU07.shp → Field Calculator → GR_A01_ml070701_BAFU07.shp = 9 → OK. Alle GR, die in einem Moor oder Moorlandschaft vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_A01_ml070701_BAFU07.shp = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Moors oder Moorlandschaft liegen, erhalten den Wert 1.</div></div>		

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A02_HM	<b>Hochmoore und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung</b>	<b>Prioritätsraum</b>
<b>Beschreibung</b>		
<p>Die Bildung eines Hochmoores ist ein sehr langsamer Prozess, der über Jahrhunderte bis Jahrtausende dauert. Durch die Bildung von Torfmoosen und durch die Torfbildung hebt sich die Oberfläche eines Hochmoors über den Grundwasserspiegel (WSL 2005). „Die lebende Vegetationsschicht wird immer weiter in die Höhe geschoben, bis die Pflanzen den Kontakt mit dem Grundwasser verlieren. Weil die Zufuhr von Nährstoffen in intakten Hochmooren nur noch über das Regenwasser und über die Luft erfolgt, gehört dieser Moortyp zu den nährstoffärmsten Lebensräumen Mitteleuropas (Klaus 2007: 17).“</p> <p>Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG, 1966) Artikel 18a Absätze 1 und 3 sind Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung geschützt. In der Hochmoorverordnung (1991), Artikel 4 steht, dass die Objekte ungeschmälert erhalten werden müssen.</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>

vorhanden	9
nicht vorhanden	1

**Daten**

Datengrundlage: Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore (BAFU)

Datensatz: GR\_A02\_hm080721\_BAFU08.shp

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from GR\_XX that intersect the features in this layer GR\_A02\_hm080721\_BAFU08.shp → OK.
2. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR\_A02\_HM → Field Calculator → GR\_A02\_HM = 9 → OK. Alle GR, die in einem Hoch- oder Übergangsmoor vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR\_A02\_HM = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Hoch- und Übergangsmoors sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A03_FM</b>	<b>Flachmoore von nationaler Bedeutung</b>	<b>Prioritätsraum</b>

**Beschreibung**

„Im Gegensatz zu den Hochmooren werden Flachmoore nicht nur durch das Regenwasser nass gehalten, sondern auch durch Grundwasser, Hangwasser oder temporäre Überflutungen. Mit dem mineralhaltigen Wasser gelangen Nährstoffe in das Ökosystem. Dadurch sind Flachmoore etwas nährstoffreicher als die Hochmoore (Klaus 2007).“

Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz (1996) Artikel 18a Absätze 1 und 3 sind Flachmoore von nationaler Bedeutung geschützt. In der Flachmoorverordnung (1994) Artikel 4 steht, dass die Objekte ungeschmälert erhalten werden müssen.

Messskala	Wertskala
vorhanden	9
nicht vorhanden	1

**Daten**

Datengrundlage: Bundesinventar der Flachmoore (BAFU)

Datensatz: GR\_A03\_fm070831\_BAFU07.shp

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from GR\_XX that intersect the features in this layer GR\_A03\_fm070831\_BAFU07.shp → OK.
2. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR\_A03\_FM → Field Calculator → GR\_A03\_FM = 9 → OK. Alle GR, die in einem Flachmoor vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR\_A03\_FM = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Flachmoors sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A04_Auen</b>	<b>Auengebiete von nationaler Bedeutung</b>	<b>Prioritätsraum</b>

**Beschreibung**

Auen sind jene Bereiche von Flüssen und Seen, die periodisch oder episodisch von Wasser überflutet werden. Sie weisen eine grosse Dynamik auf, welche durch Überschwemmungen, Kiesumlagerungen und –ablagerungen sowie Erosionsprozesse gekennzeichnet sind und bilden einen wichtigen Lebensraum für Flora und Fauna.

Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz (1966) Artikel 18a Absätze 1 und 3 sind Auengebiete von nationaler Bedeutung geschützt. Laut Artikel 4 Absatz 2 über den Schutz der Auengebiete von nationaler Bedeutung (1966) ist ein Abweichen vom Schutzziel nur zulässig für unmittelbar standortgebundene Vorhaben, die einem überwiegenden öffentlichen Interesse von ebenfalls nationaler Bedeutung dienen.

Messskala	Wertskala
vorhanden	9
nicht vorhanden	1

**Daten**



Datengrundlage: Bundesinventar der Auengebiete (BAFU)

Datensatz: GR\_A04\_au070701\_BAFU07.shp

Attribut: -

#### Erhebung im GIS

1. Select by Location → select features from GR\_XX that intersect the features in this layer GR\_A04\_au070701\_BAFU07.shp → OK.
2. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR\_ A04\_Auen → Field Calculator → GR\_ A04\_Auen = 9 → OK. Alle GR, die in einem Auengebiet vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR\_ A04\_Auen = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Auengebiets sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A05_ALG</b>	<b>Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung</b>	<b>Prioritätsraum</b>

#### Beschreibung

„Die Amphibien sind die am stärksten gefährdete Tiergruppe der Schweiz: Insgesamt 70 % der einheimischen Arten stehen auf der Roten Liste. Alle in der Schweiz vorkommenden Arten sind mit Ausnahme des Alpensalamanders für ihre Fortpflanzung auf Gewässer angewiesen.“ Das Inventar der Amphibienlaichgebiete umfasst verschiedene Gewässer- und Feuchtgebietstypen wie Tümpel, Weiher, Teiche, Feuchtwiesen, grössere Feuchtgebietskomplexe in Flachmooren, Auen und Grubenbiotope (BAFU 08.01.2010c).

Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG, 1966) Artikel 18a Absätze 1 und 3 sind Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung geschützt. Laut Artikel 7 Absatz 1 der Verordnung über den Schutz der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (AlgV, 2001) ist ein Abweichen vom Schutzziel ortsfester Objekte nur zulässig für standortgebundene Vorhaben, die einem überwiegend öffentlichen Interesse von ebenfalls nationaler Bedeutung dienen.

Messskala	Wertskala
vorhanden	9
nicht vorhanden	1

#### Daten

Datengrundlage: Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete (BAFU)

Datensatz: GR\_A05\_am\_l070701\_BAFU07.shp

Attribut: -

#### Erhebung im GIS

1. Select by Location → select features from GR\_XX that intersect the features in this layer GR\_A05\_am\_l070701\_BAFU07.shp → OK.
2. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR\_ A05\_ALG → Field Calculator → GR\_ A05\_ALG = 9 → OK. Alle GR, die in einem Amphibienlaichgebiet vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR\_ A05\_ALG = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Amphibienlaichgebiets sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A06_WZV</b>	<b>Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung</b>	<b>Prioritätsraum</b>

#### Beschreibung

Jedes Jahr überwintern hunderttausende von Wasser- und Zugvögel in Schweizer Gewässern. Viele dieser Vögel ziehen im Oktober aus den Brutgebieten im Norden und Osteuropas in die Schweiz und verlassen diese im Frühling wieder. In Erkenntnis dieser internationalen Bedeutung hat der Bundesrat 1974 die Ramsarkonvention (Übereinkommen über Gewässer und Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung) unterzeichnet. Damit hat sich die Schweiz verpflichtet entsprechende Schutzmassnahmen zu treffen. 1991 entstand die Wasser- und Zugvogelreservatsverordnung (WZW, 1991), mit welcher Gebiete mit hohen Dichten und grosser Artenvielfalt vor verschiedenen Störungen geschützt werden können (BAFU 08.01.2010b).

Laut Artikel 6 Absatz 1 der Verordnung über die Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung (WZW, 1991) erfordern andere Interessen als die Schutzziele eine Interessensabwägung. Dies kommt laut der *Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich*

*Kleinwasserkraftwerke* des Bundes (BAFU et al. 2011) einem Ausschluss für Kleinwasserkraftwerke gleich.

Messskala	Wertskala
vorhanden	9
nicht vorhanden	1
Daten	
Datengrundlage:	Wasser- und Zugvogelreservate (BAFU)
Datensatz:	GR_A06_wv090617_BAFU09.shp
Attribut:	-
Erhebung im GIS	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A06_wv090617_BAFU09.shp → OK.</li> <li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A06_WZV → Field Calculator → GR_A06_WZV = 9 → OK. Alle GR, die in einem Wasser- und Zugvogelreservat vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_A06_WZV = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb eines Wasser- und Zugvogelreservats sind, erhalten den Wert 1.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A07_Gewäs	Gewässerstrecken von nationaler Bedeutung	Prioritätsraum
<b>Beschreibung</b>		
Für den fischereilichen Artenschutz werden Gewässerstrecken von nationaler Bedeutung ausgeschieden. Diese zeigen auf, wo besondere Anstrengungen für die Lebensraumerhaltung notwendig sind. Folgende Populationen werden dabei berücksichtigt (BAFU 08.01.2010a):		
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung</li><li>▪ Nasenpopulationen von nationaler Bedeutung</li><li>▪ Krebspopulationen von nationaler Bedeutung</li></ul>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Äschen- und Nasenpopulationen (BAFU); Flusskrebspopulationen (CSCF)	
Datensatz:	GR_A07_rolis_flukre_CSCF11.shp, nasenlaichpl_9504.shp, äschen_kernzone_2002.shp, äschen_laichplatz.shp, äschen_larven.shp, äschen_verbreitung.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A07_rolis_flukre_CSCF11.shp → OK. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_N7_Gewäs → Field Calculator → GR_A07_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die eine Flusskrebse enthalten, erhalten den Wert 9.</li><li>2. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer nasenlaichpl_9504.shp → OK. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A07_Gewäs → Field Calculator → GR_A07_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die Nasenlaichplätze enthalten, erhalten den Wert 9.</li><li>3. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer äschen_kernzone_2002.shp → OK. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A07_Gewäs → Field Calculator → GR_A07_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die eine Kernzone der Äschen sind, erhalten den Wert 9.</li><li>4. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer äschen_laichplatz.shp → OK. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A07_Gewäs → Field Calculator → GR_A07_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die einen Laichplatz für Äschen sind, erhalten den Wert 9.</li><li>5. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer, äschen_larven.shp → OK. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A07_Gewäs → Field Calculator → GR_A07_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die Äschen Larven enthalten, erhalten den Wert 9.</li></ol>		

6. Select by Location → select features from GR\_XX that intersect the features in this layer äschen\_verbreitung.shp → OK. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR\_A07\_Gewäs → Field Calculator → GR\_A07\_Gewäs = 9 → OK. Alle GR, die eine Äschenverbreitungsstrecke sind, erhalten den Wert 9.
7. Select by Attributes → Select from GR\_A07\_Gewäs where: GR\_A07\_Gewäs = 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection → Field Calculator → GR\_A07\_Gewäs = 1 → OK. Alle GR, die keine Gewässerstrecke von nationaler Bedeutung sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A08_Fisch	Gewässer mit Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Fischarten	Prioritätsraum
<b>Beschreibung</b>		
In der Komponente <i>vom Aussterben bedrohte (CR)</i> Fischarten finden sich Arten, die entweder <ul style="list-style-type: none"><li>▪ einen sehr starken Rückgang der Bestandessgrößen (&gt;80 %) innerhalb der letzten 10 Jahre oder von drei Generationen zeigen</li><li>▪ oder Arten mit geringerem Rückgang, der jedoch kombiniert ist mit einem fragmentierten Areal und einem kleinen Verbreitungsgebiet oder einem sehr kleinen effektiv besiedelten Gebiet.</li></ul> Insgesamt mussten 6 Arten der einheimischen Fische als vom Aussterben bedroht eingestuft werden. Dies sind die Moorgrundel, Roi du Doubs, Sofie, Savetta, Marmorforelle und Nase (Kirchhofer et al. 2007: 21). Laut der <i>Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke</i> des Bundes (BAFU et al. 2011) erlaubt die Situation der Rote Liste Arten mit dem Status <i>vom Aussterben bedroht</i> keine zusätzliche Beeinträchtigung.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Vorkommen von Marmorforelle, Roi du Doubs, Sofie, Savetta, Moorgrundel, Nase (CSCF)	
Datensatz:	GR_A08_fischcr_xx_CSCF11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A08_fischcr_xx_CSCF11.shp → OK.		
2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A08_Fisch → Field Calculator → GR_A08_Fisch = 9 → OK. Alle GR, die sich mit dem Vorkommen einer Fischart schneiden, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_A08_Fisch = 1 → OK. Alle GR, die keine Fischarten enthalten, erhalten den Wert 1.		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A09_NP</b>	<b>bestehende Nationalpärke</b>	<b>Prioritätsraum</b>
<b>Beschreibung</b>		
Ein Nationalpark ist ein grösseres Gebiet, das der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt unberührte Lebensräume bietet und eine freie Entwicklung von Natur und Landschaft ermöglicht. Er dient auch Erholungssuchenden, der Umweltbildung sowie der wissenschaftlichen Forschung. Es wird zwischen der Kern- und der Umgebungszone unterschieden (BAFU 2010i).		
Ziele für die Kernzone sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ der Schutz der natürlichen Prozesse und Verhinderung von Eingriffen, welche diese Prozesse beeinträchtigen sowie</li> <li>▪ die Koordination und Überwachung der menschlichen Tätigkeiten, die in der Kernzone vorgesehen sind.</li> </ul> Ziele für die Umgebungszone sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ die Erhaltung der Natur- und Landschaftswerte und die Verbesserung der Pufferwirkung der Umgebungszone sowie</li> <li>▪ die Förderung der nachhaltigen Nutzung von natürlichen Ressourcen (nachhaltiger Tourismus, erneuerbare Energien, nachhaltige Mobilität, regionale Produkte)</li> </ul> Der einzige in der Schweiz bestehende Nationalpark ist kein typischer Vertreter seiner Art. Er ist ein striktes		

Naturreservat und basiert nicht auf dem Natur- und Heimatschutzgesetz, sondern ist in einem eigenen Gesetz geregelt – dem Nationalparkgesetz (Toscan 2011: 9).

Gemäss Nationalparkgesetz Artikel 1 (Nationalparkgesetz, 1980) ist der Schweizerische Nationalpark im Engadin und Münstertal im Kanton Graubünden ein Reservat, in dem die Natur vor allen menschlichen Eingriffen geschützt und namentlich die gesamte Tier- und Pflanzenwelt ihrer natürlichen Entwicklung überlassen wird. Es sind nur Eingriffe gestattet, die unmittelbar der Erhaltung des Parks dienen. Gemäss Artikel 17 Abs. 1 Bst. d der Pärkeverordnung (PäV, 2007) ist das Erstellen von Bauten und Anlagen sowie die Vornahme von Bodenveränderungen in der Kernzone ausgeschlossen.

Messskala		Wertskala
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
Datengrundlage		
Datengrundlage:	Schweizerischer Nationalpark (BAFU)	
Datensatz:	GR_A09_nat_park_BAFU01.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A09_nat_park_BAFU01.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A09_NP → Field Calculator → GR_A09_NP = 9 → OK. Alle GR, die im Schweizer Nationalpark vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_A09_NP = 1 → OK. Alle GR, die nicht im Schweizer Nationalpark vorkommen, erhalten den Wert 1.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A10_VAEW</b>	<b>Gemäss der Verordnung über die Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung geschützte Gebiete</b>	<b>Prioritätsraum</b>

#### Beschreibung

Die Verordnung regelt die Ausrichtung von Ausgleichsbeiträgen zur Abgeltung erheblicher Einbussen der Wasserkraftnutzung, die ein Gemeinwesen infolge Erhaltung und Unterschutzstellung einer schützenswerten Landschaft von nationaler Bedeutung erleidet. Als schützenswert gilt dabei eine Landschaft, der nationale Bedeutung im Sinne des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz zukommt (VAEW, 1995: Art. 1&3). Eine Wasserkraftnutzung ist in diesen Gebieten gemäss Gesetz ausgeschlossen (BAFU et al. 2011: 14).

Messskala	Wertskala
vorhanden	9
nicht vorhanden	1
Datengrundlage	
Datengrundlage:	VAEW-Gebiete (BAFU)
Datensatz:	GR_A10_VAEW-Gebiete_BAFU07.shp
Attribut:	-
Erhebung im GIS	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_A10_VAEW → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A10_VAEW → Field Calculator → GR_A10_VAEW = 9 → OK. Alle GR, die in einem VAEW-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_A10_VAEW = 1 → OK. Alle GR, die nicht in einem VAEW-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 1.</li></ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A11_Ökomo</b>	<b>Natürlichkeitsgrad der Ökomorphologie</b>	<b>Gewässermorphologie und Gewässertyp</b>

#### Beschreibung

Wie natürlich ein Gewässer ist, kann mit der ökomorphologischen Kartierung Stufe F (flächendeckend) des Modul-Stufen-Konzepts des Bundes aufgezeigt werden (Hütte und Niederhauser 1998). Dabei wird die Gesamtheit der strukturellen Gegebenheiten im und am Gewässer erfasst. Die Kartierung beinhaltet folgende

Parameter:

- die Sohlenbreite
- Variabilität der Wasserspiegelbreite
- die Verbauung der Sohle
- die Verbauung des Böschungsfusses
- die Breite und Beschaffenheit des Uferbereichs

Die Merkmale werden klassifiziert und führen zu folgenden fünf Ökomorphologie-Wertskalen:

- Klasse 1: natürlich/ naturnah
- Klasse 2: wenig beeinträchtigt
- Klasse 3: stark beeinträchtigt
- Klasse 4: naturfremd / künstlich
- Klasse 5: eingedolt

Messskala	Wertskala
Die Ökomorphologie-Klassen können in umgekehrter Weise direkt übernommen werden. Ein natürlicher Abschnitt erhält den Wert 5, während eingedolte Gewässerabschnitte die kleinste Bewertung erhalten (Wert 1).	
natürlich	5
wenig beeinträchtigt	4
stark beeinträchtigt	3
naturfremd	2
Eingedolt	1

Daten	
Datengrundlage:	Abschnittsklassifizierung aus Ökomorphologie Stufe F (BAFU)
Datensatz:	GR_A11_om_abschnitte_gwl25_BAFU08.shp resp. GR_XX
Attribut:	OEKOMKLASS

Erhebung im GIS	
Die Spalte OEKOMKLASS im Attribute Table GR_XX beinhaltet die ökomorphologische Klassierung bereits. Diese kann wie folgt übernommen werden:	
1. Rechtsklick auf GR_XX → Properties → Definition Query → "OEKOMKLASS" = 1 eingeben → OK.	
2. Rechtsklick auf Spalte GR_A11_Ökomo → Field Calculator → GR_N11_Ökomo = 5 → OK.	
3. Schritte 1-2 wiederholen mit folgenden Werten:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "OEKOMKLASS" = 1 → Wert 5</li> <li>▪ "OEKOMKLASS" = 2 → Wert 4</li> <li>▪ "OEKOMKLASS" = 3 → Wert 3</li> <li>▪ "OEKOMKLASS" = 4 → Wert 2</li> <li>▪ „OEKOMKLASS“ = 5 → Wert 1</li> </ul>	

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A12_Abstü</b>	<b>Durchgängigkeit: künstliche Abstürze</b>	<b>Gewässermorphologie und Gewässertyp</b>

#### Beschreibung

In der Ökomorphologie Stufe F des Bundes ist ein künstlicher Absturz definiert als ein Absturz, bei welchem das Wasser zumindest teilweise senkrecht nach unten stürzt und aus Holz, Beton (Mauerwerk) oder aus Steinblöcken besteht, welche künstlich eingebracht wurden (Hütte & Niederhauser, 1998, S. 24). Dabei werden zur Erhebung der Durchgängigkeitsstörungen alle Abstürze mit einer Höhe von über 20cm aufgenommen. „Durchgängigkeitsstörungen haben einen grossen Einfluss auf die Ausbreitung von Wassertieren im Fliessgewässerlängsverlauf. Viele Fischarten suchen zum Laichen, Überwintern oder zur Nahrungsaufnahme jeweils verschiedene Orte in einem Gewässersystem auf. [...] Hindernisse für aufwärtsgerichtete Bewegungen sind z.B. hohe, senkrechte Abstürze [...].“

Laut *Kriterienkatalog für ökologische Wasserkraftwerke* (WWF Schweiz et al. 2008: 28) bilden bereits Absturzhöhen von 10-20 cm ein unüberwindbares Hindernis für gewisse Fischarten. Aus diesem Grund werden für diese Arbeit alle Abstürze unabhängig ihrer Höhe beurteilt.

Messskala	Wertskala
Unabhängig der Absturzhöhe werden die Anzahl Abstürze pro 100 m Gewässerlänge gezählt. Je mehr Abstürze pro 100 m vorkommen, desto schlechter resultiert die Bewertung.	

kein Absturz pro 100 m	5
>0 bis ≤1 Abstürze pro 100 m	4
>1 bis ≤2 Abstürze pro 100 m	3
>2 bis ≤3 Abstürze pro 100 m	2
>3 Abstürze pro 100 m	1
<b>Daten</b>	
Datengrundlage:	Abstürze aus der Datenbank Ökomorphologie Stufe F des BAFU
Datensatz:	GR_A12_künstlicheAbstürze_BAFU08.shp
Attribut:	-
<b>Erhebung im GIS</b>	
Das Analysis Tool Spatial Join gibt die Anzahl Punkte resp. künstliche Abstürze pro Gewässerraum an.	
<ol style="list-style-type: none"> <li>Das Tool Spatial Join öffnen und folgendermassen ausfüllen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Target Features: GR_XX</li> <li>Join Features: GR_A12_künstlicheAbstürze_BAFU08.shp</li> <li>Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\GR_A12_SpatialJoin</li> <li>Join Operation: JOIN_ONE_TO_ONE</li> <li>Match Options: CONTAINS</li> </ul> </li> <li>r.MaTa auf GR_A12_SpatialJoin → Open Attribute Table → Options → Export → GR_N12_SpatialJoin.txt → OK.</li> <li>GR_N12_SpatialJoin.txt in ein Excel importieren mit Tabstopp und Semikolon getrennt und GR_N12_SpatialJoin_XX.xls nennen. Alle Spalten löschen ausser Objekt_ID und Join_Count.</li> <li>GR_N12_SpatialJoin_XX.xls ins ArcMap laden → r.MaTa auf GR_XX → Joins and Relates → Join: <ul style="list-style-type: none"> <li>What do you want to join to this layer? Join attributes from a table</li> <li>Choose the field in this layer that the join will be based on: Objekt_ID</li> <li>Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: GR_A12_SpatialJoin_XX.xls</li> <li>Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID_1</li> </ul> </li> <li>Attribute Table von GR_XX öffnen → Options → Add Field → GR_A12_Berechnung_XX nennen und float wählen. (ev. Arc Catalog schliessen)</li> <li>r.MaTa auf Spalte GR_A12_Berechnung → Field Calculator → <math>GR\_A12\_Berechnung = 100/[GR\_lu\_Shape\_length] * Join\_Count</math> eingeben. Pro 100 m Gewässerlänge resultiert die Anzahl künstliche Abstürze. Remove Join.</li> <li>Definition Query von GR_XX → Query Builder → <math>GR\_A12\_Berechnung\_XX = 0</math> eingeben</li> <li>r.MaTa auf Spalte GR_A12_Abstü → Field Calculator → <math>GR\_A12\_Abstü = 5</math> eingeben. Nun sind diese Abschnitte berechnet, die pro 100 m keinen künstlichen Absturz haben. Dasselbe soll mit folgenden Formeln für die Schritte 7 und 8 wiederholt werden: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>GR\_A12\_Berechnung\_XX = 0 \rightarrow \text{Wert } 5</math></li> <li><math>GR\_A12\_Berechnung\_XX &gt; 0 \text{ AND } GR\_A12\_Berechnung\_XX \leq 1 \rightarrow \text{Wert } 4</math></li> <li><math>GR\_A12\_Berechnung\_XX &gt; 1 \text{ AND } GR\_A12\_Berechnung\_XX \leq 2 \rightarrow \text{Wert } 3</math></li> <li><math>GR\_A12\_Berechnung\_XX &gt; 2 \text{ AND } GR\_A12\_Berechnung\_XX \leq 3 \rightarrow \text{Wert } 2</math></li> <li><math>GR\_A12\_Berechnung\_XX &gt; 3 \rightarrow \text{Wert } 1</math></li> </ul> </li> <li>Sobald alles berechnet ist, kann die Spalte GR_A12_Berechnung_XX aus dem Attribute Table gelöscht werden.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A13_Gesch</b>	<b>Natürlichkeit des Geschiebehaushalts</b>	<b>Gewässermorphologie und Gewässertyp</b>

**Beschreibung**

Der Geschiebehaushalt beeinflusst die Morphologie und Dynamik eines Gewässers und hat einen grossen Einfluss auf die Gewässerökologie. Bei reduzierter Geschiebeführung können sich Flüsse eintiefen, was technische Bauten gefährdet sowie den Grundwasserspiegel absenkt. Ausserdem kann die Gewässersohle mit Feinmaterial abgedeckt werden (Kolmatierung), wodurch die Laichmöglichkeiten für Fische eingeschränkt werden. Der Geschiebehaushalt wird durch Flussverbauungen, Geschiebesammler und Wasserkraftwerke verändert (BAFU 2007). Ein Bestandteil der ökomorphologischen Kartierung des Bundes ist die Erhebung der Bauwerke in Fliessgewässern (Hütte und Niederhauser 1998: 28ff.). Dabei wurden folgende Bauwerktypen aufgenommen:

Flussverbauungen	Geschiebesammler	Wasserkraftwerke
Talsperren	Geschiebesperren	Stauwehre
Sohlrampen	Seitenentnahmen	Streichwehre
Schleusen		Triolerwehre
Furte		
Brücken		
Durchlässe		
Fischpässe		

**Messskala****Wertskala**

Unabhängig der Bauwerksart werden die Anzahl Bauwerke pro 100 m Gewässerlänge gezählt. Umso mehr Bauwerke pro 100 m vorkommen, umso schlechter resultiert die Bewertung.

kein Bauwerk pro 100 m	5
>0 bis ≤1 Bauwerke pro 100 m	4
>1 bis ≤2 Bauwerke pro 100 m	3
>2 bis ≤3 Bauwerke pro 100 m	2
>3 Bauwerke pro 100 m	1

**Daten**

Datengrundlage: Bauwerke aus der Datenbank Ökomorphologie Stufe F des BAFU

Datensatz: GR\_A13\_om\_bauwerke\_gwl25\_BAFU08.shp

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

Das Analysis Tool Spatial Join gibt die Anzahl Punkte resp. Bauwerke pro Gewässerraum an.

- Das Tool Spatial Join öffnen und folgendermassen ausfüllen:
  - Target Features: GR\_XX
  - Join Features: GR\_A13\_om\_bauwerke\_gwl25\_BAFU08.shp
  - Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\GR\_A13\_SpatialJoin\_XX
  - Join Operation: JOIN\_ONE\_TO\_ONE
  - Match Options: CONTAINS
- r.MaTa auf GR\_A13\_SpatialJoin\_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → GR\_A13\_SpatialJoin.txt → OK.
- GR\_A13\_SpatialJoin\_XX.txt in ein Excel importieren mit Tabstopp und Semikolon getrennt und GR\_A13\_SpatialJoin\_XX.xls nennen. Alle Spalten löschen ausser OBJECTID\_1 und Join\_Count.
- GR\_A13\_SpatialJoin\_XX.xls ins ArcMap laden → r.MaTa auf GR\_XX → Joins and Relates → Join:
  - What do you want to join to this layer? Join attributes from a table
  - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID\_1
  - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: GR\_A13\_SpatialJoin\_XX.xls
  - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID\_1
- Attribute Table von GR\_XX öffnen → Options → Add Field → GR\_A13\_Berechnung\_XX nennen und float wählen.
- r.MaTa auf Spalte GR\_A13\_Berechnung\_XX → Field Calculator →  $GR\_A13\_Berechnung = 100/[GR\_XX.Shape\_Length] * Join\_Count$  eingeben. Pro 100 m Gewässerlänge resultiert die Anzahl Bauwerke.
- Definition Query von GR\_XX → Query Builder →  $GR\_A13\_Berechnung\_XX = 0$  eingeben
- r.MaTa auf Spalte GR\_A13\_Gesch → Field Calculator →  $GR\_A13\_Gesch = 5$  eingeben. Nun sind diese Abschnitte berechnet, die pro 100 m kein Bauwerk haben. Dasselbe soll mit folgenden Formeln für die Schritte 7 und 8 wiederholt werden:
  - $GR\_A13\_Berechnung\_XX = 0 \rightarrow \text{Wert } 5$
  - $GR\_A13\_Berechnung\_XX > 0 \text{ AND } GR\_A12\_Berechnung\_XX \leq 1 \rightarrow \text{Wert } 4$
  - $GR\_A13\_Berechnung\_XX > 1 \text{ AND } GR\_A12\_Berechnung\_XX \leq 2 \rightarrow \text{Wert } 3$
  - $GR\_N13\_Berechnung\_XX > 2 \text{ AND } GR\_N12\_Berechnung\_XX \leq 3 \rightarrow \text{Wert } 2$
  - $GR\_N13\_Berechnung\_XX > 3 \rightarrow \text{Wert } 1$
- Sobald alles berechnet ist, kann die Spalte GR\_A13\_Berechnung\_XX aus dem Attribute Table gelöscht werden.



Abk.	Indikator	Komponente
GR_A14_Einzi	Einzigartigkeit/Seltenheit eines Gewässers	Gewässermorphologie und Gewässertyp
<b>Beschreibung</b>		
<p>Eine Auswahl an einzigartigen und wertvollen Fließgewässern im Kanton Bern veröffentlichte das kantonale Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern im Jahr 2009 (v. Känel 2009). Die Auswahl setzt sich aus folgenden Parametern zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Geografische Region (Alpen West und Ost, Voralpen Wert und Ost, Napf, Mittelland, Seeland, Oberraargau, Berner Jura)</li><li>▪ Fließgewässertyp (Gletscherbach mit glazialer Abfolge, Gletscherbach mit glazialer Abfolge und Schwemmebene, Gebirgsbach, Wasserfall, Quellbach, Moorbach, grundwassergespiesener Bach und Bach mit natürlichen Versickerungsstrecken)</li><li>▪ Bundesinventare und kantonale Naturschutzgebiete (BLN, Moorlandschaften und Auengebiete)</li></ul> <p>Daraus resultiert eine dreistufige Einteilung ausgewählter Fließgewässer in schweizweit einzigartig, herausragend für den Kanton Bern und intakte Fließgewässerobjekte von regions- und gewässertypischer Ausprägung.</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Fließgewässer, die einzigartig und wertvoll sind, sind ökologisch sehr wertvoll. Sie erhalten die Wertskala 5.		
schweizweit einzigartiges, kantonal hervorragendes oder regional bedeutendes Fließgewässerobjekt		5
kein einzigartiges oder seltenes Fließgewässerobjekt		1
<b>Datengrundlage</b>		
Datengrundlage:	Auswahl von einzigartigen und wertvollen bernischen Fließgewässerobjekten (v. Känel 2009)	
Datensatz:	GR_A13_om_bauwerke_gwl25_BAFU08.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<p>In der Dokumentation <i>Auswahl von einzigartigen und wertvollen bernischen Fließgewässerobjekten</i> von Angela von Känel 2009 nachschauen, ob ein GR zu dieser Auswahl gehört. Falls das zu untersuchende Gewässer aufgeführt wird, diese GR von Hand markieren und den Wert 5 im Attribute Table unter der Spalte GR_A14_Einzi eingeben. Für alle anderen GR wird der Wert 1 wie folgt erhoben:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Attributes:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Layer: GR_XX</li><li>▪ Select from GR_XX where "GR_A14_Einzi" = 5</li></ul></li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Options → Switch Selection → r.Ma.Ta. auf Spalte GR_A14_Einzi → Field Calculator → GR_A14_Einzi = 1 eingeben → OK.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A15_Renat</b>	<b>bestehende und geplante Renaturierungen und Revitalisierungen</b>	<b>Gewässermorphologie und Gewässertyp</b>

**Beschreibung**

Das angepasste Gewässerschutzgesetz, das per 1. Januar 2011 in Kraft gesetzt wurde, verpflichtet die Kantone zur strategischen Planung und zur Umsetzung von Revitalisierungen. Dadurch sollen naturnahe Fließgewässer und Seeufer langfristig erhalten und wiederhergestellt werden (BAFU 24.06.2010).

Im Kanton Bern werden Renaturierungen und Revitalisierungen von Gewässern mit dem Renaturierungsfonds (RenF) des Fischereiinspektorats finanziell unterstützt. Laut Artikel 36a des Wassernutzungsgesetzes (WNG, 1997) und Artikel 1, Absatz 2 des Renaturierungsdekrets (RenD, 1999) können folgende Vorhaben, die für diese Arbeit von Interesse sind, unterstützt werden:

- naturnahe bauliche und gestalterische Massnahmen in und an Gewässern (Flusslauf, Sohle, Ufer, Strömungsvielfalt, Geschiebedynamik, Beseitigung von Hartverbau, Aufweitungen usw.);
- vorzeitige Sanierungen;
- Auenrevitalisierung;
- Ausdolungen im Sinne einer vorzeitigen Sanierung;
- Massnahmen zur Wiederherstellung der Fischwanderung, zur Schaffung von Laichplätzen sowie von



Refugien (z.B. durch Blockrampen, Fischpässe, Umgehungsgerinne, Kiesschüttungen, Gewässeraufwertungen, Tümpel und Weiher);

- der Schutz, die Erhaltung und Aufwertung von Landschaften, die von der Wasserkraftnutzung beeinträchtigt sind;
- Wiederherstellungsmassnahmen an renaturierten Objekten (z.B. nach Elementarschäden);
- der Erwerb von dinglichen Rechten (Grundeigentum, Fischereirechte, Dienstbarkeiten u.a.) im Zusammenhang mit Renaturierungen (für Neuanlagen, Ausweitungen, Realersatz usw.);
- zusätzliche ökologische Aufwertungen im Rahmen von Hochwasserschutzprojekten und Bodenverbesserungen.

Das Fischereiinspektorat des Kantons Bern stellt Daten, zu den im Rahmen des RenF unterstützten Projekte, für diese Arbeit zur Verfügung.

Messskala	Wertskala
-----------	-----------

Gewässerstrecken, die renaturiert oder revitalisiert wurden, haben einen hohen ökologischen Wert. Sind Renaturierungen und Revitalisierungen vorhanden, so erhält dieser Gewässerabschnitt den Wert 5.

vorhanden	5
nicht vorhanden	1

Daten
-------

Datengrundlage: Fischaufstieg, Gerinnerevitalisierung, Ausdolung, Uferstrukturierung, Geschiebehaushalt, neue Gewässer, Rückbau von Ufermauern, Auenrevitalisierung, aufgelöste Blockrampe, Gerinneaufweitung (FI, Kanton Bern)

Datensatz: GR\_A15\_110531\_ANATObjekt\_1-8,16-17,exkl.abgelehnt\_Anf\_Fi10.shp,  
GR\_A15\_110531\_ANATObjekt\_1-8,16-17,exkl.abgelehnt\_End\_Fi10.shp

Attribut: -

Erhebung im GIS
-----------------

Vom Fischereiinspektorat des Kantons Bern sind die Renaturierungsprojekte mittels Anfangs- und Endpunkten erfasst. Beide Datensätze sollen ins ArcMap geladen werden und folgender erster Schritt durchgeführt werden:

1. Rechtsklick auf den Datensatz → Properties → Labels:
  - Label features in this layer: ein Häkchen setzen
  - Label Field: ANATOBJEKT wählen → OK

Auf diesen Weg werden alle Anfangs- und Endpunkte mit ihrer Objekt Nummer (ANATOBJEKT) gekennzeichnet.

2. Alle GR, die zwischen zwei gleichen Objekt Nummern liegen oder sich mit einem Objekt schneiden markieren → Im Attribute Table den Wert 5 eingeben. Alle anderen GR, die kein Objekt enthalten, bekommen den Wert 1:
3. Select by Attributes:
  - Layer: GR\_XX
  - Select from GR\_XX where "GR\_A15\_Renat" = 5
4. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Options → Switch Selection  
r.MaTa auf Spalte GR\_A15\_Renat → Field Calculator → GR\_A15\_Renat = 1 eingeben → OK.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A16_Verdü</b>	<b>Verdünnungsverhältnisse bei Abwasserreinigungsanlage (ARA)-Einleitungen</b>	<b>Wasserqualität</b>

**Beschreibung**

Der chemische Gewässerzustand ist für die in den Gewässern vorkommenden Arten bestimmend. Für den Zustand der Fließgewässer spielt die Belastung durch Abwasser eine wichtige Rolle (Liechti 2010: 7).

Das Verdünnungsverhältnis bei der Einleitung von Abwasserreinigungsanlagen ist der prozentuale Anteil des gereinigten Wassers an der Gesamtabflussmenge (=  $Q_{347}$  plus gereinigtes ARA-Wasser), d.h. je kleiner das Verhältnis ist, desto schlechter ist die Wasserqualität (Keusen 15.09.2009).

Die Erfassung der Wasserqualität kann stark limitiert werden durch die geringe räumliche und zeitliche Auflösung der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen. Aus diesem Grund wird für diesen Indikator die Annahme getroffen, dass die Wasserqualität des letzten Messpunktes für alle obliegenden Gewässer gültig ist. Es werden die aktuellsten zur Verfügung stehenden Messwerte verwendet.

Messskala	Wertskala
-----------	-----------

Die Komponenten der Verdünnungsverhältnisse (<25 %, 25-50 %, >50 %) wurden vom Verband Schweizer

## 8 Anhang

Abwasser- und Gewässerschutzfachleute von (Keusen 15.09.2009) vom BAFU übernommen und können für diese Arbeit verwendet werden.

<25 %	5
25-50 %	3
>50 %	1
<b>Daten</b>	
Datengrundlage:	Abwasserreinigungsanlage (BAFU)
Datensatz:	GR_A16_ARA_BAFU09.shp
Attribut:	ProzAbwass
<b>Erhebung im GIS</b>	
Die Verdünnungsverhältnisse an einem Messpunkt gelten für alle flussabwärts liegenden Gewässerabschnitte bis zur nächsten Messung. Gewässerabschnitte oberhalb der letzten Messung erhalten den Wert 5. Von Hand alle selektieren und mit dem Identify button die Werte aus dem Identify Table der Punktmessungen in GR_A16_ARA_BAFU09 ablesen. Mittels Calculate Field den entsprechenden Wert eingeben. Am besten beginnt man mit den obersten Messungen und arbeitet flussabwärts.	

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A17_PO4	Orthophosphat PO <sub>4</sub> -P	Wasserqualität
<b>Beschreibung</b>		
Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff für Wasserorganismen. Weil er natürlicherweise nur in sehr geringen Mengen vorkommt, bildet er den limitierenden Faktor beim Pflanzenwachstum. Durch den Eintrag aus anthropogenen Quellen kann es zu Algenblüten und damit verbundenen Sauerstoffzehrungen im Wasser kommen. Das Orthophosphat ist die für die Pflanzen physiologisch direkt wirksame Phosphorkomponente und ein guter Indikator für die anthropogene Belastung eines Gewässers (Liechti 2010: 20f.).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Im Modul-Stufen-Konzept wird eine Einteilung in fünf Zustandsklassen in Anlehnung an die EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23. Oktober 2000 vorgenommen. Diese kann für diese Arbeit direkt übernommen werden (Liechti 2010: 17f.). Angaben in mg P/l:		
sehr gut: <0.02		5
gut: 0.02 bis <0.04		4
mässig: 0.04 bis <0.06		3
unbefriedigend: 0.06 bis <0.08		2
schlecht: ≥0.08		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	QUALIOG_MESS.shp (2004/05)	
Attribut:	URL_MSK	
<b>Erhebung im GIS</b>		
Messwerte an einem Messpunkt gelten für alle obliegenden Gewässerabschnitte bis zur nächsten Messung. Von Hand alle selektieren und mit dem Identify button die Werte aus dem Identify Table der Punktdaten in QUALIOG_MESS ablesen. Mittels Calculate Field den entsprechenden Wert eingeben. Am besten beginnt man mit den obersten Messungen und arbeitet flussabwärts.		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A18_NO3</b>	<b>Nitrat NO<sub>3</sub></b>	<b>Wasserqualität</b>
<b>Beschreibung</b>		
Auch Stickstoff ist ein wichtiger Nährstoff für Wasserorganismen und wird von den Pflanzen, insbesondere über Nitrat, aufgenommen. Erhöhte Nitratgehalte lassen auf Auswaschungen von landwirtschaftlich genutzten Flächen und auf die Einleitung von Abwässern schliessen (Liechti 2010 #593): 21).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Im Modul-Stufen-Konzept wird eine Einteilung in fünf Zustandsklassen in Anlehnung an die EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23. Oktober 2000 vorgenommen. Diese kann für diese Arbeit direkt		

übernommen werden (Liechti 2010: 18). Angaben in mg N/l:

sehr gut: <1.5	5
gut: 1.5 bis <5.6	4
mässig: 5.6 bis <8.4	3
unbefriedigend: 8.4 bis <11.2	2
schlecht: ≥11.2	1

#### Daten

Datengrundlage: Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)  
 Datensatz: QUALILOG\_MESS.shp (2004/05)  
 Attribut: URL\_MSK

#### Erhebung im GIS

Messwerte an einem Messpunkt gelten für alle obliegenden Gewässerabschnitte bis zur nächsten Messung. Von Hand alle selektieren und mit dem Identify button die Werte aus dem Identify Table der Punktdaten in QUALILOG\_MESS ablesen. Mittels Calculate Field den entsprechenden Wert eingeben. Am besten beginnt man mit den obersten Messungen und arbeitet flussabwärts.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_A19_NH4</b>	<b>Ammonium NH<sub>4</sub></b>	<b>Wasserqualität</b>

#### Beschreibung

Ammoniumkonzentrationen geben Aufschluss über die Belastung eines Gewässers durch kommunale Abwässer und Einträge aus der Landwirtschaft ((Liechti 2010: 22).

#### Messskala

#### Wertskala

Im Modul-Stufen-Konzept wird eine Einteilung in fünf Zustandsklassen in Anlehnung an die EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23. Oktober 2000 vorgenommen. Diese kann für diese Arbeit direkt übernommen werden (Liechti 2010: 19). Angaben in mg N/l bei über 10°C (Achtung! Andere Klassierung bei <10°C):

sehr gut: <0.04	5
gut: 0.04 bis <0.2	4
mässig: 0.2 bis <0.3	3
unbefriedigend: 0.3 bis <0.4	2
schlecht: ≥0.4	1

#### Daten

Datengrundlage: Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)  
 Datensatz: QUALILOG\_MESS.shp (2004/05)  
 Attribut: URL\_MSK

#### Erhebung im GIS

Messwerte an einem Messpunkt gelten für alle obliegenden Gewässerabschnitte bis zur nächsten Messung. Von Hand alle selektieren und mit dem Identify button die Werte aus dem Identify Table der Punktdaten in QUALILOG\_MESS ablesen (jeweils Beurteilung gemäss Modul-Stufen-Kzpt. (Farbe) berücksichtigen). Mittels Calculate Field den entsprechenden Wert eingeben. Am besten beginnt man mit den obersten Messungen und arbeitet flussabwärts.

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A20_DOC	Gelöster Organischer Kohlenstoff DOC	Wasserqualität
<b>Beschreibung</b>		
Der gelöste organische Kohlenstoff (DOC = dissolved organic carbon) kann ein Indikator für die zivilisatorische Belastung eines Gewässers sein. Der DOC setzt sich aus einem natürlichen Vorkommen durch den Abbau von organischem Material und der Auswaschung aus Böden und einem Anteil aus anthropogenen Quellen zusammen. Geringe Anteile der kleineren anthropogenen Fraktion reichen aus für einen zunehmenden Bewuchs mit einem Abwasserpilz (Sphaerotilus) (Liechti 2010: 24).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Im Modul-Stufen-Konzept wird eine Einteilung in fünf Zustandsklassen in Anlehnung an die EU-Wasser-Rahmenrichtlinie (2000/60/EG) vom 23. Oktober 2000 vorgenommen. Diese kann für diese Arbeit direkt übernommen werden (Liechti 2010: 19). Angaben in mg C/l:		
sehr gut: <2.0		5
gut: 2.0 bis <4.0		4
mässig: 4.0 bis <6.0		3
unbefriedigend: 6.0 bis <8.0		2
schlecht: ≥8.0		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Qualität der Oberflächengewässer (AWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	QUALIOG_MESS.shp (2004/05)	
Attribut:	URL_MSK	
<b>Erhebung im GIS</b>		
Messwerte an einem Messpunkt gelten für alle obliegenden Gewässerabschnitte bis zur nächsten Messung. Von Hand alle selektieren und mit dem Identify button die Werte aus dem Identify Table der Punktdaten in QUALIOG_MESS ablesen. Mittels Calculate Field den entsprechenden Wert eingeben. Am besten beginnt man mit den obersten Messungen und arbeitet flussabwärts.		

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A21_WaFüh	Veränderungen der Wasserführung durch Wasserkraft-nutzung	Wasserführung
<b>Beschreibung</b>		
Unter Schwall versteht man den künstlich erhöhten Abfluss in einem Fliessgewässer während des Turbinierbetriebs eines obliegenden Wasserkraftwerks. Zu Zeiten geringen Strombedarfs, wird weniger Wasser abgelassen. Es kommt zu einer Niedrigwasserphase, auch Sunk genannt (Baumann und Klaus 2003: 21). Tägliche Schwall-Sunk-Betriebe kommen natürlicherweise nicht vor. Aus diesem Grund gibt es auch keine Lebewesen, die an diese hydrologischen Verhältnisse angepasst sind (WWF Schweiz et al. 2008: 42). Laut der Schweizerischen Fischereiberatungsstelle (Haertel-Borer 2005: 4ff.) sind Schwall-Wirkungen bis über 20km nachgewiesen, wobei in der Schweiz erst die Seen die zufließenden Schwälle ausgleichen können. „Häufig beobachtete Auswirkungen, die störend auf die aquatische Pflanzen- und Tierwelt wirken, sind: Plötzliche Veränderung von Abflussmenge, Wassertemperatur, benetzter Gewässerbreite, Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit; dadurch bedingt plötzliche Veränderung des Lebensraumangebots u.a. für Fische und wirbellose Bodentiere [...]; Abdriften von Tieren und Pflanzen bei Abflussanstieg und Stranden bei Abflussrückgang. Bei den Fischen sind vor allem Fischbrut und Jungfische betroffen [...]; Häufig Verminderung von Individuendichte und Biomasse sowie Veränderung der Artenzusammensetzung des Bodentier- und Fischbestandes; häufig Abnahme der Artenvielfalt. [...] Entstehung von verödeten «Wasserwechselzonen» [...]; Aufwirbelung von Feinsedimenten durch Schwälle und Ablagerung in Sunkzeiten. [...] Beeinträchtigung der natürlichen Fortpflanzung bei Fischen. [...]“ Der WWF Schweiz (WWF Schweiz 2010: 6ff.) geht davon aus, dass ein Kleinwasserkraftwerk, das weniger als 1000m von einem Schutzgebiet entfernt ist, ökologisch ungeeignet ist. Folglich kann ein Kleinwasserkraftwerk mindestens 1000 m flussauf- und -abwärts einen negativen Einfluss auf die Gewässerökologie haben.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Angaben zu den Einflussbereichen von Speicher- und Flusskraftwerken von ((Haertel-Borer 2005), vom (WWF Schweiz 2010) sowie von (Casanova 21.02.2012) werden in dieser Arbeit folgendermassen bewertet:		

Keine Veränderungen durch Wasserkraftnutzung	5
1 Flusskraft-/Umleitwerk etc. innerhalb 1000 m des oberliegenden Gewässers vorhanden	2
≥ Flusskraft/Umleitwerke etc. innerhalb 1'000 m des oberliegenden Gewässers vorhanden oder/und ein Speicherkraft-/Pumpwerk innerhalb 20km des oberliegenden Gewässers oder bis zum nächsten See vorhanden	1
<b>Daten</b>	
Datengrundlage:	Speicherkraftwerke, Flusskraftwerke (AWA, Kanton Bern)
Datensatz:	GR_A21_WWO_AWA10.shp und GR_A21_WWO_XY_AWA10.shp
Attribut:	GR_A21_Art
<b>Erhebung im GIS</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. GR_A21_WWO_AWA10 und GR_A21_WWO_XY_AWA10 → Definition Query → GR_A21_Art = 2 (2 steht für Flusskraftwerke) eingeben. Es werden nur noch diese Punkte dargestellt, die für ein Flusskraftwerk stehen.</li> <li>2. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the feature in the layer GR_A21_WWO_AWA10.</li> <li>3. Select by Location → Add to currently selected features in GR_XX that intersect the feature in the layer GR_A21_WWO_XY_AWA10. Nun sind diese GR markiert, die Flusskraftwerke enthalten. ACHTUNG: Unbedingt überprüfen, ob Auswahl alle Kraftwerke enthält! Möglicherweise liegt der Punkt eines KW nur knapp neben dem GR; diese KW müssten allerdings ebenfalls erfasst werden → von Hand auswählen!</li> <li>4. Die Distanzen der Flusskraftwerke von 1'000 m flussabwärts werden von Hand mit dem Tool measure abgemessen. Alle GR die innerhalb der Distanz liegen, erhalten die Wertskala entsprechend der Wertskalaneinteilung.</li> <li>5. Schritte 1-4 für Speicherkraftwerke (GR_A21_Art = 1) wiederholen.</li> <li>6. Beide Query Builder löschen. Select by Attributes → Layer GR_XX, SELECT FROM GR_XX WHERE: GR_A21_SwaSu = 2 OR GR_A21_SwaSu = 1. Alle GR, die durch Wasserkraft beeinflusst werden sind ausgewählt. Open Attribute table von GR_XX → Option → Switch Selection. Spalte GR_A21_SwaSu → r.MaTa → Field Calculator: GR_A21_SwaSu = 5. Alle GR ohne Nutzungseinfluss erhalten den Wert 5.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
GR_A22_Restw	Restwasserstrecken	Wasserführung
<b>Beschreibung</b>		
Unter einer Restwassermenge wird nach Gewässerschutzgesetz Art. 4 Bst. k (GschG, 1991) die Abflussmenge eines Fliessgewässers, die nach einer oder mehreren Entnahmen von Wasser verbleibt, verstanden. Mindestrestwassermengen sind in Art. 31 Abs. 1 und 2 geregelt. Sie sind notwendig, um die vielfältigen Funktionen der Gewässer zu erhalten, wie beispielsweise Lebensraum für Tiere und Pflanzen, Landschaftselement, Speisung von Grundwasser oder Abbau von Schadstoffen. „Die Restwasservorschriften bilden einen Kompromiss zwischen Wassernutzern und Gewässerschützern (BAFU 2009a).“		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
keine Restwasserstrecke		5
Restwasserstrecke		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Restwasserstrecken (AWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	GR_A22_Restwasserstrecken_AWA10.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the feature in the layer GR_A22_Restwasserstrecken_AWA10.</li><li>2. Dabei werden auch die Zuflüsse markiert, welche sich mit den Restwasserstrecken schneiden, aber keine Restwasserstrecken sind. Deshalb diese von Hand abwählen (unselect).</li><li>3. Attribute Table GR_XX öffnen → Show Selected → r.MaTa auf die Spalte GR_A22_Restw → Field Calculator → GR_A22_Restw = 1 → ok. Alle Restwasserstrecken erhalten den Wert 1.</li><li>4. Attribute Table → Options → Switch Selection → r.MaTa auf die Spalte GR_XX → Field Calculator → GR_A22_Restw = 5 → ok. Alle GR ohne Restwasser erhalten den Wert 5.</li></ol>		

# TYP B

## KULTURELLE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN

Abk.	Indikator	Komponente
GR_B01_NaEPa	Naturerlebnispark	Prioritätsraum
Beschreibung		
<p>Ein Naturerlebnispark ist ein Gebiet, das in einer dicht besiedelten Region liegt mit dem Ziel die Bevölkerung für ökologische Besonderheiten des Parks zu sensibilisieren und praxisbezogene Umweltbildung zu ermöglichen. Er besteht aus zwei Zonen: der Kernzone und der Umgebungszone. In der Kernzone hat der Schutz natürlicher Prozesse Vorrang und schädliche Eingriffe durch den Menschen werden verhindert. Die Erholungsnutzung wird koordiniert und überwacht. In der Umgebungszone werden Naturerlebnisse für die Bevölkerung ermöglicht. Ausserdem dient sie als Puffer zum Schutz der Kernzone vor intensiv genutzten Gebieten ausserhalb des Parks (BAFU 2010d).</p> <p>Gemäss der <i>Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke</i> des Bundes (BAFU et al. 2011: 14) ist laut Art. 23 Abs. 1 Bst. c der Verordnung über die Pärke von nationaler Bedeutung (PäV, 2007) ist eine Wasserkraftnutzung in einem Naturerlebnispark ausgeschlossen.</p>		
Messskala		Wertskala
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
Daten		
Datengrundlage:	Naturerlebnispärke (BAFU)	
Datensatz:	GR_B01_Naturerlebnispark_BAFU11.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_B01_NaEPa → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_B01_NaEPa → Field Calculator → GR_ B01_NaEPa = 9 → OK. Alle GR, die im Naturerlebnispark vorkommen, erhalten den Wert 9.</li><li>3. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_ B01_NaEPa = 1 → OK. Alle GR, die ausserhalb des Naturerlebnisparks sind, erhalten den Wert 1.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>GR_B02_Errei</b>	<b>Erreichbarkeit &amp; Einsehbarkeit: Wegnetzdicke (WnD) von Wegen, Strassen und öffentlichen Verkehrslinien pro Gewässerraum [<math>m/m^2 * 100</math>]</b>	<b>Erschliessung</b>
<b>Beschreibung</b>		
Bei den Indikatoren des Funktionstyps B ist es zentral, ob ein Gewässerraum von der erholungssuchenden Bevölkerung erlebt werden kann oder nicht. Ist ein Gewässerraum erschlossen, so ist er mit Wander- oder Velowegen, Strassen oder öffentlichen Verkehrslinien erreichbar. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass erreichbare Gewässerräume auch einsehbar sind und somit erlebt werden können, egal ob der Gewässerraum zu einem Aufenthalt einladend wirkt oder nicht.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Qualität der Erreichbarkeit und Einsehbarkeit wird über die Wegnetzdicke pro Gewässerraum erhoben. Je mehr Wege, Strassen und öffentliche Verkehrslinien im Gewässerraum vorkommen, desto grösser ist die Wegnetzdicke und ein umso grösserer kultureller Wert (Wert 5) weist der Gewässerraum auf. Angaben in WnD = $m/m^2 * 100$ :		
sehr gut erreichbar und einsehbar: WnD >2		5
gut erreichbar und einsehbar: WnD ≤2 und > 15		4
durchschnittlich gut erreichbar und einsehbar: WnD ≤1.5 und >1		3
schlecht erreichbar und einsehbar: WnD ≤1 und >0.5		2

sehr schlecht oder nicht erreichbar und einsehbar: WnD  $\leq 0.5$ 

1

**Daten**

Datengrundlage: Strassennetz, Wanderroutennetz, Routennetz Velowandern (Tiefbauamt (TBA), Kanton Bern); Tramlinien, Ortverkehrslinien, Buslinien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (Amt für öffentlichen Verkehr (AOEV), Kanton Bern)

Datensatz: GR\_B02\_WegeStrassenöffVerkehrslinien\_AGI0609.shp

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Identity (Analysis Tool) öffnen und folgendermassen ausfüllen
  - Input Features: GR\_B02\_WegeStrassenöffVerkehrslinien\_AGI0609
  - Identity Features: GR\_XX
  - Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\GR\_B02\_Identity
  - JoinAttributes: ALL
2. r.MaTa auf GR\_B2\_Identity\_XX → Open Attribute Table → Options → Export → GR\_B02\_Identity\_XX.txt → OK.
3. GR\_B02\_Identity\_XX.txt mit Tabstopp und Semikolon getrennt in ein Excel importieren, alle Spalten löschen ausser OBJECTID und Shape\_Length und als GR\_B02\_Identity\_XX.xls abspeichern.
4. Im Excel diese Zeilen löschen, die keine OBJECTID haben oder eine OBJECTID von -1 aufweisen. Mittels Pivot Tabelle alle Shape\_Length summieren, die die gleiche OBJECTID haben. Berechnung so vorbereiten, dass sie ins GIS importiert werden können. ACHTUNG: Keine Lücken im Header der Spalten!
5. Excel Tabelle ins Arc Map laden. r.MaTa auf GR\_XX → Joins and Relates → Join → über die Spalte OBJECTID folgendermassen verbinden:
  - What do you want to join to this layer? Join attributes from a table
  - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
  - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: GR\_B02\_Identity\_XX
  - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
6. Attribute Table von GR\_XX öffnen → Options → Add Field → Name GR\_B02\_Berechnung und Float wählen → OK. r.MaTa auf die Spalte GR\_B02\_Berechnung → Field Calculator →  $GR\_B02\_Berechnung = GR\_B02\_Identity\_XX\_Sum\$\_Summe\_Schape\_Length/Shape\_Area*100$  eingeben.
7. r.MaTa auf GR\_XX → Properties → Definition Query → Query Builder → GR\_B02\_Berechnung >2 eingeben → r.MaTa auf Spalte GR\_B02\_Errei → Field Calculator →  $GR\_B02\_Errei = 5$  eingeben. Schritt 7 für alle Werte mit folgenden Formeln wiederholen:
  - $GR\_B02\_Berechnung > 2 \rightarrow \text{Wert } 5$
  - $GR\_B02\_Berechnung \leq 2 \text{ AND } GR\_B02\_Berechnung > 1.5 \rightarrow \text{Wert } 4$
  - $GR\_B02\_Berechnung \leq 1.5 \text{ AND } GR\_B02\_Berechnung > 1 \rightarrow \text{Wert } 3$
  - $GR\_B02\_Berechnung \leq 1 \text{ AND } GR\_B02\_Berechnung > 0.5 \rightarrow \text{Wert } 2$
  - $GR\_B02\_Berechnung \leq 0.5 \rightarrow \text{Wert } 1$
  - $GR\_B02\_Berechnung \text{ IS NULL} \rightarrow \text{Wert } 1$
8. Spalte GR\_B02\_Berechnung löschen.

Abk.	Indikator	Komponente
GR_B03_Erleb	<b>Wasserfälle, Bademöglichkeiten und/oder weitere landschaftsästhetische Besonderheiten</b>	<b>Erlebnisharakter</b>

**Beschreibung**

Der Erlebnisharakter eines Gewässerraums kann, wie dies Baumgartner (Baumgartner 2010: 21) formuliert hat, mit der vermittelten Stimmung der Landschaft, der Vielfalt oder Einheit der prägenden Elemente und Strukturen, Geräusch- und Klangkulisse, die die Landschaft bietet und mit typischen Gerüchen, erfasst werden. Da es noch keine Geodaten gibt, die diese Eindrücke umfassen, reduziert sich die Erhebung auf den Geodatenatz der Wasserfälle. Bademöglichkeiten werden aus dem GoogleEarth oder von Orthobildern abgeleitet. Ist eine Kiesbank gut ersichtlich, so wird davon ausgegangen, dass man dort eine gute Möglichkeit zum Baden hat. Die Komponente kann mit weiteren landschaftsästhetischen Besonderheiten ergänzt werden, wie beispielsweise Schluchten, verwilderte Flussabschnitte, einzigartige Felsformationen, naturhistorische Relikte (bspw. Gletschermühlen/-töpfe, Versteinerungen,...), geologische Formationen (bspw. Kalkausfällungen, Tuffvorkommen, Tropfsteinhöhlen, ...), spirituelle Örtlichkeiten, etc.



Messskala	Wertskala
vorhanden	5
nicht vorhanden	1
Daten	
Datengrundlage:	Wasserfälle (AGI, Kanton Bern); Google Earth oder Orthobilder
Datensatz:	GR_B03_Wasserfall_AGI11.shp
Attribut:	-
Erhebung im GIS	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_B03_Wasserfall_AGI11.shp → OK. ACHTUNG: Ev. liegt der Punkt nicht direkt im GR → kontrollieren und Ungenauigkeiten von Hand korrigieren.</li> <li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_B03_Erleb → Field Calculator → GR_B03_Erleb = 5 → OK. Diese GR, in denen ein Wasserfall vorkommt, erhalten den Wert 5. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_B03_Erleb = 1 → OK. Alle GR, in denen keine Wasserfälle sind, erhalten den Wert 1.</li> <li>3. Bademöglichkeiten, landschaftsästhetische Besonderheiten von Hand eintragen.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
GR_B04_Angel	Angelfischerei	Freizeit und Sport
<b>Beschreibung</b>		
<p>Angeln ist für rund 100'000 Fischer und Fischerinnen in der Schweiz eine Freizeitbeschäftigung. Die häufigste Beute in Fließgewässern ist laut der Fischereistatistik des Bundes (BAFU 2010g) die Bachforelle. Die Fänge beim Forellenfang sind jedoch in den letzten Jahren rückläufig.</p> <p>Damit beliebte Gewässerstrecken für die Angelfischerei von weniger beliebten Standorten unterschieden werden können, wird die Fischfangstatistik der Schweiz verwendet. Diese beschreibt die Anzahl gefangener Bachforellen pro Kilometer Fließgewässer. In dieser Arbeit werden zur Bewertung der kulturellen Ökosystemfunktionen Strecken mit grossen Fängen besser bewertet als Strecken mit geringen Fängen.</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Angaben in mittlerer Fang pro km im Jahr 2005:		
>200 Stück		5
150< bis ≤200 Stück		4
100< bis ≤150 Stück		3
50< bis ≤100 Stück		2
≤50 Stück		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Fischfangstatistik Schweiz (BAFU)	
Datensatz:	GR_B04_FISTAT2004_KM_BAFU05.shp	
Attribut:	MFANG_KM	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>Properties von GR_B04_FISTAT0102_KM_BAFU05 öffnen → Definition Query → Query Builder → MFANG_KM =&lt;50 eingeben.</li><li>Select by location → select features from GR_XX that intersect GR_B04_FISTAT0102_KM_BAFU05</li><li>Von Hand diese Zuflüsse abwählen (unselect), die sich schneiden aber keine Angelstrecken sind.</li><li>Attribute Table von GR_XX öffnen → Rechtsklick auf GR_B04_Angel → Field Calculator → GR_B04_Angel = 1 eingeben → ok.</li><li>Schritte 1-4 für alle Werte wiederholen mit folgenden Formeln im Query Builder (Schritt 1):<ul style="list-style-type: none"><li>MFANG_KM &gt;200 → Wert 5</li><li>MFANG_KM &gt;150 AND MFANG_KM &lt;=200 → Wert 4</li><li>MFANG_KM &gt;100 AND MFANG_KM &lt;=150 → Wert 3</li><li>MFANG_KM &gt;50 AND MFANG_KM &lt;=100 → Wert 2</li><li>MFANG_KM &lt;=50 → Wert 1</li></ul></li><li>Select by Attributes → Select from GR_XX where GR_B04_Angel = 1 OR GR_B04_Angel = 2 OR GR_B04_Angel = 3 OR GR_B04_Angel = 4 OR GR_B04_Angel = 5 → Apply → Show Selected Records →</li></ol>		



Options im Attribute Table von GR\_XX → Switch Selection → auf Field Calculator von GR\_B04\_Angel → GR\_B04\_Angel = 1 eingeben. Alle GR, die keine Angelstrecken sind, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
GR_B05_WaSpo	Wassersport: River Rafting / Kanu / Kajak / Canyoning	Freizeit und Sport
<b>Beschreibung</b>		
<p>Canyoning ist eine Kombination aus Wasser- und Bergsport. Der Weg führt durch Schluchten und Grotten, wobei man schwimmt, rutscht, springt, geht, klettert und taucht. Die Abenteuerlust kommt nicht zu kurz, jedoch ist dabei eine Menge Mut notwendig. Bei dieser Sportart erlebt man die Natur aus einer Sicht, wie sie auf normalen Wegen nicht zugänglich ist. Glasklare Wasser, Wasserfälle oder tiefe Schluchten zu durchqueren ist ein einmaliges Erlebnis (Funclicks 2008).</p> <p>Mit Kanus, Kajaks, Kanadier, etc. kann man sich auf dem Fluss oder See zum Spass fortbewegen oder man kann Kanufahren als eine Wettkampfdisziplin betreiben. Beim Kanuwandern geht es vor allem darum die Natur zu geniessen, abzuschalten und vorwärts zu kommen. Meist wird auf dem Fluss die Natur beobachtet und das Kanufahren zum Abschalten des Alltags genutzt (Kanuwelt Buochs GmbH 2011).</p> <p>Wasserkraftwerke, insbesondere Speicherkraftwerke mit Schwall-Sunk-Betrieb, stellen für Wassersportler eine Gefahr und teilweise unüberwindbare Hindernisse dar.</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
<p>Es wird davon ausgegangen, dass Strecken, die einfach (unschwierig) zu begehen/befahren sind öfters und von mehr Erholungssuchenden heimgesucht werden als sehr schwierige Wassersportstrecken. Einfache Wassersportstrecken enthalten somit bedeutendere kulturelle Ökosystemleistungen.</p>		
Kategorie I: unschwierig		5
Kategorie II: mässig schwierig		4
Kategorie III: schwierig		3
Kategorie IV: sehr schwierig		2
Kategorie V: äusserst schwierig oder keine Wassersportstrecke		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Wasserkraftnutzung und Wassersport (AWA, Kanton Bern), Paddelstrecken ( <a href="http://www.rivermap.ch">www.rivermap.ch</a> ), Canyoningstrecken ( <a href="http://www.schlucht.ch">www.schlucht.ch</a> , Canyoning-Führer von Brunner & Bétrisey (2001), Baumgartner, Brunner, & Zimmermann (2010)	
Datensatz:	GR_B05_Kanu_AWA10.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by location → select features from GR_XX that intersect the features in the layer GR_B05_Kanu_AWA10. Falls Paddelstrecken (River Rafting, Kanu, Kajak) vorkommen im Attribute Table von GR_B05_Kanu_AWA10 nachschauen, welchen Schwierigkeitsgrad die Strecke aufweist und diese in der Spalte GR_B05_Kanu eingeben. Von Hand die Zuflüsse abwählen, die keine Paddelstrecken sind. Von Hand die Zuflüsse abwählen, die keine Paddelstrecken sind.</li><li>2. Die Canyoning-Strecken liegen noch nicht als Geodaten vor und werden deshalb aus einem Canyoning-Führer übernommen. Dabei werden jene GR, die zwischen Ein- und Ausstieg liegen, direkt im Shapefile GR_xx markiert und im Attribute Table der entsprechende Schwierigkeitsgrad ausgewählt. Oder in Excel als Anfangs- und Endpunkte mit Koordinaten erfassen (Genauigkeit ist grösser).</li><li>3. Falls mehrere Schwierigkeitsgrade pro GR vorliegen wird jeweils die höhere (weniger schwierige) Bewertung gewählt.</li><li>4. Select by Attributes → Select from GR_XX where GR_B05_Kanu = 1 OR GR_B05_Kanu = 2 OR GR_B05_Kanu = 3 OR GR_B05_Kanu = 4 OR GR_B05_Kanu = 5 → Apply → Show Selected Records → Options im Attribute Table von GR_XX → Switch Selection → auf Field Calculator von GR_B05_Kanu → GR_B05_Kanu = 1 eingeben. Alle GR, die keine Paddel-/Canyoningstrecke sind, erhalten den Wert 1.</li></ol>		

# TYP C

## BEREITSTELLENDEN ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C01_S1S2	Gewässerschutzzonen S1 & S2	Prioritätsraum
Beschreibung		
<p>In der Schweiz wird der Trink- und Brauwasserbedarf zu mehr als 80 % aus Grundwasservorkommen gedeckt. Um diese Vorkommen zu sichern bezweckt das Gewässerschutzgesetz den Schutz des Grundwassers vor nachteiligen Einwirkungen sowie dessen nachhaltige Nutzung. Nachteilige Einwirkungen können durch menschliche Aktivitäten, wie die Auswaschung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlich genutzten Flächen oder durch Bauwerke unterhalb des Grundwasserspiegels und durch intensive Überbauungen entstehen. Zum Schutz der Trinkwasserfassungen dienen die Grundwasserschutzzonen. Diese sind in Teilzonen S1-S3 aufgeteilt, welche die Fassung umgeben und zur Fassung hin immer strengere Schutzbestimmungen geltend machen (Spreafico und Weingartner 2005: 95).</p> <p>Laut der Gewässerschutzverordnung Ziffer 223 (GschV, 1998) sind im Fassungsgebiet S1 nur bauliche Eingriffe und andere Tätigkeiten zulässig, welche der Trinkwasserversorgung dienen. In der Engeren Schutzzone S2 ist das Erstellen von Anlagen stark eingeschränkt oder nicht zulässig (GschV, 1998, Zif. 222 Abs. 1).</p>		
Messskala		Wertskala
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
Daten		
Datengrundlage:	Gewässerschutzkarte (AWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	GR_C01_Gewässerschutzzonen S1S2_AGI09.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C01_S1S2 → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C01_S1S2 → Field Calculator → GR_C01_S1S2 = 9 → OK. Alle GR, die in einer Gewässerschutzzone vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → GR_C01_S1S2 = 1 → OK. Alle GR, die nicht in einer Gewässerschutzzone vorkommen, erhalten den Wert 1.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C02_GW	Grundwasserschutzzonen	Prioritätsraum
<b>Beschreibung</b>		
Grundwasserschutzzonen unterliegen gemäss Ziffer 23 Absatz 1 der Gewässerschutzverordnung (GschV, 1998) demselben Schutz wie die Engere Schutzzone S2. Sie sichern dort den Schutz, wo eine zukünftige Grundwassernutzung vorgesehen ist (Spreafico und Weingartner 2005: 95).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		9
nicht vorhanden		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Gewässerschutzkarte (AWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	GR_C02_Grundwasserschutzzonen_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C02_GW → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C02_GW → Field Calculator → GR_C02_GW = 9 → OK. Alle GR, die in einem Gewässerschutzzonen vorkommen, erhalten den Wert 9. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field</li></ol>		

Calculator → GR\_C02\_GW = 1 → OK. Alle GR, die nicht in einem Gewässerschutzareal vorkommen, erhalten den Wert 1.

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C03_EntWK	Wasserentnahmen für Wasserkraft	Rohstoffnutzung
<b>Beschreibung</b>		
<p>Zur Energieerzeugung wird Wasser aus dem Gewässer abgeleitet und durch Turbinen geführt. Später wird das Wasser dem Gewässer wieder zugeführt. Solche Entnahmen gibt es bei Pump-, Speicher- und Umleitwerken während bei Flusskraftwerken kein Wasser entnommen wird.</p> <p>Als Grundlage für die Beurteilung von Wasserentnahmemengen aus Fließgewässern dient die Abflussmenge <math>Q_{347}</math>. Im Gewässerschutzgesetz Art. 4 Bst. h (GschG, 1991) ist das <math>Q_{347}</math> definiert als „Abflussmenge, die, gemittelt über 10 Jahre, durchschnittlich während 347 Tagen des Jahres erreicht oder überschritten wird und die durch Stauung, Entnahme oder Zuleitung von Wasser nicht wesentlich beeinflusst ist“. Dabei wird gemäss Restwasserkarte der Schweiz (Kummer et al. 2007: 11) unterschieden in Entnahmen für Wasserkraftnutzung, ...:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>... die mehr als 50 % der Abflussmenge <math>Q_{347}</math> beanspruchen.</li><li>... die weniger als 50 % <math>Q_{347}</math> entnehmen oder die aus folgenden Gründen aus Umweltsicht mutmasslich nicht relevant sind, wie Entnahmen, die nur wenige Tage pro Jahr in Betrieb sind (z. B. für Museums-kraftwerke/-Wasserräder), Entnahmen für den Sommerbetrieb kleinerer Alpkraftwerke, Entnahmen, bei welchen die Restwasserstrecke eingedolt ist.</li><li>... bei welchen die Daten für eine eindeutige Zuordnung zu einem Typen unbekannt sind.</li></ul>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Skalierung wird gemäss Restwasserkarte der Schweiz (Kummer et al. 2007: 11) übernommen.		
Entnahmemenge >50 % des $Q_{347}$		5
Entnahmemenge <50 % des $Q_{347}$ oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich		4
weitere Entnahmen (Entnahmemenge unbekannt)		3
keine Wasserentnahmen		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Restwasserkarte (BAFU)	
Datensatz:	GR_C03_WasEnt_WKgroe50_BAFU11.shp, GR_C03_WasEnt_WKklei50_odUnbekUnbed_BAFU11.shp, GR_C03_WasEnt_WKunbek_BAFU11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C03_WasEnt_WKgroe50_BAFU11.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C03_EntWK → Field Calculator → GR_C03_EntWK = 5 → OK. Alle GR, von denen mehr als 50 % des <math>Q_{347}</math> entnommen wird, erhalten den Wert 5. Unselect.</li><li>3. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C03_WasEnt_WKklei50_odUnbekUnbed_BAFU11.shp → OK.</li><li>4. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C03_EntWK → Field Calculator → GR_C03_EntWK = 4 → OK. Alle GR, von denen die Entnahmemenge kleiner als 50 % des <math>Q_{347}</math> oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich, ist, erhalten den Wert 4. Unselect.</li><li>5. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C03_WasEnt_WKunbek_BAFU11.shp → OK.</li><li>6. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C03_EntWK → Field Calculator → GR_C03_EntWK = 3 → OK. Alle GR, von denen die Entnahmemenge unbekannt ist, erhalten den Wert 3. Unselect.</li><li>7. Select by Attributes → Select from GR_XX where: GR_C03_EntWK &gt;= 3. Im Attribute Table → Show Selected Records → Options → Switch Selection → Field Calculator → GR_C03_EntWK = 1 → OK. Alle GR von denen kein Wasser entnommen wird erhalten den Wert 1.</li><li>8. Es sollte bei den Schritten 1-6 immer überprüft werden, ob alle Wasserentnahmen auch erfasst wurden beim Verschnitt mittels Intersect. Die Bereite der GR kann etwas zu knapp sein, um alle</li></ol>		

Wasserentnahmestellen zu erfassen, deshalb müssen diese noch von Hand markiert werden. Dabei kann das Gewässernetz als Hilfe zusätzlich ins ArcMap geladen werden, damit gut ersichtlich wird, aus welchem Gewässerabschnitt die Wasserentnahme erfolgt (GR\_C03\_Hilfsmittel\_Gewässernetz\_gn5\_AGI10 → shape → GN5\_GN5ROUTE).

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C04_EntAN	Wasserentnahmen für andere Nutzungen	Rohstoffnutzung
Beschreibung		
Unter Wasserentnahmen für andere Nutzungen werden beispielsweise Entnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung oder zur Kühlung von Industrieanlagen verstanden. In der Restwasserkarte der Schweiz (Kummer et al. 2007: 11) werden folgende Entnahmen für andere Nutzungen unterschieden:		
Entnahmen für andere Nutzungen, ...		
<ul style="list-style-type: none"><li>... welche zwischen 20 % und 50 % des <math>Q_{347}</math> oder mehr als 1 m<sup>3</sup>/s entnehmen.</li><li>... welche aus folgenden Gründen aus Umweltsicht mutmasslich nicht relevant sind: Entnahmen, die nur wenige Tage oder Wochen pro Jahr in Betrieb sind (z. B. Füllung von Weihern, Brauchwasser für Camping, SAC-Hütten usw.), Entnahmen, bei welchen die Restwasserstrecke eingedolt ist.</li><li>... bei welchen die Daten für eine eindeutige Zuordnung zu einem Typ unbekannt sind.</li></ul>		
Messskala		Wertskala
Die Skalierung wird gemäss Restwasserkarte der Schweiz (Kummer et al. 2007: 11) übernommen.		
Entnahmemenge >50 % des $Q_{347}$		5
Entnahmemenge <50 % des $Q_{347}$ oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich		4
weitere Entnahmen (Entnahmemenge unbekannt)		3
keine Wasserentnahmen		1
Daten		
Datengrundlage:	Restwasserkarte (BAFU)	
Datensatz:	GR_C04_WasEnt_ANGroe50_BAFU11.shp, GR_C04_WasEnt_ANKlei50_odUnbekUnbed_BAFU11.shp, GR_C04_WasEnt_ANunbek_BAFU11.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C04_WasEnt_ANGroe50_BAFU11.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C04_WasEnt → Field Calculator → GR_C04_WasEnt = 5 → OK. Alle GR, von denen mehr als 50 % des <math>Q_{347}</math> entnommen wird, erhalten den Wert 5. Unselect.</li><li>3. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C04_WasEnt_ANKlei50_odUnbekUnbed_BAFU11.shp → OK.</li><li>4. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C04_WasEnt → Field Calculator → GR_C04_WasEnt = 4 → OK. Alle GR, von denen die Entnahmemenge kleiner als 50 % des <math>Q_{347}</math> oder unbekannt, aber aus Umweltsicht unbedenklich, ist, erhalten den Wert 4. Unselect.</li><li>5. Select by Location → select features from GR_XX that intersect the features in this layer GR_C04_WasEnt_ANunbek_BAFU11.shp → OK.</li><li>6. Attribute Table von GR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_P4_WasEnt → Field Calculator → GR_C04_WasEnt = 3 → OK. Alle GR, von denen die Entnahmemenge unbekannt ist, erhalten den Wert 3. Unselect.</li><li>7. Select by Attributes → Select from GR_XX where: GR_C04_WasEnt &gt;= 3. Im Attribute Table → Show Selected Records → Options → Switch Selection → Field Calculator → GR_C04_WasEnt = 1 → OK. Alle GR von denen kein Wasser entnommen wird erhalten den Wert 1.</li><li>8. Es sollte bei den Schritten 1-6 immer überprüft werden, ob alle Wasserentnahmen auch erfasst wurden beim Verschnitt mittels Intersect. Die Bereite der GR kann etwas zu knapp sein, um alle Wasserentnahmestellen zu erfassen, deshalb müssen diese noch von Hand markiert werden. Dabei kann das Gewässernetz als Hilfe zusätzlich ins ArcMap geladen werden, damit gut ersichtlich wird, aus welchem Gewässerabschnitt die Wasserentnahme erfolgt (GR_C04_Hilfsmittel_Gewässernetz_gn5_AGI10 → shape → GN5_GN5ROUTE).</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C05_spLei	Spezifische Wasserkraftleistung	Potentielle Wasserkraft
<b>Beschreibung</b>		
Die Watergisweb AG (Watergisweb AG 2008: 12, 15) hat für jeden Gewässerabschnitt der Schweiz die theoretische elektrische Leistung bzw. das theoretische hydroelektrische Potenzial mittels Multiplikation des mittleren Jahres-Abfluss mit dem Höhenunterschied berechnet. Die verwendete Formel ist:		
$P = Q * \Delta h * g * w$		
P elektrische Leistung in kW		
Q Abflussmenge in l/s		
$\Delta h$ Höhenunterschied		
G Erdbeschleunigung 9.81 m/s2		
w Koeffizient für den Wirkungsgrad, Annahme w = 1.0		
Danach wurde das Potenzial P durch die Länge des Gewässerabschnitts dividiert. Das Ergebnis ist die theoretische spezifische Wasserkraftleistung in kW/m.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Skala konnte von der WaterGisWeb AG (Watergisweb AG 2008) übernommen werden.		
sehr hohe Leistung: >3 kW/km		5
hohe Leistung: >1 bis ≤3 kW/m		4
mittlere Leistung: >0.3 bis ≤1 kW/m		3
geringe Leistung: >0.1 bis ≤0.3 kW/m		2
sehr geringe Leistung: 0 bis ≤0.1 kW/m		1
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Spezifische Leistung (WaterGisWeb AG)	
Datensatz:	GR_C05_spLei_kWproM_WaterGISWebAG10_verän_BE.shp	
Attribut:	Leistung_M	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Properties von GR_C05_spLei_kWproM_WaterGISWebAG10_verän_BE.shp öffnen → Query Builder → Definition Query → Leistung_M >3 eingeben → ok.		
2. Select by Location → select features from GR_XX that contain the features in the layer GR_C05_spLei_kWproM_WaterGISWebAG10_verän_BE.shp. ACHTNUNG: Prüfen, ob alle GR, die eine Linie von GR_C05_spLei_kWproM_WaterGISWebAG10_verän_BE enthalten, auch wirklich ausgewählt sind. Ansonstenvon Hand nachkorrigieren. Ebenfalls prüfen, ob ausgewählte GR bereits klassiert wurden; wenn ja, dann prüfen weshalb! Und allenfalls korrigieren.		
3. Im Attribute Table von GR_XX → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_C05_spLei → Field Calculator → GR_C05_spLei = 5 → ok.		
4. Schritte 2-4 für alle Werte mit folgenden Formeln im Query Builder wiederholen:		
▪ Leistung_M >3.00 → Wert 5		
▪ Leistung M >1.00 AND Leistung_M <=3.00 → Wert 4		
▪ Leistung_M >0.300 AND Leistung_M <=1.00 → Wert 3		
▪ Leistung_M >0.100 AND Leistung_M <=0.300 → Wert 2		
▪ Leistung M <=0.100 → Wert 1		

Abk.	Indikator	Komponente
GR_C06_Gefah	Sturz-, Lawinen-, Rutsch-, Wasser- und Einsturzgefahren	Risikovorsorge
Beschreibung		
<p>Gefahrenkarten zeigen auf, welche Siedlungsräume durch Hochwasser, Lawinen, Rutschungen oder Felsstürze bedroht sind. Aus ihnen kann entnommen werden, welche Flächen beim nächsten Unwetter überschwemmt werden könnten, wo Lawinen herunterkommen oder welcher Hang ins Rutschen geraten könnte. Die Gefahrenkarte gibt eine Übersicht über die Gefährdungssituation in den fünf Gefahrenstufen rot, blau, gelb, gelb-weiss gestreift, weiss (BAFU 2009e):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ rot: erhebliche Gefährdung; keine Ausscheidung neuer Bauzonen; keine Errichtung oder Erweiterung von Bauten und Anlagen</li><li>▪ blau: mittlere Gefährdung; Ausscheidung neuer Bauzonen nur nach Vornahme einer Interessenabwägung; Baubewilligungen nur mit Auflagen</li><li>▪ gelb: geringe Gefährdung; Hinweis auf die Gefahrensituation; Empfehlungen für bestehende Bauten und Erwägung von Auflagen für Neubauten</li><li>▪ gelb-weiss schraffiert: Restgefährdung; Hinweis auf die Gefahrensituation; Auflagen bei sensiblen Nutzungen und grossem Schadenpotenzial</li><li>▪ weiss, keine oder vernachlässigbare Gefährdung</li></ul>		
Messskala		Wertskala
<p>Überwiegt die rote Gefahrenzone in einem Gewässerraum so ist es sehr wahrscheinlich, dass ein Neubau nicht möglich ist. Stark gefährdete Gebiete werden aus wirtschaftlicher Sicht schlechter bewertet (Wert 1) als nicht gefährdete Gebiete (Wert 5).</p>		
keine Gefährdung		5
Flächenanteil der Restgefährdung (gelb schraffierte Zone) überwiegt (GST4)		4
Flächenanteil der geringen Gefährdung (gelbe Zone) überwiegt (GST 3)		3
Flächenanteil der mittleren Gefährdung (blaue Zone) überwiegt (GST 2)		2
Flächenanteil der erheblichen Gefährdung (rote Zone) überwiegt (GST 1)		1
Daten		
Datengrundlage:	Synoptische Gefahrenkarte aus der kantonalen Naturgefahrenkarte (KAWA, TBA, Kanton Bern)	
Datensatz:	GR_C06_GK5_SY_KtBE08.shp	
Attribut:	GST_CODE	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Identity (Analysis Tool → Overlay) öffnen und folgendermassen ausfüllen:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Input Feature: GR_C06_GK5_SY_KtBE08</li><li>▪ Identity Feature: GR_XX</li><li>▪ Output Feature: XX.gdb\Zwischenergebnisse\GR_C06_Identity_XX</li></ul></li><li>2. r.MaTa auf GR_PC06_Identity_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Exports → GR_C06_Identity_XX.txt → OK.</li><li>3. GR_C06_Identity_XX.txt in ein Excel importieren mit Tabstopp und Semikolon getrennt und GR_C06_Berechnung_XX.xls nennen. Alle Spalten löschen ausser GST_Code, OBJECTID und Shape_Area. Im Excel alle Zeilen mit einem OBJECTID = 0 löschen. Mittels Pivot Tabelle die flächenmässig überwiegende Gefahrenstufe pro GR berechnen und ins ArcMap importieren.</li><li>4. GR_C06_Identity_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf GR_XX → Joins and Relates → Join:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ What do you want to join to this layer? Join attributes from a table</li><li>▪ Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID</li><li>▪ Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: GR_C06_Identity_XX.xls</li><li>▪ Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID</li></ul></li><li>5. Attribute table von GR_XX öffnen → Options → Select by Attributes → Select from GR_XX_Tabelle...\$ where: "Tabelle...\$Gefahrenstufe" = 4 → Apply → Show Selected Records</li><li>6. r.MaTa auf die Spalte GR_C06_Gefah → Field Calculator → GR_C06_Gefah = 4 eingeben → OK. Dasselbe für folgende Werte wiederholen:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ dominierende Gefahrenstufe = 4 → Wert 4</li><li>▪ dominierende Gefahrenstufe = 3 → Wert 3</li><li>▪ dominierende Gefahrenstufe = 2 → Wert 2</li><li>▪ dominierende Gefahrenstufe = 1 → Wert 1</li></ul></li></ol>		

7. Select by Attributes öffnen und als Layer GR\_XX wählen, Formel  $GR\_P6\_Gefah \geq 1$  eingeben. Im Attribute Table → Show Selected Records → Options → Switch Selection → r.MaTa auf die Spalte GR\_C06\_Gefah → Field Calculator →  $GR\_C06\_Gefah = 5$  eingeben → OK. Alle GR, die keine Gefährdung aufweisen, erhalten den Wert 5.
-

# LANDSCHAFTSRAUM

## Typ A

### REGULIERENDE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A01_Moore	Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung	geschützte Lebensräume und Objekte
Beschreibung		
Siehe Indikator GR_A01_Moore		
Messskala		Wertskala
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
Daten		
Datengrundlage:	Bundesinventar der Moorlandschaften (BAFU)	
Datensatz:	LR_A01_ml070701_BAFU07.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A01_ml070701_BAFU07.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A01_Moore → Field Calculator → LR_A01_Moore = 1 → OK. Alle LR, die in einem Moor oder Moorlandschaft vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR_A01_Moore = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb eines Moors oder Moorlandschaft liegen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A02_HM	Hochmoore und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Siehe Indikator GR_A02_HM		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore (BAFU)	
Datensatz:	LR_A02_hm080721_BAFU08.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A02_hm080721_BAFU08.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A02_HM → Field Calculator → LR_A02_HM = 1 → OK. Alle LR, die in einem Hochmoor vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR_A02_HM = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb eines Hochmoors liegen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A03_FM</b>	<b>Flachmoore von nationaler Bedeutung</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>



<b>Beschreibung</b>	
Siehe Indikator GR_A03_FM	
<b>Messskala</b>	<b>Wertskala</b>
vorhanden	1
nicht vorhanden	0
<b>Daten</b>	
Datengrundlage:	Bundesinventar der Flachmoore (BAFU)
Datensatz:	LR_A03_fm070831_BAFU07.shp
Attribut:	-
<b>Erhebung im GIS</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A03_fm070831_BAFU07.shp → OK.</li> <li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A03_FM → Field Calculator → LR_A03_FM = 1 → OK. Alle LR, die in einem Flachmoor vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR_A03_FM = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb eines Flachmoors liegen, erhalten den Wert 0.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A04_ALG	Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Siehe Indikator GR_A04_ALG		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete (BAFU)	
Datensatz:	LR_A04_am_I070701_BAFU07.shp	
Attribut:		
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A04_am_I070701_BAFU07.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A04_ALG → Field Calculator → LR_A04_ALG = 1 → OK. Alle LR, die in einem Amphibienlaichgebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu LR_A04_ALG → Field Calculator → LR_A04_ALG = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb eines Amphibienlaichgebiets liegen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A05_TWW	Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung	geschützte Lebensräume und Objekte
Beschreibung		
Wiesen und Weiden werden durch den Menschen seit Jahrtausenden landwirtschaftlich genutzt. Dabei hat er eine enorme Vielfalt hervorgebracht. Die trockenen Wiesen und Weiden sind magere Standorte. Da sie nur eine extensive Bewirtschaftung erlauben, sind die Erträge vergleichsweise gering. Da sich heute die traditionelle Bewirtschaftung von Trockenwiesen und -weiden nicht mehr überall lohnt, geht ihr Bestand in der Schweiz drastisch zurück: Seit den 1950er Jahren sind rund 90 % der Trockenwiesen und -weiden in der Schweiz verschwunden (BAFU 2010c).		
Messskala		Wertskala
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
Daten		

## 8 Anhang

Datengrundlage: Bundesinventar der Trockenwiesen und -weiden (BAFU)

Datensatz: LR\_A05\_TWW\_BAFU10.shp

Attribut: -

### Erhebung im GIS

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A05\_TWW\_BAFU10.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A05\_TWW → Field Calculator → LR\_A05\_TWW = 1 → OK. Alle LR, die in Trockenwiesen oder -weiden vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A05\_TWW → Field Calculator → LR\_A05\_TWW = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb von Trockenwiesen und -weiden liegen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A06_BLN	<b>Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>

### Beschreibung

Der Druck auf die noch unversehrten Landschaften hat in den letzten 60 Jahren stark zugenommen, u.a. durch Baugebietserweiterungen, neue Verkehrsachsen und durch touristische Erschliessungen. Um dieser Entwicklung entgegen zu steuern und die letzten noch unversehrten Gebiete zu erhalten, wurde das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) erstellt. Inzwischen wurden 162 Objekte im Inventar aufgenommen. Das Inventar beinhaltet also die besonders wertvollen Landschaften und Naturdenkmäler der Schweiz. Das Inventar hat zum Ziel die Vielfalt und Eigenart der einzelnen Objekte zu bewahren und gleichzeitig zur Erhaltung der landschaftlichen Schönheit, der natürlichen Ressourcen und der Biodiversität der Schweiz beizutragen (BAFU 2009d).

Das BLN führt gemäss *Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke* des Bundes (BAFU et al. 2011: 14) bei einer schwerwiegenden Beeinträchtigung des Schutzziels zum Ausschluss eines Kleinwasserkraftwerks, weil das Nutzungsinteresse das Erhaltungsinteresse nach NHG Artikel 6 nicht zu überwiegen vermag. Bei keiner oder einer geringfügigen Beeinträchtigung kann es jedoch zu einer Interessensabwägung gemäss NHG Artikel 6 kommen. Aus diesen verschiedenen Verfahrensmöglichkeiten ist eine detailliertere Untersuchung der Schutzziele der betroffenen BLN-Objekte nötig. Indikatoren, die zum Ausschluss führen können, sind mit einem „\*“ gekennzeichnet.

Messskala	Wertskala
vorhanden	1
nicht vorhanden	0

### Daten

Datengrundlage: Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BAFU)

Datensatz: LR\_A06\_BLN\_BAFU01.shp

Attribut: -

### Erhebung im GIS

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A06\_BLN\_BAFU01.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A06\_BLN → Field Calculator → LR\_A06\_BLN = 1 → OK. Alle LR, die in einer Landschaft oder einem Naturdenkmal von nationaler Bedeutung vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A06\_BLN → Field Calculator → LR\_A06\_BLN = 0 → OK. Alle LR, die ausserhalb der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung liegen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A07_NP	bestehende und geplante Nationalpärke	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Geplante Kandidaten für einen Nationalpark sind der Parc Adula, welcher bereits das Label „Nationalpark-Kandidat“ trägt sowie der Parco Nazionale del Locarnese. Bei letzterem wird der Bund noch bekannt geben, ob er ebenfalls das Label tragen darf (Toscan 2011: 6ff.).		
Ein detaillierterer Beschrieb des Indikators kann unter GR_A09_NP nachgelesen werden.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Schweizer Nationalpärke (BAFU)	
Datensatz:	LR_A07_nat_park_BAFU01.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A07_nat_park_BAFU01.shp → OK.		
2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A07_NP → Field Calculator → LR_A07_NP = 1 → OK. Alle LR, die in einem Nationalpark vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR_A07_NP → Field Calculator → LR_A07_NP = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Nationalpark vorkommen, erhalten den Wert 0.		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A08_RegNa	bestehende und geplante Regionale Naturpärke	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Da bei regionalen Naturpärken keine Kernzone wie bei den Nationalpärken ausgeschieden werden müssen schiessen sie „wie Pilze aus dem Boden“. Sie bestehen also lediglich aus einer Umgebungszone (Toscan 2011: 9). Damit eine ganzheitliche nachhaltige Entwicklung sichergestellt werden kann, werden ganze Gemeindeflächen in den Perimeter aufgenommen und die sozio-ökonomischen Aktivitäten der Bevölkerung werden integriert. Dabei stützt sich das Parkkonzept auf thematische Schwerpunkte, welche durch bestehende Besonderheiten der Region wie beispielsweise deren Natur- und Kulturwerte, touristische Aktivitäten, Kunsthandwerk, etc. geprägt sind (BAFU 2010i).		
Gemäss der BAFU Homepage (BAFU 2012b) gibt es momentan 10 anerkannte Pärke und vier Parkkandidaten:		
Anerkannte Pärke:		
1. UNESCO Biosphäre Entlebuch	6. Biosfera Val Müstair	
2. Naturpark Thal	7. Regionaler Naturpark Gantrisch	
3. Binntal	8. Parc Ela	
4. Parc régional Chasseral	9. Parc naturel régional Gruyère Pays-d'Enhaut	
5. Regionaler Naturpark Diemtigtal	10. Regionaler Naturpark Jurapark Aargau (AG/SO)	
Parkkandidaten:		
1. Naturpark Beverin	8. Parc naturel régional Jura vaudois	
2. Parc naturel régional du Doubs	9. Regionaler Naturpark Pfyn-Finges	
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Regionale Naturpärke (BAFU)	
Datensatz:	LR_A08_park_I_BAFU11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A08\_park\_l\_BAFU11.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A08\_RegNa → Field Calculator → LR\_A08\_RegNa = 1 → OK. Alle LR, die in einem regionalen Naturpark vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A08\_RegNa → Field Calculator → LR\_A08\_RegNa = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem regionalen Naturpark vorkommen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A09_Jagdb	Eidgenössische Jagdbanngebiete	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Jagdbanngebiete dienen gemäss Art. 1 der Verordnung über die eidgenössischen Jagdbanngebiete (VEJ, 1991) sowohl dem Schutz und der Erhaltung von seltenen und bedrohten wildlebenden Säugetieren und Vögeln und ihrer Lebensräume sowie der Erhaltung von gesunden Beständen jagdbarer Arten. Der Schutz der Artenvielfalt und der Lebensräume ist gemäss Art. 5 und 6 durch das Jagdverbot (unter Vorbehalt der Art. 2 und 9), die Regelung zur Minimierung der Störungen und die Lebensraumschutzbestimmungen gegeben. Dank der Ausscheidung von eidgenössischen Jagdbanngebieten konnten sich Ende 19. Jahrhundert unter Druck geratene Wildtierbestände wieder erholen (BAFU 2010e).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Eidgenössische Jagdbanngebiete (BAFU)	
Datensatz:	LR_A09_jb_BAFU10.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A09_jb_BAFU10.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A09_Jagdb → Field Calculator → LR_A09_Jagdb = 1 → OK. Alle LR, die in einem Jagdbanngebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR_A09_Jagdb → Field Calculator → LR_A09_Jagdb = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Jagdbanngebiet vorkommen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A10_NSG</b>	<b>kantonale Naturschutzgebiete</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>
<b>Beschreibung</b>		
Gemäss kantonalem Naturschutzgesetz (1992) Art. 6 Abs. 2 werden die durch die Gesetzgebung oder durch Beschluss unter Schutz gestellten Gebiete als Naturschutzgebiete bezeichnet. Es geht dabei gemäss Art. 1 Abs. a und b darum die natürlichen und naturnahen Lebensräume der wildlebenden einheimischen Tiere und Pflanzen je für sich und als Lebensraumverbund zu schützen, wo nötig wiederherzustellen oder zu schaffen und die einheimische Tier- und Pflanzenwelt zu erhalten und zu fördern. Kantonale Naturschutzgebiete sind naturnahe und vielfältige Lebensräume, die nur extensiv genutzt werden. Durch Naturschutzgebiete werden die Lebensräume bedrohter Arten geschützt (LANAT 2012).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Kantonale Naturschutzgebiete (ANF, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_A10_NSG_NSGP_AGI10.shp	
Attribut:	-	

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A10\_NSG\_NSGP\_AGI10.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A10\_NSG → Field Calculator → LR\_A10\_NSG = 1 → OK. Alle LR, die in einem Naturschutzgebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A10\_NSG → Field Calculator → LR\_A10\_NSG = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Naturschutzgebiet vorkommen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A11_Ramsa</b>	<b>Ramsar-Gebiete</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>

**Beschreibung**

Gemäss Art. 1 des Übereinkommens über Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung (1975) sind Ramsar-Gebiete Feuchtgebiete wie Feuchtwiesen, Moor- und Sumpfgebiete oder Gewässer, die natürlich oder künstlich, dauernd oder zeitweilig, stehend oder fliessend, Süss-, Brack- oder Salzwasser, einschliesslich solcher Meeresgebiete, die eine Tiefe von sechs Metern bei Niedrigwasser nicht übersteigen. Laut Art. 2 sind Wat- und Wasservögel von Feuchtgebieten ökologisch abhängig. In Art. 4 Abs. 1 steht, dass jede Vertragspartei die Erhaltung von Feuchtgebieten sowie von Wat- und Wasservögeln dadurch fördert, dass Feuchtgebiete zu Schutzgebieten erklärt werden und in angemessenem Umfang für ihre Aufsicht gesorgt wird.

Weitere Informationen zu Ramsar-Gebieten können unter dem Indikator GR\_A06\_WZV nachgelesen werden.

Messskala	Wertskala
vorhanden	1
nicht vorhanden	0

**Daten**

Datengrundlage: Ramsar-Gebiete (BAFU)  
 Datensatz: LR\_A11\_Ramsar\_BAFU07.shp  
 Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A11\_Ramsar\_BAFU07.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A11\_Ramsa → Field Calculator → LR\_A11\_Ramsa = 1 → OK. Alle LR, die in einem Ramsar-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A11\_Ramsa → Field Calculator → LR\_A11\_Ramsa = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Ramsar-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A12_Smara</b>	<b>Smaragd-Gebiete</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>

**Beschreibung**

Smaragd bezeichnet europäische Lebensräume von Arten, die auf nationalem Niveau besonderer Schutzmassnahmen bedürfen. So hat die Schweiz für gewisse Pflanzen-, Tierarten und Lebensräume, die in der Schweiz häufig vorkommen – weltweit aber als gefährdet gelten, eine besondere Verantwortung. Jeder Staat soll, die europaweit gefährdeten Lebensräume, die Standorte für wilde Flora und Fauna und die bedeutenden Stätten wandernder Arten bezeichnen und sichern (BAFU 2010f).

Gemäss der Empfehlung des Bundes (BAFU et al. 2011: 16) kommt es nach Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG, 1966) Art. 18 Abs. 1<sup>ter</sup> bei einer Beeinträchtigung des schutzwürdigen Lebensraums durch technische Eingriffe zu einer Interessensabwägung. Indikatoren, die zum Ausschluss führen können, sind mit einem „\*“ gekennzeichnet, wobei objektspezifische Recherchen nötig sind.

Messskala	Wertskala
vorhanden	1
nicht vorhanden	0

**Daten**

Datengrundlage: Smaragd-Gebiete (BAFU)  
 Datensatz: LR\_A12\_Smaragd\_BAFU09.shp  
 Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A12\_Smaragd\_BAFU09.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A12\_Smara → Field Calculator → LR\_A12\_Smara = 1 → OK. Alle LR, die in einem Smaragd-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A12\_Smara → Field Calculator → LR\_A12\_Smara = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Smaragd-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A13_Biosp</b>	<b>UNESCO Biosphärenreservate</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>

**Beschreibung**

Damit eine Region als UNESCO Biosphärenreservat anerkannt werden kann, muss ein Teil mit den Vorgaben für einen regionalen Naturpark übereinstimmen. Aus diesem Grund können in der Schweiz nur Regionen, die über das Parklabel verfügen einen UNESCO-Biosphärenreservat-Kandidat werden. Eine Region kann das UNESCO-Biosphärenreservat-Label erhalten, wenn sie folgende Indikatoren erfüllt (BAFU 2010b):

- Sie umfasst repräsentative Ökosysteme der biogeografischen Regionen der Welt;
- Sie ist von grosser Wichtigkeit für die Erhaltung der Biodiversität;
- Sie ermöglicht eine nachhaltige Entwicklung sowie Forschung auf diesem Gebiet;
- Sie besitzt eine oder mehrere Kernzonen, die von einer Pflegezone umgeben sind, die den Schutz der Ökosysteme sichert
- Sie besitzt eine Entwicklungszone, in der eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen möglich ist;
- Sie fügt sich in eine Organisationsform ein, die unter anderem die Mitwirkung der Bevölkerung und wichtiger Akteure vorsieht.

Über das Label verfügen die beiden Pärke UNESCO Biosphäre Entlebuch und der Schweizerische Nationalpark.

Messskala	Wertskala
vorhanden	1
nicht vorhanden	0

**Daten**

Datengrundlage: UNESCO Biosphärenreservate (BAFU)  
 Datensatz: LR\_A13\_park\_I\_BAFU11.shp  
 Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_A13\_park\_I\_BAFU11.shp → OK.
2. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_A13\_Biosp → Field Calculator → LR\_A13\_Biosp = 1 → OK. Alle LR, die in einem Biosphärenreservat vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR\_A13\_Biosp → Field Calculator → LR\_A13\_Biosp = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Biosphärenreservat vorkommen, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A14_WNatu	UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
Die UNESCO-Konvention wurde zum Schutz der Kultur- und Naturerbe der Welt 1972 gegründet. Der Schutz und die Erhaltung ausserordentlicher Kulturleistungen und einzigartiger Naturphänomene, die einen aussergewöhnlichen universellen Wert besitzen, soll in die Obhut der gesamten Menschheit gestellt werden (UNESCO 2009).		
Die Schweiz hat derzeit drei UNESCO-Weltnaturerbe-Gebiete (BAFU 2009c):		
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch</li><li>▪ Monte San Giorgio, UNESCO-Welterbe</li><li>▪ Schweizer Tektonikarena Sardona</li></ul>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	UNESCO Weltnaturerbe-Gebiete (UNESCO)	
Datensatz:	LR_A14_wne_unesco080724_BAFU08.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A14_wne_unesco080724_BAFU08.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A14_WNatu → Field Calculator → LR_A14_WNatu = 1 → OK. Alle LR, die in einem Weltnaturerbe-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR_A14_WNatu → Field Calculator → LR_A14_WNatu = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Weltnaturerbe-Gebiet vorkommen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A15_SNP</b>	<b>Rechtskräftige Schutz- und Nutzungsplanung</b>	<b>geschützte Lebensräume und Objekte</b>
<b>Beschreibung</b>		
Schutz- und Nutzungsplanungen bilden ein Instrument des Gewässerschutzgesetzes und erlauben in besonderen Fällen die Restwassermenge tiefer anzusetzen als die gesetzlichen Mindestanforderungen vorgeben. Ausschlaggebend sind Fälle, in denen durch kleine Abweichungen vom Gewässerschutzgesetz bedeutende Mengen an zusätzlicher Energie aus der Stromproduktion wirtschaftlich günstig gewonnen werden können. Voraussetzung für eine solche Ausnahme ist, dass im gleichen Gebiet durch geeignete Massnahmen, wie beispielsweise ein Nutzungsverzicht eines anderen Gewässers oder die Herstellung von Fischpässen, ein Ausgleich stattfindet. Die Mehrnutzung soll vor allem Gewässerabschnitte betreffen, deren Nutzung mit geringem ökologischen Wertverlust verbunden ist, während die zusätzlichen Schutzmassnahmen zu ökologisch wertvollen Verbesserungen im Gewässer führen (Bolliger et al. 2009: 5ff.).		
Bis Ende 2006 wurden vom Bundesrat folgende SNP genehmigt (Bolliger et al. 2009: 19):		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rondchâtel/Chauffat (BE)</li> <li>2. Schattenhalb (BE)</li> <li>3. Twannbach (BE)</li> <li>4. Linth/Limmern (GL)</li> <li>5. Sernf/Niederenbach (GL)</li> <li>6. Islas/St. Moritz (GR)</li> <li>7. Oberes Puschlav (GR)</li> <li>8. Prättigau/Davos (GR)</li> <li>9. Val Müstair (GR)</li> <li>10. Lungerersee/Grosse Melchaa (OW)</li> <li>11. Ponte Brolla (TI)</li> </ol>		

Laut Empfehlung des Bundes (BAFU et al. 2011: 14) kann die Schutzkategorie bei rechtskräftigen Schutz- und

Nutzungsplanungen nach Art. 32 Bst. c des Gewässerschutzgesetzes (GschG, 1991) nicht a priori festgelegt werden. Sie hängt von den jeweiligen Gegebenheiten oder bestehenden Schutzbestimmungen ab. Detaillierte Recherchen pro SNP sind nötig.

Messskala		Wertskala
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
Daten		
Datengrundlage:	Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz (BAFU 2009)	
Datensatz:	-	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<p>Im Dokument Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz von (Bolliger et al. 2009) auf der Karte auf Seite 19 nachschauen, ob das untersuchte Gewässer von einer SNP betroffen ist oder nicht. Falls das Gewässer enthalten ist, diese Gewässerräume von Hand markieren und den Wert 1 im Attribute Table unter der Spalte GR_A15_SNP eingeben. Weiter sollte untersucht werden, ob die SNP eine Wasserkraftnutzung ausschliesst oder nicht.</p>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_N16_WaRe	Waldreservate	geschützte Lebensräume und Objekte
<b>Beschreibung</b>		
In Waldreservaten wird entweder ganz auf forstliche Eingriffe verzichtet, so dass sich der Wald frei entwickeln kann (Naturwaldreservate, NWR), oder es werden mit gezielten Eingriffen bestimmte Arten und Biotope erhalten und gefördert (Sonderwaldreservate, SWR). Werden die beiden Reservattypen miteinander kombiniert, nennt man dies ein Komplexreservat (KWR) (BAFU 2010a).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Waldreservate (KAWA, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_A16_Waldreservate_KAWA11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A16_Waldreservate_KAWA11.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A16_WaRe → Field Calculator → LR_A16_WaRe = 1 → OK. Alle LR, die in einem Waldreservat vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR_A16_WaRe → Field Calculator → LR_A16_WaRe = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einem Waldreservat vorkommen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A17_KtInv	Kantonale Inventare	geschützte Lebensräume und Objekte
Beschreibung		
Gemäss Homepage der Abteilung Naturförderung des Kantons Bern gibt es folgende kantonale Inventare (LANAT 2012):		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geschützte Botanische Objekte: sind gemäss Art. 30 Abs. 2 des kantonalen Naturschutzgesetzes (Naturschutzgesetz, 1992) wichtige, markante oder wertvolle Einzelbäume oder -büsche, Baumgruppen und Alleen.</li> <li>▪ Geschützte Geologische Objekte: sind gemäss Art. 30 Abs. 1 des kantonalen Naturschutzgesetzes (Naturschutzgesetz, 1992) erratische Blöcke, Gletscherschliffe, Gletschermühlen, geologische Aufschlüsse, Fundstellen von Mineralien und Versteinerungen, Höhlen und Quellen von entstehungsge-</li> </ul>		



schichtlichem oder wissenschaftlichem Interesse oder von besonderer Schönheit.

- Feuchtgebiete: sind nicht bewaldete, feuchte bis nasse Grünländer, die bewirtschaftbar und normalerweise auf landwirtschaftliche Nutzung angewiesen sind. Sie werden auch Flachmoore oder Moore, Nasswiesen, Rieder, Sümpfe oder Lischegebiete genannt (LANAT 2011b).
- Trockenstandorte: auch Magerwiesen und -weiden genannt, kommen auf nährstoffarmen und trockenen Böden vor. Sie zählen zu den artenreichsten Lebensräumen der Schweiz (LANAT 2011a)
- Waldnaturschutzinventar: darin sind die besonderen Waldgesellschaften und naturkundlich bedeutenden Objekte erfasst (LANAT 2011c: 8).

Messskala		Wertskala
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
Daten		
Datengrundlage:	Waldnaturschutzinventar, Trockenstandorte, Feuchtgebiete, Geschützte Botanische und Geologische Objekte (ANF, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_A17_FEUGEB_FG_AGI10.shp, LR_A17_GEO_GBO_AGI10.shp, LR_A17_GGO_GGOP_AGI10.shp (prints), LR_A17_TROSTA_TS_AGI10.shp, LR_A17_WWI_WNIOB_AGI05.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A17_FEUGB_GG_AGI10 → OK.</li><li>2. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A17_GBO_GBO_AGI10</li><li>3. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A17_GBO_GGO_AGI10</li><li>4. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A17_TROSTA_TS_AGI10</li><li>5. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A17_WNI_WNI08_AGI05</li><li>6. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_ N17_KtInv → Field Calculator → LR_A17_KtInv = 1 → OK. Alle LR, die in einer kantonalen Inventarfläche vorkommen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf LR_A17_KtInv → Field Calculator → LR_A17_KtInv = 1 → OK. Alle LR, die nicht in einer kantonalen Inventarfläche vorkommen, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A18_BDM	BDM; Gefäßpflanzen	Biodiversität
<b>Beschreibung</b>		
<p>Die Koordinationsstelle BDM Schweiz (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009: 15) des BAFU überwacht die langfristige Entwicklung der biologischen Vielfalt in der Schweiz. Neben den Tieren und Pflanzen gehören auch verschiedene Lebensräume, die genetische Variabilität innerhalb der Arten sowie die Vielfalt der ökologischen Prozesse dazu.</p> <p>Für diese Arbeit ist die vorhergesagte Artenvielfalt auf Landschaftsebene (Indikator Artenvielfalt in Landschaften, Z7) relevant, wobei die Vielfalt von Gefäßpflanzen auf Messflächen von jeweils einem Quadratkilometer dargestellt werden. Die Karten zeigen, wie vielfältig ganze Landschaftsausschnitte sind (Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz 2009: 16).</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Biodiversitätsmonitoring vaskulärer Pflanzen (WSL)	
Datensatz:	map_jbi_08_nl	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		

Von Hand diese LR markieren, die zu mehr als 50 % ihrer Fläche eine grosse Anzahl an Arten aufweisen und diesen den Wert 1 im Attribute Table zuweisen. Alle anderen LR erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A19_RoLis	Rote Liste Arten, prioritäre Arten oder Arten mit APN-Schutzstatus	Biodiversität
<b>Beschreibung</b>		
Die Rote Liste ist eine Dokumentation der Gefährdung der Arten und des Wandels der Artenvielfalt. Es wird unter folgenden für diese Arbeit relevanten Gefährdungskategorie unterschieden (Moser et al. 2002. 13ff):		
<ul style="list-style-type: none"><li>CR (Critically Endangered - vom Aussterben bedroht)</li><li>EN (Endangered - stark gefährdet)</li><li>VU (Vulnerable - verletzlich)</li></ul>		
Prioritäre Arten sind Arten, die aufgrund ihrer Gefährdung und der hohen internationalen Verantwortung, welche die Schweiz für sie trägt, eine nationale Priorität aus Sicht der Arterhaltung und -förderung besitzen (BAFU, 2011a, S. 9).		
Die Auswahl der für diese Arbeit relevanten Arten wurden aus dem Kriterienkatalog für ökologische Wasserkraftwerke des WWF Schweiz (WWF Schweiz et al. 2008: 36f) übernommen. Dies sind folgende:		
<ul style="list-style-type: none"><li>Säugetiere: Biber, Wasserspitzmaus, Fischotter, Ilties</li><li>Brutvögel: Wachtelkönig, Feldschwirl, Drosselrohrsänger, Flussregenpfeifer, Flussuferläufer, Eisvogel, Lachmöve, Zwergdommel, Grosser Brachvogel, Bekassine, Kiebitz, Flusseeschwalbe</li><li>Fische: Moorgrundel, Roi du Doubs, Sofie, Savetta, Nase, Seeforelle, Ghiozzo, Alborelle, Bachneunauge, Bitterling, Agone, Barben, Pigo, Triotto, Strigione, Äsche, Schneider, Strömer</li><li>Amphibien: alle</li><li>Reptilien: alle</li><li>Krebstiere: einheimische Krebsarten</li><li>Mollusken: Kleine Flussmuschel</li><li>Insekten: Libellen, Schwimmkäfer, Heuschrecken, Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Steinfliegen</li></ul>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
eine Art der Komponente Critically Endangered (CR), Endangered (EN), Vulnerable (VU) oder eine prioritäre Art der Wertskala 1, 2, 3 oder eidgenössisch geschützte Art (APN) der Wertskala 2, 2a, 3 vorhanden		1
keine Roten Liste, prioritäre oder nach APN geschützte Arte vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Rote Liste Arten, prioritäre Arten, APN Arten (CSCF und Schweizerische Vogelwarte Sempach)	
Datensatz:	LR_A19_rolisvög_ktbe_Vogelwarte11.shp, LR_A19_rolis_flurepf_Vogelwarte11.shp, LR_A19_rolis_kolben_Vogelwarte11.shp, LR_A19_rolis_reihen_Vogelwarte11.shp, LR_A19_rolis_XX_CSCF11.shp, LR_A19_rolis_flukre_CSCF11.shp, LR_A19_rolis_rumäul_CSCF11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A19_rolisvög_ktbe_Vogelwarte11 → OK.</li><li>2. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_flurepf_Vogelwarte11</li><li>3. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_kolben_Vogelwarte11</li><li>4. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_reihen_Vogelwarte11</li><li>5. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_XX_CSCF11</li><li>6. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_flukre_CSCF11</li><li>7. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_A19_rolis_rumäul_CSCF11</li><li>8. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte GR_A19_RoLis → Field</li></ol>		

Calculator → LR\_A19\_RoLis = 1 → OK. Alle LR, die Rote Liste Arten aufweisen, erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR\_A19\_RoLis = 1 → OK. Alle LR, die keine Rote Liste Arten enthalten, erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A20_REN	Fliessgewässer/Seen oder Feuchtgebiete gemäss REN	Vernetzung
<b>Beschreibung</b>		
<p>Das Projekt REN, Réseau Ecologique National (national ökologisches Netzwerk), dient als Planungshilfe zur Vernetzung von Populationen und Lebensräumen. Es geht darum Lebensräume zu erhalten, wiederherzustellen und untereinander zu vernetzen um die Artenvielfalt zu erhalten. Als Planungshilfe zeigt es mithilfe von Karten Lebensräume und deren Vernetzungsachsen auf. Dabei berücksichtigt es nicht nur die aktuelle Situation, sondern auch das Potential der Landschaft (BAFU 2010h).</p> <p>Es wird zwischen folgenden relevanten Vernetzungsvarianten unterschieden (Berthoud et al. 2004: 18ff):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kerngebiete umfassen hinsichtlich der Artenvielfalt hochwertige Lebensräume.</li><li>▪ Aufwertungsgebiete in fragmentierten oder beeinträchtigten Landschaften erlauben es, die Entwicklungsmöglichkeiten der Kerngebiete zu bewahren und zu verbessern oder die Verbindungen in den Lebensräumen zu fördern.</li><li>▪ Ökologische Korridore sind Verbindungselemente zwischen Ökosystemen oder zwischen verschiedenen Habitaten, die den entsprechenden Arten dieser Habitate Bewegungen ermöglichen.</li></ul> <p>Für diese Arbeit sind die Kontinuen der Feuchtgebiete, bestehend aus Gebieten entlang von Wasserläufen sowie Sümpfe, Wiesen und Kulturen in Auengebieten und die Kontinuen der aquatischen Lebensräume, bestehend aus Fliessgewässern und verschiedenen Stehgewässern des hydrografischen Netzes, relevant.</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Kerngebiet, Ausbreitungsgebiet, Kontinuum, ökologischer Korridor oder Insel vorhanden		1
kein Vernetzungselement vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Nationales ökologisches Netzwerk (BAFU)	
Datensatz:	LR_A20_aqua_BAFU08.shp; LR_A20_humide_BAFU08.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Die Fliessgewässer/Seen (LR_N20_aqua_BAFU08.shp) können mittels Intersect ausgewählt werden: Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A20_aqua_BAFU08.shp → OK.</li><li>2. Die Feuchtgebiete können mittels intersect ausgewählt werden: Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_A20_humide_BAFU08.shp → OK.</li><li>3. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_A20_REN → Field Calculator → LR_A20_REN = 1 → OK. Alle LR, die sich mit einem Feuchtgebiet überlagern, erhalten den Wert 1.</li><li>4. Select by Attributes:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Layer: LR_XX</li><li>▪ Select from LR_XX where "LR_A20_REN" = 1</li></ul></li><li>5. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected Records → Options → Switch Selection → r.MaTa. auf Spalte LR_A20_REN → Field Calculator → LR_A20_REN = 0 eingeben → OK. Alle LR, die sich nicht mit einem REN-Gebiet schneiden, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_A21_Zers</b>	<b>Zerschneidung der Landschaft</b>	<b>Landschaft</b>
<b>Beschreibung</b>		
<p>Die Landschaftszerschneidung hat in der Schweiz in den letzten 120 Jahren um 70 % zugenommen. Strassen, Bahnlinien und Siedlungen wirken auf viele Tier- und Pflanzenarten als Hindernisse und schränken ihre Bewegungen ein. Auch auf den Menschen können verkehrsreiche Strassen hindernd wirken, weil sie sich als Fussgänger nicht frei bewegen können (WSL 2008).</p> <p>Die Zerschneidung der Landschaft wird in dieser Arbeit anhand des Vorkommens von Strassen und Schienen im Landschaftsraum erfasst.</p>		

Messskala	Wertskala
keine Zerschneidung des Landschaftsraums durch Strassen und Schienen	1
Strassen und Schienen zerschneiden den Landschaftsraum	0
Daten	
Datengrundlage:	Strassennetz (TBA, Kanton Bern); Tramlinien, Bahnlinien, Ortverkehrslinien, Buslinien aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern)
Datensatz:	LR_A21_Strassen und Bahnlinien_AGI0609.shp
Attribut:	-
Erhebung im GIS	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select features from LR_XX that intersect LR_A21_Strassen und Bahnlinien_AGI0609.shp → Attribute Table → Rechtsklick auf LR_A21_Zers → Field Calculator → LR_A21_Zers = 0 eingeben → OK.</li> <li>2. Attribute Table → Rechtsklick auf LR_A21_Zers → Switch Selection → Field Calculator → LR_A21_Zers = 1 eingeben → OK.</li> </ol>	

Abk.	Indikator	Komponente
LR_A22_Wald	Waldflächen	Bodenbedeckung
<b>Beschreibung</b>		
Der Wald bildet eine wichtige Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Er stellt sowohl Nutz-, wie auch Schutz- und Erholungsfunktionen zur Verfügung (BAFU 2012a).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Der Landschaftsraum muss mindestens 30 % Waldanteil aufweisen um den Wert 1 zu erhalten.		
Wald macht mehr als 30 % des Landschaftsraums aus		1
Wald macht weniger als 30 % des Landschaftsraums aus		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Geschlossener Wald der amtlichen Vermessung (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_A22_AVR_BOF1_Wald_AGI11.shp oder LR_A22_AVR_BOF2_Wald_AGI11.shp oder LR_A22_as97_Wald_9-14_GIUB10.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mit dem Tool Identity die Fläche des Waldes pro LR berechnen lassen:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Input Features: LR_A22_AVR_BOF1_Wald_AGI11.shp</li><li>▪ Identity Features: LR_XX</li><li>▪ Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR_A22_Identity_XX</li><li>▪ Join Attributes: ALL</li></ul></li><li>2. r.MaTa auf LR_A22_Identity_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR_A22_Identity_XX.txt → OK. LR_A22_Identity_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR_N22_Identity_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.</li><li>3. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element Objekt_ID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape_Area rechts in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape_Area wählen → OK. Nun sind alle Waldflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Summe (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape_Area_Wald.</li><li>4. LR_A22_Identity_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR_XX → Joins and Relates → Join</li><li>5. Join Data:<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID</li><li>▪ Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR_A22_Identity_XX</li><li>▪ Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID</li></ul></li><li>6. Attribute Table von LR_XX öffnen → Options → Add Field → LR_A22_Berechnung nennen und float wählen.</li><li>7. Rechtsklick auf Spalte LR_A22_Berechnung → Field Calculator → LR_A22_Berechnung = 100/LR_XX.Shape Area * Tabelle ...\$.Shape Area Wald eingeben. Pro LR resultiert der Anteil</li></ol>		

Waldfläche in Prozent.

8. Definition Query von LR\_XX → Query Builder → LR\_A22\_Berechnung  $\geq 30$  eingeben
  9. Rechtsklick auf Spalte LR\_A22\_Wald → Field Calculator → LR.lu.LR\_A22\_Wald = 1 eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 30$  Prozent Waldfläche pro LR aufweisen. Query Builder löschen!
  10. Select by Attributes → Select from LR\_A22\_Wald where: LR\_A22\_Wald = 1. Im Attribute Table → Show Selected records → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR\_A22\_Wald = 0 → OK. Alle LR mit weniger als 30 % Waldfläche erhalten den Wert 0.
-

# TYP B

## KULTURELLE ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B01_NaEPa	bestehende und geplante Naturerlebnispärke	Landschaft
<b>Beschreibung</b>		
Naturerlebnispärke liegen in einer dicht besiedelten Region, die in der Nähe einer Agglomeration und mit dem öffentlichen Verkehr gut erreichbar ist. Der Park soll über naturnahe Gebiete verfügen, sich für die didaktische Vermittlung von Naturerlebnissen anbieten und die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung verbessern. Der Wildnispark Zürich-Sihlwald ist bisher der einzige Vertreter dieser Park-Kategorie (BAFU 2010d).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Naturerlebnispärke (BAFU)	
Datensatz:	LR_B01_Naturerlebnispärke_BAFU11.shp	
Attribut:		
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Select features from LR_XX that intersect LR_B01_Naturerlebnispärke_BAFU11.shp → Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected Records → Rechtsklick auf LR_B01_NaEPa → Field Calculator → LR_B01_NaEPa = 1 eingeben → OK.		
2. Attribute Table → Rechtsklick auf LR_B01_NaEPa → Switch Selection → Field Calculator → LR_B01_NaEPa = 0 eingeben → OK.		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B02_Wkult	UNESCO Weltkulturerbe-Gebiete	Landschaft
<b>Beschreibung</b>		
Siehe Indikator der UNESCO Weltnaturerbe (LR_A14_WNatu).		
Die Schweiz hat derzeit acht UNESCO-Weltkulturerbe-Gebiete (BAK 2011b):		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Berner Altstadt</li><li>2. Stiftsbezirk St. Gallen</li><li>3. Benediktinerinnen-Kloster St. Johann in Müstair</li><li>4. Burgen und die Stadtbefestigung von Bellinzona</li><li>5. Kulturlandschaft Weinbaugebiet Lavaux</li><li>6. Rhätische Bahn in der Landschaft Albula/Bernina</li><li>7. La Chaux-de-Fonds/Le Locle Stadtlandschaft und Uhrenindustrie</li><li>8. Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen</li></ol>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Weltkulturerbe-Gebiete (UNESCO)	
Datensatz:	LR_B02_Weltkulturerbe_Unesco11.xls	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
In der Excel Tabelle LR_B02_Weltkulturerbe_Unesco11.xls nachschauen, ob das untersuchte Gebiet aufgeführt ist. Wenn dem so ist, werden die LR von Hand markiert und im Attribute Table den Wert 1 eingegeben (Start Editing). Wenn kein Kulturerbe vorkommt Rechtsklick auf LR_B02_Wkult → Field Calculator → LR_02_Wkult = 0 eingeben → OK.		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B03_Wande	markierte Wanderwege	Freizeit und Sport
<b>Beschreibung</b>		
Wandern gehört in der Schweiz zu den beliebtesten Freizeit- und Ferienaktivitäten, auch dank einem Wanderwegnetz von über 60'000 km attraktiven Wanderwegen. Die Schweiz ist ein Land voller Naturschönheiten, einzigartigen Landschaften, Gebirgen, Gletschern, Seen und Flüssen, mit einer intakten Fauna und Flora. Zahlreiche historische Gebäude und Bauwerke entlang alter Verkehrswege sind Zeitzeugen einer lebendigen kulturellen Vergangenheit (Schweizer Wanderwege 2010). All diese Sehenswürdigkeiten bieten dem Menschen zu Fuss ein hohes kulturelles Angebot und Erholungsmöglichkeiten.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Wanderwege im Landschaftsraum vorhanden		1
keine Wanderwege im Landschaftsraum vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Wanderroutennetz (TBA, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_B03_WANDERN_WEGNETZ_KtBE09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_B03_WANDERN_WEGNETZ_KtBE09.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_B03_Wande → Field Calculator → LR_B03_Wande = 1 → OK. Alle LR, in denen Wanderwege vorkommen erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR_B03_Wande =01 → OK. Alle LR, die keine Wanderwege haben, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B04_Velo	markierte Velorouten	Freizeit und Sport
<b>Beschreibung</b>		
Velowege sind meist asphaltierte Wege oder Strassen mit möglichst wenig oder gar keinem Motorfahrzeugverkehr. An stark befahrenen Strassen werden sie auf Radstreifen geführt und mit gesicherten Querungen und Abbiegestellen versehen (Veloland Schweiz kein Datum).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Velowege im Landschaftsraum vorhanden		1
keine Velowege im Landschaftsraum vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Routennetz Velowandern (TBA, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_B04_VELO_KATVR_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_B04_VELO_KATVR_AGI09.shp → OK.</li><li>2. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_B04_Velo → Field Calculator → LR_B04_Velo = 1 → OK. Alle LR, in denen Velowege vorkommen erhalten den Wert 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR_B04_Velo =01 → OK. Alle LR, die keine Velowege haben, erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_B05_Erhol</b>	<b>Erholungswert</b>	<b>Freizeit und Sport</b>
<b>Beschreibung</b>		
Gastronomiebetriebe sind beliebte Destinationen auf Ausflügen in der Freizeit. Ein kleiner Snack oder ein erfrischendes Getränk nach einer Wanderung geniesst mancher gern. Sehr willkommen sind auch Feuerstellen beispielsweise an einem Fluss und Spielplätze, wo sich die Kinder austoben können. All diese Dienstleistungen und Infrastrukturen stellen einen grossen kulturellen Wert dar.		

Messskala		Wertskala
Bars, Cafés, Hotels, Restaurants, Feuerstellen und/oder Spielplätze im Landschaftsraum vorhanden		1
Bars, Cafés, Hotels, Restaurants, Feuerstellen und/oder Spielplätze im Landschaftsraum nicht vorhanden		0
Daten		
Datengrundlage:	Gastronomie (Bar, Café, Hotel, Restaurant) und Kultur/Freizeit (Feuerstelle, Spielplatz) ( <a href="http://map.search.ch">http://map.search.ch</a> )	
Datensatz:	-	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Im Internet die Seite <a href="http://map.search.ch">http://map.search.ch</a> öffnen. Unter Gastronomie die Felder Bar, Café, Hotel, Restaurant und unter Kultur/Freizeit die Feuerstellen und Spielplätze einschalten. Im Arc Map können die Orthophotos geladen werden, damit die Erhebung etwas leichter fällt. Danach all diesen LR den Wert 1 zuweisen, die eine Bar, ein Café, Hotel oder ein Restaurant resp. eine Feuerstelle oder einen Spielplatz enthalten.</li><li>2. Nachdem den Wert 1 überall vergeben wurde, erhalten alle anderen LR den Wert 0: Select by Attributes → Select from LR_B05_Erhol where: LR_B05_Erhol = 1. Im Attribute Table → Show Selected Records → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR_B05_Erhol = 0 → OK. Alle LR ohne Erholungswert erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B06_ESehb	Einsehbarkeit	Erlebnischarakter
<b>Beschreibung</b>		
Aussichtspunkte befinden sich an Wanderwegen. Sieht man von einem solchen Aussichtspunkt aus den Landschaftsraum, so kann dieser erlebt werden. Landschaftsräume, die nicht einsehbar sind, haben einen geringeren kulturellen Wert. Mit diesem Indikator sollen auch Landschaftsräume, die zwar nicht erreichbar sind, aber optisch vom Menschen erlebt werden können, erhoben werden. Man stelle sich die Aussicht von einem Berggipfel auf eine Flusslandschaft vor.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Landschaftsraum ist von Aussichtspunkten einsehbar		1
Landschaftsraum ist von Aussichtspunkten nicht einsehbar		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Aussichtslagen des kantonalen Richtplans des Wanderrouthenetzes (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_B06_WANDERNK_KLAOEV_KtBE11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>Das Tool Viewshed öffnen (3D Analyst Tools – Raster Surface) und folgenermassen ausfüllen:<ul style="list-style-type: none"><li>Input raster: dhm_XX.bmp</li><li>Input point oder polyline observer features: LR_B06_WANDERNK_KLAOEV_KtBE11.shp</li><li>Output raster: XX.gdb\hem_BE\LR_B06_Vsh_XX</li><li>Z factor: 1</li></ul></li><li>Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify → Input Raster: LR_B06_Vsh_XX → visible Rasterzellen = 1, alles andere = NoData (meistens 0, da NoData+NoData → NoData) → Output Raster: LR_B06_VshR_XX (im Ordner hem_BE abspeichern; change missing values to NoData). Das neue Raster enthält nur noch die sichtbaren Zellen.</li><li>Das Tool Raster to Polygon öffnen (Conversion Tool - Raster to Polygon) und folgendermassen ausfüllen:<ul style="list-style-type: none"><li>Input raster: LR_B06_VshR_XX</li><li>Field: Value</li><li>Output polygon features: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR_B06_Einsehbarkeit_XX</li><li>Simplify polygons abwählen</li></ul></li><li>Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_B06_Einsehbarkeit_XX → OK.</li><li>Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_B06_ESehb → Field</li></ol>		



Calculator → LR\_B06\_ESehb = 1 → OK.

6. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR\_B06\_ESehb = 0 → OK.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B07_IVS	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz	kulturhistorische Landschaftsinventare
<b>Beschreibung</b>		
Das Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz ist ein Bundesinventar von nationaler Bedeutung gemäss Art. 5 des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG, 1966). Laut Art. 1 bezweckt dieses Gesetz unter anderem, „das heimatliche Landschafts- und Ortsbild, die geschichtlichen Stätten sowie Natur- und Kulturdenkmäler des Landes zu schonen, zu schützen sowie ihre Erhaltung und Pflege zu fördern“. Detaillierte Informationen über die schützenswerten Verkehrswege von nationaler Bedeutung sind in Karten und illustrierten Texten im Bundesinventar zusammengetragen (ASTRA kein Datum).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
ein historischer Verkehrslauf oder mindestens ein wegbegleitendes Element im Landschaftsraum vorhanden		1
historische Verläufe oder wegbegleitende Elemente im Landschaftsraum keine vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (Astra)	
Datensatz:	LR_B07_ivs_linienobjekte_Astra11.shp, LR_B07_ivs_punktobjekte_Astra11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_B07_ivs_linienobjekte_Astra11.shp → OK.</li><li>2. Select by Location → add to currently selected features in LR_XX that intersect the features in this layer: LR_B07_ivs_punktobjekte_Astra11.shp → OK.</li><li>3. Attribute Table von LR_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR_B07_IVS → Field Calculator → LR_B07_IVS = 1 → OK.</li><li>4. Select by Attributes → Select from LR_B07_IVS where: LR_B07_IVS = 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR_B07_IVS = 0 → OK. Alle LR ohne IVS-Objekt erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_B08_ISOS</b>	<b>Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz</b>	<b>kulturhistorische Landschaftsinventare</b>
<b>Beschreibung</b>		
Ein Ortsbild besteht nicht aus einzelnen Bauten, sondern aus einer Gesamtheit, aus dem Verhältnis der Bauten untereinander und der Qualität der Räume zwischen den Häusern, den Plätzen und Strassen, Gärten und Parkanlagen sowie dem Verhältnis zu den Umgebungen wie zu den Wäldern, Wiesen und zur Landschaft. Geschichte und Bautradition werden in der Gestalt von Ortsbildern vorstellbar (BAK 2011a). Auch dieses Inventar ist im Natur- und Heimatschutzgesetz Art. 1 Bst. a verankert. Bei den ISOS geht es nicht nur darum, ob sie in einem Landschaftsraum vorkommen, sondern auch ob sie von einem Landschaftsraum aus sichtbar sind.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
ein schützenswertes Ortsbild vom Landschaftsraum aus sichtbar		1
schützenswerte Ortsbilder vom Landschaftsraum aus nicht sichtbar		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (BAFU)	
Datensatz:	LR_B08_isos_pnt_BAFU94.shp	

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

- Das Tool Viewshed öffnen (3D Analyst Tools – Raster Surface) und folgendermassen ausfüllen:
  - Input raster: dhm\_XX.bmp
  - Input point oder polyline observer features: LR\_B08\_isos\_pnt\_BAFU94.shp
  - Output raster: XX.gdb\hem\_BE\LR\_B08\_Vsh\_XX
  - Z factor: 1
- Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify → Input Raster: LR\_B08\_Vsh\_XX → visible Rasterzellen = 1, alles andere = NoData (meistens 0, da NoData+NoData → NoData) → Output Raster: LR\_B08\_VshR\_XX (im Ordner hem\_BE abspeichern; change missing values to NoData). Das neue Raster enthält nur noch die sichtbaren Zellen.
- Das Tool Raster to Polygon öffnen (Conversion Tool - Raster to Polygon) und folgendermassen ausfüllen:
  - Input raster: LR\_B08\_VshR\_XX
  - Field: Value
  - Output polygon features: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_B08\_ISOS\_XX
  - Simplify polygons abwählen
- Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_B08\_ISOS\_XX → OK.
- Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_B08\_ISOS → Field Calculator → LR\_B08\_ISOS = 1 → OK.
- Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR\_B08\_ISOS = 0 → OK.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_B09_KGS</b>	<b>Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung (KGS)</b>	<b>kulturhistorische Landschaftsinventare</b>

**Beschreibung**

Gemäss Art. 1 des Bundesgesetzes über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten (KGS, 1966) sind Kulturgüter

- „bewegliche oder unbewegliche Güter, die für das kulturelle Erbe von grosser Bedeutung sind, wie z. B. Bau-, Kunst- oder geschichtliche Denkmäler kirchlicher oder weltlicher Art, archäologische Stätten, Gruppen von Bauten, die als Ganzes von historischem oder künstlerischem Interesse sind, Kunstwerke, Manuskripte, Bücher und andere Gegenstände von künstlerischem, historischem oder archäologischem Interesse sowie wissenschaftliche Sammlungen und bedeutende Sammlungen von Büchern, von Archivalien oder von Reproduktionen der oben umschriebenen Kulturgüter;
- [...] z. B. Museen, grosse Bibliotheken, Archive sowie Schutzräume, [...];
- Denkmalzentren, d.h. Orte, die in beträchtlichem Umfange Kulturgüter im Sinne der Buchstaben a und b aufweisen.“

Auch bei den KGS geht es nicht nur darum, ob sie in einem Landschaftsraum vorkommen, sondern auch ob sie von einem Landschaftsraum aus sichtbar sind.

Messskala	Wertskala
ein Kulturgut vom Landschaftsraum aus sichtbar	1
keine Kulturgüter vom Landschaftsraum aus sichtbar	0

**Daten**

Datengrundlage: Schweizerisches Inventar der Kulturgüter von nationaler Bedeutung, A-Objekte (national) des jeweiligen Kantons (BABS)

Datensatz: LR\_B09\_KGS\_XX\_A-Obj\_BABS11.shp

Attribut: -

**Erhebung im GIS**

- Das Tool Viewshed öffnen (3D Analyst Tools – Raster Surface) und folgendermassen ausfüllen:
  - Input raster: dhm\_XX.bmp
  - Input point oder polyline observer features: LR\_B09\_KGS\_XX\_A-Obj\_BABS11.shp
  - Output raster: XX.gdb\hem\_BE\LR\_B09\_Vsh\_XX
  - Z factor: 1

2. Spatial Analyst Tools → Reclass → Reclassify → Input Raster: LR\_B09\_Vsh\_XX → visible Rasterzellen = 1, alles andere = NoData (meistens 0, da NoData+NoData → NoData) → Output Raster: LR\_B09\_VshR\_XX (im Ordner hem\_BE abspeichern; change missing values to NoData). Das neue Raster enthält nur noch die sichtbaren Zellen.
3. Das Tool Raster to Polygon öffnen (Conversion Tool - Raster to Polygon) und folgendermassen ausfüllen:
  - Input raster: LR\_B09\_VshR\_XX
  - Field: Value
  - Output polygon features: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_B09\_KGS\_XX
  - Simplify polygons abwählen
4. Select by Location → select features from LR\_XX that intersect the features in this layer LR\_B09\_KGS\_XX → OK.
5. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Show Selected. r.MaTa auf Spalte LR\_B09\_KGS → Field Calculator → LR\_B09\_KGS = 1 → OK.
6. Im Attribute Table → Options → Switch Selection. r.MaTa auf zu berechnende Spalte → Field Calculator → LR\_B09\_KGS = 0 → OK.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B10_Wohn	Wohn- und Ferienhäuser	Bodennutzung
<b>Beschreibung</b>		
Wohn- und Ferienhauszonen sind Gebiete in denen man sich zurückzieht, erholt und sich wohlfühlt.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Wohn- und Ferienhauszone muss mindestens 10 % der Fläche des LR ausmachen damit den Wert 1 erreicht werden kann.		
Wohn- und Ferienhauszonen machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus		1
Wohn- und Ferienhauszonen machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Wohnzonen des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_B10_Wohn-und Ferienhauszone_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>Mit dem Tool Identity die Fläche des Wohn- und Ferienhauszone pro LR berechnen lassen:<ul style="list-style-type: none"><li>Input Features: LR_B10_Wohn-und Ferienhauszone_AGI06.shp</li><li>Identity Features: LR_XX</li><li>Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR_B10_Identity_XX</li><li>Join Attributes: ALL</li></ul></li><li>r.MaTa auf LR_B10_Identity → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR_B10_Identity_XX.txt → OK. LR_B10_Identity_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR_B10_Identity_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.</li><li>Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape_Area markieren → Daten → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element OBJECTID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape_Area rechts unten in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Werteinstellungen“ wählen → Summe von Shape_Area wählen → OK. Nun sind alle Wohnflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = = und Summe (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape_Area_Wohn.</li><li>LR_B10_Identity_XX.xls ins ArcMap laden → r.MaTa auf LR_XX → Joins and Relates → Join</li><li>Join Data:<ul style="list-style-type: none"><li>Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID</li><li>Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR_B10_Identity_XX</li><li>Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID</li></ul></li><li>Attribute Table von LR_XX öffnen → Options → Add Field → LR_B10_Berechnung nennen und float wählen.</li></ol>		

7. Rechtsklick auf Spalte LR\_B10\_Berechnung → Field Calculator →  $LR\_B10\_Berechnung = 100/LR\_XX.Shape\_Area * Tabelle...\$LR\_XX.Shape\_Area\_Wohn$  eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Wohnfläche in Prozent.
8. Definition Query von LR\_XX → Query Builder →  $LR\_B10\_Berechnung \geq 10$  eingeben
9. r.MaTa auf Spalte LR\_B10\_Wohn → Field Calculator →  $LR\_B10\_Wohn = 1$  eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 10\%$  Wohn- und Ferienhausfläche pro LR aufweisen. Query Builder löschen!
10. Select by Attributes → Select from LR\_K10\_Wohn where:  $LR\_K10\_Wohn = 1$ . Im Attribute Table → Show Selected Records → Options → Switch Selection → Field Calculator →  $LR\_B10\_Wohn = 0$  → OK. Alle LR mit weniger als 10 % Wohn- und Ferienhausfläche erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B11_tourI	touristische Infrastruktur: Seilbahnen, Skipiste, Loipen, Beschneiungsflächen und Schifflinien	Tourismus
<b>Beschreibung</b>		
Mit den touristischen Infrastrukturen sollen Gebiete erfasst werden, die von Touristen, insbesondere Winter-sportlern, genutzt werden.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Infrastrukturen für den Tourismus vorhanden		1
keine Infrastrukturen für den Tourismus vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Skipiste, Loipen, Beschneiungsfläche des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern); Seilbahn- und Schifflinien aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentli-chen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_B11_Schifflinien_AGI09.shp, LR_B11_Seilbahnen_AGI09.shp, LR_B11_SkipisteLoipenBeschneiungsflächen_AGI09.shp (= mit ZFS, Zonen für Freizeit- und Sport)	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_B11_Schifflinien_AGI09.shp → OK.</li><li>2. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_B11_Seilbahnen_AGI09.shp → OK.</li><li>3. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect LR_B11_SkipisteLoipenBeschneiungsflächen_AGI09.shp → OK.</li><li>4. Open Attribute table von LR_XX → Show Selected records → r.MaTa auf Spalte LR_B11_tourI → Field Calculator: LR_B11_tourI = 1. Alle LR, die touristische Infrastruktur aufweisen erhalten den Wert 1.</li><li>5. Select by Attributes → Select from LR_B11_tourI where: LR_B11_tourI = 1. Im Attribute Table → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR_B11_tourI = 0 → OK. Alle LR ohne touristische Infrastruktur erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_B12_BahnL</b>	<b>Eisenbahnlärm am Tag</b>	<b>Lärmbelastung</b>
<b>Beschreibung</b>		
Übermässiger und chronischer Lärm ist aus gesundheitlicher und ökonomischer Sicht heute eines der bedeutendsten Umweltprobleme in der Schweiz. Er ist in unserem Alltag praktisch allgegenwärtig. Das BAFU hat ein technisches Instrument (SonBase) entwickelt, welches wissenschaftlich fundierte und flächendeckende Aussagen zum Ausmass der aktuellen Lärmbelastung aus den wichtigsten Lärmquellen, wie Strassen-, Eisenbahn- und Flugverkehr in der Schweiz ermöglicht (BAFU 2009b).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Der Immissionsgrenzwerte legt gemäss BAFU (BAFU 2011) die Schwelle fest, ab welcher der Lärm die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stört. Zur Erholung (Empfindlichkeitsstufe I von IV) sind dies am Tag 55 dB. Landschaftsräume die unter diesem Wert liegen, werden mit dem Wert 1 bewertet.		
mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von $\leq 55$ dB auf		1

mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von >55 dB auf	0
--	---

**Daten**

Datengrundlage: SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU 2009f)  
 Datensatz: LR\_B12\_Eisenbahnlärm\_Tag\_55ff\_BAFU09.shp (= lauter 55 dB)  
 Attribut: -

**Erhebung im GIS**

1. Mit dem Tool Identity die Fläche der Lärmbelastung pro LR berechnen lassen:
  - Input Features: LR\_B12\_Eisenbahnlärm\_Tag\_55ff\_BAFU09.shp
  - Identity Features: LR\_XX
  - Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_B12\_Identity\_XX
  - Join Attributes: ALL
2. r.MaTa auf LR\_B12\_Identity\_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR\_B12\_Identity\_XX.txt → OK. LR\_B12\_Identity\_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR\_B12\_Identity\_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape\_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.
3. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape\_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element Objekt\_ID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape\_Area rechts in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape\_Area wählen → OK. Nun sind alle Eisenbahnlärmflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Summe (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape\_Area\_BahnL.
4. LR\_B12\_Identity\_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR\_XX → Joins and Relates → Join
5. Join Data:
  - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
  - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR\_B12\_Identity\_XX
  - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
11. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Options → Add Field → LR\_B12\_Berechnung nennen und float wählen.
12. Rechtsklick auf Spalte LR\_B12\_Berechnung → Field Calculator → LR\_B12\_Berechnung = 100/LR\_XX.Shape\_Area \* Tabelle ...\$.Shape\_Area\_BahnL eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Bahnlärm >55 dB in Prozent.
13. Definition Query von LR\_XX → Query Builder → LR\_B12\_Berechnung >= 50 eingeben
14. Rechtsklick auf Spalte LR\_B12\_BahnL → Field Calculator → LR\_lu.LR\_B12\_BahnL = 1 eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die ≥50 Prozent Bahnlärm pro LR aufweisen. Query Builder löschen!
15. Select by Attributes → Select from LR\_B12\_BahnL where: LR\_B12\_BahnL = 1. Im Attribute Table → Show Selected records → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR\_B12\_BahnL = 0 → OK. Alle LR mit weniger als 50 % Bahnlärmfläche (lauter 55 dB) erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_B13_Stral	Strassenlärm am Tag	Lärmbelastung
Beschreibung		
Siehe Indikator LR_B12_BahnL		
Messskala		Wertskala
Siehe Indikator LR_B12_BahnL		
mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von ≤55 dB auf		1
mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von >55 dB auf		0
Daten		
Datengrundlage:	SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU 2009f)	
Datensatz:	LR_B13_Strassenlärm_Tag_55ff_BAFU09.shp	
Attribut:	-	
Erhebung im GIS		

## 8 Anhang

1. Mit dem Tool Identity die Fläche der Lärmbelastung pro LR berechnen lassen:
  - Input Features: LR\_B13\_Strassenlärm\_Tag\_55ff\_BAFU09.shp
  - Identity Features: LR\_XX
  - Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_B13\_Identity\_XX
  - Join Attributes: ALL
2. r.MaTa auf LR\_B13\_Identity\_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR\_B13\_Identity\_XX.txt → OK. LR\_B13\_Identity\_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR\_B13\_Identity\_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape\_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.
3. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape\_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element Objekt\_ID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape\_Area rechts in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape\_Area wählen → OK. Nun sind alle Strassenlärmflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Summe (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape\_Area\_StraL.
4. LR\_B13\_Identity\_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR\_XX → Joins and Relates → Join
5. Join Data:
  - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
  - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR\_B13\_Identity\_XX
  - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
6. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Options → Add Field → LR\_B13\_Berechnung nennen und float wählen.
7. Rechtsklick auf Spalte LR\_B13\_Berechnung → Field Calculator →  $LR\_B13\_Berechnung = 100/LR\_XX.Shape\_Area * Tabelle \dots Shape\_Area\_StraL$  eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Strassenlärm >55 dB in Prozent.
8. Definition Query von LR\_XX → Query Builder →  $LR\_B13\_Berechnung \geq 50$  eingeben
9. Rechtsklick auf Spalte LR\_B13\_StraL → Field Calculator →  $LR\_lu.LR\_B13\_StraL = 1$  eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 50$  Prozent Strassenlärm pro LR aufweisen. Query Builder löschen!
10. Select by Attributes → Select from LR\_B13\_StraL where:  $LR\_B13\_StraL = 1$ . Im Attribute Table → Show Selected records → Options → Switch Selection → Field Calculator →  $LR\_B13\_StraL = 0$  → OK. Alle LR mit weniger als 50 % Strassenlärmfläche (lauter 55 dB) erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
<b>LR_B14_FlugL</b>	<b>Fluglärm am Tag</b>	<b>Lärmbelastung</b>
<b>Beschreibung</b>		
Siehe Indikator LR_B12_BahnL		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Siehe Indikator LR_K12_Bahn.		
mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von $\leq 55$ dB auf		1
mehr als 50 % des Landschaftsraums weist eine Lärmbelastung von $> 55$ dB auf		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz (BAFU 2009f)	
Datensatz:	LR_B14_Fluglärm_Tag_55ff_BAFU09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1.	Mit dem Tool Identity die Fläche der Lärmbelastung pro LR berechnen lassen: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Input Features: LR_B14_Fluglärm_Tag_55ff_BAFU09.shp</li><li>▪ Identity Features: LR_XX</li><li>▪ Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR_B14_Identity_XX</li><li>▪ Join Attributes: ALL</li></ul>	
2.	r.MaTa auf LR_B14_Identity_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR_B14_Identity_XX.txt → OK. LR_B13_Identity_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR_B14_Identity_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape Area.	

- Alle anderen Spalten können gelöscht werden.
3. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape\_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element Objekt\_ID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape\_Area rechts in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape\_Area wählen → OK. Nun sind alle Fluglärmflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Summe (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape\_Area\_FlugL.
  4. LR\_B14\_Identity\_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR\_XX → Joins and Relates → Join
  5. Join Data:
    - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
    - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR\_B14\_Identity\_XX
    - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
  6. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Options → Add Field → LR\_B14\_Berechnung nennen und float wählen.
  7. Rechtsklick auf Spalte LR\_B14\_Berechnung → Field Calculator →  $LR\_B14\_Berechnung = 100/LR\_XX.Shape\_Area * Tabelle \dots.Shape\_Area\_FlugL$  eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Fluglärm >55 dB in Prozent.
  8. Definition Query von LR\_XX → Query Builder →  $LR\_B14\_Berechnung \geq 50$  eingeben
  9. Rechtsklick auf Spalte LR\_B14\_FlugL → Field Calculator →  $LR\_lu.LR\_B14\_FlugL = 1$  eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 50$  Prozent Fluglärm pro LR aufweisen. Query Builder löschen!
  10. Select by Attributes → Select from LR\_B14\_FlugL where:  $LR\_B14\_FlugL = 1$ . Im Attribute Table → Show Selected records → Options → Switch Selection → Field Calculator →  $LR\_B14\_flugL = 0$  → OK. Alle LR mit weniger als 50 % Fluglärmfläche (lauter 55 dB) erhalten den Wert 0.
-

# TYP C

## BEREITSTELLENDEN ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C01_Abbau	Abbau und Deponie	Rohstoffnutzung
<b>Beschreibung</b>		
Unter Abbau- und Deponiegrundstücken werden überbaute und nichtüberbaute Grundstücksteile verstanden. Es gehören Gebäude und bauliche Anlagen dazu, welche für das Abbaumaterial (Sand, Lehm, Kies, Fels, usw.) und für die Aufbereitung des Materials benötigt werden. Als Deponie wird eine örtlich begrenzte Fläche bezeichnet, die zur Ablagerung von Materialien dient (Kanton Luzern 2012).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Die Abbau- und Deponiezone muss mindestens 10 % der Fläche des LR ausmachen damit der Wert 1 erreicht werden kann.		
Abbau und Deponie machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus		1
Abbau und Deponie machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Abbau- und/oder Ablagerungszone aus Bauzonen des kantonalen Übersichtszoneplans (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_C01_Abbau und Deponie_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>Mit dem Tool Identity die Fläche der Abbau- und Deponiezone pro LR berechnen lassen:<ul style="list-style-type: none"><li>Input Features: LR_C01_Abbau und Deponie_AGI09.shp</li><li>Identity Features: LR_XX</li><li>Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR_C01_Identity_XX</li><li>Join Attributes: ALL</li></ul></li><li>r.MaTa auf LR_C01_Identity → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR_C01_Identity_XX.txt → OK. LR_C01_Identity_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR_C01_Identity_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.</li><li>Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element OBJECTID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape_Area rechts unten in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape_Area wählen → OK. Nun sind alle Abbau- und Deponieflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Gesamtsumme (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape_Area_Abbau.</li><li>LR_C01_Identity_XX.xls ins ArcMap laden → r.MaTa auf LR_XX → Joins and Relates → Join</li><li>Join Data:<ul style="list-style-type: none"><li>Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID</li><li>Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR_C01_Berechnung</li><li>Choose the field in the table to base the join on: OBECTID</li></ul></li><li>Attribute Table von LR_XX öffnen → Options → Add Field → LR_C01_Berechnung nennen und float wählen.</li><li>r.MaTa auf Spalte LR_C01_Berechnung → Field Calculator → <math>LR\_C01\_Berechnung = 100/LR\_lu.Shape\_Area * Tabelle...\$.Shape\_Area\_Abbau</math> eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Abbau- und Deponiefläche in Prozent.</li><li>Definition Query von LR_XX → Query Builder → <math>LR\_C01\_Berechnung \geq 10</math> eingeben</li><li>r.MaTa auf Spalte LR_C01_Abbau → Field Calculator → <math>LR\_C01\_Abbau = 1</math> eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die <math>\geq 10</math> % Abbau- und Deponiefläche pro LR aufweisen.</li><li>Select by Attributes → Select from LR_C01_Abbau where: <math>LR\_C01\_Abbau = 1</math>. Im Attribute Table →</li></ol>		



Options → Switch Selection → Field Calculator → LR\_C01\_Abbau = 0 → OK. Alle LR mit weniger als 10 % Abbau- und Deponiefläche erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C02_ARA	Abwasserreinigungsanlage	Rohstoffnutzung
<b>Beschreibung</b>		
Abwasserreinigungsanlagen sind eine bestehende Infrastruktur in der Nähe eines Gewässers, wo Abwasser gereinigt wird. Die Ressource Wasser wird in diesen Fällen zur Reinigung und damit zur Verbesserung der Wasserqualität genutzt. Siehe auch Indikator LR_C03_techl.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
vorhanden		1
nicht vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Abwasserreinigungsanlagen (BAFU)	
Datensatz:	LR_C02_ARA_BAFU09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_C02_ARA_BAFU09.shp → OK.</li><li>2. Attribute table LR_XX → Show Selected Records → r.MaTa auf Spalte LR_C02_ARA → Field Calculator → LR_C02_ARA = 1 → OK. Alle LR, die eine ARA aufweisen erhalten den Wert 1.</li><li>3. Im Attribute Table von LR_XX → Options → Switch Selection → Field Calculator → LR_C01_ARA = 0 → OK. Alle LR ohne ARA erhalten den Wert 0.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C03_techl	technische Infrastruktur	Bodeneignung
<b>Beschreibung</b>		
Bei diesem Indikator geht es darum Landschaftsräume zu identifizieren, die bereits durch Infrastruktur erschlossen sind. Gemäss Raumplanungsgesetz Art. 19 Abs. 2 (RPG, 1979) sind die Gemeinden verpflichtet Bauzonen innerhalb der im Erschliessungsprogramm vorgesehenen Frist zu erschliessen. Land ist erschlossen wenn für die betreffende Nutzung eine hinreichende Zufahrt besteht und die erforderlichen Wasser-, Energie- sowie Abwasserleitungen so nahe heranzuführen, dass ein Anschluss ohne erheblichen Aufwand möglich ist (RPG, Art. 19 Abs. 1). Bauzonen umfassen gemäss (Raumplanung macht Schule 2008) das Land, welches sich für eine Überbauung eignet und entweder bereits weitgehend überbaut ist oder in den nächsten 15 Jahren überbaut werden soll. Daher werden in der vorliegenden Arbeit die Bauzonen des kantonalen Übersichtszonenplans sowie das Strassennetz und die öffentlichen Verkehrslinien berücksichtigt. Denn in bereits erschlossenen Landschaftsräumen ist es wirtschaftlicher ein Kraftwerk zu erstellen, als wenn die ganze Infrastruktur zuerst noch angelegt werden muss. Ausserdem gewährleistet das Vorhandensein der Bauzone eine Anbindung ans Stromnetz und damit geringe Verluste durch Transportleitung.		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
technische Infrastrukturen im Landschaftsraum vorhanden		1
keine technischen Infrastrukturen in Landschaftsraum vorhanden		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Bauzonen des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern); Linien und Haltestellen aus Linien, Haltestellen und Einzugsgebiete des öffentlichen Verkehrs (AOEV, Kanton Bern); Strassennetz (TBA, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_C03_Bauzonen_AGI09.shp; LR_C03_Verkehrslinien_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_C03_Bauzonen_AGI09.shp → OK.		
2. Select by Location → add to the currently selected features in LR_XX that intersect		

LR\_C03\_Verkehrslinien\_AGI09.shp → OK.

3. Attribute table LR\_XX → Show Selected Records → r.MaTa auf Spalte LR\_C03\_techI → Field Calculator → LR\_C03\_techI = 1 → OK. Alle LR, die technische Infrastruktur aufweisen erhalten den Wert 1.
4. Select by Attributes → Select from LR\_C03\_techI where: LR\_C03\_techI = 1. Im Attribute Table → Options → Show Selected records → Switch Selection → Field Calculator → LR\_C03\_techI = 0 → OK. Alle LR ohne technische Infrastruktur erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C04_WKGem	Wasserkraftgemeinde	Bodeneignung
<b>Beschreibung</b>		
<p>Mit den Wasserkraftgemeinden werden Gemeinden erfasst, in denen die Wasserkraftnutzung einen hohen Stellenwert hat. Es wird davon ausgegangen, dass in solchen Gemeinden ein grosser Anteil der Wohnbevölkerung bei den Wasserkraftwerksbetreibern ihre Arbeitsstelle hat und die Wasserkraftnutzung in diesen Gemeinden zu zusätzlichen Steuereinnahmen führt. Ein Beispiel dazu bilden die Gemeinden in der Grimselwelt, welche stark von den Kraftwerken Oberhasli AG (KWO) geprägt werden.</p> <p>Als Wasserkraftgemeinde ausgeschieden werden Gemeinden, die zwei oder mehr Wasserkraftzentralen enthalten und 0.3 MW oder mehr Megawatt Strom produzieren. Es wird generell dort ein Ausbau der Wasserkraftnutzung angestrebt, wo bereits eine Nutzung vorhanden ist (Regionale Schwerpunkte).</p>		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Landschaftsraum liegt innerhalb einer Wasserkraftgemeinde		1
Landschaftsraum liegt ausserhalb Wasserkraftgemeinde		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Gemeindedaten aus der Dissertation Balmer (Balmer 2011)	
Datensatz:	LR_C04_Gemeinden_mbalmer_WKA_ETH11.shp	
Attribut:	Anz_WKA und Sum_Instu	
<b>Erhebung im GIS</b>		
<ol style="list-style-type: none"><li>1. r.MaTa auf LR_C04_Gemeinden_mbalmer_WKA_ETH11.shp → Properties → Definition Query → Anz_WKA &gt;=2 UND Sum_Instu &gt;= 0.3 → OK.</li><li>2. Select by Location → select features from LR_XX that intersect the features in this layer LR_C04_Gemeinden_mbalmer_WKA_ETH11.shp → OK.</li><li>3. Attribute Table von LR_XX öffnen → r.MaTa auf Spalte LR_C04_WKGem → Field Calculator → 1 → OK.</li><li>4. Options → Switch Selection → r.MaTa auf Spalte LR_C04_WKGem → Field Calculator → 0 → OK.</li></ol>		

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C05_Indus	Industrie und Gewerbe	Bodennutzung
<b>Beschreibung</b>		
Mit diesem Indikator werden Landschaftsräume mit hoher wirtschaftlicher Nutzung identifiziert. Unter Industrie- und Gewerbezone werden die Misch-, Kern- und Arbeitszonen sowie Zonen für öffentliche oder militärische Nutzung des kantonalen Übersichtszonenplans verstanden. Bei Mischzonen handelt es sich um eine Mischung aus Gewerbe/Industrie und Wohnungen auf mehreren Stöcken. Alle anderen Zonen stehen für grosse wirtschaftliche Tätigkeit. In solchen Industrie- und Gewerbezone erscheint daher eignen sich daher eine Wasserkraftanlage sinnvoll (lokale Schwerpunkte).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Industrie und Gewerbe machen mehr als 10 % des Landschaftsraums aus		1
Industrie und Gewerbe machen weniger als 10 % des Landschaftsraums aus		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Mischzonen, Kernzone städtisch, Arbeitszone, Zone für öffentliche Nutzung, Zone für militärische Nutzung des kantonalen Übersichtszonenplans (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_C05_Industrie und Gewerbe_AGI09.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Mit dem Tool Identity die Fläche der Industrie- und Gewerbefläche pro LR berechnen lassen:		

- Input Features: LR\_C05\_Industrie und Gewerbe\_AGI09.shp
  - Identity Features: LR\_XX
  - Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_C05\_Identity\_XX
  - Join Attributes: ALL
2. r.MaTa auf LR\_C05\_Identity\_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR\_C05\_Identity\_XX.txt → OK.
  3. LR\_C05\_Identity\_XX.txt in Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR\_C05\_Identity\_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape\_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.
  4. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape\_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element OBJECTID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape\_Area rechts unten in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Wertfeldeinstellungen“ wählen → Summe von Shape\_Area wählen → OK. Nun sind alle Industrie- und Gewerbeflächen pro LR aufsummiert. Zeile mit OBJECTID = 0 und Gesamtsumme (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape\_Area\_Indus.
  5. LR\_C05\_Identity\_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR\_XX → Joins and Relates → Join
  6. Join Data:
    - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
    - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR\_C05\_Identity\_XX
    - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
  7. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Options → Add Field → LR\_C05\_Berechnung nennen und float wählen.
  8. Rechtsklick auf Spalte LR\_C05\_Berechnung → Field Calculator →  $LR\_C05\_Berechnung = 100/LR\_lu.Shape\_Area * Tabelle...$.Shape\_Area\_Indus$  eingeben. Pro LR resultiert der Anteil Industrie- und Gewerbefläche in Prozent.
  9. Definition Query von LR\_XX → Query Builder →  $LR\_C05\_Berechnung \geq 10$  eingeben
  10. Rechtsklick auf Spalte LR\_C05\_Indus → Field Calculator →  $LR\_C05\_Indus = 1$  eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 10$  % Industrie- und Gewerbefläche pro LR aufweisen.
  11. Select by Attributes → Select from LR\_C05\_Indus where:  $LR\_C05\_Indus = 1$ . Im Attribute Table → Options → Switch Selection → Field Calculator →  $LR\_C05\_Indus = 0$  → OK. Alle LR mit weniger als 10 % Industrie- und Gewerbefläche erhalten den Wert 0.

Abk.	Indikator	Komponente
LR_C06_LW	Landwirtschaftsflächen	Bodennutzung
<b>Beschreibung</b>		
Unter Landwirtschaftsflächen werden Acker, Wiesen und Weiden verstanden. Es wird davon ausgegangen, dass sie bereits mehr oder weniger stark genutzt werden, so dass ein weiterer Eingriff in die Natur in diesen Gebieten eher toleriert würde als in unberührter Landschaft (lokale Schwerpunkte).		
<b>Messskala</b>		<b>Wertskala</b>
Landwirtschaftsflächen machen mehr als 30 % des Landschaftsraums aus		1
Landwirtschaftsflächen machen weniger als 30 % des Landschaftsraums aus		0
<b>Daten</b>		
Datengrundlage:	Acker, Wiese, Weide der amtlichen Vermessung (AGI, Kanton Bern)	
Datensatz:	LR_C06_AckerWieseWeide_AVR11.shp	
Attribut:	-	
<b>Erhebung im GIS</b>		
1. Mit dem Tool Identity die Landwirtschaftsfläche pro LR berechnen lassen:		
▪ Input Features: LR_C06_AckerWieseWeide_AVR11.shp		
▪ Identity Features: LR_XX		

- Output Feature Class: XX.gdb\Zwischenergebnisse\LR\_C06\_Identity\_XX
  - Join Attributes: ALL
2. r.MaTa auf LR\_C06\_Identity\_XX → Open Attribute Table → Table Operations → Export → LR\_C06\_IdentityXX.txt → OK.
  3. LR\_C06\_Identity\_XX.txt ins Excel mit Tabstopp und Semikolon getrennt importieren und LR\_C06\_Identity\_XX.xls nennen. Relevant sind die Spalten OBJECTID und Shape\_Area. Alle anderen Spalten können gelöscht werden.
  4. Im Excel die beiden Spalten OBJECTID und Shape\_Area markieren → Einfügen → Pivot Table → in einem neuen Arbeitsblatt erstellen → das Element OBJECTID links in das Zeilenfeld des Pivot Table und das Element Shape\_Area rechts unten in das Wertefeld ziehen → Unter Wert im Dropdownmenu „Werteinstellungen“ wählen → Summe von Shape\_Area wählen → OK. Nun sind alle Landwirtschaftsflächen pro LR aufsummiert. Zeilen OBJECTID = 0 und Gesamtsumme (ganz unten) löschen. Copy/Paste (nur Werte) in ein neues Tabellenblatt → Spalten ev. neu benennen (WICHTIG: Keine Lücken im Header-Text): OBJECTID, Shape\_Area\_LW.
  5. LR\_C05\_Identity\_XX.xls ins ArcMap laden → Rechtsklick auf LR\_XX → Joins and Relates → Join
  6. Join Data:
    - Choose the field in this layer that the join will be based on: OBJECTID
    - Choose the table to join to this layer, or load the table from disk: LR\_C06\_Identity\_XX
    - Choose the field in the table to base the join on: OBJECTID
  7. Attribute Table von LR\_XX öffnen → Options → Add Field → LR\_C06\_Berechnung nennen und float wählen.
  8. Rechtsklick auf Spalte LR\_C06\_Berechnung → Field Calculator →  $LR\_C06\_Berechnung = 100/LR\_lu.Shape\_Area * Tabelle...$.Shape\_Area\_LW$  eingeben. Pro LR resultiert der Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche in Prozent.
  9. Definition Query von LR\_XX → Query Builder →  $LR\_C06\_Berechnung \geq 30$  eingeben
  10. Rechtsklick auf Spalte LR\_C06\_Indus → Field Calculator →  $LR\_C06\_Indus = 1$  eingeben. Nun haben diese LR den Wert 1 erhalten, die  $\geq 30$  % Landwirtschaftsfläche pro LR aufweisen.
  11. Select by Attributes → Select from LR\_C06\_LW where:  $LR\_C06\_LW = 1$ . Im Attribute Table → Options → Switch Selection → Field Calculator →  $LR\_C06\_LW = 0$  → OK. Alle LR mit weniger als 30 % landwirtschaftlich genutzter Fläche erhalten den Wert 0.
-

## LITERATUR

- ASTRA (kein Datum): Das Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz. Online verfügbar unter <http://www.ivs.admin.ch/>, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- BAFU (2007): Gewässer: Geschiebe. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/04854/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 31.10.2007, zuletzt geprüft am 15.01.2012.
- BAFU (2009a): Restwasser. Nutzungsrechte und Restwassermengen. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01284/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 14.09.2009, zuletzt geprüft am 17.01.2012.
- BAFU (2009b): Lärmbelastung in der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings SonBase. Unter Mitarbeit von K. Ingold und M. Köpfli. Abteilung Lärmbekämpfung BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0907).
- BAFU (2009c): Landschaft. UNESCO-Weltnaturerbe. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/landschaft/00524/01672/04756/index.html>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2009, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2009d): Das BLN im Überblick. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/bln/07124/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 29.12.2009, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2009e): Naturgefahren. Gefahrenkarten. Was sagen Gefahrenkarten aus? Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/11421/11422/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 09.07.2009, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2009f): SonBase - die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Bundesamt für Umwelt. Bern. (Umwelt-Wissen, 0908).
- BAFU (2010a): Schutzgebiet & Biotopinventare. Waldreservate. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07851/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2010b): Val Müstair und Nationalpark bilden ein gemeinsames UNESCO Biosphärenreservat. (Medienmitteilung vom 02.06.2010). Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=33389>, zuletzt aktualisiert am 02.06.2010, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2010c): Schutzgebiete und Biotopinventare. Trockenwiesen und -weiden (TWW). Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07849/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2010d): Pärke. Naturerlebnispark. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/paerke/10459/10461/10464/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 28.10.2010, zuletzt geprüft am 20.01.2012.
- BAFU (2010e): Schutzgebiete & Biotopinventare. Eidgenössische Jagdbanngebiete. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07843/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2010f): Schutzgebiete & Biotopinventare, Smaragd-Gebiete. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07847/>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU (2010g): Jagd & Fischerei. Angelfischerei. Statistik: Angelfischerei. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/jagd-fischerei/07831/07867/07871/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 09.03.2010, zuletzt geprüft am 17.01.2012.
- BAFU (2010h): Schutzgebiete & Biotopinventare. Nationales ökologisches Netzwerk REN. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/09443/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 20.01.2012.
- BAFU (2010a): Schutzgebiete & Biotopinventare. Gewässerstrecken von nationaler Bedeutung. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07841/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 14.01.2012.

- BAFU (2010i): Pärke.Pärkekategorien. Nationalpark. Regionaler Naturpark. Naturerlebnispark. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/paerke/10459/10461/10462/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 28.10.2010, zuletzt geprüft am 14.01.2012.
- BAFU (2010b): Wasser- und Zugvogelreservate. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07853/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 03.03.2012.
- BAFU (2010c): Schutzgebiete & Biotopinventare. Amphibienlaichgebiete-Inventar. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07837/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 08.01.2010, zuletzt geprüft am 14.01.2012.
- BAFU (2010): Für naturnahe Gewässer: Geändertes Gewässerschutzgesetz ab Januar in Kraft. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msgid=35253>, zuletzt aktualisiert am 24.06.2010, zuletzt geprüft am 16.01.2012.
- BAFU (2011): Lärmbelastung. Grenzwerte für Lärm. Belastungsgrenzwerte Lärm. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/laerm/10312/10995/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 24.03.2011, zuletzt geprüft am 25.01.2012.
- BAFU (2012a): Thema Wald und Holz. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/wald/>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2012, zuletzt geprüft am 20.01.2012.
- BAFU (2012b): Pärke. Verzeichnis der Schweizer Pärke. Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/paerke/06579/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 16.01.2012, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- BAFU; BFE; ARE (Hg.) (2011): Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke. Bern. Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/ud-1037-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/ud-1037-d), zuletzt geprüft am 02.09.2011.
- BAK (2011a): Das ISOS in Kürze. Bundesamt für Kultur BAK. Online verfügbar unter <http://www.bak.admin.ch/isos/03188/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 01.11.2011, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- BAK (2011b): UNESCO Welterbe. Welterbestätten. Bundesamt für Kultur BAK. Online verfügbar unter <http://www.bak.admin.ch/themen/01804/01806/index.html?lang=de>, zuletzt aktualisiert am 27.06.2011, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- Balmer, M. (2011): Typology of Hydropower Schemes in Switzerland. Zürich.
- Baumann, P.; Klaus, I. (2003): Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebes. Ergebnisse einer Literaturstudie. Herausgegeben von BUWAL. Bern. (Mitteilungen zur Fischerei, 75). Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00776/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 16.01.2012.
- Baumgartner, I. (2010): Methode zur ganzheitlichen Beurteilung von Gewässerräumen. Entwickelt und getestet am Beispiel des Einzugsgebiets der Lütchine im Berner Oberland. Masterarbeit, Gewässerkunde Nr. 461. Leiter: Prof. Dr. R. Weingartner. Betreut von C. Hemund. Universität Bern, Geographisches Institut.
- Berthoud, G.; Righetti, A.; Lebeau, R. (2004): Nationales ökologisches Netzwerk REN. Schlussbericht. Eine Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraum. BAFU (BUWAL). Bern. (Schriftenreihe Umwelt - Natur und Landschaft, 373).
- Bolliger, R.; Zysset, A.; Winiker, M. (2009): Schutz- und Nutzungsplanung nach Gewässerschutzgesetz. Erfahrungen, Beurteilungskriterien und Erfolgsfaktoren. Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt. Bern. (Umwelt-Wissen, 0931). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/uw-0931-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uw-0931-d).
- Casanova, M. (21.02.2012): Schutzgebiete & Inventare. Bern. E-Mail an C. Hemund.
- Funclicks (2008): WaterSports. Canyoning. Canyoning - Erklärung. Online verfügbar unter <http://www.funclicks.de/watersports/canyoning>, zuletzt geprüft am 17.01.2012.
- Haertel-Borer, S. (2005): «Schwall/Sunk» Auswirkungen des Schwallbetriebs von Wasserkraftwerken auf Fließgewässer. FIBER-Schweizerische Fischereiberatung. Kastanienbaum. Online verfügbar unter [www.fischereiberatung.ch](http://www.fischereiberatung.ch); [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch).
- Hütte, M.; Niederhauser, P. (1998): Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer in der Schweiz. BUWAL. (Mitteilungen zum Gewässerschutz, 27).
- Känel, A. v. (2009): Auswahl von einzigartigen und wertvollen bernischen Fließgewässerobjekten. Fachbericht 2009. AWA Kanton Bern, Gewässer- und Bodenschutzlabor. Bern.

- Kanton Luzern (2012): Steuerbuch. Abbau und Deponiegrundstück. Online verfügbar unter [http://www.steuerbuch.lu.ch/lustb\\_b4\\_nichtuebernlgrundstuecke\\_abbaudeponie](http://www.steuerbuch.lu.ch/lustb_b4_nichtuebernlgrundstuecke_abbaudeponie), zuletzt aktualisiert am 05.01.2012, zuletzt geprüft am 25.01.2012.
- Kanuwelt Buochs GmbH (2011): Wissenswertes. Wissenswertes übers Kanu. Online verfügbar unter <http://www.kanuwelt.ch/wissenswertes>, zuletzt geprüft am 17.01.2012.
- Keusen, M. (15.09.2009): Lieferung ARA-Daten des BAFU. Bern. E-Mail an C. Hemund.
- Kirchhofer, A.; Breitenstein, M.; Zaugg, B. (2007): Rote Liste Fische und Rundmäuler. Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz, Ausgabe 2007. Herausgegeben von BAFU Bundesamt für Umwelt und SZKF Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna. Bern, Neuenburg. (Umwelt-Vollzug, 0734). Online verfügbar unter <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00071/index.html?lang=de>, zuletzt geprüft am 24.03.2011.
- Klaus, G. (2007): Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Herausgegeben von Bundesamt für Umwelt BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0730). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/publikationen](http://www.umwelt-schweiz.ch/publikationen), zuletzt geprüft am 13.01.2012.
- Koordinationsstelle Biodiversitäts-Monitoring Schweiz (2009): Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitäts-Monitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0911).
- Kummer, M.; Baumgartner, M.; Devanthery, D. (2007): Restwasserkarte Schweiz. Wasserentnahmen und -rückgaben. BAFU. Bern. (Umwelt-Zustand, 0715). Online verfügbar unter [www.umwelt-schweiz.ch/uz-0715-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uz-0715-d).
- LANAT (2011a): Trockenstandorte. Abteilung Naturförderung, LANAT. Bern. Online verfügbar unter <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/natur/naturfoerderung/publikationen.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2012.
- LANAT (2011b): Feuchtgebiete. Abteilung Naturförderung, LANAT. Bern. Online verfügbar unter <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/natur/naturfoerderung/publikationen.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2012.
- LANAT (2011c): Biotopschutz im Wald. Abteilung Naturförderung, LANAT. Bern. Online verfügbar unter <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/natur/naturfoerderung/publikationen.html>, zuletzt geprüft am 04.03.2012.
- LANAT (2012): Naturförderung. Naturschutzgebiete & Naturschutzobjekte. Online verfügbar unter [http://www.vol.be.ch/de/index/natur/naturfoerderung/naturschutzgebiete\\_naturschutzobjekte.html](http://www.vol.be.ch/de/index/natur/naturfoerderung/naturschutzgebiete_naturschutzobjekte.html), zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- Liechti, P. (2010): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Chemisch-physikalische Erhebungen, Nährstoffe. BAFU. Bern. (Umwelt-Vollzug, 1005).
- Moser, D.; Gyax, A.; Bäumler, B.; Wyler, N.; Palese, R. (2002): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAFU (BUWAL). Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora; Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève. Bern und Chambésy. (Vollzug-Umwelt).
- Raumplanung macht Schule (2008): Grundlagen. Begriffe. Online verfügbar unter <http://www.raumplanungmachtschule.ch/grundlagen/begriffe.html#b>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2008, zuletzt geprüft am 26.01.2012.
- Schweizer Wanderwege (2010): Wanderwege. Online verfügbar unter <http://www.wandern.ch/>, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- Spreafico, M.; Weingartner, R. (2005): Hydrologie der Schweiz. Herausgegeben von Bundesamt für Wasser und Geologie BWG. Bern. (Serie Wasser, 7).
- Toscan, U. (2011): 100 Jahre danach sind die Geschwister unterwegs. In: Pro Natura (Hg.): Vor dem grossen Schritt zum neuen Nationalpark (pro natura magazin, 04), S. 3–12.
- UNESCO (2009): Welterbe in der Schweiz. Welterbestätten. Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch. Online verfügbar unter <http://www.welterbe.ch/http://www.welterbe.ch/welterbestaetten/schweizer-alpen-jungfrau-aletsch.html>, zuletzt geprüft am 18.01.2012.
- Veloland Schweiz (kein Datum): Willkommen im Veloland Schweiz. Online verfügbar unter <http://www.veloland.ch/de/welcome.cfm>, zuletzt geprüft am 23.01.2012.
- Watergisweb AG (2008): Erhebung des Kleinwasserkraftpotentials der Schweiz. Ermittlung des hydroelektrischen Potentials für Kleinwasserkraftwerke in der Schweiz. (Jahresbericht).

## 8 Anhang

WSL (2008): Zerschneidung der Landschaft: Wirkungen auf Mensch und Natur. Online verfügbar unter [http://www.wsl.ch/medien/news/080807\\_Landschaftszerschneidung\\_DE](http://www.wsl.ch/medien/news/080807_Landschaftszerschneidung_DE), zuletzt aktualisiert am 29.08.2008, zuletzt geprüft am 20.01.2012.

WSL (2005): Was ist ein Moor? Online verfügbar unter <http://www.wsl.ch/land/inventory/mireprot/besmos/moorbiotope/moorbiotope-de.ehtml>, zuletzt aktualisiert am 2012, zuletzt geprüft am 03.03.2012.

WWF Schweiz (Hg.) (2010): Kleinwasserkraft - zusätzliches Potenzial an ökologisch geeigneten KEV-Standorten. Schlussbericht. Ernst + Basler AG. Zollikon. Online verfügbar unter <http://www.wwf.ch/de/derwwf/themen/wasser/wasserkraft/wasserkraft2/>, zuletzt geprüft am 17.01.2011.

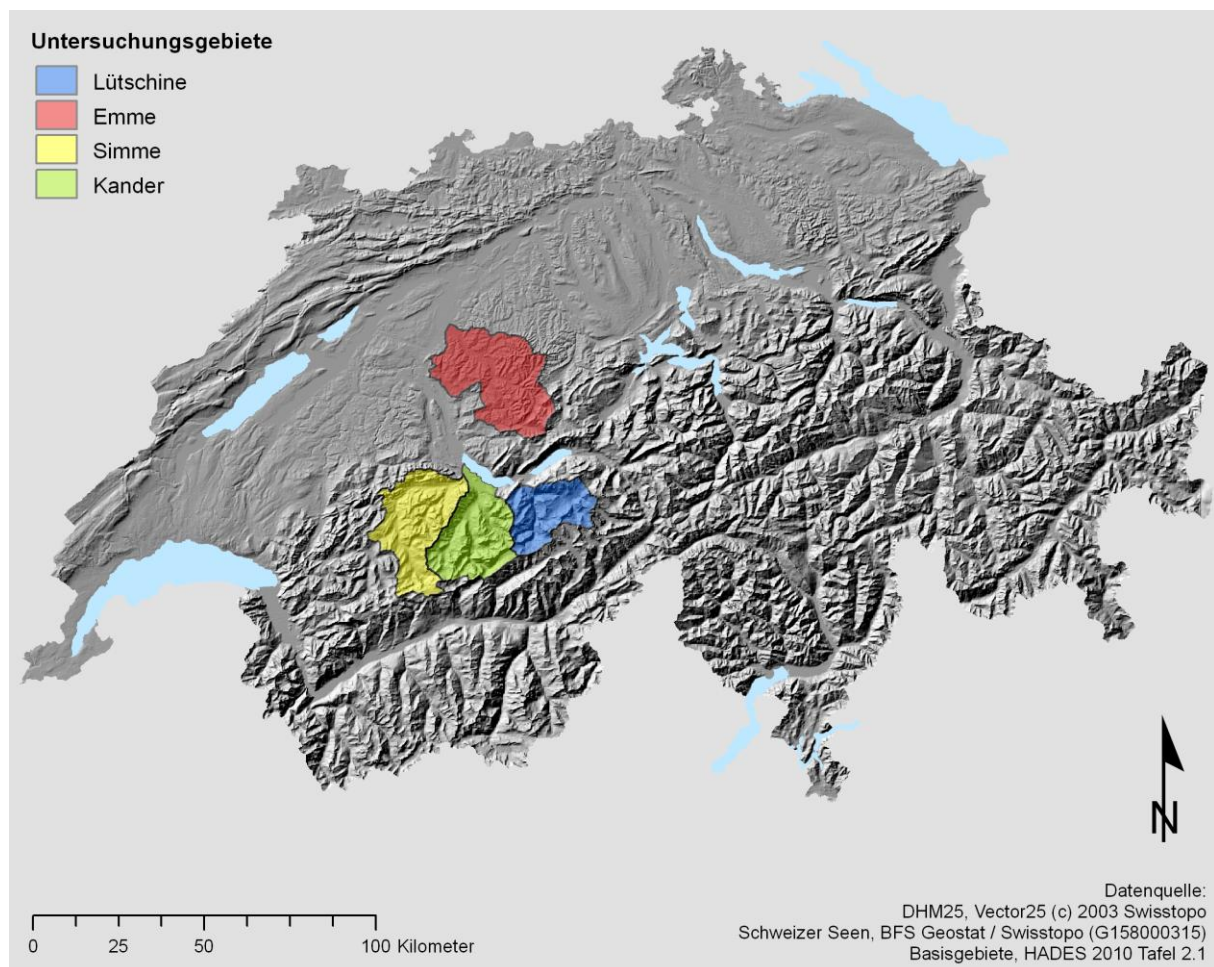
WWF Schweiz; Pro Natura (Hg.) (2008): Kriterienkatalog für ökologische Wasserkraft. Schlussbericht. Unter Ernst Basler & Partner AG. Zollikon. Online verfügbar unter [http://www.pronatura.ch/content/data/2008\\_Kriterien\\_oe kraft.pdf](http://www.pronatura.ch/content/data/2008_Kriterien_oe kraft.pdf), zuletzt geprüft am 02.09.2011.



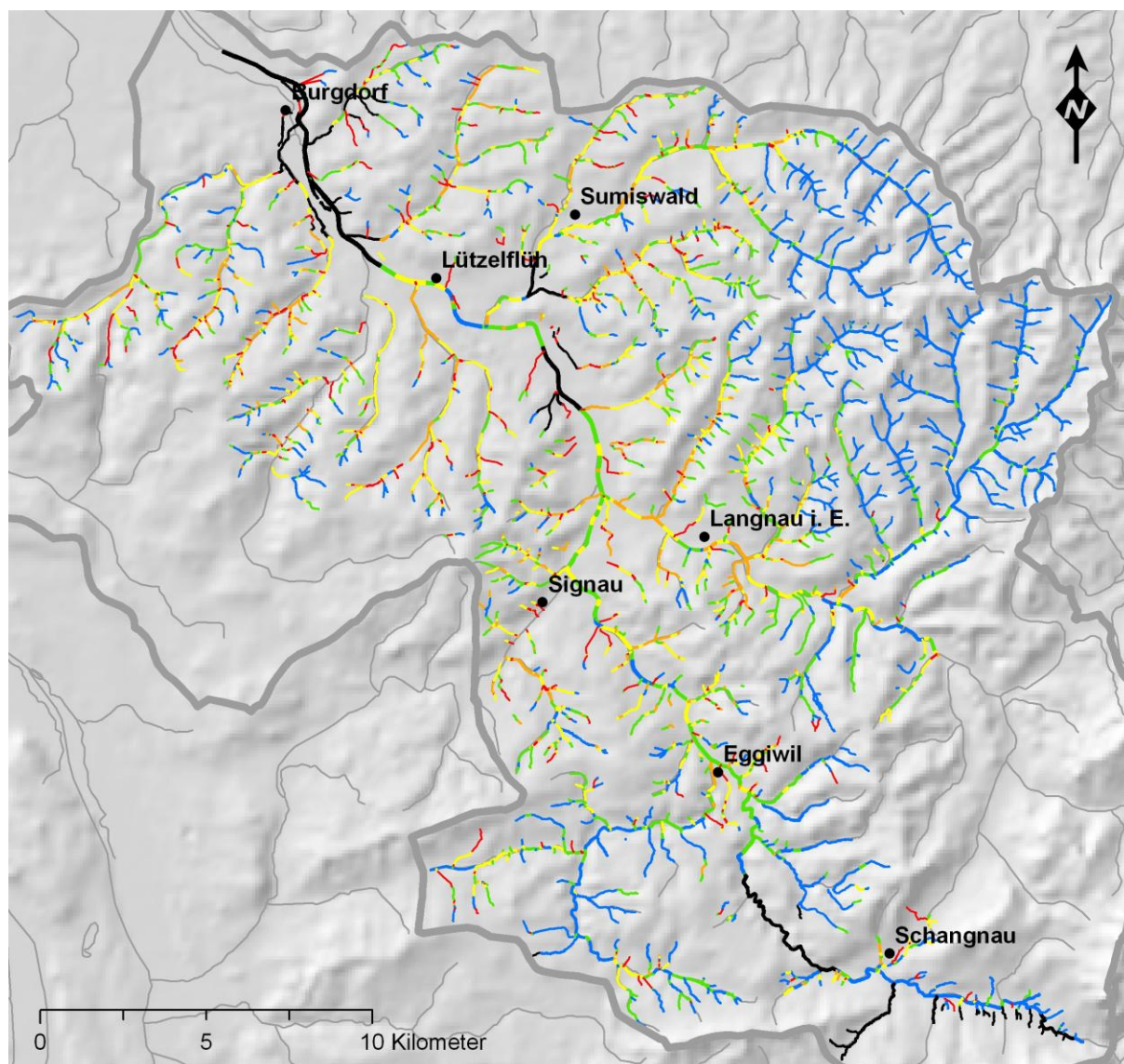
#### **8.2.4 WERTSYNTHESE**

Zur Durchführung der Wertsynthese wird auf die Original-Excel-Blätter verwiesen. Es wurde darauf verzichtet sämtliche programmierten Formeln hier darzustellen.

## 8.3 KARTEN



## 8.3.1 EMME

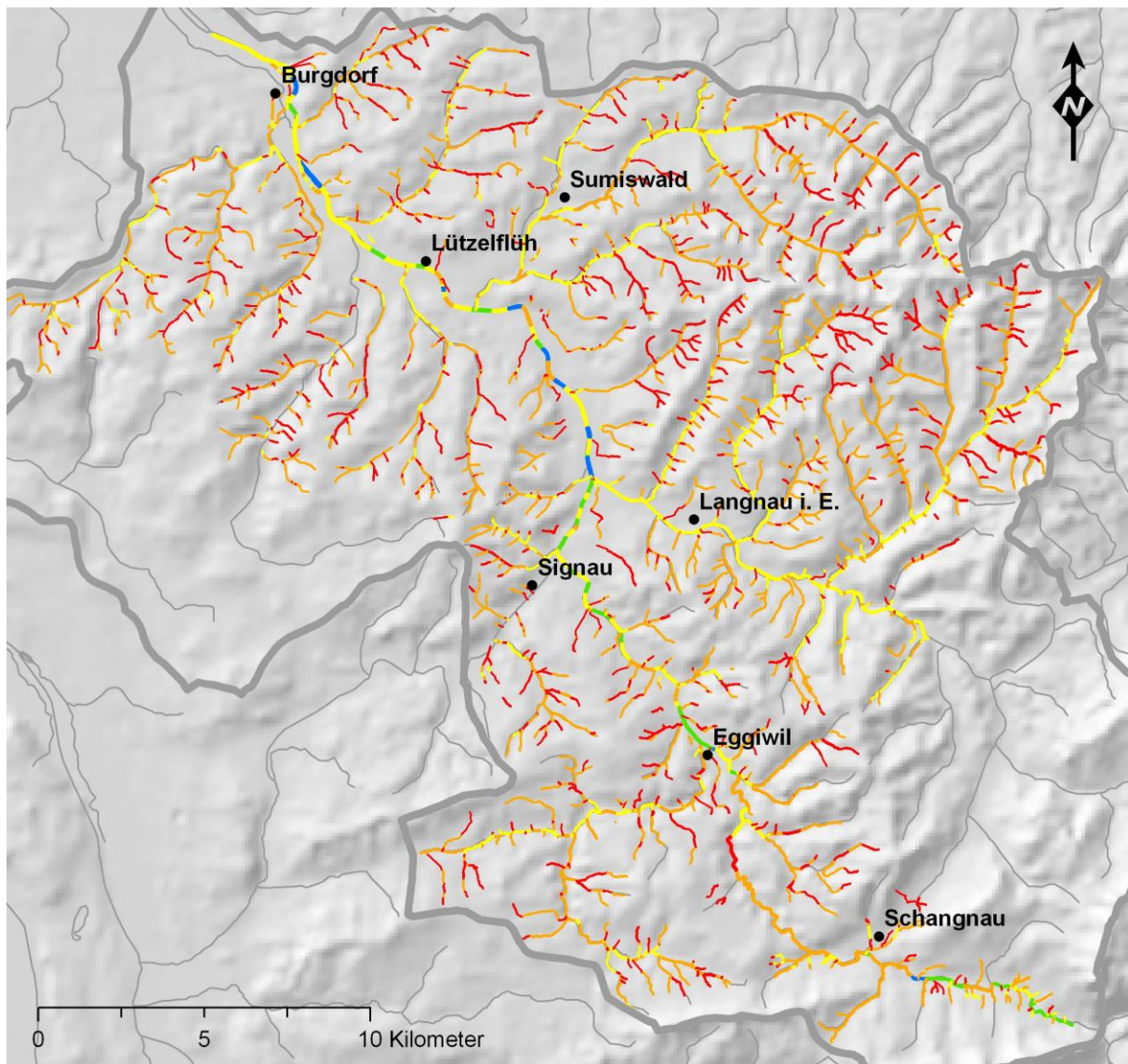

**ÖKOLOGISCHE  
Ökosystemleistung**

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Wategisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



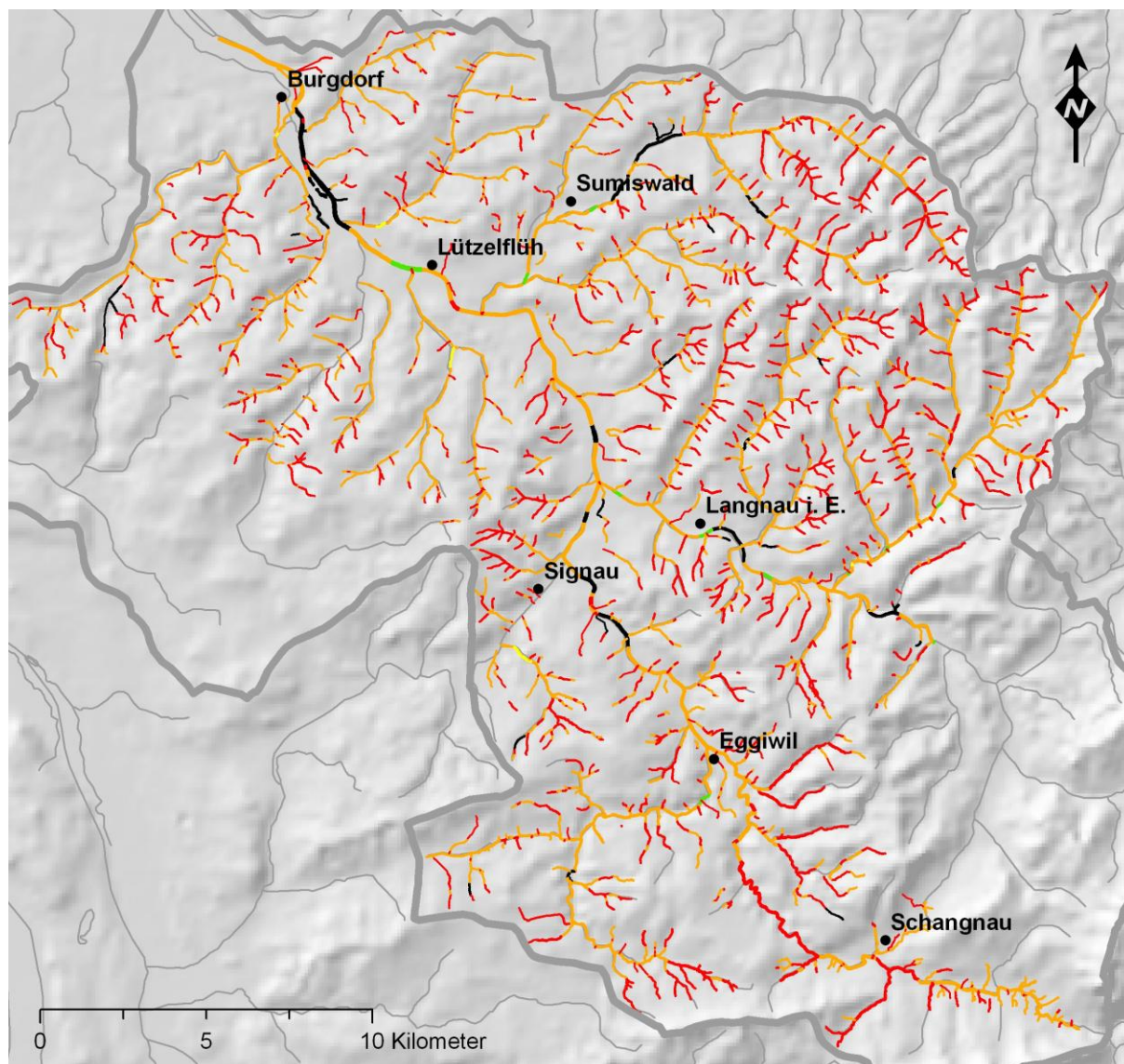


### KULTURELLE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)

Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



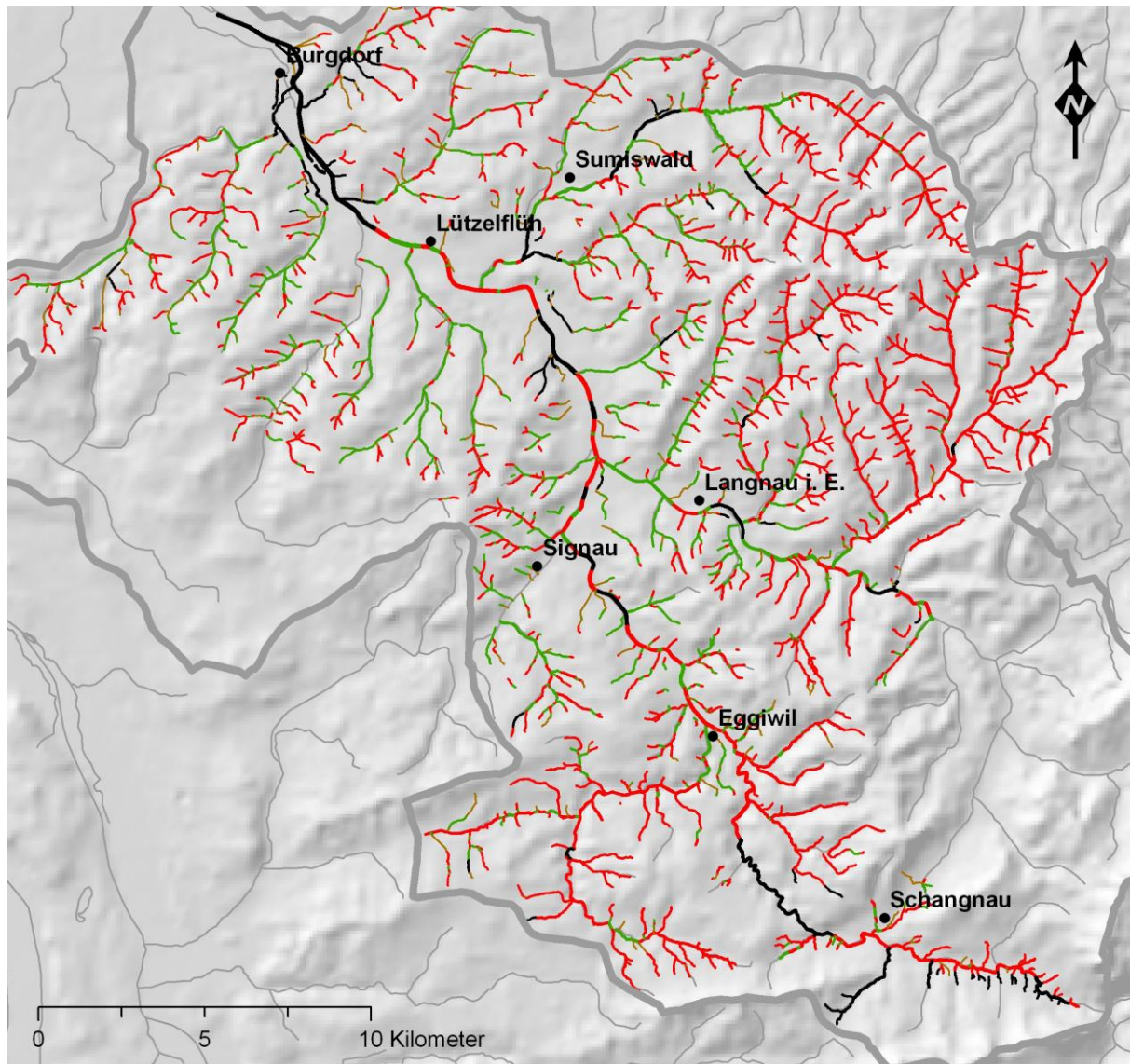
### WIRTSCHAFTLICHE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



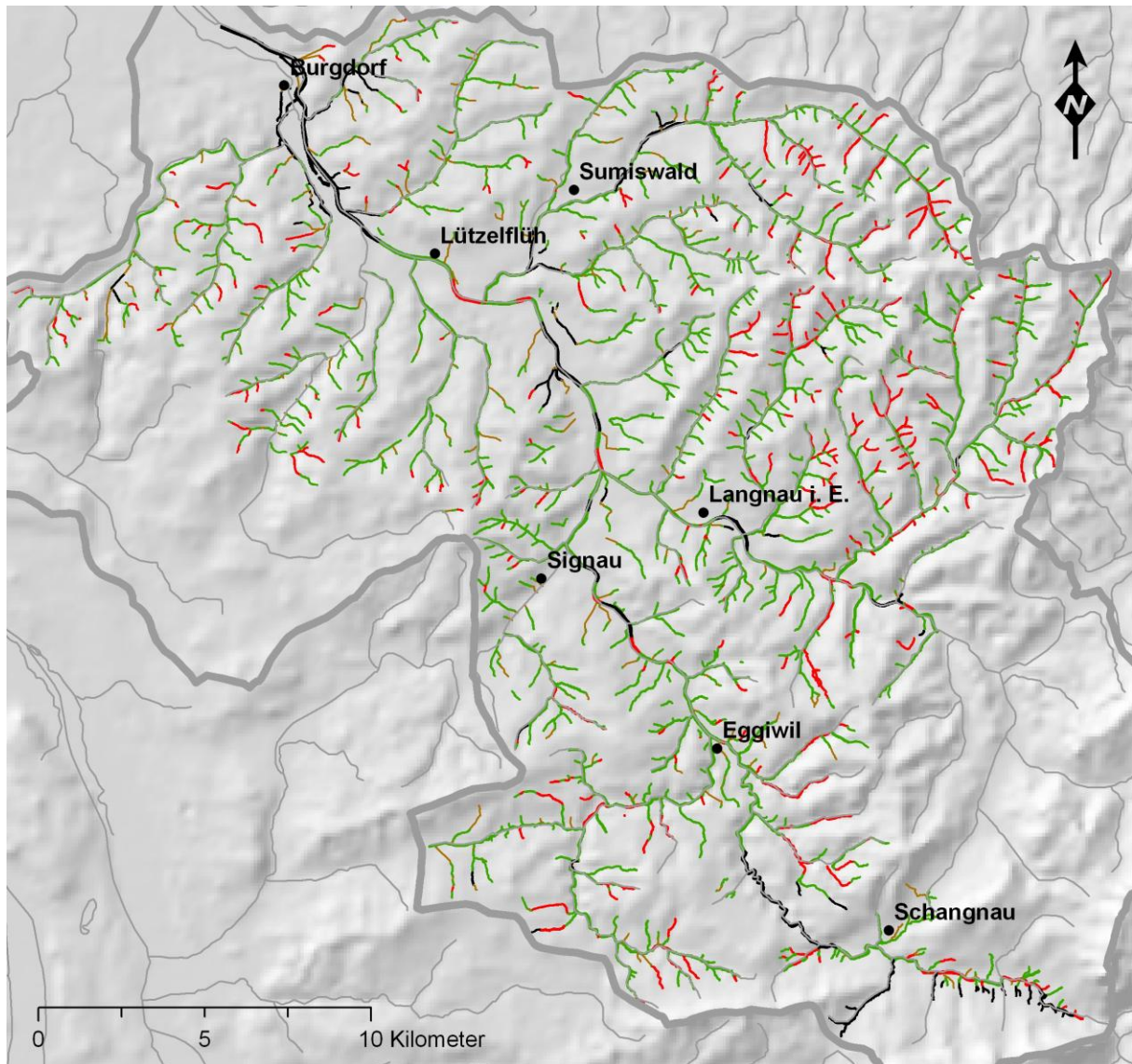


# **SZENARIO 10MW**

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



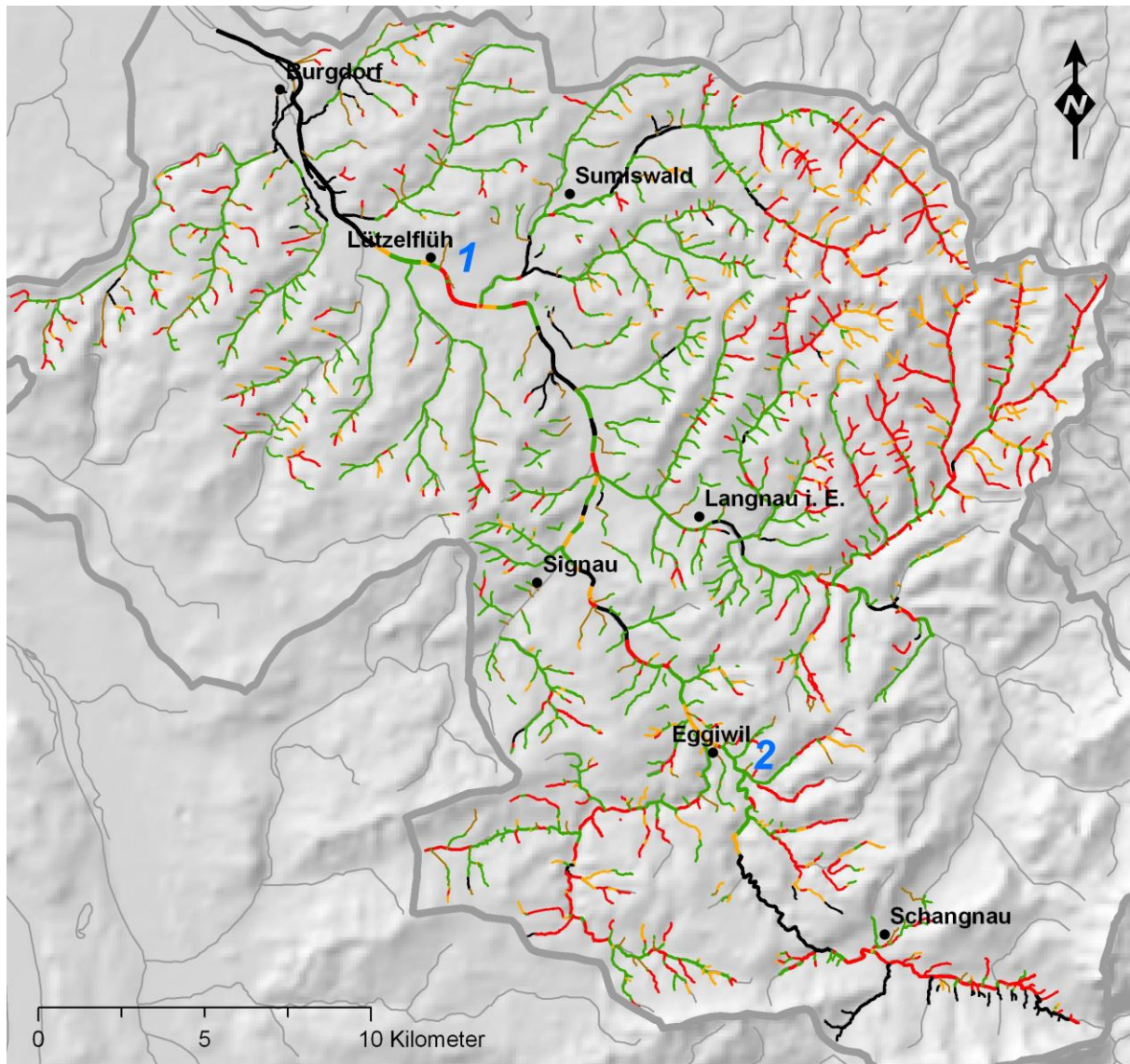
### SZENARIO 30MW

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011





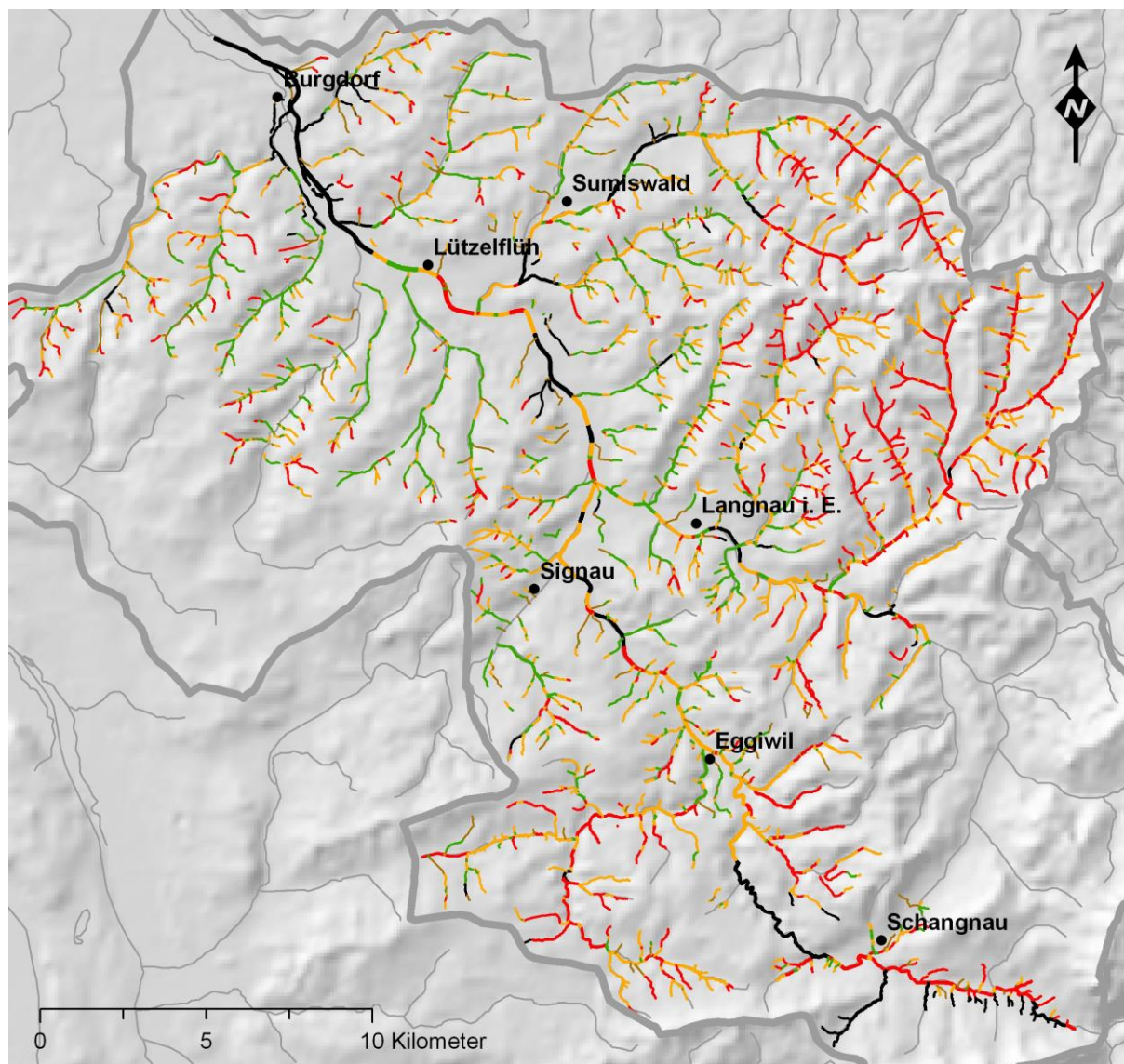
# **SZENARIO 85/102**

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011





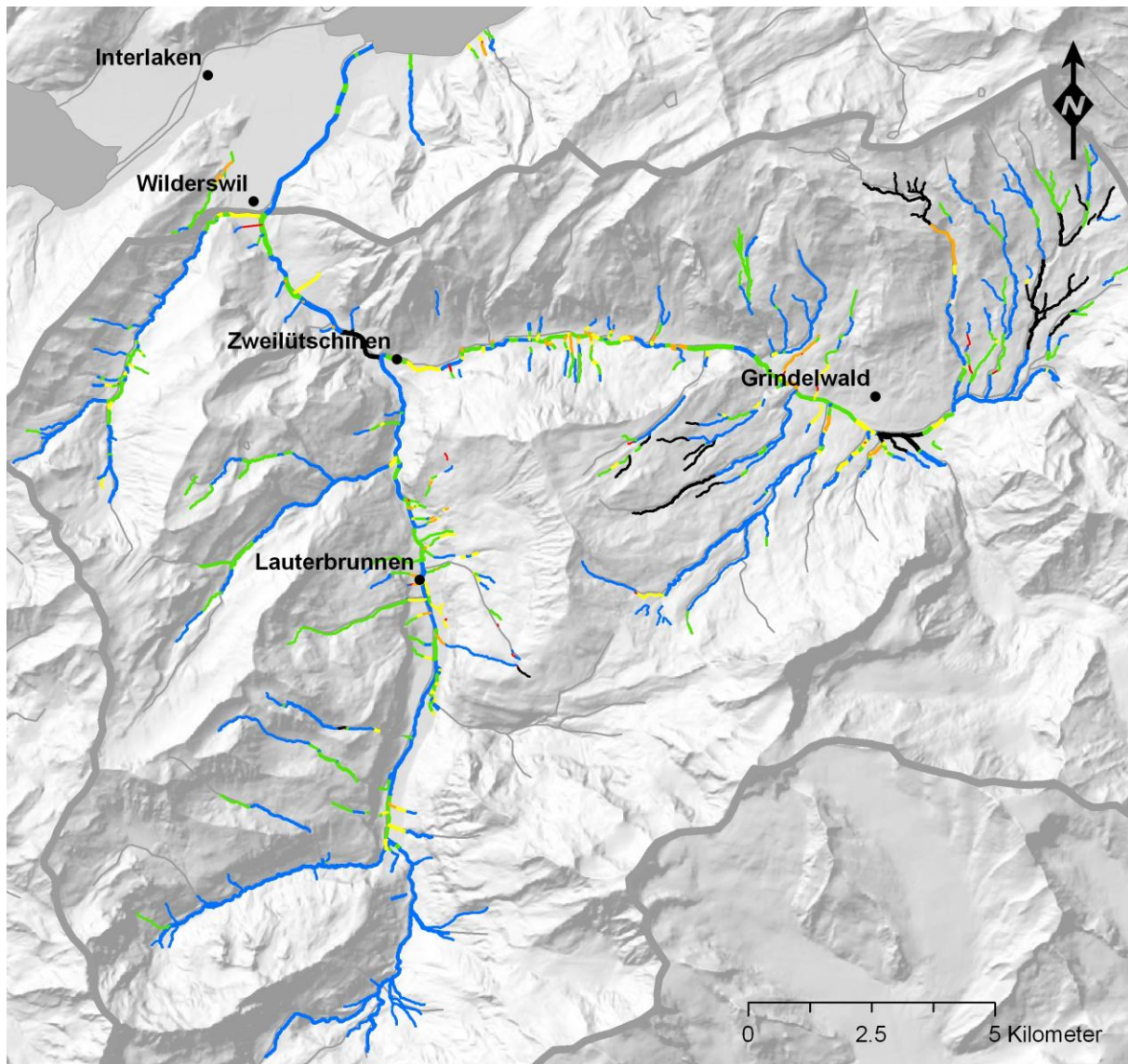
### SZENARIO RATIO

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011

### 8.3.2 LÜTSCHINE



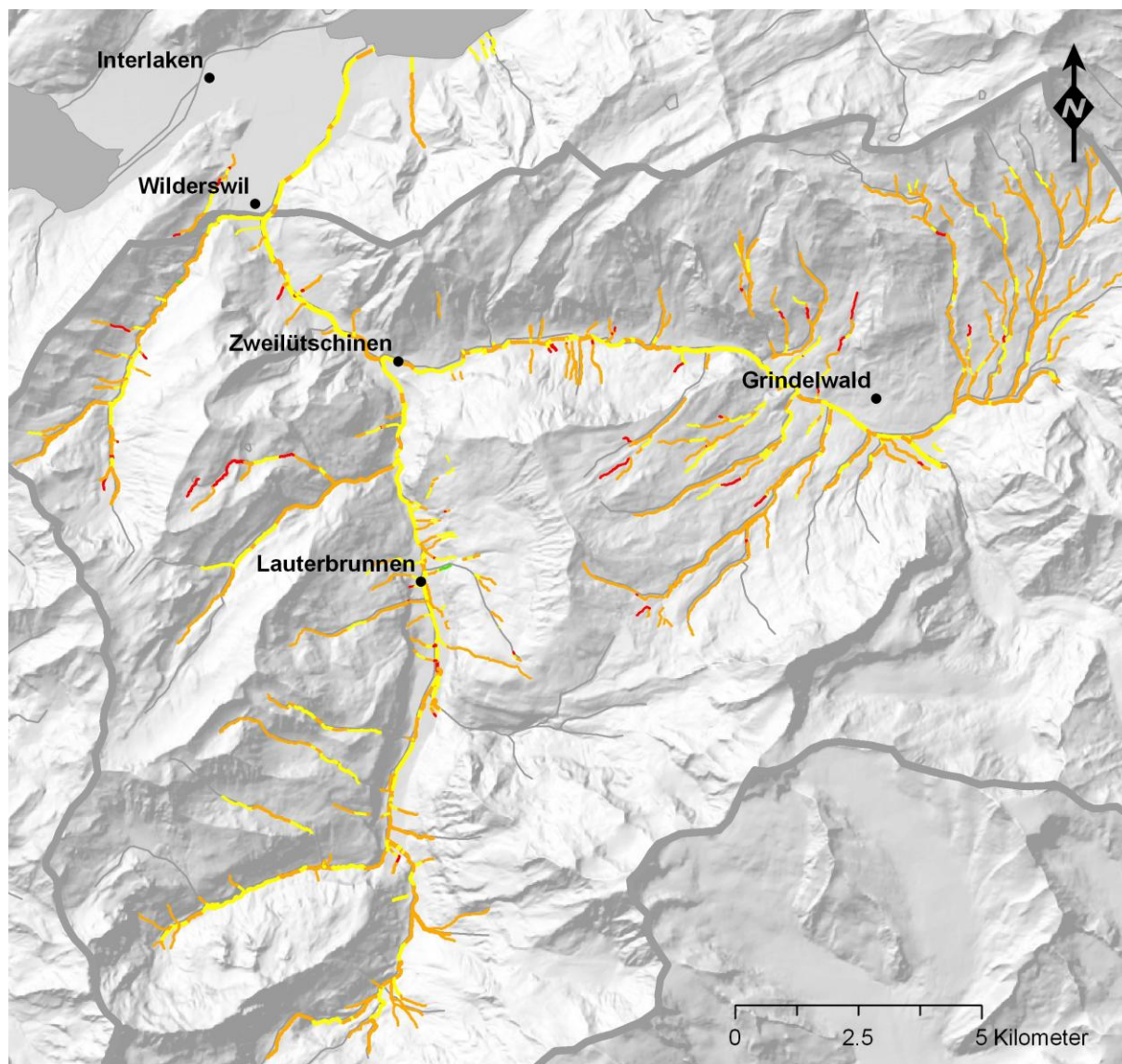
#### ÖKOLOGISCHE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watervisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



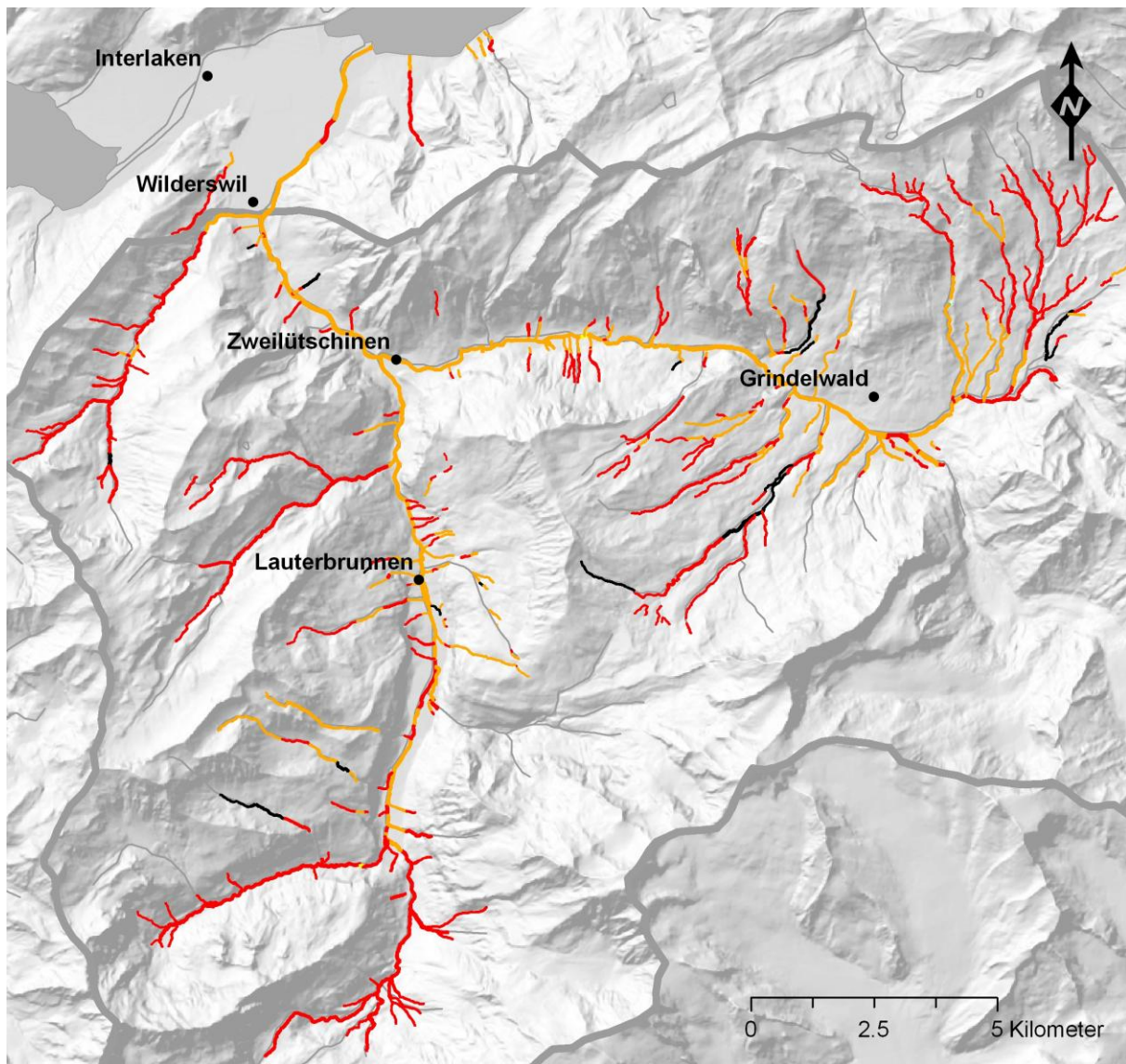


### KULTURELLE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watervisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



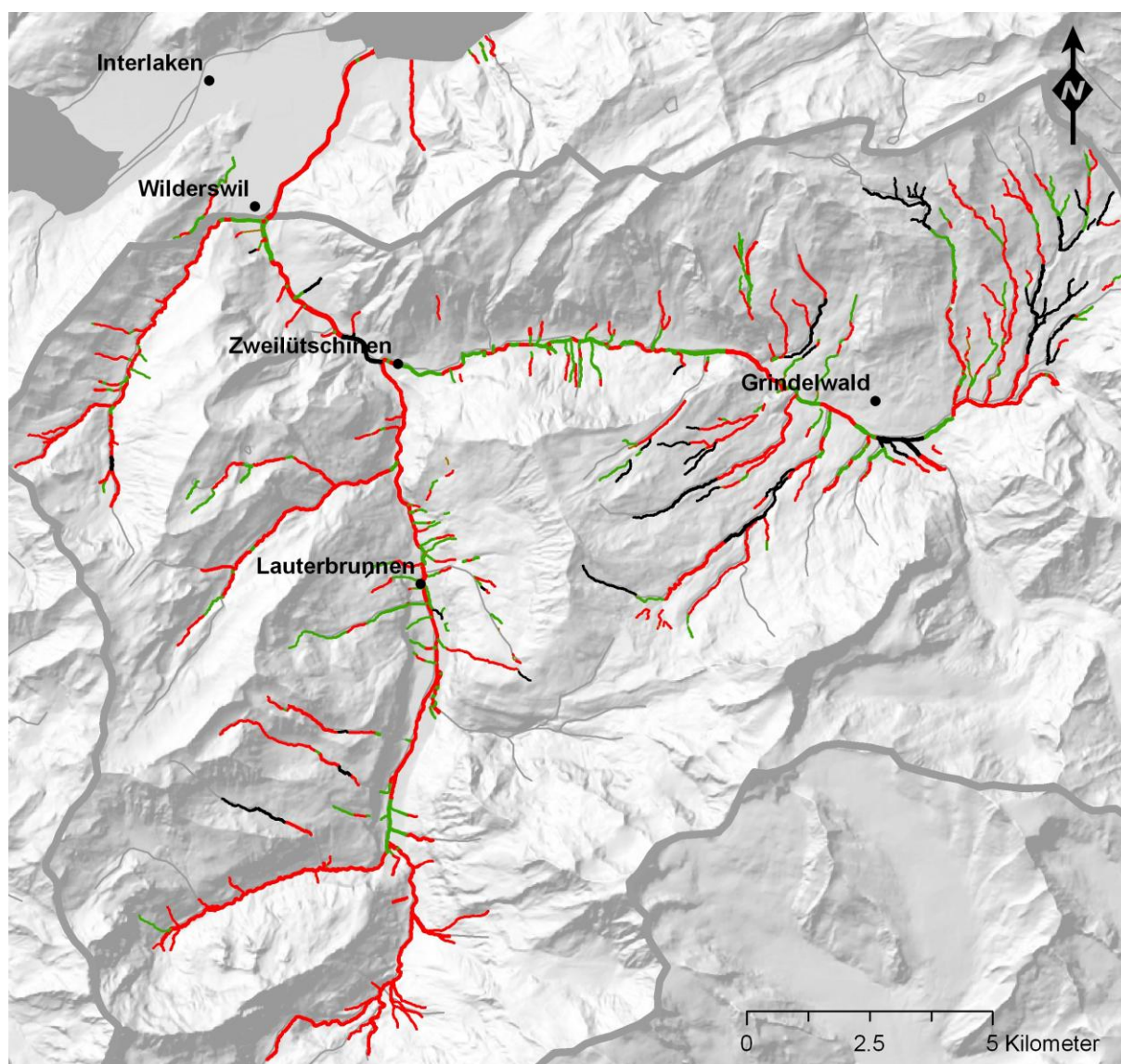
# **WIRTSCHAFTLICHE Ökosystemleistung**

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



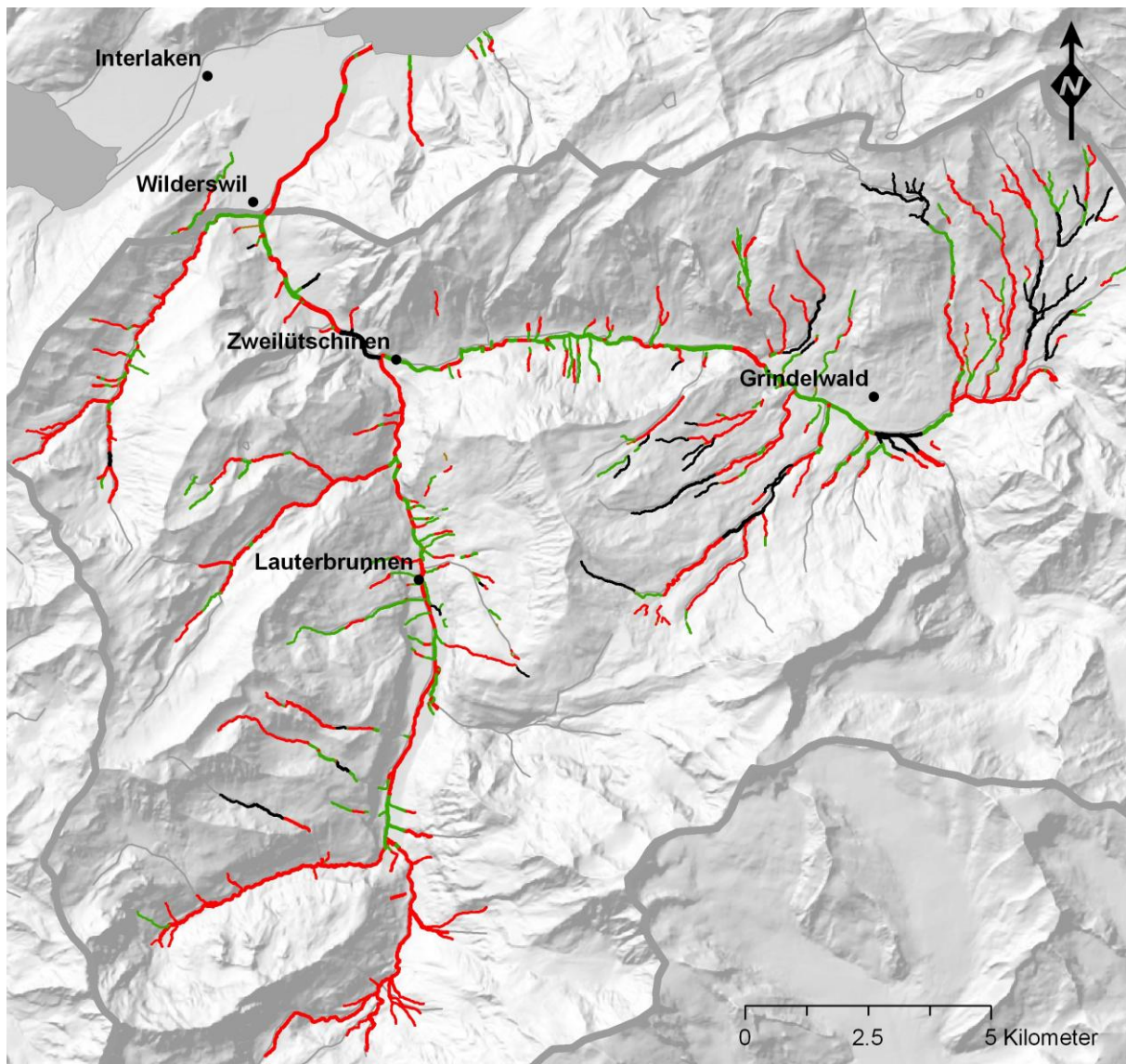


### SZENARIO 30MW

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



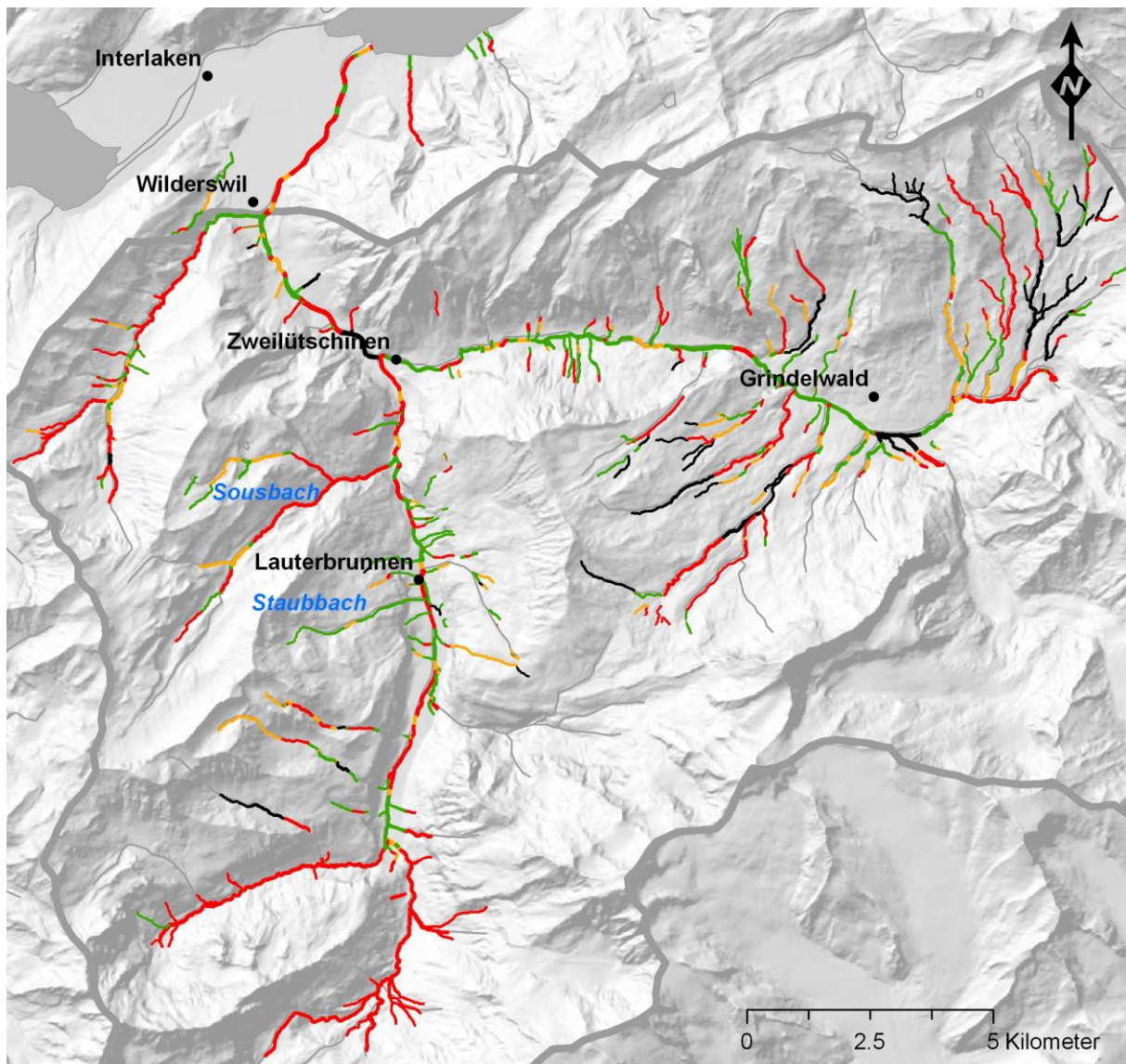
# **SZENARIO 40MW**

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watervisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



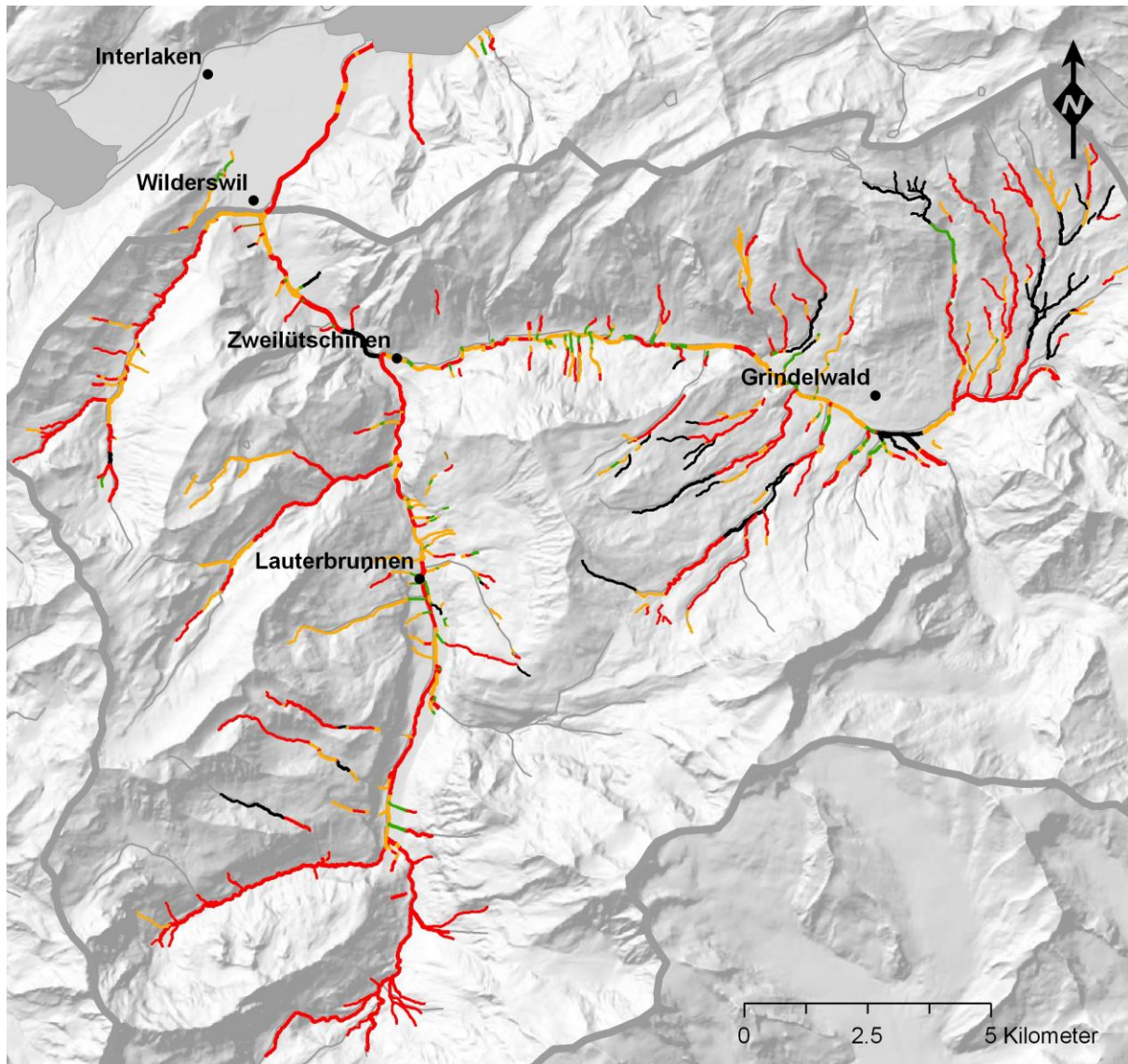


### SZENARIO 85/104

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



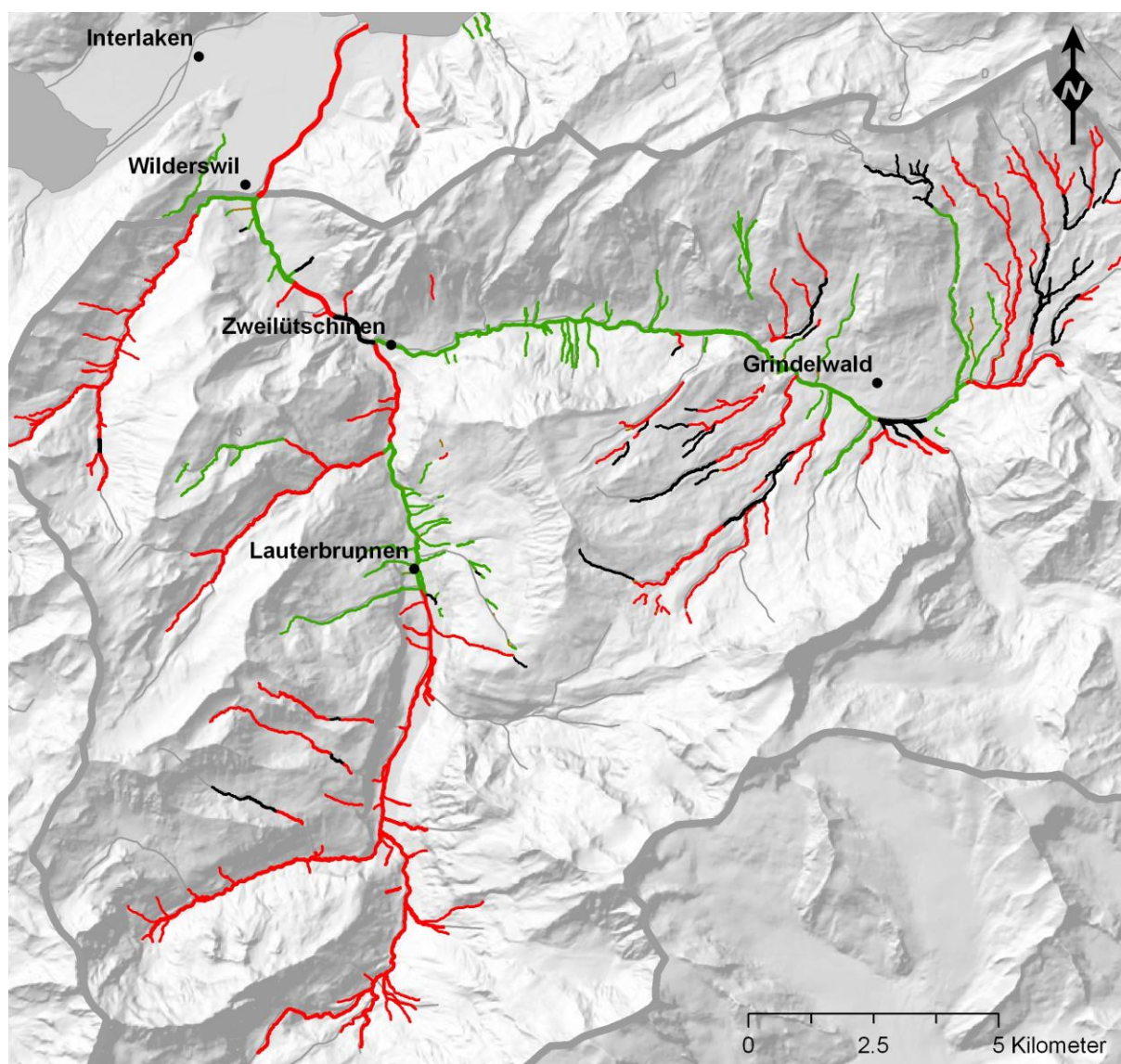
### SZENARIO RATIO

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011





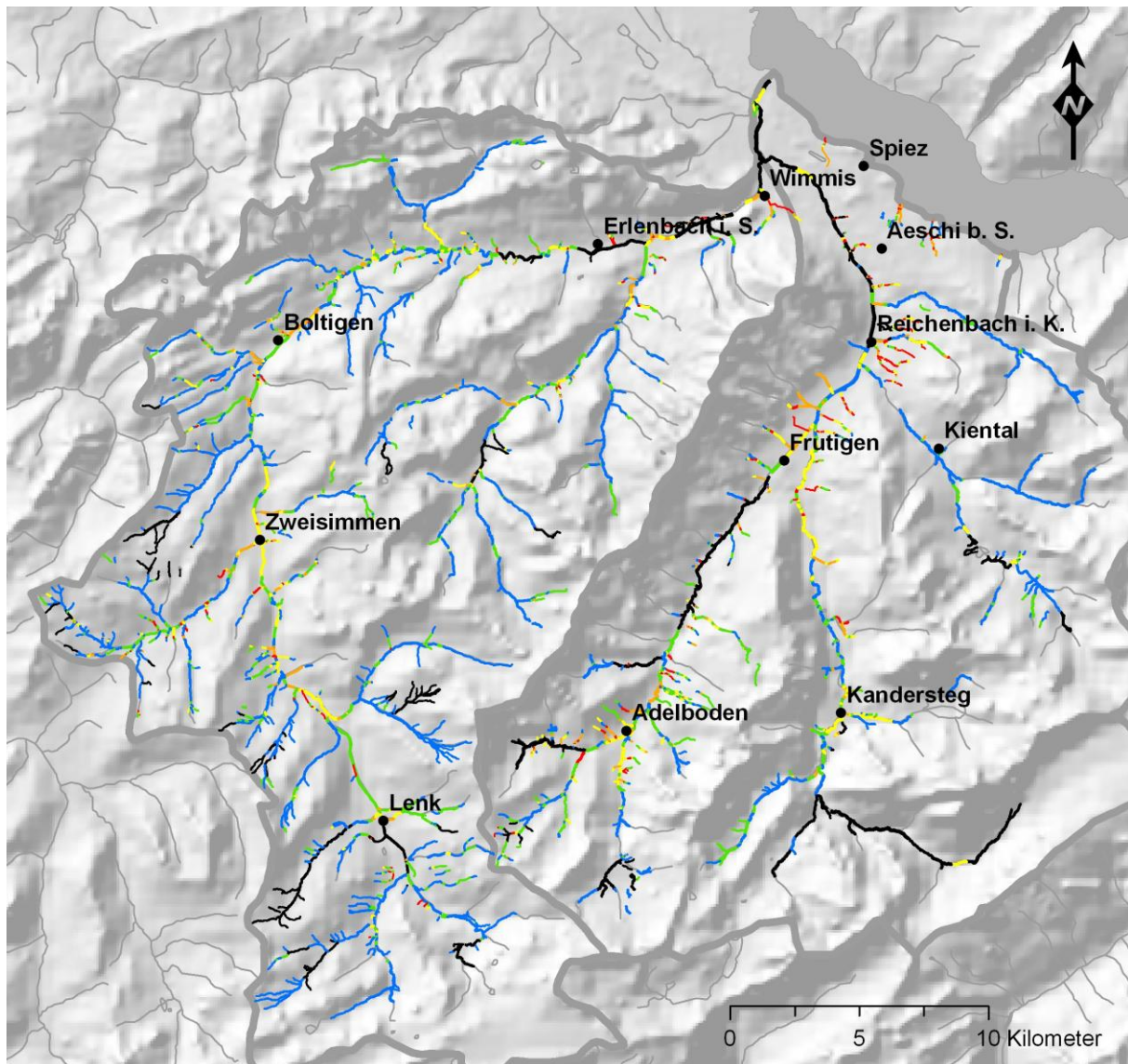
### Aggregation SZENARIO 85/104

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011

### 8.3.3 SIMME UND KANDER



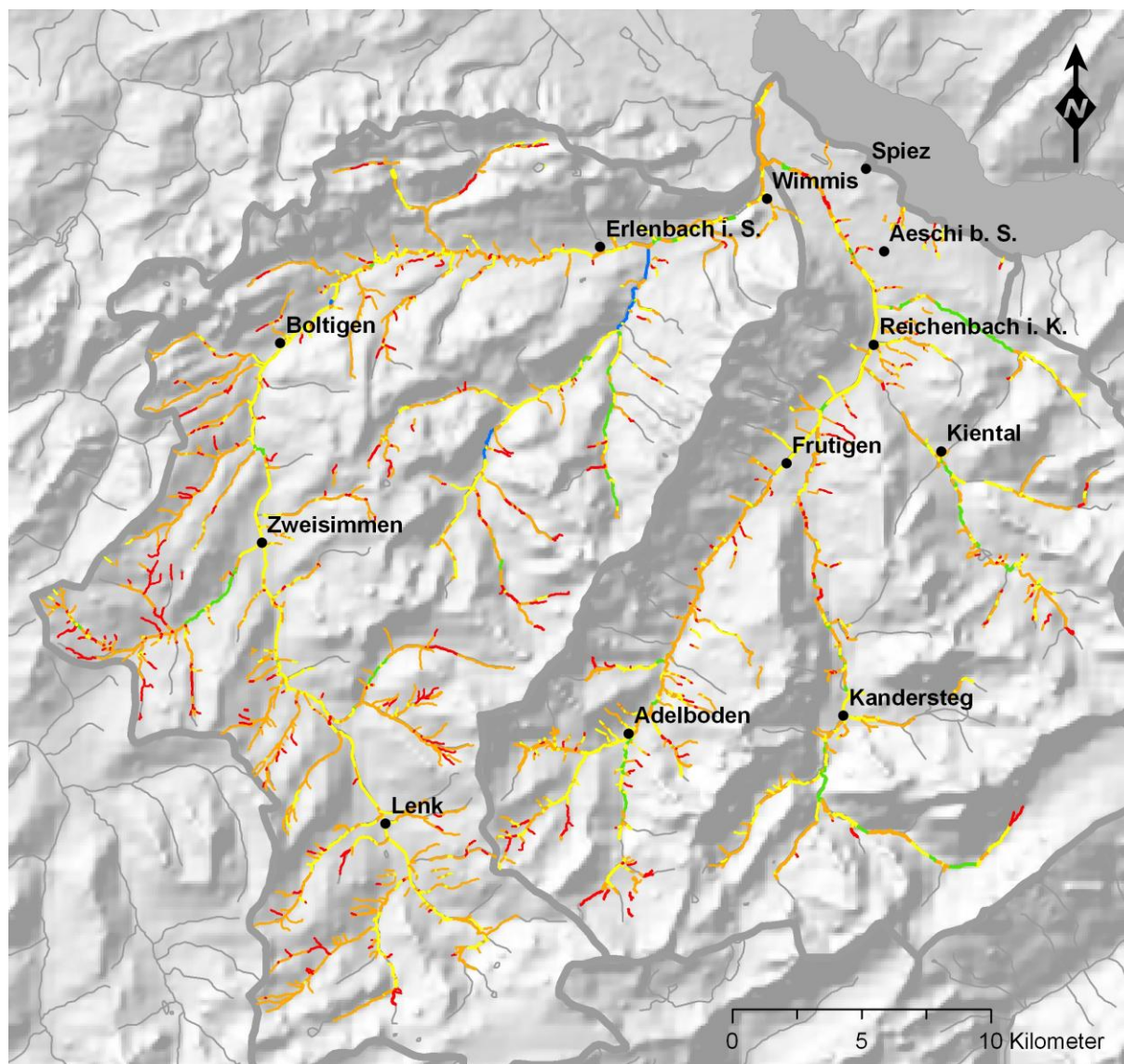
#### ÖKOLOGISCHE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



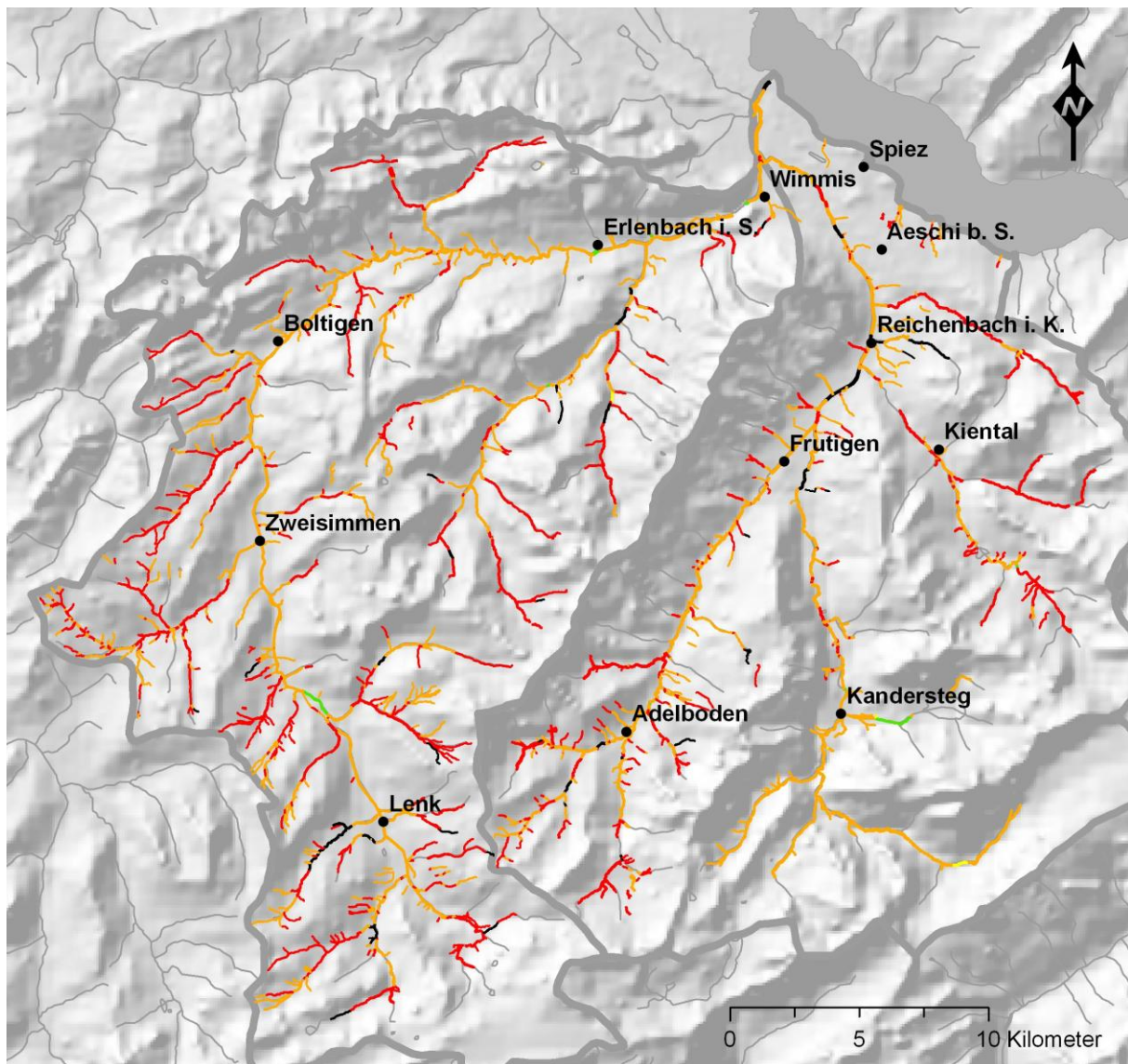


### KULTURELLE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- sehr bedeutend (5)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



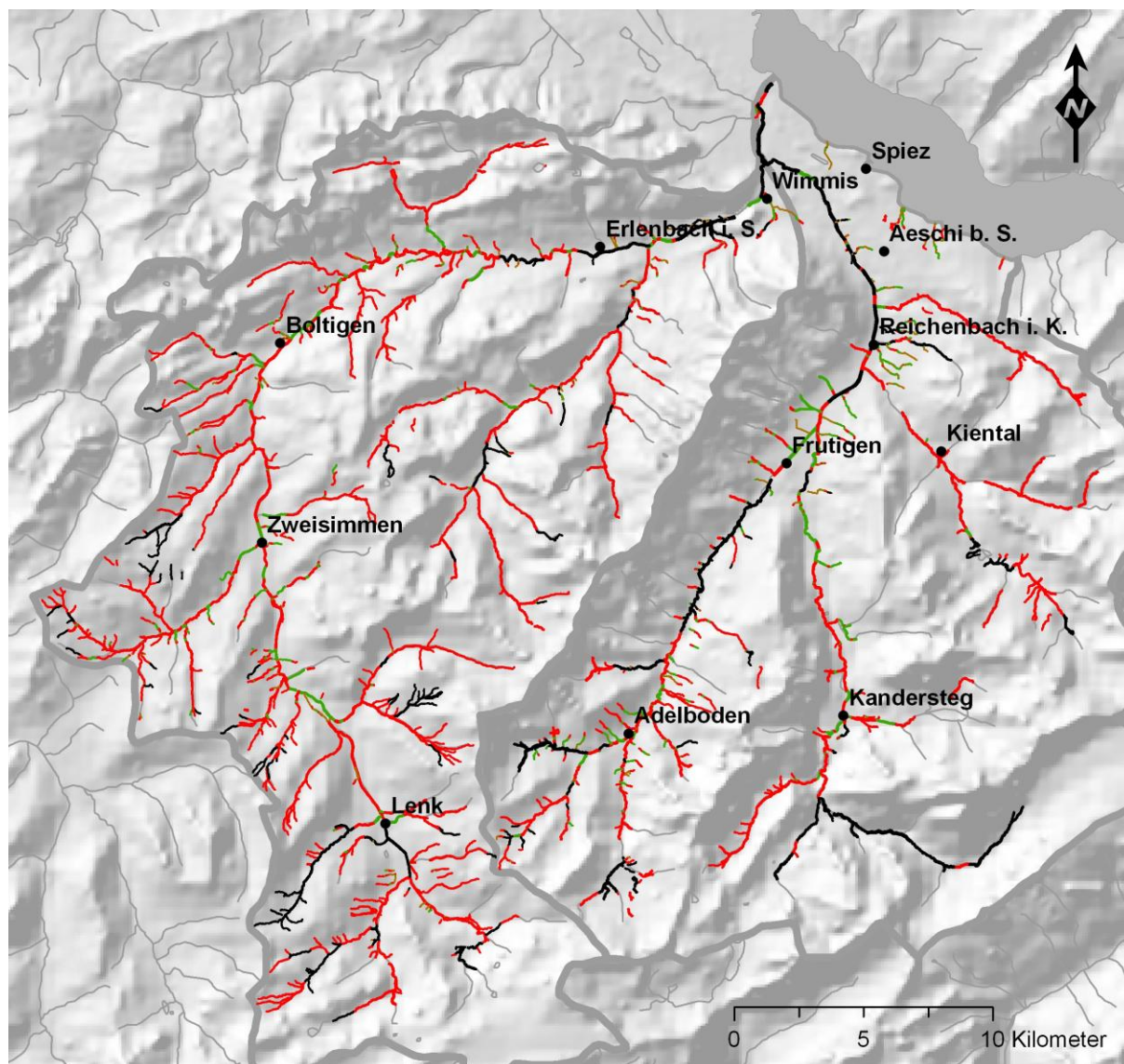
### WIRTSCHAFTLICHE Ökosystemleistung

- nicht bedeutend (1)
- wenig bedeutend (2)
- mässig bedeutend (3)
- bedeutend (4)
- gesetzl. Schutz (9)

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



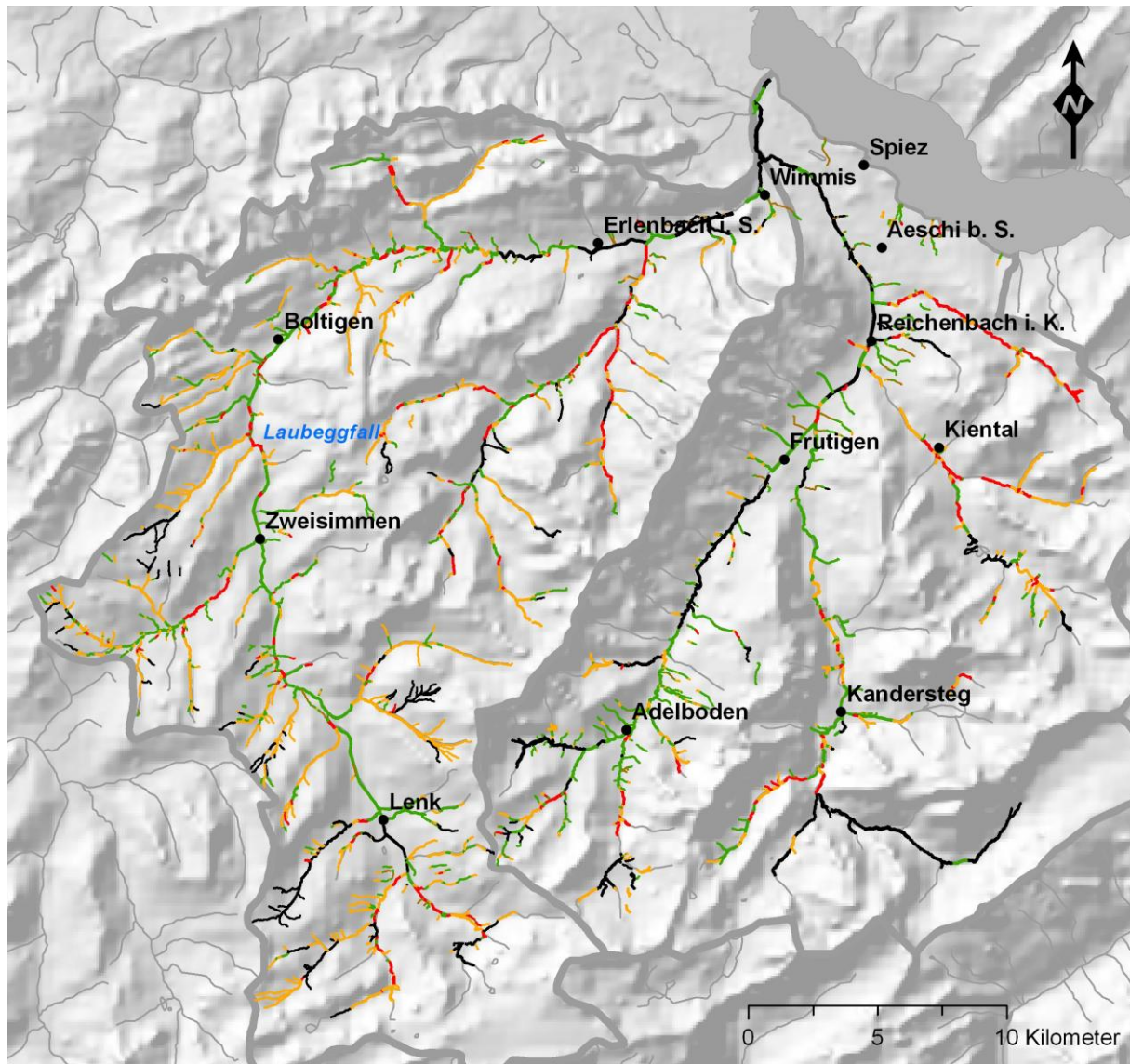


#### SZENARIO 30MW

- Nutzung
- Schutz
- eingedolt
- gesetzl. Schutz

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011



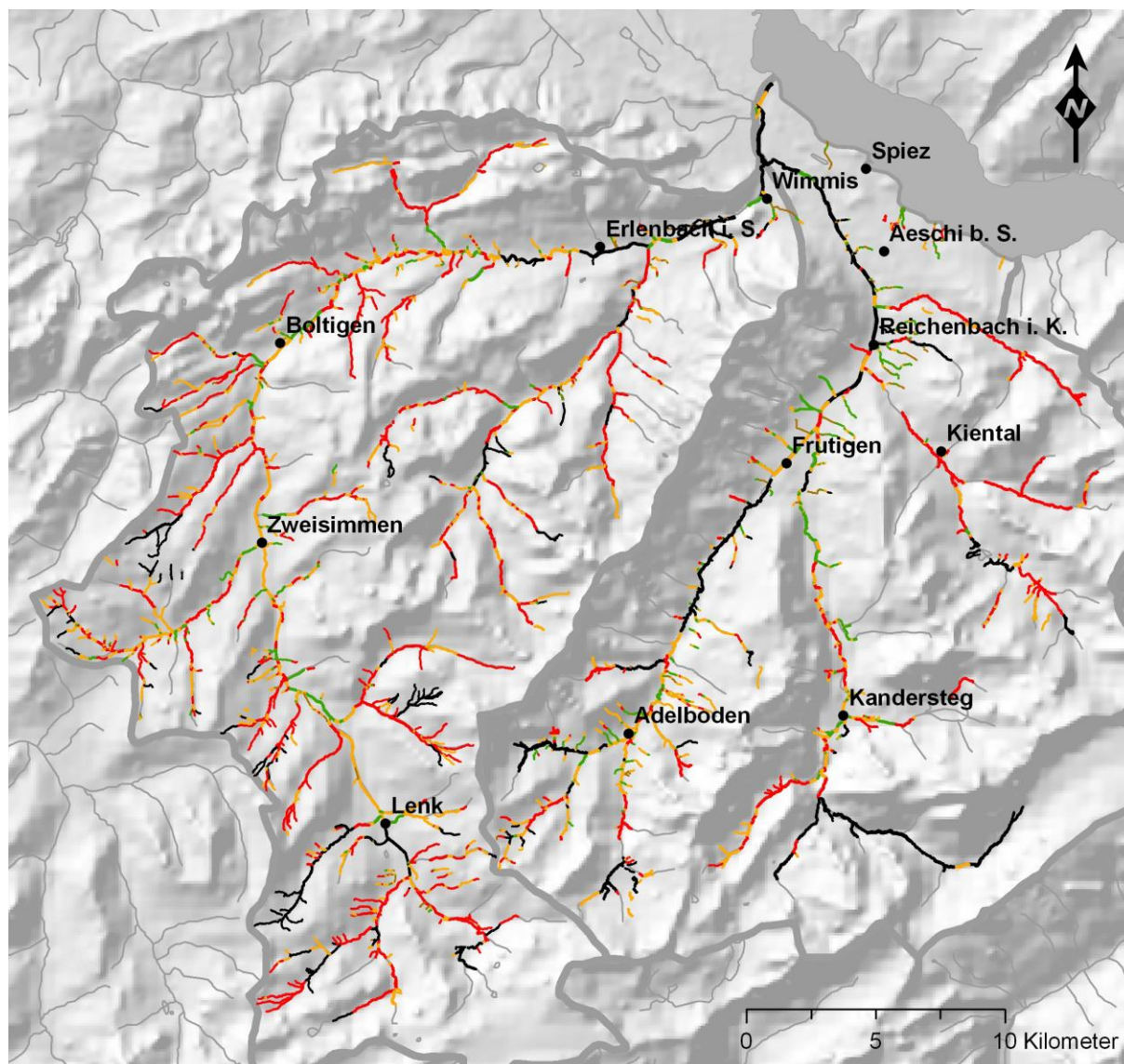
# **SZENARIO 86/105**

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011





### SZENARIO RATIO

- Nutzung
- Abwägung
- Schutz
- gesetzl. Schutz
- eingedolt

Datenquelle:  
 DHM25, GWN25, Vector25 (c) 2007 Swisstopo (DV094520)  
 Datenbank Ökomorphologie, 2007 BAFU  
 Linienpotential CH, 2010 Watergisweb AG  
 Basisgebiete, HADES 2010 Tafel 2.1

Stand: 2011





# ERKLÄRUNG

gemäss Art. 28 Abs. 2 RSL 05

Name/Vorname	Hemund Carol
Matrikelnummer	03-110-855
Studiengang	Geographie
	Bachelor <input type="checkbox"/> Master <input type="checkbox"/> Dissertation <input checked="" type="checkbox"/>
Titel der Arbeit	Methodik zur ganzheitliche Beurteilung des Kleinwasserkraftpotentials in der Schweiz
Leiter der Arbeit	Prof. Dr. Rolf Weingartner

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet. Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss Artikel 36 Absatz 1 Buchstabe o des Gesetzes vom 5. September 1996 über die Universität zum Entzug des auf Grund dieser Arbeit verliehenen Titels berechtigt ist.

Bern, den 08. Mai 2012

Carol Hemund



# CURRICULUM VITAE

## *PERSONALIEN*

Name	Carol Hemund
Geburtsdatum	15. Februar 1983 in Aarberg, Kanton Bern. Tochter von Gertrud und Kurt Hemund, Schwester von Kevin Hemund
Heimatort	Kappelen
Nationalität	Schweiz

## *AUSBILDUNG*

2009-2012	Doktorandin am Geographischen Institut und Oeschger-Zentrum für Klimaforschung, Universität Bern
29.05.2008	Diplom in Geographie, Universität Bern Diplomarbeit „Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes von Markart et al. - Evaluation der Anwendbarkeit für schweizerische Einzugsgebiete“ Betreuer: Prof. Dr. Rolf Weingartner
2003-2008	Studium an der Universität Bern Hauptfach: Geographie, Nebenfächer: Biologie und Erdwissenschaften
1997-2001	Matura am Gymnasium Linde Biel Schwerpunktfach: Bildnerisches Gestalten