



KANTON
NIDWALDEN

LANDWIRTSCHAFTS- UND
UMWELTDIREKTION

Stansstaderstrasse 59, 6371 Stans
Telefon 041 618 40 54, www.nw.ch

SCHUTZ- UND NUTZUNGSKONZEPT FÜR DIE STROMPRODUKTION MIT ERNEUER- BAREN ENERGIEN IM KANTON NIDWAL- DEN

Mitwirkungsversion vom Oktober 2022

IMPRESSUM

Projektleitung

Luca Pirovino, Amt für Wald und Energie, Leiter Energiefachstelle

Begleitgruppe

Fabian Bieri, Amt für Justiz, Abteilungsleiter Jagd und Fischerei

Thomas Furrer, Amt für Raumentwicklung, Vorsteher

Fidel Hendry, Amt für Umwelt, Vorsteher

Franz Landolt, Elektrizitätswerk Nidwalden, Leiter Produktion

Martin Niederhauser, Elektrizitätswerk Nidwalden, Energieberater

Felix Omlin, Amt für Raumentwicklung, Leiter Fachstelle Natur- und Landschaftsschutz

Eva Schager, Amt für Umwelt, Sachbearbeiterin Oberflächengewässer

Viktor Schmidiger, Amt für Gefahrenmanagement, Vorsteher

Bearbeitung

Sarah Barber, Fachhochschule Ost

Jan Baumgartner, Grimsel Hydro

Benjamin Berger, Grimsel Hydro

Florian Hammer, Fachhochschule Ost

Basil Wagner, Grimsel Hydro

Kevin Wyss, Grimsel Hydro

Steffen Schweizer, Grimsel Hydro

Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	6
	Wasserkraft	6
	Windkraft	6
	Photovoltaik	6
2	EINLEITUNG.....	8
2.1	Ausgangslage	8
2.2	Projektorganisation	8
2.2.1	Zeitplan	8
2.2.2	Begleitprozess	9
2.2.3	Vernehmlassung.....	9
2.3	Vorgehen und Methodik.....	9
3	WASSERKRAFT	11
3.1	Gewässerauswahl.....	11
	Kleine Gewässer mit geringem Nutzungspotenzial	16
	Kombinationsprojekte	16
	Quellen	18
3.2	Nutzung.....	21
	Jahresproduktion	21
	Winterproduktion	22
	Flexibilität.....	22
	Bestehende Nutzung	23
	Bewertung Nutzung	23
3.3	Schutz	27
	Wertvoller Lebensraum – Potentialgebiet für eine natürliche Entwicklung von Flora und Fauna.....	27
	Biotopschutz	27
	Gewässermorphologie	28
	Bedeutung landschaftliche Aspekte und Naherholung	28
	Bewertung Schutz	29
3.4	Gesamtbewertung	33
3.5	Sensitivitätsanalyse	37
3.6	Veränderungen in der Zukunft	39
3.6.1	Klimaveränderung	39
	Beurteilung der Veränderungen	39
	Region 1: glazial geprägte Einzugsgebiete	40
	Region 2: nival geprägte Einzugsgebiete.....	40
	Region 3: pluvial geprägte Einzugsgebiete	40
	Engelbergeraas in Buochs	41
	Fazit.....	41
3.6.2	Revitalisierungsplanung	41
3.6.3	Sanierung Wasserkraft	42

4	WINDKRAFT	43
4.1	Auswahl möglicher Standorte	43
4.2	Nutzung	44
	Jahresproduktion	44
	Winterproduktion	45
	Technische Realisierbarkeit	47
	Bewertung Nutzung	48
4.3	Schutz	48
	Biotopschutz	48
	Landschaftsschutz	49
	Betroffenheit von Personen	49
	Bewertung Schutz	50
4.4	Gesamtbewertung	50
5	PHOTOVOLTAIK	51
5.1	Standorte ausserhalb der Bauzone	51
	Terrainneigung	51
	Distanz zu Strassen, Gebäuden und Wald	51
	Distanz zu Strassen und Elektroleitungen	51
	Ausschlussgebiete	51
5.1.1	Nutzung	52
	Jahresproduktion	52
	Winterproduktion	53
	Infrastruktur	54
	Bewertung Nutzung	54
5.1.2	Schutz	54
	Biotopschutz	54
	Landschaftsschutz	54
	Einsehbarkeit und Blendung	55
	Landwirtschaft und Alpwirtschaft	55
	Bewertung Schutz	55
5.1.3	Gesamtbewertung	55
5.1.4	Betrachtung auf Gemeindeebene	59
	Nutzbare Fläche	59
	Jahresproduktion	59
	Winterproduktion	60
5.2	Standorte innerhalb der Bauzone	61
5.2.1	Nutzung	61
	Jahresproduktion und Winterproduktion	61
	Infrastruktur	62
5.2.2	Schutz	62
5.2.3	Gesamtbewertung	62
5.2.4	Potentiell mögliche Jahres- und Winterproduktion	63
6	FAZIT	65
	Wasserkraft	65
	Windkraft	65
	Photovoltaik	65

Grundlage für die kantonale Energiepolitik	66
Grundlage für den kantonalen Richtplan.....	66
Empfehlungen für das weitere Vorgehen	66
7 ANHANG	67
7.1 Plausibilisierung der berechneten Zuflussdaten	67
Vergleich der berechneten Abflüsse mit modellierten Abflüssen	67
Vergleich von flächengewichteten Abflussspenden mit der gemessenen Abflussspende der Engelbergeraa	67
Analyse der regimetypischen Abflussspenden	68
Analyse des Höhengradientes der Abflussspende	69
Korrekturansatz für die Einzugsgebiete mit dem Regimetyp nivo-glaciaire.....	70
7.2 Sensitivitätsanalyse	72
Erklärung Box-Plot	72
Sensitivität der Nutzung	73
Sensitivität des Schutzes	74
Sensitivität der Gesamtbewertung	75
Fazit.....	77

1 Zusammenfassung

Ein konkretes Ziel des Energieleitbilds Nidwalden ist die Ausschöpfung der Stromproduktion aus einheimischen und erneuerbaren Energien. Zu diesem Zweck wurde das vorliegende Schutz- und Nutzungskonzept für die erneuerbaren Energien Wasser, Wind und Sonne erarbeitet. Dessen Ergebnisse sollen im kantonalen Richtplan festgehalten werden.

Die Erarbeitung des Schutz- und Nutzungskonzepts erfolgte unter Leitung des Amts für Wald und Energie und unter Mitwirkung der betroffenen kantonalen Ämter und Fachstellen. Mit der Erarbeitung beauftragt wurde die Fachstelle Ökologie von Grimsel Hydro.

Bei allen Energieträgern wurde dasselbe methodische Vorgehen gewählt und wie folgt umgesetzt:

- Eingrenzung des zu betrachtenden Perimeters aufgrund von Nutzungs- und Schutzinteressen.
- Bewertung aufgrund von Nutzungs- und Schutzkriterien (Gesamtbewertung entspricht Verhältnis von Nutzung zu Schutz).
- Klassifizierung in eine Nutzungsklasse, eine mittlere Klasse und eine Schutzklasse.

Die drei Klassen wurden wie folgt definiert:

- Nutzungsklasse (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2): Nutzung überwiegt Schutz deutlich, Nutzungsprojekte sind im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich.
- Mittlere Klasse (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2): Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, es ist eine individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig.
- Schutzklasse (Gesamtbewertung kleiner und gleich 0.8): Schutz überwiegt Nutzung deutlich, Nutzungsprojekte sind grundsätzlich nicht möglich.

Mit dem vorliegenden Schutz- und Nutzungskonzept wird aufgezeigt, dass es für den Kanton Nidwalden bezüglich Jahresbilanz durchaus im Bereich des Möglichen liegt, in Zukunft den gesamten Strombedarf von aktuell rund 260 GWh mittels Eigenproduktion zu decken, wenn man die Photovoltaik stark ausbaut. Die Sicherstellung einer genügenden Winterproduktion stellt jedoch eine grosse Herausforderung dar, da mit den zur Verfügung stehenden Technologien eine Saisonspeicherung im benötigten Ausmass aktuell nicht möglich ist.

Die Resultate unterscheiden sich nach Energieträger.

Wasserkraft

Das verfügbare Potential der Wasserkraft wird im Kanton Nidwalden zu einem grossen Teil schon genutzt. Bisher werden jährlich gut 150 GWh Strom aus Wasserkraft produziert. Die noch nicht genutzten Gewässer der Nutzungsklasse und der mittleren Klasse weisen zusammen eine maximal mögliche Jahresproduktion von 33 GWh und eine Winterproduktion von 9 GWh auf. Die Abflüsse im Winterhalbjahr werden aufgrund der Klimaveränderung im Durchschnitt um bis zu 30 Prozent bis zum Jahr 2085 zunehmen. Dies allein wird jedoch nicht ausreichen, um in Zukunft im Winterhalbjahr auf einen Stromzukauf zu verzichten.

Windkraft

Die Windkraft wird im Kanton Nidwalden bisher nicht genutzt. Sie weist im Unterschied zur Wasserkraft und zur Photovoltaik das Produktionsmaximum im Winterhalbjahr auf und ist deshalb eine ideale Ergänzung zu den anderen erneuerbaren Energien. Für die Windkraft wurden fünf mögliche Standorte ausgeschieden, die insgesamt eine maximal mögliche Jahresproduktion von 28 GWh und eine Winterproduktion von 17 GWh aufweisen.

Photovoltaik

Bei der Photovoltaik hat man sich auf Anlagen beschränkt, die nicht auf Gebäuden installiert sind. Es ist zu unterscheiden zwischen Anlagen ausserhalb und innerhalb der Bauzone. Bei den Anlagen ausserhalb der

Bauzone handelt es sich um Freiflächenanlagen. Für das gesamte Kantonsgebiet wurden Flächen ausgetrennt, die sich für die Installation von Photovoltaikanlagen eignen. Insgesamt ergeben sich für die Nutzungsklasse eine maximal mögliche Jahresproduktion von knapp 600 GWh und eine Winterproduktion von 190 GWh. Als Anlagenstandorte innerhalb der Bauzone wurden Lärmschutzwände, Autobahnüberdachungen, Kläranlagen und Parkplätze untersucht. Für diese Objekte betragen die maximal mögliche Jahresproduktion insgesamt 15 GWh und die Winterproduktion 3 GWh.

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Im Rahmen der nationalen Energiestrategie 2050 soll die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ausgebaut werden. Der Kanton Nidwalden unterstützt die Energiestrategie 2050 und hat mit dem Energieleitbild Nidwalden 2019 die Vision der kantonalen Energiepolitik verabschiedet. Ein konkretes Ziel verfolgt die Ausschöpfung der Stromproduktion aus einheimischen und erneuerbaren Energien.

Im Artikel 10 des eidgenössischen Energiegesetzes (EnG; SR 730.0) ist festgelegt, dass die für die Nutzung der Wasser- und Windkraft geeigneten Gebiete und Gewässerstrecken in den kantonalen Richtplänen zu dokumentieren sind. Heute bereits genutzte Standorte sowie bislang ungenutzte Gebiete und Gewässerabschnitte, die auch künftig von einer Nutzung freizuhalten sind, sollen ebenfalls berücksichtigt und festgehalten werden. Am 25. September 2019 wurde der kantonale Richtplan durch den Landrat verabschiedet. Die Koordinationsaufgabe E3-6 des Kapitels E3 Energie sieht die Erarbeitung eines Schutz- und Nutzungskonzepts für erneuerbare Energien hinsichtlich Stromproduktion (Wasser, Wind, Sonne und Geothermie) vor. Die Energieproduktion aus Geothermie wurde im Auftrag der Landwirtschafts- und Umweltdirektion in der Studie "Erdgas und Tiefengeothermie für die Kantone Nid- und Obwalden" untersucht und ist nicht Bestandteil des vorliegenden Konzepts.

2.2 Projektorganisation

Der Auftraggeber ist das Amt für Wald und Energie des Kantons Nidwalden. Die Fachstelle Ökologie der Grimsel Hydro erarbeitete in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber sowie den kantonalen Fachstellen das Schutz- und Nutzungskonzept. Da die Kernkompetenz von Grimsel Hydro im Bereich der Wasserkraft liegt, wurde bei der Windkraft die entsprechende Expertise der Ostschweizer Fachhochschule und bei der Photovoltaik die des Elektrizitätswerks Nidwalden hinzugezogen.

2.2.1 Zeitplan

Der Projektablauf ist in sieben Phasen aufgeteilt und erstreckt sich über die Jahre 2021 bis 2023. In der Tabelle 1 sind der Zeitplan und die Projektphasen dargestellt.

In den Phasen 1 – 3 erfolgte die Erarbeitung des Schutz- und Nutzungskonzepts. In der ersten Phase wurden die Grundlagen und Rahmenbedingungen zusammengetragen und definiert. Vor der eigentlichen Interessenabwägung erfolgte eine Auswahl für die verschiedenen Stromproduktionsformen auf Basis der potenziellen Stromproduktion (Wasser- und Windkraft) oder der geographischen Lage (Photovoltaik). Anschliessend erfolgte für die ausgewählten Standorte eine Interessenabwägung. In Phase 3 wurden die Ergebnisse der Interessenabwägung dokumentiert. Diese bilden die Basis für die weiteren Phasen gemäss Tabelle 1.

Tabelle 1: Zeitplan für die Erstellung des Schutz- und Nutzungskonzept mit den entsprechenden Projektphasen.

Zeitplan	2021												2022												2023							
	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug		
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																

1	Erarbeitung Grundlagen und Rahmenbedingungen
2	Interessenabwägung
3	Dokumentation
4	Prüfung durch den Regierungsrat und Freigabe zur Vernehmlassung
5	Vernehmlassung
6	Überarbeitung nach Vernehmlassung
7	Verabschiedung durch den Regierungsrat

2.2.2 Begleitprozess

Die Erstellung des Schutz- und Nutzungskonzepts erfolgte in Zusammenarbeit mit einer kantonalen Begleitgruppe, in der die zu bearbeitenden Themenfelder fachlich vollständig abgedeckt sind. Die vorliegenden Bewertungsergebnisse wurden hinsichtlich Plausibilität und Korrektheit geprüft. Die Begleitgruppe hat sämtliche Entscheide gemeinsam getroffen. Die Mitglieder der Begleitgruppen sind im Impressum aufgeführt.

2.2.3 Vernehmlassung

In der Phase 5 findet die Vernehmlassung des Schutz- und Nutzungskonzepts bei Gemeinden, Verbänden und Interessenvertreter statt und ist für einen Zeitraum von 3 Monaten vorgesehen. Für diese Vernehmlassung wird die vorliegende Version verwendet.

2.3 Vorgehen und Methodik

Mit dem Schutz- und Nutzungskonzept erneuerbare Energien wird das heutige und zukünftige Potential für die Stromproduktion aus Wasserkraft-, Windkraft- und Photovoltaik aufgezeigt. Die Energieproduktion im Kanton Nidwalden erfolgt bisher zum überwiegenden Teil durch die Nutzung der Wasserkraft. Die Windkraft wird bisher nicht genutzt. Bei der Stromproduktion aus Photovoltaik wurde das Potential innerhalb und ausserhalb der Bauzone betrachtet. Das Potential von Photovoltaik auf Gebäuden wurde nicht weiterverfolgt, weil bei diesen Projekten die Abwägung zwischen Schutz und Nutzen im Rahmen der Baugesetzgebung erfolgt.

Für die Erstellung des Schutz- und Nutzungskonzepts war eine möglichst objektive Interessenabwägung nötig. Als Basis der Interessenabwägung dienten Abwägungskriterien hinsichtlich Nutzen und Schutz (im Folgenden werden dafür die Begriffe Nutzungskriterien und Schutzkriterien verwendet). Aus dem Verhältnis dieser Abwägungskriterien wurden die potenziellen Standorte und Gebiete beurteilt.

Bei allen Energieträgern wurde dasselbe methodische Vorgehen gewählt und wie folgt umgesetzt:

- Eingrenzung des zu betrachtenden Perimeters aufgrund von Nutzungs- und Schutzinteressen.
- Bewertung aufgrund von Nutzungs- und Schutzkriterien:
 - Anzahl Punkte für ein Kriterium entspricht der Klasse.
 - Die Bewertungen der einzelnen Kriterien wurden zu Bewertungen für Nutzung und Schutz zusammengefasst.
 - Gesamtbewertung entspricht Verhältnis von Nutzung zu Schutz.

- Klassifizierung in eine Nutzungsklasse, eine mittlere Klasse und eine Schutzklasse.

Die drei Klassen wurden wie folgt definiert:

- Nutzungsklasse (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2): Nutzung überwiegt Schutz deutlich, Nutzungsprojekte sind im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich.
- Mittlere Klasse (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2): Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, es ist eine individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig.
- Schutzklasse (Gesamtbewertung kleiner und gleich 0.8): Schutz überwiegt Nutzung deutlich, Nutzungsprojekte sind grundsätzlich nicht möglich.

Hinsichtlich der räumlichen Darstellung unterscheiden sich die drei Arten der Stromproduktion:

- Wasserkraft: Bezug auf Fließgewässer (lineare Darstellungsform)
- Windkraft: Punktuelle Betrachtung von potenziellen Standorten
- Photovoltaik: Bezug auf potenzielle Flächen

Die Resultate werden im Folgenden für die einzelnen Energieträger separat dargestellt. Die Ergebnisse der Wasserkraft wurden mittels Sensitivitätsanalyse plausibilisiert. Die möglichen Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Nutzung der Wasserkraft wurden beurteilt und je Einzugsgebiet beschrieben. Abschliessend wurden die wichtigsten Ergebnisse und Auswirkungen in einem Gesamtfazit festgehalten.

3 Wasserkraft

3.1 Gewässerauswahl

In einem ersten Schritt wurden sämtliche Fließgewässer berücksichtigt. Bereits energetisch genutzte Gewässer wurden am Fassungsstandort in zwei Abschnitte aufgeteilt. Die Strecken unterhalb des Fassungsstandorts wurden nach der offiziellen Gewässerbezeichnung benannt und die Strecken oberhalb erhielten den Zusatz "oben". Folgende Gewässer wurden aufgeteilt:

- Arnibach
- Bannalpbach
- Buoholzbach
- Gerbibach
- Lielibach
- Melbach
- Rotihaltengraben
- Trüebenbach
- Trübseebach
- Wangbach

Die Engelbergeraa wurde aufgrund bestehender Mehrfachnutzung in mehrere Abschnitte aufgeteilt:

- Engelbergeraa 1: Vierwaldstädtersee - Ambauenwehr
- Engelbergeraa 2: Ambauenwehr - Hostettenwehr
- Engelbergeraa 3: Hostettenwehr - Wasserrückgabe KW Dallenwil
- Engelbergeraa 4: Wasserrückgabe KW Dallenwil - Fassung Obermatt¹
- Engelbergeraa 5: Fassung Obermatt – Eugenisee¹

Für jeden Gewässerabschnitt wurde die theoretische Jahresproduktion berechnet. Dafür wurde manuell für jeden Abschnitt jeweils am unteren Ende des Gewässers ein potentieller Kraftwerksstandort festgelegt. Für diesen Standort wurde basierend auf dem digitalen Terrainmodell (DHM25) von swisstopo (2005)² das Gesamteinzugsgebiet und das Hauptgerinne berechnet (basierend auf der Berechnung der Flow Accumulation³). Anschliessend wurden automatisiert drei potenzielle Fassungsstandorte so festgelegt, dass jeweils ein Drittel, die Hälfte und zwei Drittel des Gesamteinzugsgebiets für eine Nutzung zur Verfügung stehen (s. Abbildung 1). Basierend auf dem Datensatz MQ-CH-CCHydro der Periode 1980-2009 (BAFU 2012) wurden für die Einzugsgebiete der Fassungsstandorte die mittleren monatlichen und jährlichen Zuflüsse berechnet⁴. Anschliessend erfolgte für die drei untersuchten Fassungsstandorte die Berechnung der theoretischen Jahresproduktion anhand der nutzbaren Fallhöhe und dem zuvor berechneten Zufluss (unter Berücksichtigung des jeweiligen Teileinzugsgebiets). Die theoretische Jahresproduktion eines Abschnitts entspricht dem Mittelwert aus den drei Produktionswerten. Für die Berechnung der theoretischen Jahresproduktion wurden die Annahmen getroffen, dass der Wirkungsgrad der Turbine dauernd bei 100 Prozent liegt, der gesamte Zufluss gefasst und kein Restwasser abgegeben wird.

¹ ausserkantonale Kraftwerke an der Wasserkraftnutzung beteiligt

² Das digitale Terrainmodell (DHM25) von swisstopo (2005) steht in einer räumlichen Auflösung von 25 x 25 m zur Verfügung. Dieses Modell bildet die Topografie in einer genügenden Genauigkeit für die Fragestellung ab und stellt dementsprechend eine gute Datengrundlage dar.

³ Flow Accumulation ist ein räumlicher Algorithmus, mit dem Wasserläufe und Einzugsgebiete basierend auf einem digitalen Höhenmodell berechnet werden können. Bei diesem Algorithmus werden alle Rasterzellen hinsichtlich ihrer Entwässerungsrichtung analysiert. Anschliessend wird im gesamten Höhenmodell aufsummiert, wie viele Zellen auf eine weiter untenliegende Rasterzelle entwässern. Als Resultat des Algorithmus entsteht ein Rasterdatensatz, auf dem jede Zelle den Wert der oberliegenden Einzugsgebietsfläche enthält. Basierend auf diesen Resultaten können unter anderem Gerinne und Einzugsgebietsflächen definiert werden.

⁴ Der Datensatz MQ-CH-CCHydro wurde im Rahmen des Projektes CCHydro (2012) im Auftrag des BAFU erstellt und bildet flächendeckend für die Schweiz die mittleren jährlichen und monatlichen Abflüsse ab. Die Abflüsse wurden flächendeckend mit dem hydrologischen Modell PREVAH (Viviroli et al. 2009) modelliert. Den Datensatz gibt es für die Gegenwart (1980-2009) und die nahe (2021-2050) und ferne (2070-2099) Zukunft. Für die vorliegende Analyse wurde die Periode 1980-2009 verwendet. Der Datensatz hat eine räumliche Auflösung von 500 x 500 m und enthält pro Rasterzelle den mittleren Abfluss. Durch den Datensatz steht eine einheitliche Datengrundlage für den ganzen Kanton Nidwalden zur Verfügung. Dadurch wird gewährleistet, dass die Abflüsse und das darauf basierende energetische Potential der relevanten Gewässer einheitlich beurteilt werden kann.

Die theoretische Jahresproduktion wurde wie folgt berechnet:

Theoretische Jahresproduktion = $Q_{EZG} \cdot \Delta h \cdot g \cdot t$, in GWh

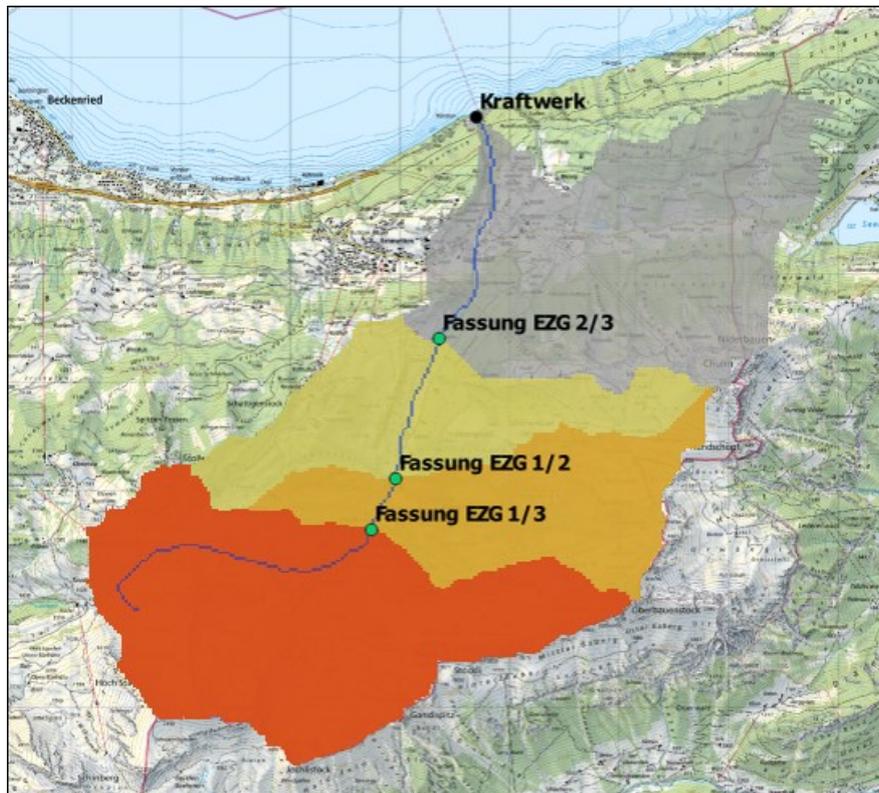
Q_{EZG} Abfluss des hydrologischen Einzugsgebiets, in m^3/s

Δh Höhenunterschied zwischen Fassung und Kraftwerksstandort, in m

g 9.81, in m/s^2

t Zeit, in s

Abbildung 1: Bestimmung der Einzugsgebiete zur Berechnung der theoretischen Jahresproduktion anhand des Beispiels des Choltalbachs.



Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 aufgeführt und in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Die berechneten Zuflussdaten wurden gemäss Anhang 8.1 plausibilisiert.

Für die weitere Betrachtung werden nur Gewässerabschnitte berücksichtigt, die heute bereits genutzt sind oder deren theoretische Jahresproduktion über 1 GWh liegt.

Tabelle 2: Die betrachteten Gewässerabschnitte.

■ Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung

■ Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung

Nr.	Gewässerabschnitt	Theoretische Jahresproduktion GWh
74	Aegertli	0.1
35	Archisrüttlibach	< 0.1
79	Arnibach 1	7.0
78	Arnibach 2	11.6
80	Arnibach oben	0.4
76	Arniwald	< 0.1
50	Bannalpbach	19.8
52	Bannalpbach oben	1.7
54	Bielmattligraben	0.2
73	Bluttengraben	< 0.1
70	Brächgraben	1.5
44	Brigggräben	< 0.1
37	Buoholzbach	17.3
38	Buoholzbach oben	6.8
22	Chellbach	< 0.1
25	Choltalbach	19.1
27	Dorfbach Buochs	0.1
13	Dürrentöbeli	< 0.1
63	Eltschenbach	1.1
29	Engelbergeraa 1	2.2
30	Engelbergeraa 2	5.4
33	Engelbergeraa 3	4.8
41	Engelbergeraa 4	171.1
75	Engelbergeraa 5	158.9
17	Fahrlibach	< 0.1
57	Fallenbach	6.9
5	Feldbach	0.1
51	Firnhüttbach	0.1
48	Fuhrbächli	0.1
62	Geissmattligraben	0.6
69	Gerbibach	1.1
71	Gerbibach oben	1.0
66	Gerlifluewald	< 0.1
10	Gieslibach	1.4
56	Gutzigraben	< 0.1
47	Haldibach	2.1
16	Herrenbach	< 0.1
21	Hinter Erlibach	< 0.1
43	Humligenbach	1.2
11	Kallenbach	0.1
2	Kastelenbach	0.7
58	Kernalpbach	5.6
61	Kleinfallenbach	0.1
40	Krätligbach	< 0.1

Nr.	Gewässerabschnitt	Theoretische Jahresproduktion GWh
14	Lielibach	9.9
15	Lielibach oben	3.4
72	Luterseebach	8.2
67	Marchgraben	< 0.1
8	Melbach	2.2
7	Melbach oben	0.6
59	Mittler Fallenbach	0.1
23	Mocklisbach	< 0.1
18	Muehlebach Beckenried	0.4
3	Mühlebach Hergiswil	0.5
9	Mühlebach Stansstad	< 0.1
60	Münchmatt	< 0.1
53	Murgraben	< 0.1
55	Nechimatt	< 0.1
19	Ratzenbach	1.5
64	Rotihaltengraben	4.0
65	Rotihaltengraben oben	2.8
1	Rümlig⁵	16.0
24	Rütenenbach	0.1
77	Schiessibach	1.7
6	Schluchenbach	< 0.1
28	Schüpfgraben	< 0.1
45	Secklisbach Restwasserstrecke	28.5
46	Secklisbach Schwall-Sunk Strecke	14.6
49	Singtäubach	9.0
26	Spreitenbach	< 0.1
39	Steinibach Dallenwil	8.5
4	Steinibach Hergiswil	3.2
32	Teuftalbach	0.1
12	Träschlibach	2.7
84	Trüebenbach 1	8.3
83	Trüebenbach 2	10.4
85	Trüebenbach oben	3.7
86	Trübsee	19.0
87	Trübseebach	3.6
68	Vogelsanggraben	0.2
20	Vorder Erlibach	0.9
81	Wangbach	1.5
82	Wangbach oben	1.0
34	Wildibach	< 0.1
31	Willgasbach	< 0.1
42	Zelglibach	0.9
36	Zilibach	0.6

⁵ Aufgrund seines kurzen Verlaufs im Kanton Nidwalden wird der Rümlig trotz seiner insgesamt hohen theoretischen Jahresproduktion nicht weiterverfolgt.

Abbildung 2: Theoretische Jahresproduktion (kleiner oder grösser als 1 GWh) aller betrachteten Gewässerabschnitte. Eine detaillierte kartographische Darstellung befindet sich in Karte 9.1.

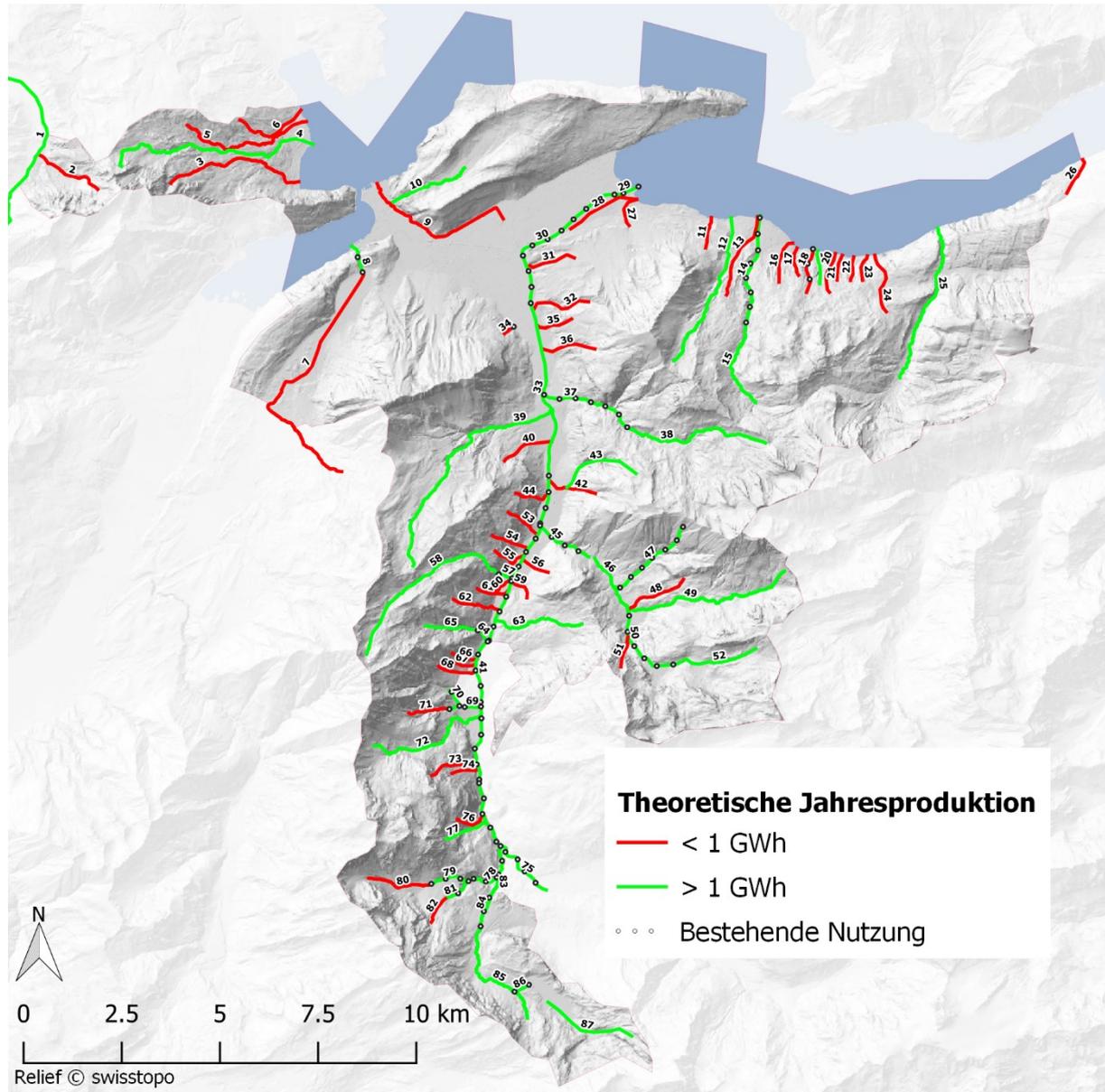
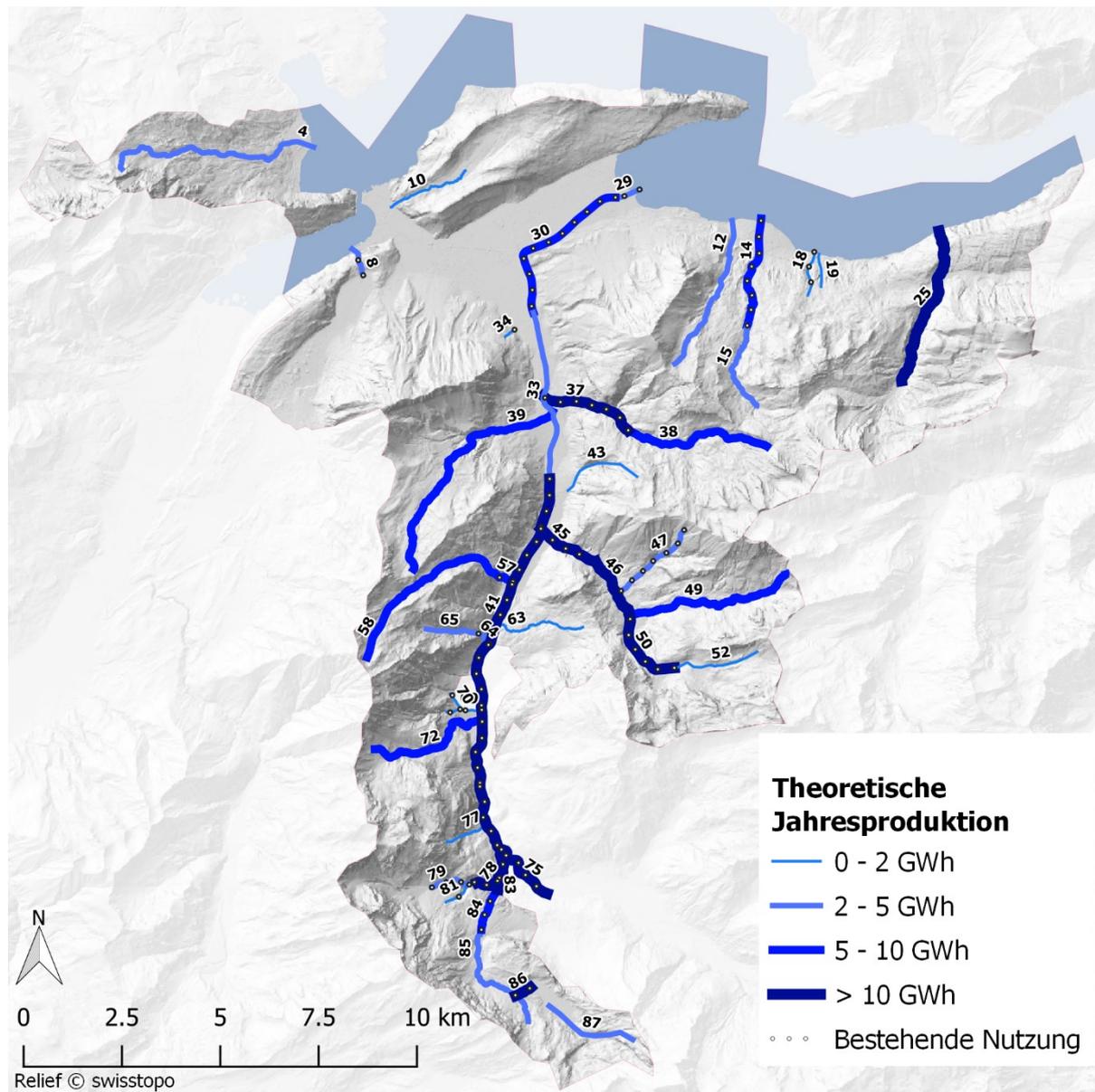


Abbildung 3: Weiterberücksichtigte und bewertete Gewässerabschnitte, klassifiziert nach theoretischer Jahresproduktion. Eine detaillierte kartographische Darstellung befindet sich in Karte 9.2.



Kleine Gewässer mit geringem Nutzungspotenzial

Gewässer mit einer theoretischen Jahresproduktion kleiner 1 GWh können einerseits nur einen marginalen Anteil zur Abdeckung des Gesamtstrombedarfs beitragen. Andererseits würden durch solche Anlagen wertvolle Lebensräume beeinträchtigt oder verloren gehen. Diese Gewässer werden folglich zukünftig von einer Nutzung ausgeschlossen. Autarke Stromlösungen sollen möglich bleiben, wenn in unmittelbarer Nähe kein Netzanschluss vorhanden ist und eine alternative Stromproduktion (Photovoltaik- oder Windkraftanlage) mit verhältnismässigen Mitteln nicht umsetzbar ist. Bei einer entsprechenden Realisierung müssen die geltenden gesetzlichen Vorgaben (Gewässer- und Umweltschutz, Fischerei, Natur- und Landschaftsschutz, etc.) eingehalten werden.

Kombinationsprojekte

Aufgrund der topographischen Gegebenheiten besteht an mehreren Standorten die Möglichkeit, benachbarte Gewässer im Rahmen eines Kombinationsprojekts zusammen zu nutzen. Es konnten vier Standorte ermittelt werden, deren theoretische Jahresproduktion mindestens 1 GWh beträgt. Bei den meisten dieser Standorte

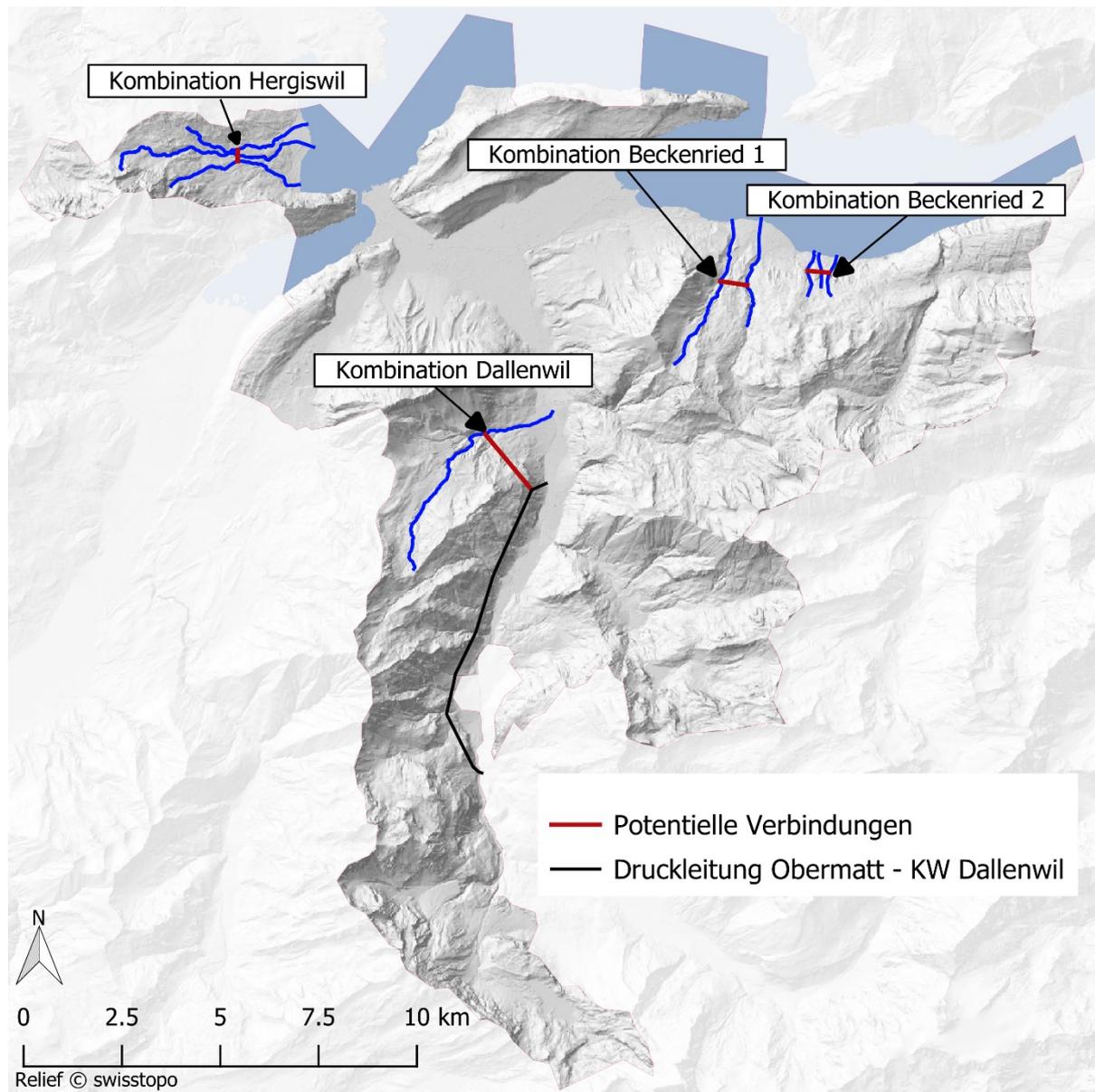
wird bereits heute mindestens ein Gewässer genutzt. Für die benachbarten Gewässer wurden die Fassungsstandorte auf der gleichen Höhe festgelegt.

Die Kombinationsprojekte sind in der Tabelle 3 aufgeführt und in der Abbildung 4 dargestellt.

Tabelle 3: Theoretische Jahresproduktion der Kombinationsprojekte.

Kombinationsprojekt	Gewässer	Theoretische Jahresproduktion GWh	Bemerkungen
Dallenwil	Steinibach Dallenwil	6.6	Anschluss an bestehende Druckleitung Obermatt - KW Dallenwil
Hergiswil	Feldbach	3.0	Positionshöhe der Fassungsstandorte wurde so gesetzt, dass eine maximale Nutzung erzielt werden kann
	Mühlebach Hergiswil		
	Steinibach Hergiswil		
Beckenried I	Lielibach	2.7	Positionshöhe der Fassungsstandorte wurde analog zur bereits bestehenden Fassung am Lielibach gesetzt
	Träschlibach		
Beckenried II	Mühlebach Beckenried	2.4	Positionshöhe der Fassungsstandorte wurde analog zur bereits bestehenden Fassung am Mühlebach (Beckenried) gesetzt
	Ratzenbach		
	Vorder Erlibach		

Abbildung 4: Die geographische Lage der Kombinationsprojekte. Eine detaillierte kartographische Darstellung befindet sich in Karte 9.3.



Quellen

Natürlich austretende Quellen sind nicht nur wichtige Trinkwasserressourcen, sondern häufig auch wertvolle natürliche Lebensräume für eine üppige und artenreiche Tier- und Pflanzenwelt. Das spezifische Artenvorkommen beschränkt sich meistens lokal auf den Quellbereich und unterscheidet sich häufig von demjenigen in den darunterliegenden Gewässerabschnitten.

Quellen können auch für die Stromproduktion interessant sein. Für die bedeutendsten Quellen wurde die theoretische Jahresproduktion ausgehend von den vorhandenen Schüttungsangaben und der nutzbaren Höhe (Höhendifferenz zwischen Quellstandort und Reservoir) berechnet. Die Quellen sind in der Tabelle 4 aufgeführt und in der Abbildung 5 dargestellt. Die meisten Quellen weisen ein geringes energetisches Potential auf, weshalb im Rahmen des vorliegenden Projekts auf eine weitere Bewertung bezüglich Schutz und Nutzung verzichtet wird. Diese Bewertung muss im Rahmen einer Ergänzung des vorliegenden Konzepts erfolgen. In der Zwischenzeit hat die Abwägung im Rahmen des Projekts zu erfolgen.

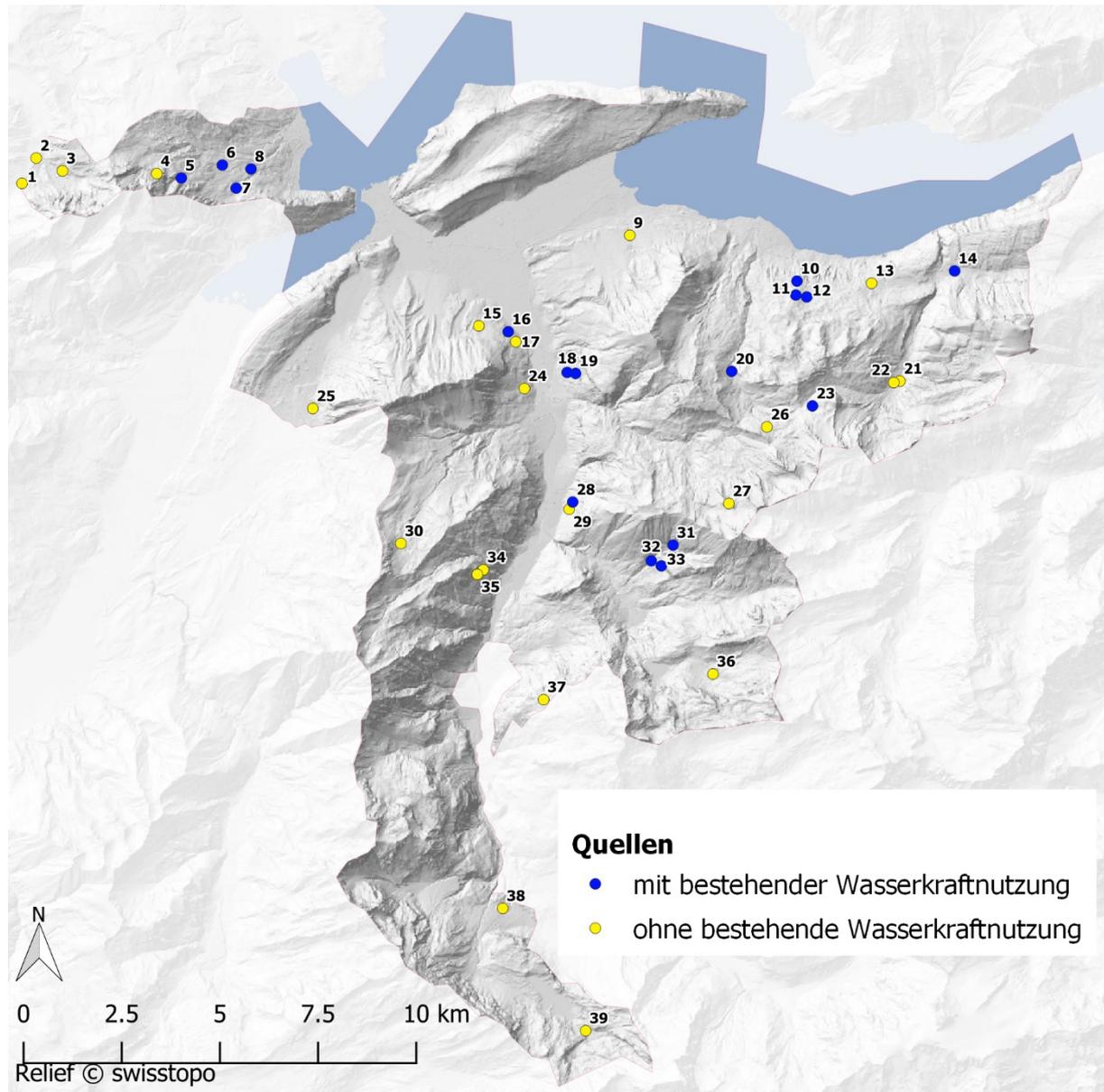
Tabelle 4: Theoretische Jahresproduktion der Quellen.

■ Quelle ohne bestehende Wasserkraftnutzung

■ Quelle mit bestehender Wasserkraftnutzung

Nr.	Quelle	Theoretische Jahresproduktion GWh
10	Ambeissler	3.3 (inkl. Bärlix und Lanzig)
12	Bärlix	3.3 (inkl. Ambeissler und Lanzig)
24	Breitenacher	< 0.1
37	Brunniswaldalp	1.7
31	Brüscheegg	0.1
38	Buechbrünnen/Jungholz	0.5
21	Chohlrüti	0.9
30	Eggtrug	< 0.1
18	Frongadmen	Keine Höhenangaben
36	Fulenwasser	0.3
5	Gineten	0.1
16	Gisibach, Quellen	Keine Schüttungsangaben
32	Guber	Keine Schüttungsangaben
33	Guberdräck	Keine Schüttungsangaben
26	Haldifeld/Büel	0.2
1	Kaltenbrunnen	0.4
11	Lanzig	3.3 (inkl. Ambeissler und Bärlix)
3	Lauelenloch	1.2
28	Maienbachquelle	Keine Höhenangaben
23	Matt	< 0.1
8	Müsli	0.1
22	Neublätz	0.5
25	Ober Hostatt	< 0.1
34	Ochsenweid	0.5
6	Renggeli/Brunni,/Nestel	0.3
7	Rossmoos	0.1
15	Schilt/Chälen	< 0.1
35	Schützenmatt	0.7
20	Schwändi	Keine Höhenangaben
13	Schyn	< 0.1
14	Seelisbergtunnel, Karstquelle	0.6
17	Staldifeld	0.2
27	Steinalper Tribet	0.3
39	Sulzli	1.1
4	Treichen/Nauen	0.6
2	Unterlauelen	0.5
19	Ursprung	1.1
29	Vesperflue/Brünnen	0.2
9	Wissibach	< 0.1

Abbildung 5: Quellen im Kanton Nidwalden. Die Namen der Quellen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Eine detaillierte kartographische Darstellung befindet sich in Karte 9.4.



3.2 Nutzung

Die Nutzung wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Jahresproduktion
- Winterproduktion (Oktober bis März)
- Flexibilität
- Bestehende Nutzung

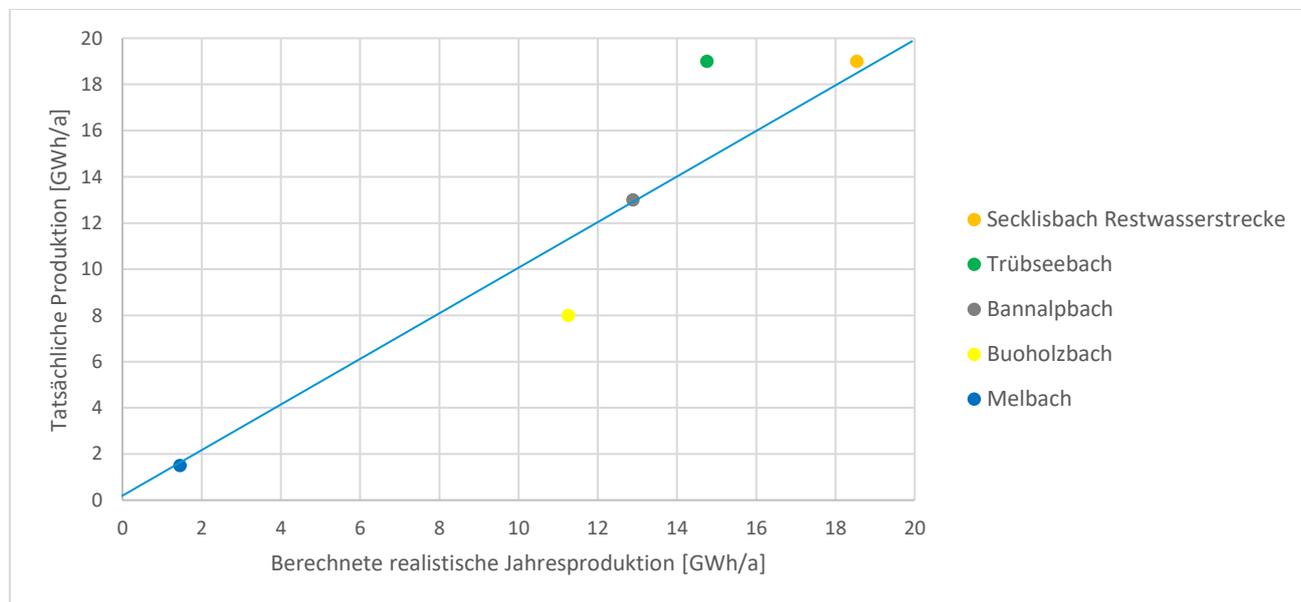
Die Bewertung der Nutzung erfolgte anhand der realistischen Jahres- und Winterproduktion. Ausgehend von der theoretischen Produktion ergibt sich mit den Reduktionsfaktoren gemäss Tabelle 5 die realistische Produktion. Die Reduktionsfaktoren wurden aufgrund von Erfahrungswerten festgelegt. Nicht berücksichtigt wurden mögliche Versickerungen in den Einzugsgebieten.

Tabelle 5: Reduktionsfaktoren zur Berechnung der realistischen Jahres- und Winterproduktion

Reduktionsfaktor	Jahresproduktion	Winterproduktion
Wirkungsgrad der Turbine	0.85	0.85
Überfall	0.90	0.99
Restwasser	0.85	0.90
Reduktionsfaktor gesamt	0.65	0.75

Zur Plausibilisierung der Reduktionsfaktoren wurde für ausgewählte Gewässerabschnitte die realistische Jahresproduktion mit der tatsächlichen Jahresproduktion verglichen. Insgesamt konnte eine sehr gute Korrelation ausgewiesen werden (Abbildung 6). Der Vergleich erfolgte auf Basis der heutigen Produktionswerte. Methodenbedingt kann nicht generell für alle bereits genutzten Standorte ein direkter Vergleich zwischen der realistischen und der tatsächlichen Jahresproduktion gezogen werden.

Abbildung 6: Gegenüberstellung der berechneten realistischen Jahresproduktion mit der tatsächlichen Jahresproduktion.



Jahresproduktion

Für eine energetische Betrachtung stellt die Jahresproduktion eine wichtige Kenngrösse dar. Aus Tabelle 6 können die Wertebereiche der Klassen 1 bis 5 entnommen werden.

Tabelle 6: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Jahresproduktion.

Klasse	Jahresproduktion GWh
1	< 0.5
2	0.5 -1
3	1 - 2
4	2 - 5
5	> 5

Winterproduktion

Seit über 20 Jahren importieren die Schweiz und der Kanton Nidwalden im Winterhalbjahr Strom. Dieser Importbedarf wird sich im Zuge der Energiewende noch weiter verstärken. Während mit dem geplanten Ausstieg aus der Atomkraft auf nationaler Ebene ein grosser Teil der heutigen winterlichen Stromproduktion wegfallen wird, ist von einem bedeutenden Anstieg des Strombedarfs infolge der vorgesehenen Elektrifizierung von Verkehr und Gebäuden (Wärmegewinnung mittels Wärmepumpen) auszugehen. In Tabelle 7 sind die Wertebereiche der Klassen für dieses Nutzungskriterium aufgeführt, wobei die Winterproduktion sich über den Zeitraum von Oktober bis März erstreckt. Sie entspricht der Summe der Produktionswerte der entsprechenden Monate.

Tabelle 7: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Winterproduktion.

Klasse	Winterproduktion GWh
1	< 0.3
2	0.3 – 0.5
3	0.5 - 1
4	1 - 3
5	> 3

Flexibilität

Die Stabilität des Stromnetzes wird dadurch erreicht, dass zu jeder Zeit so viel Strom produziert wird wie in diesem Moment verbraucht wird. Da sowohl die Stromproduktion wie auch der Stromkonsum permanent Schwankungen unterworfen sind, braucht es eine ständige Regulierung (Feinsteuerung) der Stromproduktion. Diese Regulierung erfolgt hauptsächlich durch Speicherwasserkraftwerke, welche innerhalb kurzer Zeit die Stromproduktion erhöhen oder verringern können. Je grösser der für die Stromproduktion zur Verfügung stehende Wasserspeicher, umso flexibler lässt sich ein Wasserkraftwerk betreiben und umso besser und länger kann regulierend eingegriffen werden. Entsprechend erfolgen die Klasseneinteilungen des Nutzungskriteriums Flexibilität gemäss Tabelle 8.

Tabelle 8: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Flexibilität.

Klasse	Flexibilität
1	Kein Speicher
2	Stundenspeicher
3	Tagesspeicher
4	Wochen- bis Monatsspeicher
5	Saisonal Speicher

Bestehende Nutzung

Die heutige Stromversorgung im Kanton basiert zu einem bedeutenden Teil auf den bestehenden Wasserkraftwerken. Die künftige Entwicklung der Stromproduktion aus diesen Anlagen hängt hauptsächlich von den Restwasserabgaben ab. Dies wird bei den Klasseneinteilungen entsprechend berücksichtigt (Tabelle 9). Ausserdem ist der Umstand zu berücksichtigen, dass bei diesen bereits bestehenden Nutzungen Eingriffe in die Landschaft und in die Gewässer bereits erfolgt sind und somit keine neuen Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Tabelle 9: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Bestehende Nutzung.

Klasse	Bestehende Nutzung
1	Keine bestehende Nutzung
2	-
3	Bestehende Nutzung, massgebliche Restwasseranpassungen in naher Zukunft zu erwarten
4	Bestehende Nutzung, keine massgeblichen Restwasseranpassungen bis 2035 zu erwarten
5	Bestehende Nutzung, keine massgeblichen Restwasseranpassungen bis 2050 zu erwarten

Bewertung Nutzung

Die Nutzungskriterien wurden aufgrund ihrer Bedeutung für die Energieproduktion wie folgt gewichtet:

- Jahresproduktion 20 %
- Winterproduktion 35 %
- Flexibilität 10 %
- Bestehende Nutzung 35 %.

In der Tabelle 10 und den Abbildungen 7 und 8 sind die Bewertungen der Nutzungskriterien je Gewässerabschnitt dargestellt.

Tabelle 10: Bewertung der Gewässerabschnitte hinsichtlich Nutzung.

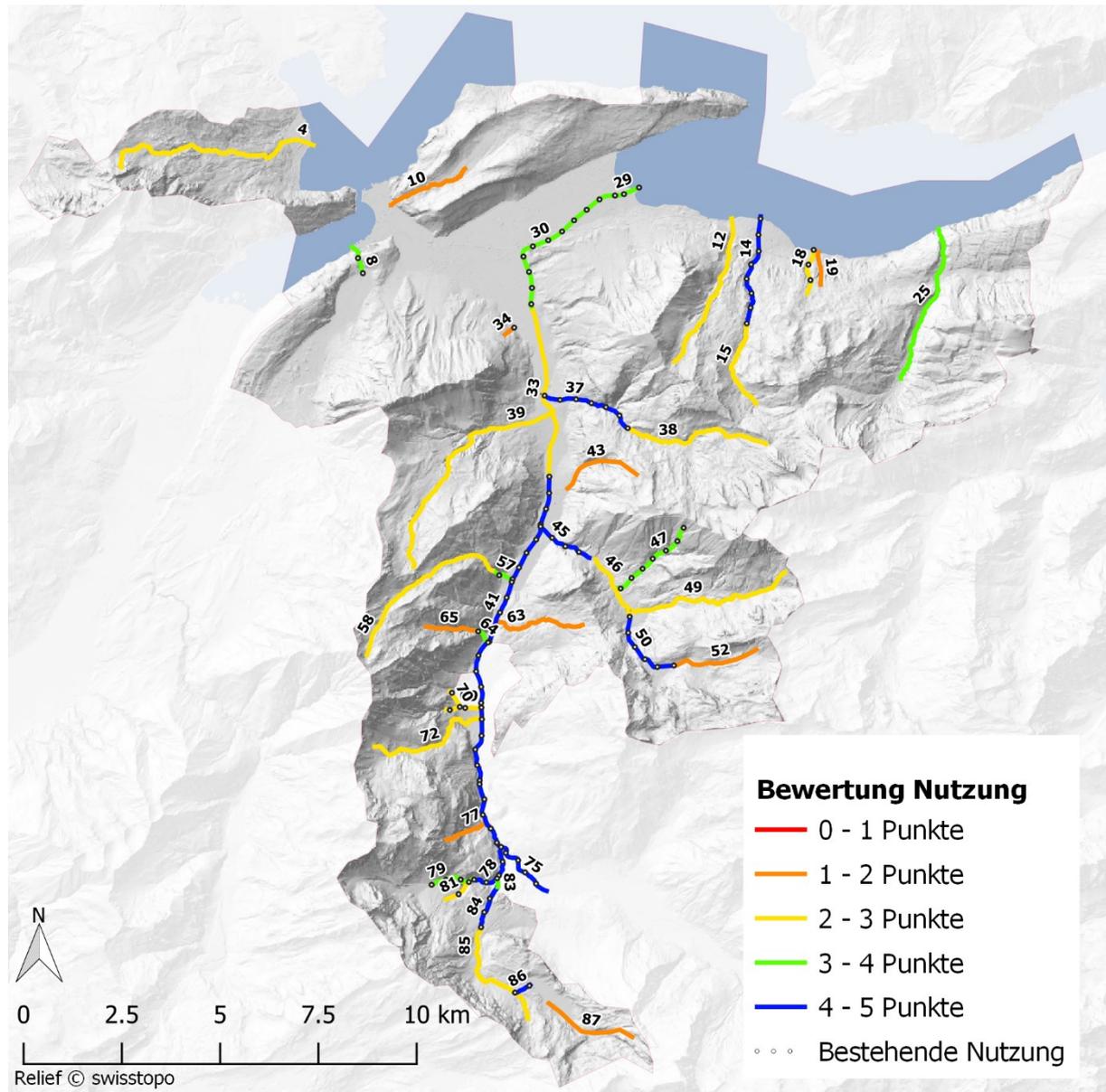
■ Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung

■ Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung

Nr.	Gewässerabschnitt	Jahres- produktion	Winter- produktion	Flexibilität	Bestehende Nutzung	Bewertung Nutzung
79	Arnibach 1	4	3	3	4	3.55
78	Arnibach 2	5	4	3	4	4.10
50	Bannalpbach	5	5	5	3	4.30
52	Bannalpbach oben	3	1	1	1	1.40
70	Brächgraben	2	1	1	4	2.25
37	Buoholzbach	5	4	1	5	4.25
38	Buoholzbach oben	4	4	1	1	2.65
25	Choltalbach	5	5	1	1	3.20
63	Eltschenbach	2	2	1	1	1.55
29	Engelbergeraa 1	3	2	1	5	3.15
30	Engelbergeraa 2	4	3	1	3	3.00
33	Engelbergeraa 3	4	3	1	1	2.30
41	Engelbergeraa 4	5	5	3	4	4.45
75	Engelbergeraa 5	5	5	3	4	4.45
57	Fallenbach	4	4	1	4	3.70
69	Gerbibach	2	1	1	4	2.25
10	Gieslibach	2	3	1	1	1.90
47	Haldibach	3	2	1	5	3.15

Nr.	Gewässerabschnitt	Jahres- produktion	Winter- produktion	Flexibilität	Bestehende Nutzung	Bewertung Nutzung
43	Humligenbach	2	2	1	1	1.55
58	Kernalpbach	4	3	1	1	2.30
	Kombination Beckenried 1	5	4	1	1	2.85
	Kombination Beckenried 2	3	3	1	1	2.10
	Kombination Dallenwil	4	4	1	1	2.65
	Kombination Hergiswil	3	3	1	1	2.10
14	Lielibach	5	4	3	4	4.10
15	Lielibach oben	4	3	1	1	2.30
72	Luterseebach	5	4	1	1	2.85
8	Melbach	3	3	1	4	3.15
18	Mühlebach Beckenried	1	1	3	4	2.25
19	Ratzenbach	2	2	1	1	1.55
64	Rotihaltengraben	4	3	1	4	3.35
65	Rotihaltengraben oben	3	2	1	1	1.75
77	Schiessibach	3	1	1	1	1.40
45	Secklisbach Restwasserstrecke	5	5	3	3	4.10
46	Secklisbach Schwall-Sunk Strecke	5	4	1	1	2.85
49	Singtäubach	5	4	1	1	2.85
39	Steinibach Dallenwil	5	4	1	1	2.85
4	Steinibach Hergiswil	4	3	1	1	2.30
12	Träschlibach	3	3	1	1	2.10
84	Trübenbach 1	5	4	3	4	4.10
83	Trübenbach 2	5	4	1	4	3.90
85	Trübenbach oben	4	3	1	1	2.30
86	Trübsee	5	4	5	4	4.30
87	Trübseebach	4	2	1	1	1.95
81	Wangbach	2	1	3	4	2.45
34	Wildibach	1	1	1	3	1.70

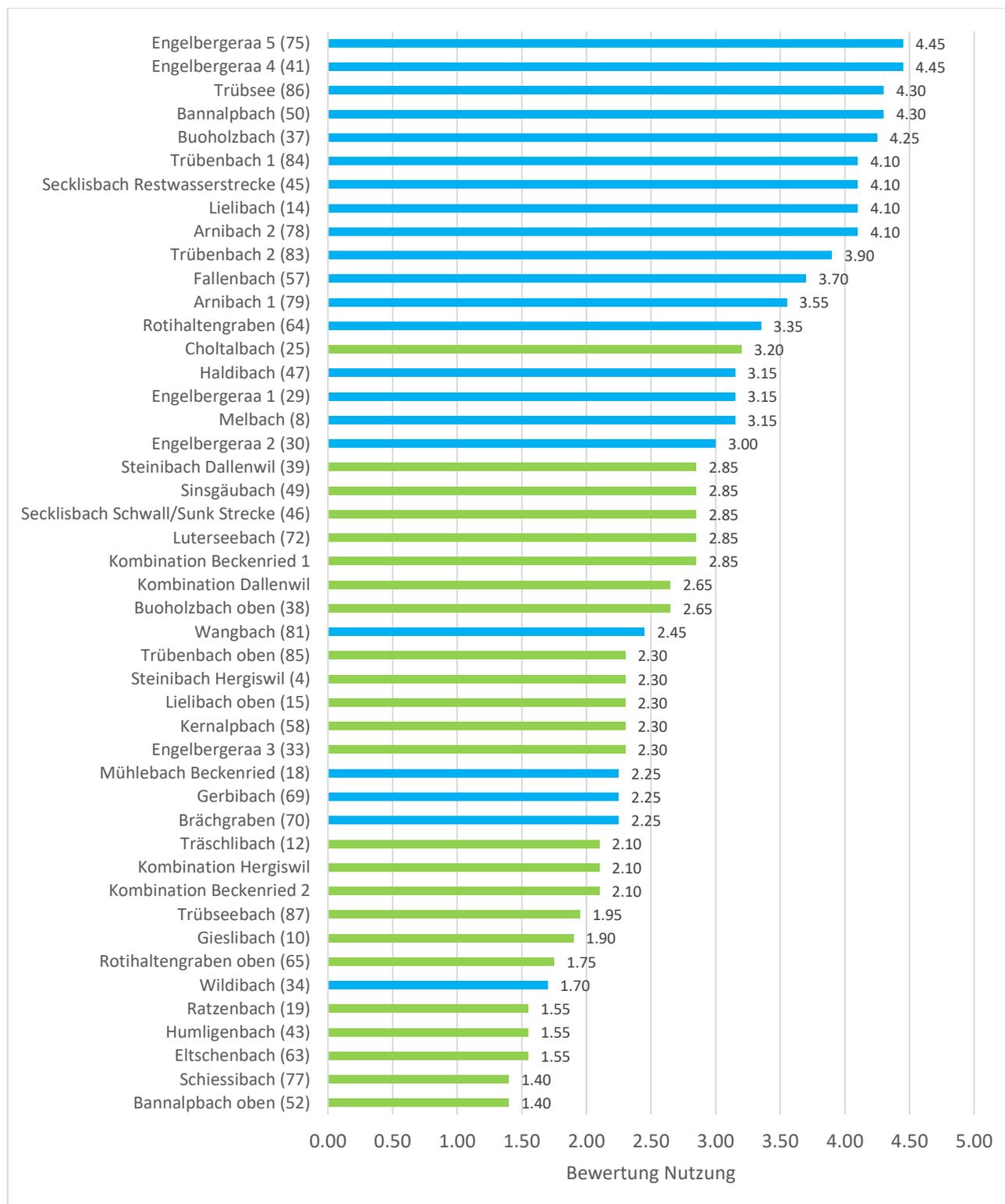
Abbildung 7: Kartographische Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Bewertung hinsichtlich Nutzung.⁶ Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.5.



⁶ Die Kombinationsprojekte sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Abbildung 8: Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Bewertung hinsichtlich Nutzung.

- Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung
- Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung



Aus energetischer Sicht spielen insbesondere die Nutzungen der Gewässerabschnitte Bannalp- und Buoholzbach, Trübsee sowie die oberen Abschnitte der Engelbergeraa eine bestimmende Rolle. Die 13 aus Sicht Nutzung am besten bewerteten Gewässerabschnitte werden bereits heute genutzt, während fünf bereits heute genutzte Gewässerabschnitte mit einer unterdurchschnittlichen Nutzungsbewertung (< 2.5) klassifiziert wurden.

3.3 Schutz

Der Schutz wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Wertvoller Lebensraum – Potentialgebiet für eine natürliche Entwicklung von Flora und Fauna
- Biotopschutz
- Gewässermorphologie
- Bedeutung Naherholung und landschaftliche Aspekte

Die Auswahl der Kriterien orientiert sich an den wichtigsten gewässerökologischen Aspekten.

Wertvoller Lebensraum – Potentialgebiet für eine natürliche Entwicklung von Flora und Fauna

Die Klassendefinitionen für dieses Schutzkriterium basieren auf einer Kombination der Aspekte Habitats- und Strukturvielfalt sowie der Vernetzung des Gewässerabschnitts (Tabelle 11).

Die Habitats- und Strukturvielfalt wurde in folgende Klassen unterteilt:

- klein: Im Gewässerabschnitt sind nur wenige Strukturen und unterschiedliche Habitate vorhanden. Insgesamt ist der ökologische Wert an Lebensräumen tief.
- mittel: Der Gewässerabschnitt weist einige Strukturen und verschiedene Habitate auf. Insgesamt wird der ökologische Wert an Lebensräume als mittel beurteilt.
- gross: Im Gewässerabschnitt treten vielfältige Strukturen sowie ein Mosaik aus verschiedenen Habitaten auf. Insgesamt bieten die diversen Habitate einen Lebensraum für verschiedenste Arten und daher ist der ökologische Wert hoch.

Die Vernetzung des Gewässerabschnitts wurde in folgende Klassen unterteilt:

- klein: Der Gewässerabschnitt ist stark fragmentiert, d.h. in Längsrichtung für aquatische Organismen nicht durchgängig.
- mittel: Der Gewässerabschnitt ist isoliert (100 bis 300 Meter Länge) und leicht fragmentiert, d.h. in Längsrichtung für einen Teil der aquatischen Organismen durchgängig. Der Gewässerabschnitt ist als Lebensraum für einen Grossteil der aquatischen Organismen ausreichend gross.
- gross: Der Gewässerabschnitt ist gut vernetzt, d.h. entweder ein Talgewässer oder mit einem solchen oder mit dem Vierwaldstättersee direkt vernetzt.

Tabelle 11: Definition der Klassen für das Schutzkriterium Wertvoller Lebensraum – Potenzialgebiet für eine natürliche Entwicklung von Flora und Fauna.

		Habitats- und Strukturvielfalt		
		klein	mittel	gross
Vernetzung Gewässer- abschnitt	klein	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
	mittel	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
	gross	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5

Biotopschutz

Mit dem Schutzkriterium Biotopschutz wird der gesetzliche Schutzstatus eines Gewässerabschnitts beschrieben (Tabelle 12).

Tabelle 12: Definition der Klassen für das Schutzkriterium Biotopschutz.

Klasse	Biotopschutz
1	kein Schutzgebiet
2	Schutzgebiet von lokaler Bedeutung
3	Schutzgebiet von regionaler Bedeutung
4	kantonales Schutzgebiet
5	nationales Schutzgebiet

Gewässermorphologie

Die Gewässermorphologie hat einen grossen Einfluss auf die Ausbildung von aquatischen Lebensräumen und ist daher aus ökologischer Sicht ein bedeutender Aspekt. Die Klassendefinitionen (Tabelle 13) basieren auf dem Modulstufenkonzept Ökomorphologie⁷.

Tabelle 13: Definition der Klassen für das Schutzkriterium Gewässermorphologie.

Klasse	Gewässermorphologie
1	eingedolt
2	naturfremd, künstlich
3	stark beeinträchtigt
4	wenig beeinträchtigt
5	natürlich, naturnah

Bedeutung landschaftliche Aspekte und Naherholung

Häufig prägen Gewässer die Landschaft und bieten attraktive Plätze für die Naherholung. Die Klassendefinitionen für dieses Schutzkriterium basieren auf einer Kombination dieser beiden Aspekte (Tabelle 14).

Die Bedeutung für die landschaftlichen Aspekte wurde in folgende Klassen unterteilt:

- klein: kein BLN-Gebiet, Gewässer mit geringem landschaftlichem Bezug (schlecht, nur punktuell einsehbar und aus landschaftlicher Sicht unbedeutend)
- mittel: kein BLN-Gebiet, Gewässer mit mittlerem landschaftlichem Bezug (nur bedingt, teilweise einsehbar und aus landschaftlicher Sicht kein wichtiges Landschaftselement)
- gross: BLN-Gebiet oder Gewässer mit hohem landschaftlichem Bezug (gut einsehbar und aus landschaftlicher Sicht ein wertvolles Landschaftselement)

Die Bedeutung für die Naherholung wurde in folgende Klassen unterteilt:

- klein: abseits von ÖV (30 Min), Strassen (15 Min) und Wanderwegen (15 Min) sowie kaum Personen anzutreffen
- mittel: mittlere Distanz zum ÖV (15-30 Min) oder Strassen (5-15 Min), Wanderweg in der Nähe sowie regelmässig Personen im Bereich des Gewässers anzutreffen
- gross: mit ÖV (< 15 Min) oder Strassen gut erreichbar (< 5 Min), Wanderweg direkt am Gewässer sowie häufig viele Personen am Gewässer anzutreffen

⁷ Hütte, M. & Niederhauser, P. (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). Umwelt-Vollzug Nr. 27. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern. 49 S

Tabelle 14: Definition der Klassen für das Schutzkriterium Bedeutung landschaftliche Aspekte und Naherholung.

		Bedeutung Landschaftliche Aspekte		
		klein	mittel	gross
Bedeutung Naherholung	klein	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
	mittel	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
	gross	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5

Bewertung Schutz

Die Schutzkriterien wurden gemäss ihrer Bedeutung alle gleich gewichtet. In der Tabelle 15 und den Abbildungen 9 und 10 sind die Bewertungen der Schutzkriterien je Gewässerabschnitt dargestellt.

Tabelle 15: Bewertung der Gewässerabschnitte hinsichtlich Schutz.

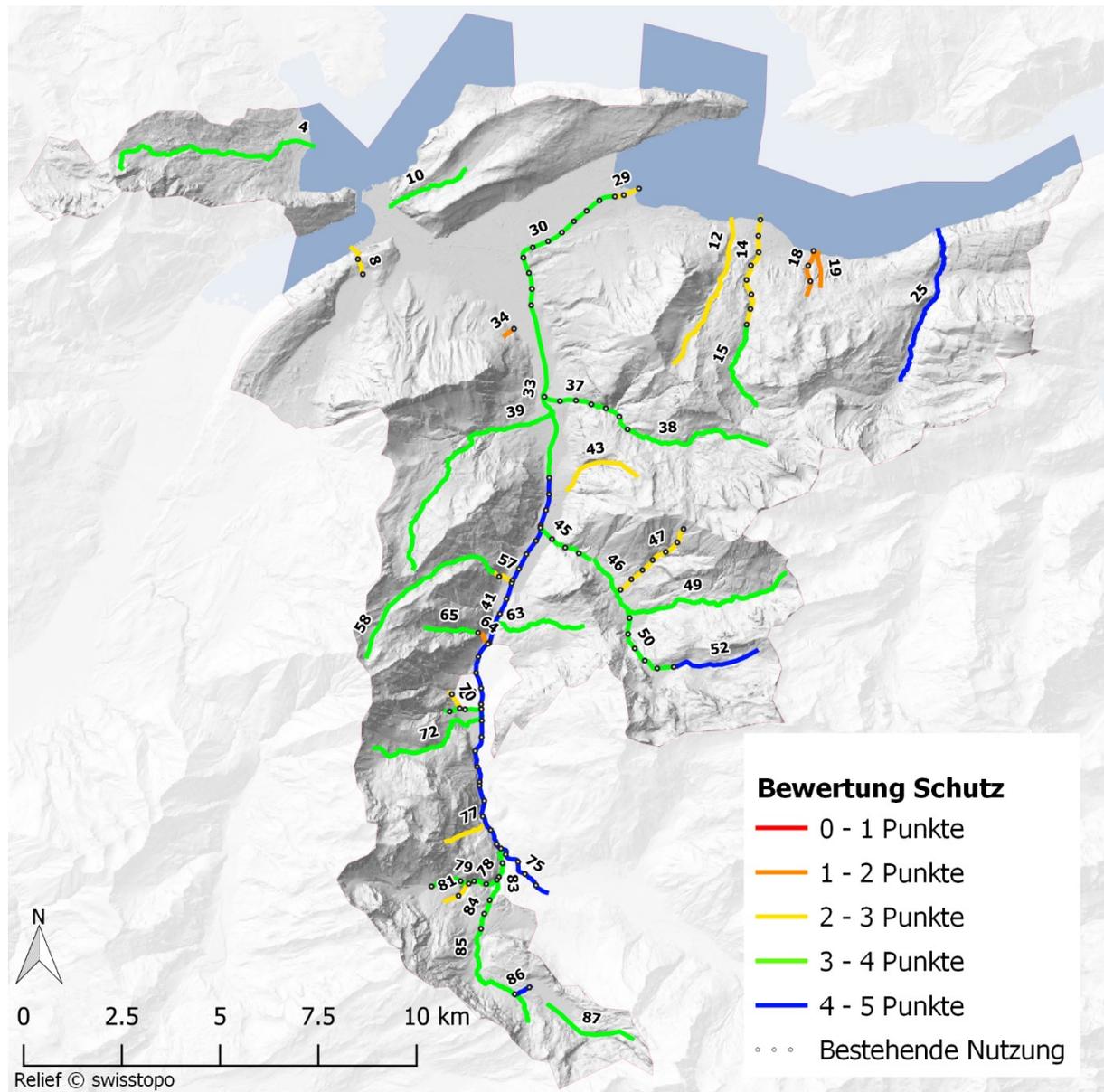
■ Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung

■ Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung

Nr	Gewässerabschnitt	Lebensraum	Biotopschutz	Gewässer-morphologie	Naherholung	Bewertung Schutz
79	Arnibach 1	4	1	5	4	3.50
78	Arnibach 2	4	1	5	4	3.50
50	Bannalpbach	3	1	5	3	3.00
52	Bannalpbach oben	5	5	5	5	5.00
70	Brächgraben	3	1	5	2	2.75
37	Buoholzbach	4	1	4	4	3.25
38	Buoholzbach oben	4	1	5	3	3.25
25	Choltalbach	5	4	5	5	4.75
63	Eltschenbach	3	5	4	3	3.75
29	Engelbergeraa 1	3	1	2	5	2.75
30	Engelbergeraa 2	4	1	2	5	3.00
33	Engelbergeraa 3	5	3	3	4	3.75
41	Engelbergeraa 4	5	3	5	5	4.50
75	Engelbergeraa 5	5	1	5	5	4.00
57	Fallenbach	3	1	4	3	2.75
69	Gerbibach	4	1	5	2	3.00
10	Gieslibach	3	3	4	4	3.50
47	Haldibach	3	1	3	2	2.25
43	Humligenbach	3	1	3	3	2.50
58	Kernalpbach	4	1	5	3	3.25
	Kombination Beckenried 1	4	1	3	3	2.75
	Kombination Beckenried 2	1	1	3	3	2.00
	Kombination Dallenwil	5	1	4	4	3.50
	Kombination Hergiswil	3	3	4	4	3.50
14	Lielibach	4	1	3	3	2.75
15	Lielibach oben	4	1	4	3	3.00
72	Luterseebach	4	1	4	3	3.00
8	Melbach	3	1	3	4	2.75
18	Mühlebach Beckenried	1	1	2	1	1.25
19	Ratzenbach	1	1	2	1	1.25

Nr	Gewässerabschnitt	Lebensraum	Biotopschutz	Gewässer- morphologie	Naherholung	Bewertung Schutz
64	Rotihaltengraben	2	1	3	1	1.75
65	Rotihaltengraben oben	3	5	5	2	3.75
77	Schiessibach	2	1	5	2	2.50
45	Secklisbach Restwasserstrecke	4	1	4	3	3.00
46	Secklisbach Schwall-Sunk Strecke	3	3	4	4	3.50
49	Sinsgäubach	4	1	5	3	3.25
39	Steinibach Dallenwil	5	1	4	4	3.50
4	Steinibach Hergiswil	3	3	3	4	3.25
12	Träschlibach	3	1	3	3	2.50
84	Trübenbach 1	4	1	5	3	3.25
83	Trübenbach 2	4	1	5	3	3.25
85	Trübenbach oben	4	1	5	3	3.25
86	Trübsee	4	3	5	4	4.00
87	Trübseebach	3	4	3	4	3.50
81	Wangbach	3	1	5	2	2.75
34	Wildibach	2	1	2	1	1.50

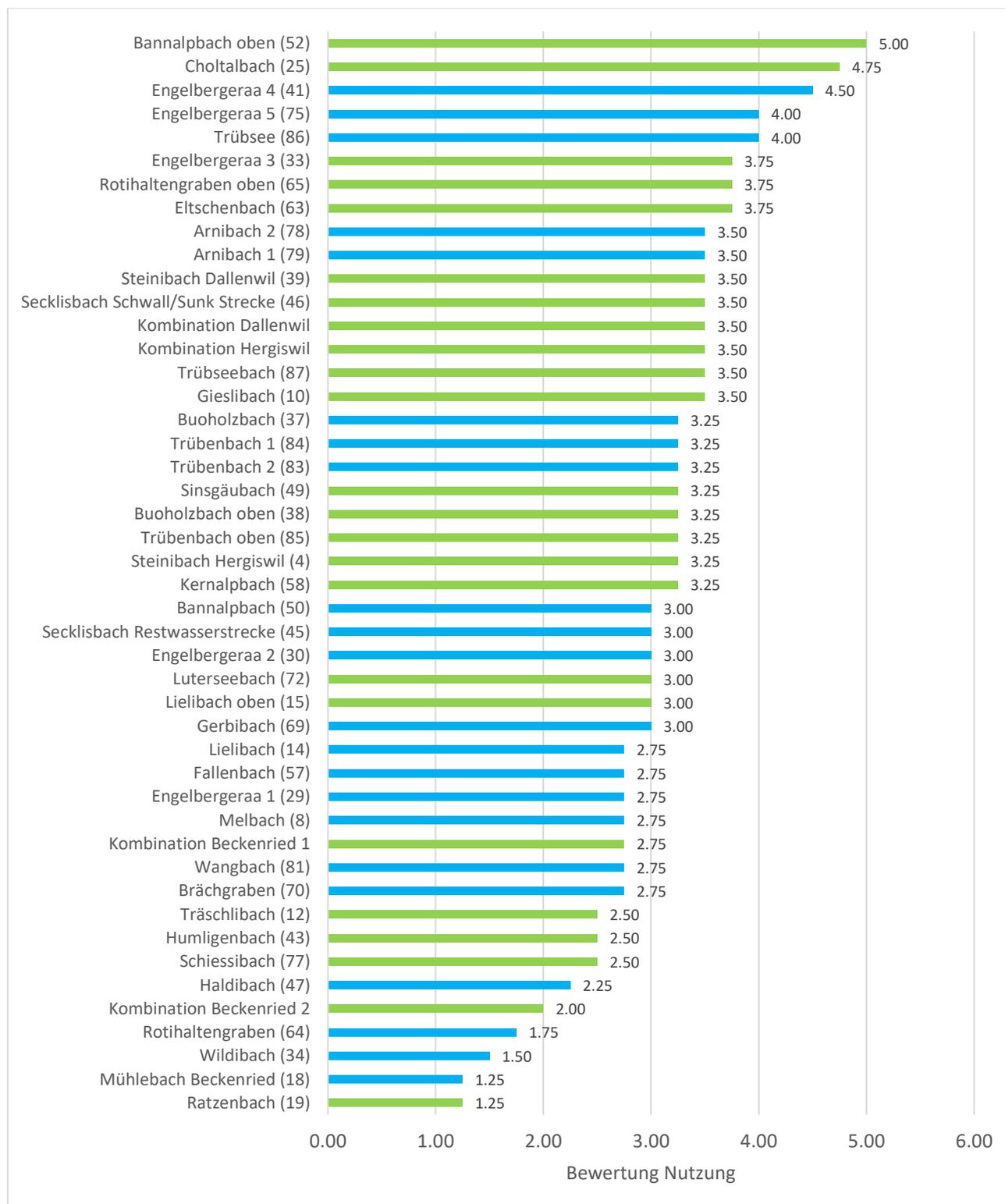
Abbildung 9: Kartographische Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Bewertung hinsichtlich Schutz⁸. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.6.



⁸ Die Kombinationsprojekte sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Abbildung 10: Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Bewertung hinsichtlich Schutz

- Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung
- Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung



Hinsichtlich Schutz stehen vor allem die Gewässerabschnitte Bannalpbach oben, Choltalbach, Trübsee sowie die beiden oberen Abschnitte der Engelbergeraa hervor. Letztere sind bereits genutzt und zeigen deswegen einen grundsätzlichen Zielkonflikt zwischen Nutzung und Schutz.

3.4 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung erfolgt durch die Verhältnisbildung aus der Bewertung Nutzung zur Bewertung Schutz. Bei Gewässerabschnitten mit einem Verhältnis kleiner und gleich 0.8 überwiegen die Schutzaspekte deutlich und neue Wasserkraftprojekte sind auf diesen Gewässerabschnitten nicht möglich. Liegt das Verhältnis zwischen 0.8 und 1.2, liegen die Bewertungen der Schutz- und Nutzungsaspekte im Bereich der Unschärfe der Bewertungsmethode. Für eine Nutzung ist eine individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig. Bei Gewässerabschnitten, welche mit einem Verhältnis grösser und gleich 1.2 bewertet werden, überwiegen die Nutzungsaspekte. Wasserkraftprojekte sind im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich.

In der Tabelle 16 und den Abbildungen 11 und 12 sind die Gesamtbewertungen aller Gewässerabschnitte dargestellt. Insgesamt fallen 11 Gewässerabschnitte in die Nutzungsklasse (24 Prozent), 19 in die mittlere Klasse (41 Prozent) und 16 in die Schutzklasse (35 Prozent).

Tabelle 16: Gesamtbewertung der Gewässerabschnitte.

■ Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung

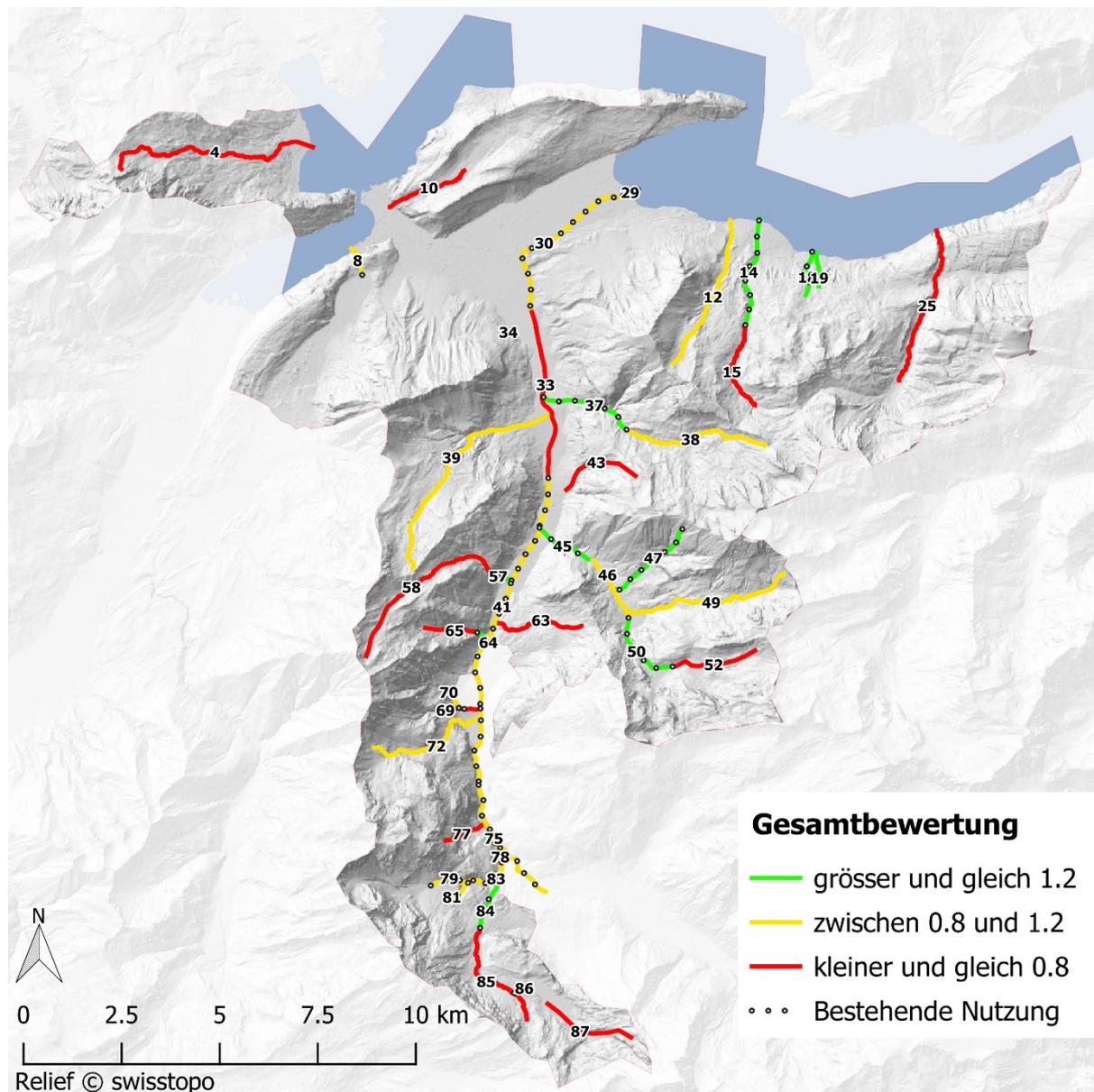
■ Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung

Nr	Gewässerabschnitt	Realistische Jahresproduktion GWh	Realistische Winterproduktion GWh	Gesamtbewertung
79	Arnibach 1	3.2	0.7	1.01
78	Arnibach 2	7.5	1.9	1.17
50	Bannalpbach	12.9	2.2	1.43
52	Bannalpbach oben	1.1	0.2	0.28
70	Brächgraben	1.0	0.3	0.82
37	Buoholzbach	11.3	2.9	1.31
38	Buoholzbach oben	4.4	1.1	0.82
25	Choltalbach	12.4	4.1	0.67
63	Eltschenbach	0.7	0.3	0.41
29	Engelbergeraa 1	1.4	0.4	1.15
30	Engelbergeraa 2	3.5	1.0	1.00
33	Engelbergeraa 3	3.1	0.8	0.61
41	Engelbergeraa 4	111.2	24.5	0.99
75	Engelbergeraa 5	103.3	21.2	1.11
57	Fallenbach	4.5	1.0	1.35
69	Gerbibach	0.7	0.2	0.75
10	Gieslibach	0.9	0.5	0.54
47	Haldibach	1.4	0.3	1.40
43	Humligenbach	0.8	0.2	0.62
58	Kernalpbach	3.6	0.8	0.71
	Kombination Beckenried 1	5.9	2.6	1.04
	Kombination Beckenried 2	1.6	0.6	1.05
	Kombination Dallenwil	4.3	1.6	0.76
	Kombination Hergiswil	1.9	0.9	0.60
14	Lielibach	6.5	2.1	1.49
15	Lielibach oben	2.2	0.6	0.77
72	Luterseebach	5.3	1.3	0.95
8	Melbach	1.5	0.7	1.15
18	Mühlebach Beckenried	0.3	0.1	1.80

Nr	Gewässerabschnitt	Realistische Jahresproduktion GWh	Realistische Winterproduktion GWh	Gesamtbewertung
19	Ratzenbach	1.0	0.4	1.24
64	Rotihaltengraben	2.6	0.7	1.91
65	Rotihaltengraben oben	1.9	0.5	0.47
77	Schiessibach	1.1	0.3	0.56
45	Secklisbach Restwasserstrecke	18.5	3.8	1.37
46	Secklisbach Schwall-Sunk Strecke	9.5	1.8	0.81
49	Singäubach	5.9	1.3	0.88
39	Steinibach Dallenwil	5.5	2.1	0.81
4	Steinibach Hergiswil	2.1	0.8	0.71
12	Träschlibach	1.8	0.6	0.84
84	Trübenbach 1	6.4	1.5	1.26
83	Trübenbach 2	6.8	1.5	1.20
85	Trübenbach oben	2.9	0.7	0.71
86	Trübsee	14.8	2.1	1.08
87	Trübseebach	2.1	0.4	0.56
81	Wangbach	1.0	0.2	0.89
34	Wildibach	< 0.1	< 0.1	1.13

Abbildung 11: Kartographische Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Gesamtbewertung (Verhältnis Nutzung zu Schutz)⁹. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.7.

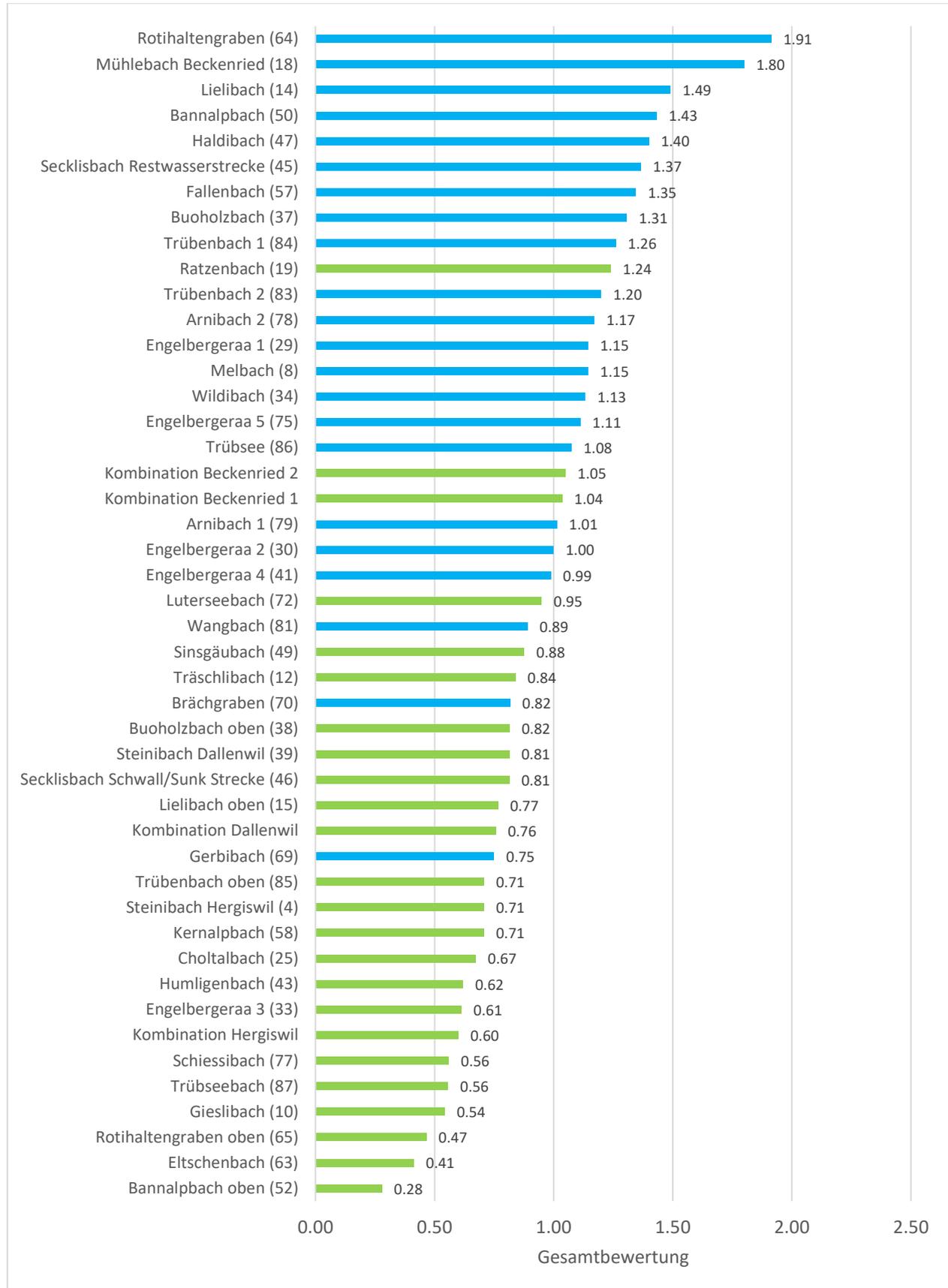
- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, Wasserkraftprojekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)
- Schutz überwiegt Nutzung deutlich, Wasserkraftprojekte grundsätzlich nicht möglich (Gesamtbewertung kleiner und gleich 0.8)



⁹ Die Kombinationsprojekte sind zur Wahrung der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Abbildung 12: Darstellung der Gewässerabschnitte gemäss ihrer Gesamtbewertung (Verhältnis Nutzung zu Schutz).

- Gewässerabschnitt ohne bestehende Wasserkraftnutzung
- Gewässerabschnitt mit bestehender Wasserkraftnutzung



3.5 Sensitivitätsanalyse

Um die Sensitivität der Bewertung des Teils Wasserkraft zu quantifizieren, wurde die vorgenommene Bewertung mit stark veränderten Gewichtungsfaktoren je Nutzungs- und Schutzkriterium wiederholt. Jeder Gewichtungsfaktor wurde einzeln auf 40 Prozent (moderate Szenarien) resp. 70 Prozent (extreme Szenarien) erhöht. Die anderen Gewichtungsfaktoren erhielten entsprechend Werte von jeweils 20 resp. 10 Prozent. Insgesamt wurden 16 unterschiedliche Szenarien untersucht (acht mit einer Variation der Gewichtungsfaktoren der Nutzungskriterien und acht mit einer Variation der Gewichtungsfaktoren der Schutzkriterien) und mit der Ausgangsbewertung (Szenario 0) verglichen.

Abbildung 13 zeigt die Variabilität der Gesamtbewertung für alle 16 Szenarien.

Bei den ersten 11 Gewässerabschnitten überwiegt gemäss der Ausgangsbewertung die Nutzung. Für diese Gewässerabschnitte liegt die Mehrheit der Szenarien oberhalb 1.0, d.h. sofern die Gewichtungsfaktoren nicht extrem verändert werden, überwiegt nach wie vor die Nutzung. Allerdings kann es bei vereinzelt Szenarien zu einer Verschiebung in die mittlere Klasse kommen. Werte unter 0.8 und somit eine Überwiegung des Schutzes treten nur ganz vereinzelt auf (extreme Ausreisser).

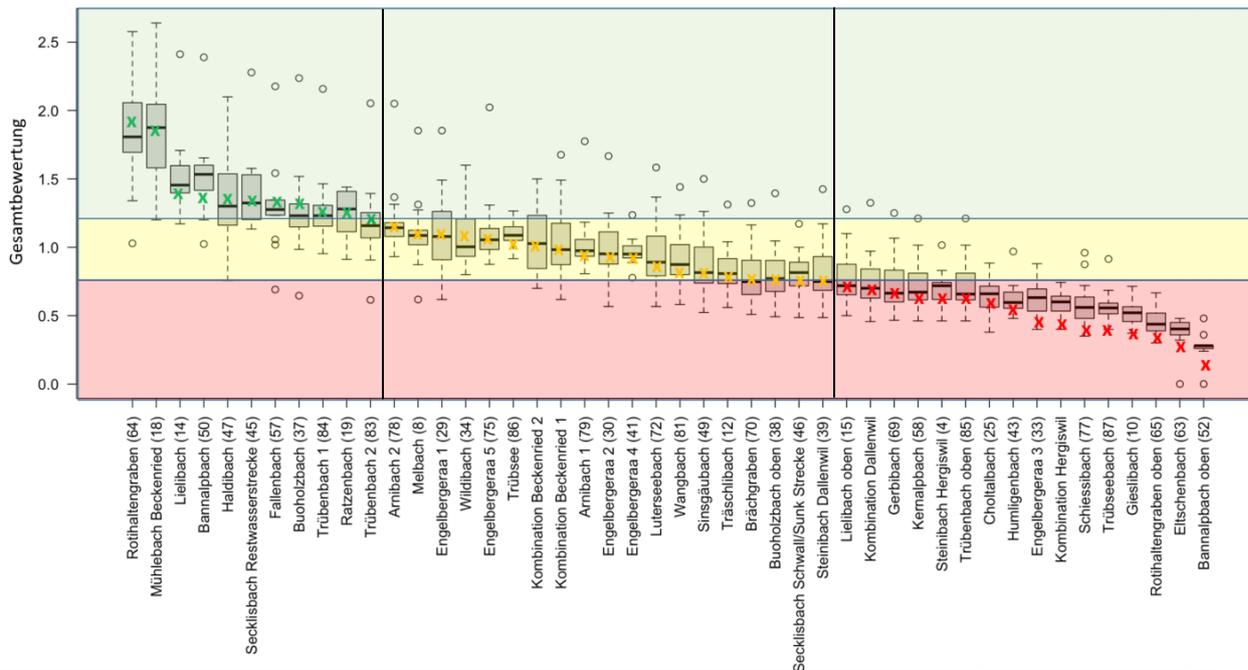
Die Gewässerabschnitte 12 bis 30 wurden mit der mittleren Klasse bewertet (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2). Hier liegt die Mehrheit der Szenarien nach wie vor im selben Bereich. Vereinzelt treten bei den untersuchten Szenarien Klassenwechsel in die beiden anderen Klassen auf.

Bei den restlichen 16 Gewässerabschnitten überwiegt gemäss der Ausgangsbewertung der Schutz. Für diese Gewässerabschnitte liegt die Mehrheit der Szenarien unterhalb von 1.0, d.h. der Schutz überwiegt nach wie vor. Bei einem Teil der Szenarien kann eine Verschiebung in die mittlere Klasse und bei wenigen Ausreissern gar eine Verschiebung in die Nutzungsklasse beobachtet werden.

Die Gewässerabschnitte der Nutzungsklasse und der mittleren Klasse zeigen für die verschiedenen Szenarien keinen Trend, d.h. die Sensitivität der Bewertungen erfolgt etwa gleichmässig nach oben (höhere Bewertung) und nach unten (tiefere Bewertung). Bei den Gewässerabschnitten der Schutzklasse ergeben die Szenarien grösstenteils eine höhere Bewertung.

Abbildung 13: Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Nutzungs- und Schutzkriterien. Die Kreuze stellen die Ausgangsbewertung dar (Szenario 0).

- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, Wasserkraftprojekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung über 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)
- Schutz überwiegt Nutzung deutlich, Wasserkraftprojekte nicht möglich (Gesamtbewertung unter 0.8)



Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen insgesamt ein einheitliches und robustes Bild, obwohl die Gewichtungsfaktoren stark variiert wurden. Sie sind unempfindlich gegenüber kleineren bis mittleren Veränderungen und werden als eindeutig und plausibel betrachtet.

Detaillierte Angaben zur durchgeführten Sensitivitätsanalyse sind im Anhang 8.2 enthalten.

3.6 Veränderungen in der Zukunft

3.6.1 Klimaveränderung

Der Kanton Nidwalden und das Einzugsgebiet der Engelbergeraas sind von der Klimaveränderung betroffen. Das Ausmass dieser Betroffenheit hängt im Wesentlichen davon ab, ob und in welchem Ausmass es der Weltbevölkerung gelingt, die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren. Im Rahmen von Klimamodellen werden die Veränderungen der Klimaparameter in verschiedenen Emissionsszenarien modelliert und prognostiziert. Die folgenden Aussagen beziehen sich dabei auf ein mittleres Emissionsszenario (RCP 4.5¹⁰), bei welchem die notwendigen Klimaschutzmassnahmen weltweit teilweise umgesetzt werden. Unter diesem Szenario wird die Jahresmitteltemperatur im Gebiet der Engelbergeraas bis Mitte dieses Jahrhunderts gegenüber heute um 1.5 bis 2.5 °C und bis zum Jahr 2100 um 2 bis 3 °C zunehmen, während sich die mittleren Jahresniederschlagssummen kaum verändern werden. Allerdings ist mit einer Abnahme der sommerlichen Niederschläge um bis zu 30 Prozent und einer Zunahme der winterlichen Niederschläge um bis zu 20 Prozent zu rechnen. Diese Veränderungen werden direkte Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse und somit auf die Wasserkraftproduktion haben. Das Abflussverhalten in der Engelbergeraas und deren seitlichen Zuflüsse hängt im Wesentlichen vom Wechselspiel zwischen Regen, Schnee und Gletschern ab. Durch die Klimaveränderung wird dieses Wechselspiel mehr oder weniger stark beeinflusst. Dabei spielt die Höhe eines Einzugsgebiets und der Vergletscherungsgrad die entscheidende Rolle. In höher gelegenen Einzugsgebieten wird der Einfluss von Gletschern und Schnee abnehmen. Die Bedeutung des direkt aus dem Regen entstehenden Abflusses wird überall zunehmen, jene der Zwischenspeicherung und Schmelze von Schnee und Eis hingegen abnehmen. Aufgrund dieser Überlegungen lassen sich im Einzugsgebiet der Engelbergeraas drei hydrologische Regionen unterscheiden, welche aus Sicht der Klimaveränderung betrachtet werden. Weiter wird die Veränderungen des Abflusses der Engelbergeraas bei Buochs zusätzlich separat betrachtet, da dieser durch die verschiedenen regionalen Einflüsse geprägt ist.

Für das Einzugsgebiet der Engelbergeraas liefert der hydrogeologische Atlas der Schweiz¹¹ Daten und Informationen, welche für die nachfolgenden Auswertungen verwendet werden. Für die übrigen Regionen basieren die Aussagen auf Simulationen in benachbarten Einzugsgebieten ausserhalb der Engelbergeraas, deren Eigenschaften mit denen der jeweiligen Zielregion möglichst übereinstimmen¹². Bei der Beurteilung wird zwischen den Abflussveränderungen im Winterhalbjahr (Oktober bis März) und im Sommerhalbjahr (April – September) unterschieden. Die prozentualen Angaben zeigen die Abweichungen zum Referenzzustand der Periode 1981 – 2010.

Beurteilung der Veränderungen

Vorab – und dies ist aus Sicht der Wasserkraftproduktion sehr wichtig – kann in allen drei Regionen davon ausgegangen werden, dass die langjährigen mittleren Abflüsse nur wenig abnehmen werden, in höher gelegenen Einzugsgebieten um etwa 5 Prozent, in tiefer gelegenen Einzugsgebieten zwischen 0 und 5 Prozent. Die saisonalen Abflüsse hingegen werden sich verändern, wie im Folgenden aufgezeigt wird. Mit der abnehmenden Bedeutung von Schnee und – wo heute vorhanden – der Gletscher, wird das Abflussverhalten zudem variabler, und zwar sowohl auf saisonaler Basis wie auch bei den Jahresabflüssen. Dies wird direkte Auswirkungen auf die Produktionssicherheit und den operationellen Betrieb haben.

¹⁰ Representative Concentration Pathways (RCPs) aus dem 5. Sachbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC

¹¹ Hydrogeologischer Atlas der Schweiz, Hydrol-CH2018, Szenarien bis 2100

¹² Hydrogeologischer Atlas der Schweiz, Hydrol-CH2018, Szenarien bis 2100, Karte L03 von Freudiger et al. (2020)

Region 1: glazial geprägte Einzugsgebiete

Die Region 1 umfasst die Engelbergeraa und deren Zuflüsse oberhalb von Engelberg. Diese Region ist aus hydrologischer Sicht die produktivste. Die Abflüsse im Sommerhalbjahr sind markant grösser als jene im Winterhalbjahr. Die höchsten Abflüsse treten im Juni, Juli, August und Mai (in dieser Reihenfolge) auf, die kleinsten zwischen Dezember und März. Die Wasserkraftproduktion im Winter, die heute auf einem tiefen Niveau liegt, wird zulegen können. Die Abnahmen im Sommerhalbjahr werden im Mittel weniger als 15 Prozent betragen, wenn man davon ausgeht, dass sich die hydrologischen Veränderungen direkt auf die Wasserkraftproduktion durchschlagen (Tabelle 17).

Tabelle 17: Erwartete Veränderungen der Abflusssspende infolge der Klimaveränderung für die Region 1.¹³

	Heute l/(s · km ²)	Veränderung bis 2060 %	Veränderung bis 2085 %
Jahresabflusssspende	45	-5	-3
Abflusssspende Sommer (Apr. – Sep.)	77	- 10	- 12
Abflusssspende Winter (Okt. – Mär.)	14	+ 18	+ 30

Region 2: nival geprägte Einzugsgebiete

Die Region 2 beinhaltet die Zuflüsse zur Engelbergeraa zwischen Engelberg und oberhalb von Dallenwil (also exklusive Steinibach und Bueholzbach). In dieser Region spielt der Schnee eine wichtige Rolle (nivale Regime). Die Schneeschmelze führt heute zu grossen Abflüssen zwischen April und Juni. Diese werden zurückgehen. Gleichzeitig werden sich die kleinen Abflüsse des Winterhalbjahrs um bis zu 25 Prozent erhöhen, was die winterliche Wasserkraftproduktion erhöhen wird (Tabelle 18). Mit der abnehmenden Bedeutung des Schnees wird die Variabilität der Abflüsse im Allgemeinen stark zunehmen. Es besteht zukünftig eine höhere Tendenz zur Trockenheit in den Sommermonaten.

Tabelle 18: Erwartete Veränderungen der Abflusssspende infolge der Klimaveränderung für die Region 2.²⁴

	Heute l/(s · km ²)	Veränderung bis 2060 %	Veränderung bis 2085 %
Jahresabflusssspende	40	-5	0
Abflusssspende Sommer (Apr. – Sep.)	62	- 15	- 13
Abflusssspende Winter (Okt. – Mär.)	18	+ 20	+ 25

Region 3: pluvial geprägte Einzugsgebiete

Die Region beinhaltet die Zuflüsse der Engelberaa ab Dallenwil sowie sämtlich restliche Einzugsgebiete im Kanton Nidwalden, die nicht in die Engelbergeraa münden. In diesen Einzugsgebieten nimmt die Bedeutung des Schnees im Abflussverhalten ab, während gleichzeitig Niederschlag und Verdunstung an Bedeutung gewinnen. Dieser Effekt hängt von der abnehmenden mittleren Höhe der Einzugsgebiete ab. Die Jahreswerte des Abflusses sind kleiner als in den anderen Regionen. Auch die Unterschiede zwischen den Abflussmittelwerten des Sommer- und Winterhalbjahrs sind kleiner als im übrigen Gebiet und werden im Zuge der Klimaveränderung noch kleiner (Tabelle 19). Aus Sicht der Wasserkraft dürften die hohe Variabilität der Abflüsse und die Tendenz zu sehr kleinen Abflüssen zwischen Juli und Oktober besonders relevant sein.

Tabelle 19: Erwartete Veränderungen der Abflusssspende infolge der Klimaveränderung für die Region 3.²⁴

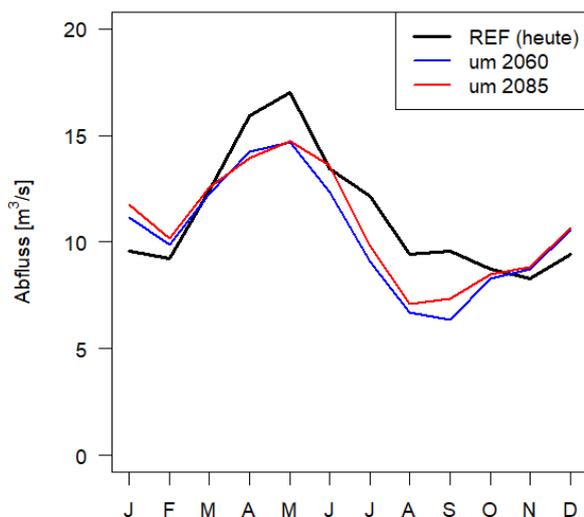
	Heute l/(s · km ²)	Veränderung bis 2060 %	Veränderung bis 2085 %
Jahresabflusssspende	35	- 8	- 3
Abflusssspende Sommer (Apr. – Sep.)	47	- 15	- 20
Abflusssspende Winter (Okt. – Mär.)	23	+ 5	+ 10

¹³ Bei den Werten für die Zukunft handelt es sich um modellierte Medianwerte welche im Rahmen des Projektes Hydro-CH2018 hergeleitet wurden.

Engelbergeraa in Buochs

Die Abbildung 14 zeigt die Veränderungen der mittleren Abflüsse der Engelbergeraa in Buochs unter dem Szenario RCP 4.5. Das saisonale Abflussverhalten ist aus dem Zusammenwirken der Zuflüsse aus den drei oben beschriebenen Regionen entstanden, wobei die Einflüsse der beiden oberen Regionen dominieren. Die Abnahme der langjährigen mittleren Jahresabflüsse beträgt weniger als 10 Prozent. Die Abflüsse im Winterhalbjahr (Oktober bis März) werden um 3 bis 10 Prozent zunehmen, jene des Sommerhalbjahrs um 15 bis 20 Prozent abnehmen. Ausgeprägt werden die Abnahmen besonders von Juni bis September sein. Ein Laufwasserkraftwerk im Unterlauf der Engelbergeraa könnte von den zunehmenden Winterabflüssen profitieren. Allerdings wird sich auch im Gesamtgebiet die Abflussvariabilität erhöhen.

Abbildung 14: Abflussverhältnisse bei der Engelbergeraa in Buochs im Zustand heute und in Zukunft unter Berücksichtigung des Emissionszenarios RCP 4.5. (Datengrundlage vgl. 2)



Fazit

Folgende Aspekte sind aus Sicht der Wasserkraftnutzung relevant:

- Die Jahresabflusswerte nehmen im Vergleich zu heute durchschnittlich um 5 bis 8 Prozent bis ins Jahr 2060 und um 0 bis 3 Prozent bis ins Jahr 2085 ab. Die Abnahme im Sommer wird durch einen über die Jahrzehnte zunehmenden Anstieg im Winter kompensiert. Im für die Wasserkraft besonders wichtigen Winterhalbjahr ist mit einer Zunahme von durchschnittlich 5 bis 20 Prozent bis ins Jahr 2060 und um 10 bis 30 Prozent bis ins Jahr 2085 zu rechnen.
- Mit der insgesamt geringen Abnahme der Jahresabflusswerte ändert sich eine wichtige Rahmenbedingung für die Wasserkraftnutzung in den nächsten 60 Jahren nur marginal.
- Die zunehmende Variabilität der Abflüsse verlangt mehr Flexibilität beim operationellen Betrieb bzw. wo vorhanden eine aktivere Bewirtschaftung der Speicher.

Mit den heute verfügbaren Daten und Modellen wäre es in einem nächsten Schritt möglich, diese allgemeinen regionalen Aussagen zu erweitern und zu vertiefen, um präzisere Informationen zu erhalten.

3.6.2 Revitalisierungsplanung

Artikel 38a des Gewässerschutzgesetzes (GSchG; SR 814.20) verpflichtet die Kantone, für die Revitalisierung von Gewässern zu sorgen und diese zu planen. In der Gewässerschutzverordnung (GSchV; SR 814.201) werden die Anforderungen an die kantonale Planung in Artikel 41d konkretisiert. Dabei handelt es sich um eine übergeordnete Planung auf strategischer Ebene, um die langfristigen Ziele der Revitalisierungen zu erreichen. Die Umsetzung der Revitalisierungen ist für einen Zeitraum bis 2090 vorgesehen.

Grundsätzlich können Wasserbauprojekte Auswirkungen auf die Bewertungen aller Schutzkriterien haben. Entsprechende Änderungen bei den Bewertungen werden künftig im Rahmen eines konkreten Projekts berücksichtigt und können zu einer neuen Ausgangslage hinsichtlich einer möglichen Nutzung in diesem Gewässerabschnitt führen.

3.6.3 Sanierung Wasserkraft

Im Jahr 2011 wurden das Gewässerschutzgesetz (GSchG; SR 814.20) und das Bundesgesetz über die Fischerei (BGF; SR 923.0) revidiert. Bis 2030 sind die Inhaber von Wasserkraftwerken und Geschiebesammlern verpflichtet, mit der Umsetzung zur Sanierung der Fließgewässer hinsichtlich Schwall-Sunk, Fischgängigkeit und Geschiebehaushalt zu beginnen.

Die Umsetzung solcher Sanierungsmassnahmen kann Auswirkungen auf die Bewertungen der Nutzungskriterien Jahresproduktion, Winterproduktion und Flexibilität sowie auf die Bewertung der Schutzkriterien Wertvoller Lebensraum und Bedeutung landschaftliche Aspekte und Naherholung haben. Entsprechende Änderungen bei den Bewertungen werden künftig im Rahmen eines konkreten Projekts berücksichtigt und können zu einer neuen Ausgangslage hinsichtlich einer möglichen Nutzung des betroffenen Gewässerabschnitts führen.

4 Windkraft

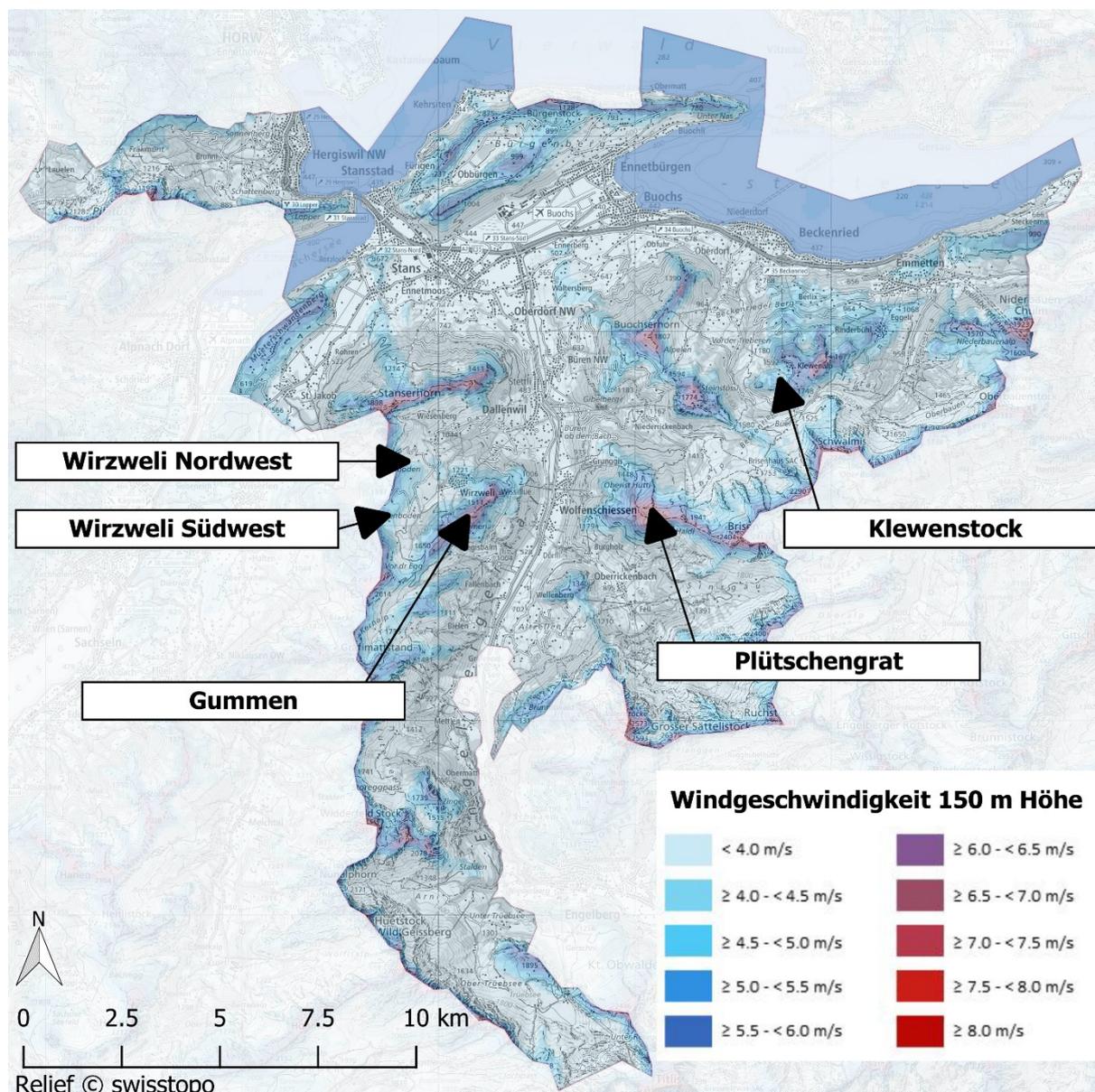
4.1 Auswahl möglicher Standorte

Mögliche Standorte, die für eine Nutzung von Windenergie in Frage kommen, wurden anhand der mittleren Windgeschwindigkeit gemäss Windatlas Schweiz ermittelt. Ein wirtschaftlicher Einsatz einer Windturbine ist ab einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s möglich. Die entsprechenden Standorte sind in Abbildung 15 dargestellt. Ob an einem Standort eine Windkraftanlage wirtschaftlich betrieben werden kann, hängt zusätzlich von der Zugänglichkeit des Standorts ab. Unter Berücksichtigung der Windgeschwindigkeiten und der Zugänglichkeiten verbleiben im Kanton folgende potenzielle Standorte:

- Gummen
- Klewenstock
- Plütschgengrat
- Wirzweli Nordwest
- Wirzweli Südwest

Die fünf in Frage kommenden Standorte sind relativ kleinräumig und erlauben aufgrund der einzuhaltenden Abstandsregelungen lediglich einzelne Windturbinen und keine grossflächigen Windparks.

Abbildung 15: Standorte mit Windgeschwindigkeiten über 5 m/s gemäss Windatlas Schweiz (eingekreiste Flächen). Potenzielle Standorte mit einer ausreichenden Zugänglichkeit sind beschriftet. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.8.



4.2 Nutzung

Die Nutzung wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Jahresproduktion
- Winterproduktion (Oktober bis März)
- Technische Realisierbarkeit

Jahresproduktion

Für eine energetische Betrachtung stellt die Jahresproduktion eine wichtige Kenngrösse dar. Die Jahresproduktion an einem möglichen Standort hängt dabei massgeblich von den Windbedingungen vor Ort ab. Zusätzlich hat die Wahl des Turbinentyps einen Einfluss auf die mögliche Stromproduktion und die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Um diese Sensitivität zu berücksichtigen, erfolgte die Berechnung der Jahresproduktion für verschiedene in Frage kommende Windturbinen. Die Jahresproduktion wurde aus der jährlichen Windverteilung an einem Standort gemäss Schweizer Windatlas und einer zu erwartenden Turbinenleistung berechnet.

Zur Beurteilung der Jahresproduktion wurden dieselben Klassen wie bei der Wasserkraft verwendet. Diese Klasseneinteilung wurde anhand eines schweizweiten Vergleichs von bestehenden Windenergieanlagen plausibilisiert (Tabelle 20).

Tabelle 20: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium Jahresproduktion.

Klasse	Jahresproduktion GWh
1	< 0.5
2	0.5 – 1
3	1 – 2
4	2 – 5
5	> 5

In Tabelle 21 ist die berechnete Jahresproduktion sowie die daraus resultierende Bewertung dargestellt.

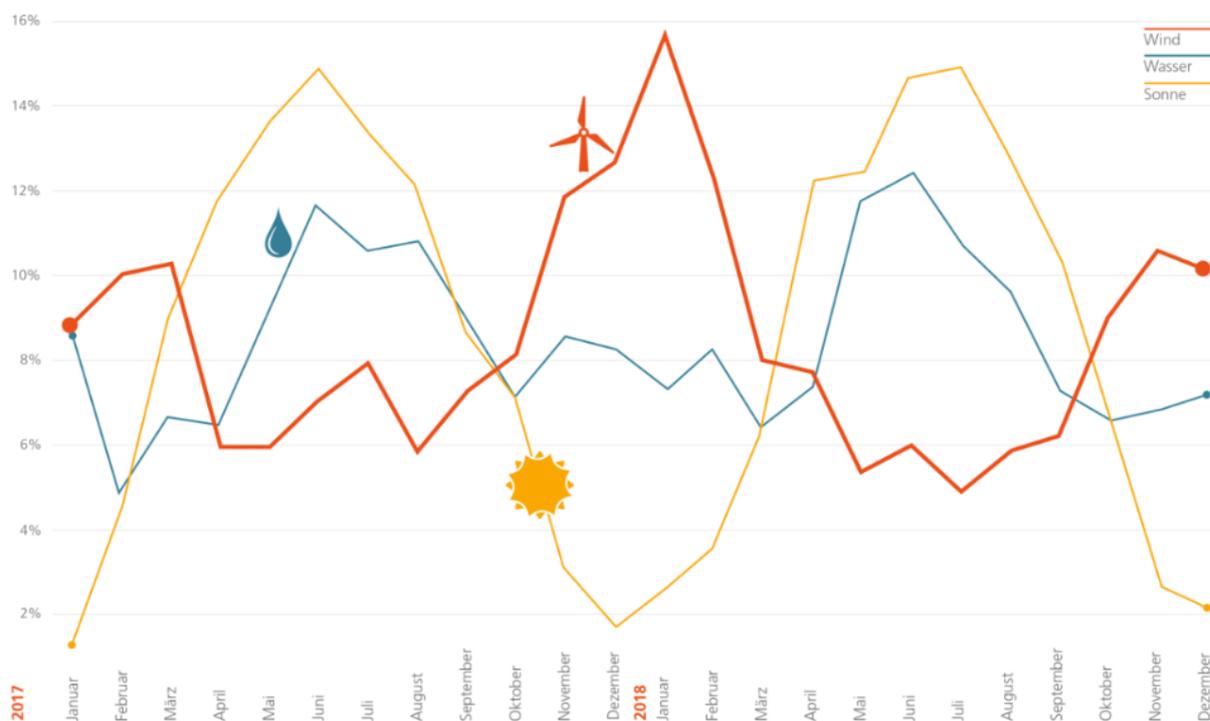
Tabelle 21: Jahresproduktion der definierten Standorte und die daraus resultierende Bewertung.

Standort	Jahresproduktion GWh	Klasse
Gummen	6.8	5
Klewenstock	5.6	5
Plütschengrat	6.0	5
Wirzweli Nordwest	5.4	5
Wirzweli Südwest	4.6	4

Winterproduktion

Seit über 20 Jahren importieren die Schweiz und der Kanton Nidwalden im Winterhalbjahr Strom. Dieser Importbedarf wird sich im Zuge der Energiewende noch weiter verstärken. Während mit dem geplanten Ausstieg aus der Atomkraft auf nationaler Ebene ein grosser Teil der heutigen winterlichen Stromproduktion wegfallen wird, ist von einem bedeutenden Anstieg des Strombedarfs infolge der vorgesehenen Elektrifizierung von Verkehr und Gebäuden (Wärmegewinnung mittels Wärmepumpen) auszugehen. Abbildung 16 zeigt exemplarisch die monatliche Stromproduktion aus Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik in der Schweiz für die Jahre 2017 und 2018 prozentual zur jeweiligen Jahresproduktion. Im Unterschied zur Wasserkraft und zur Photovoltaik liegt die Phase mit erhöhter Stromproduktion für die Windkraft in den Wintermonaten.

Abbildung 16: Monatliche Stromproduktion für Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik prozentual zur jeweiligen Jahresproduktion¹⁴.



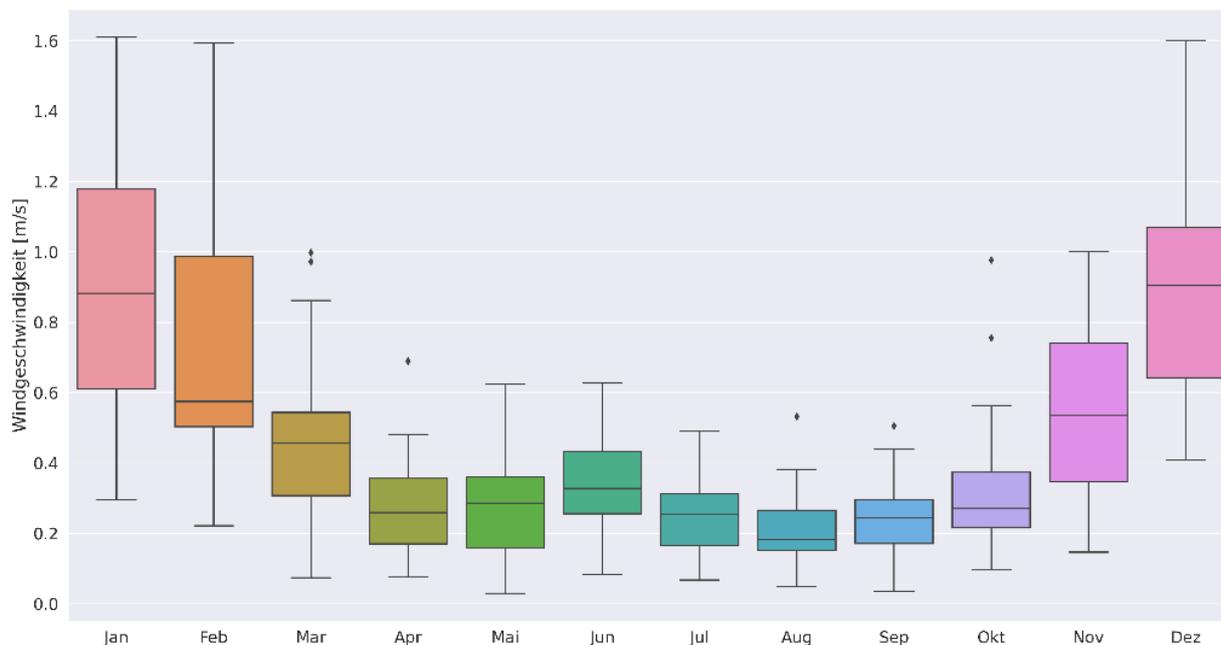
Für die Winterproduktion (Oktober bis März) wurden dieselben Klassen wie bei der Wasserkraft verwendet (Tabelle 22).

Tabelle 22: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium Winterproduktion.

Klasse	Winterproduktion GWh
1	< 0.3
2	0.3 – 0.5
3	0.5 – 1
4	1 – 3
5	> 3

Die Winterproduktion wurde aus der monatlichen Windverteilung (Abbildung 17) für den Zeitraum zwischen Oktober und März und der zu erwartenden Turbinenleistung berechnet.

¹⁴ Quelle: Bundesamt für Energie BFE, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/windenergie.html>

Abbildung 17: Windgeschwindigkeitsverteilungen pro Monat von 1995 bis 2018 für den Standort Gummen¹⁵.

In Tabelle 23 sind die berechnete Winterproduktion und die daraus resultierende Bewertung dargestellt.

Tabelle 23: Winterproduktion der definierten Standorte und die daraus resultierende Bewertung.

Standort	Winterproduktion GWh	Klasse
Gummen	4.8	5
Klewenstock	2.9	4
Plütschengrat	3.5	5
Wirzweli Nordwest	3.2	5
Wirzweli Südwest	2.7	4

Technische Realisierbarkeit

Um die Realisierbarkeit einer Windkraftanlage beurteilen zu können, sind vor allem die beiden Aspekte Strassenanschluss und Stromanschluss von Bedeutung. Die Klassendefinitionen für dieses Schutzkriterium basieren daher auf einer Kombination dieser beiden Aspekte gemäss Tabelle 24.

Tabelle 24: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium technische Realisierbarkeit.

		Strassenanschluss		
		Fahrstrasse	enge Bergstrasse	nicht vorhanden
Stromanschluss	< 500 m	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2
	500 – 1000 m	Klasse 5	Klasse 3	Klasse 2
	> 1000 m	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 1

¹⁵ Datensatz erstellt durch COSMO-REA6, <https://reanalysis.meteo.uni-bonn.de/?COSMO-REA6>

In Tabelle 25 finden sich für die fünf definierten Standorte die entsprechenden Bewertungen.

Tabelle 25: Bewertung des Nutzungskriteriums technische Realisierbarkeit für die definierten Standorte

Standort	Strassenanschluss	Stromanschluss	Klasse
Gummen	enge Bergstrasse	< 500 m	4
Klewenstock	enge Bergstrasse	< 500 m	2
Plütschgengrat	enge Bergstrasse	< 1'000 m	2
Wirzweli Nordwest	enge Bergstrasse	< 500 m	4
Wirzweli Südwest	enge Bergstrasse	< 500 m	4

Bewertung Nutzung

Die drei Nutzungskriterien sind hinsichtlich ihrer energetischen Bedeutung gleichwertig und werden daher alle mit jeweils 33 Prozent gewichtet. In Tabelle 26 sind die Bewertungen der Nutzungskriterien für die definierten Standorte dargestellt. Die Bewertung Nutzung entspricht dem Mittelwert aus den drei Nutzungskriterien.

Tabelle 26: Bewertung der Nutzung für die definierten Standorte

Standort	Jahresproduktion	Winterproduktion	Technische Realisierbarkeit	Bewertung Nutzung
Gummen	5	5	4	4.67
Klewenstock	5	4	2	3.67
Plütschgengrat	5	5	2	4.00
Wirzweli Nordwest	5	5	4	4.67
Wirzweli Südwest	4	4	4	4.00

4.3 Schutz

Der Schutz wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Biotopschutz
- Landschaftsschutz
- Betroffenheit von Personen.

Biotopschutz

Mit dem Schutzkriterium Biotopschutz wird der gesetzliche Schutzstatus eines Standorts beschrieben. Es wurden dieselben Kriterien wie bei der Wasserkraft verwendet (Tabelle 27).

Tabelle 27: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Biotopschutz.

Klasse	Biotopschutz
1	kein Schutzgebiet
2	Schutzgebiet von lokaler Bedeutung
3	Schutzgebiet von regionaler Bedeutung
4	kantonales Schutzgebiet
5	nationales Schutzgebiet

Die Bewertungen der fünf Standorte anhand des Schutzkriteriums Biotopschutz wird in Tabelle 28 aufgeführt.

Tabelle 28: Bewertung des Schutzkriteriums Biotopschutz für die definierten Standorte

Standort	Biotopschutz	Klasse
Gummen	kein Schutzgebiet	1
Klewenstock	kein Schutzgebiet	1
Plütschgengrat	kein Schutzgebiet	1
Wirzweli Nordwest	kein Schutzgebiet	1
Wirzweli Südwest	kein Schutzgebiet	1

Landschaftsschutz

Das Schutzkriterium Landschaftsschutz wurde anhand folgender Kriterien beurteilt (Tabelle 29).

Tabelle 29: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Landschaftsschutz.

Klasse	Landschaftsschutz
1	Kein BLN-Gebiet ¹⁶ und kein LES-Gebiet ¹⁷
3	LES-Gebiet oder nahe BLN-Gebiet
5	BLN-Gebiet

Die Bewertung des Schutzkriteriums Landschaftsschutz wird in Tabelle 30 aufgeführt.

Tabelle 30: Bewertung des Schutzkriteriums Landschaftsschutz für die definierten Standorte

Standort	Landschaftsschutz	Klasse
Gummen	kein BLN-Gebiet und kein LES-Gebiet	1
Klewenstock ¹⁸	BLN-Gebiet	5
Plütschgengrat	kein BLN-Gebiet und kein LES-Gebiet	1
Wirzweli Nordwest	kein BLN-Gebiet und kein LES-Gebiet	1
Wirzweli Südwest ¹⁹	LES-Gebiet oder nahe BLN-Gebiet	3

Betroffenheit von Personen

Für das Schutzkriterium Betroffenheit von Personen sind vor allem die Lärmschutzverordnung sowie der Geräuschpegel während der Nacht entscheidend. Die Klassendefinitionen für dieses Schutzkriterium basieren daher auf einer Kombination dieser beiden Aspekte gemäss Tabelle 31.

Tabelle 31: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Betroffenheit von Personen.

		Empfindlichkeitsstufe gemäss Lärmschutzverordnung			
		IV Industrie	III Wohnen / Gewerbe	II Wohnen	I Erholung
Nächtlicher Geräuschpegel dB(A)	< 40	1	1	1	3
	40 - 45	1	1	3	5
	45 - 50	1	3	5	5
	> 50	3	5	5	5

¹⁶ Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmälern von nationaler Bedeutung

¹⁷ Landschaftlich empfindliches Siedlungsgebiet

¹⁸ BLN-Gebiet Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi

¹⁹ LES-Gebiet Wirzweli

Die Bewertungen des Schutzkriteriums Betroffenheit von Personen wird in Tabelle 32 aufgeführt.

Tabelle 32: Bewertung des Schutzkriteriums Betroffenheit von Personen für die definierten Standorte

Standort	Empfindlichkeitsstufe gemäss Lärmschutzverordnung	Nächtlicher Geräuschpegel dB(A)	Klasse
Gummen	II Wohnen	40 - 45	3
Klewenstock	II Wohnen	40 - 45	3
Plütschgengrat	II Wohnen	40 - 45	3
Wirzweli Nordwest	II Wohnen	40 - 45	3
Wirzweli Südwest	II Wohnen	40 - 45	3

Bewertung Schutz

Die drei Schutzkriterien sind hinsichtlich ihrer Wirkung gleichwertig und werden daher alle mit jeweils 33 Prozent gewichtet. In Tabelle 33 sind die Bewertungen der Schutzkriterien für die definierten Standorte dargestellt. Die Bewertung Schutz entspricht dem Mittelwert aus den drei Schutzkriterien.

Tabelle 33: Bewertung des Schutzes für die definierten Standorte

Standort	Biotopschutz	Landschaftsschutz	Betroffenheit von Personen	Bewertung Schutz
Gummen	1	1	3	1.67
Klewenstock	1	5	3	3.00
Plütschgengrat	1	1	3	1.67
Wirzweli Nordwest	1	1	3	1.67
Wirzweli Südwest	1	3	3	2.34

4.4 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung erfolgt durch die Verhältnisbildung aus der Bewertung Nutzung zur Bewertung Schutz. Die potenziellen Standorte wurden so ausgewählt, dass die Nutzungsaspekte die Schutzaspekte überwiegen. Entsprechend erreichen alle fünf Standorte eine Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2 (Tabelle 34) und Windkraftanlagen können an diesen Standorten im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben umgesetzt werden.

Tabelle 34: Gesamtbewertung anhand der Nutzungs- und Schutzkriterien.

Standort	Bewertung Nutzung	Bewertung Schutz	Gesamtbewertung
Gummen	4.67	1.67	2.80
Klewenstock	3.67	3.00	1.22
Plütschgengrat	4.00	1.67	2.40
Wirzweli Nordwest	4.67	1.67	2.80
Wirzweli Südwest	4.00	2.34	1.71

5 Photovoltaik

Bei der Photovoltaik wurde das Potential ausserhalb und innerhalb der Bauzone betrachtet. Das Potential von Photovoltaik auf Gebäuden (Dächer und Fassaden) von insgesamt 250 GWh Jahresproduktion (davon bisher 14.5 GWh genutzt) wurde nicht weiterverfolgt, weil bei diesen Projekten die Abwägung zwischen Schutz und Nutzen im Rahmen der Baugesetzgebung erfolgt. Standorte ausserhalb und innerhalb der Bauzone wurden methodisch unterschiedlich betrachtet.

5.1 Standorte ausserhalb der Bauzone

Ausserhalb der Bauzone wurden freistehende Flächen ohne Berücksichtigung von Seen, Staumauern und Lawinverbauungen betrachtet. Das gesamte Gebiet wurde in ein Raster von 25 mal 25 Meter aufgeteilt und jede Rasterzelle musste folgende Bedingungen erfüllen, um weiterberücksichtigt zu werden:

- Terrainneigung über 20° und unter 60°
- Distanz zu Strassen, Gebäuden und Wald über 25 m
- Distanz zu Strassen und Elektroleitungen unter 500 m
- nicht einem Ausschlussgebiet angehören

Im Folgenden wird auf die einzelnen Punkte kurz eingegangen.

Terrainneigung

Die Terrainneigung ist ein wichtiger Faktor für die Stromproduktion. Liegt die Terrainneigung unter 20° (geringe Stromproduktion) oder über 60° (technisch schwer realisierbar), ist eine wirtschaftliche Nutzung üblicherweise nicht möglich.

Als Datengrundlagen zur Ermittlung der Terrainneigung wurden das topografische Landschaftsmodell swissTLM3D (2021) und das digitale Höhenmodell DHM25 vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo verwendet.

Distanz zu Strassen, Gebäuden und Wald

Eine minimale Distanz zu Strassen, Gebäuden und Wald ist wichtig, um Blendung und weitere Beeinträchtigungen zu verhindern.

Distanz zu Strassen und Elektroleitungen

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung ist das Vorhandensein einer guten Erschliessung. Diese wird anhand der Distanz zu Strassen und Elektroleitungen beurteilt.

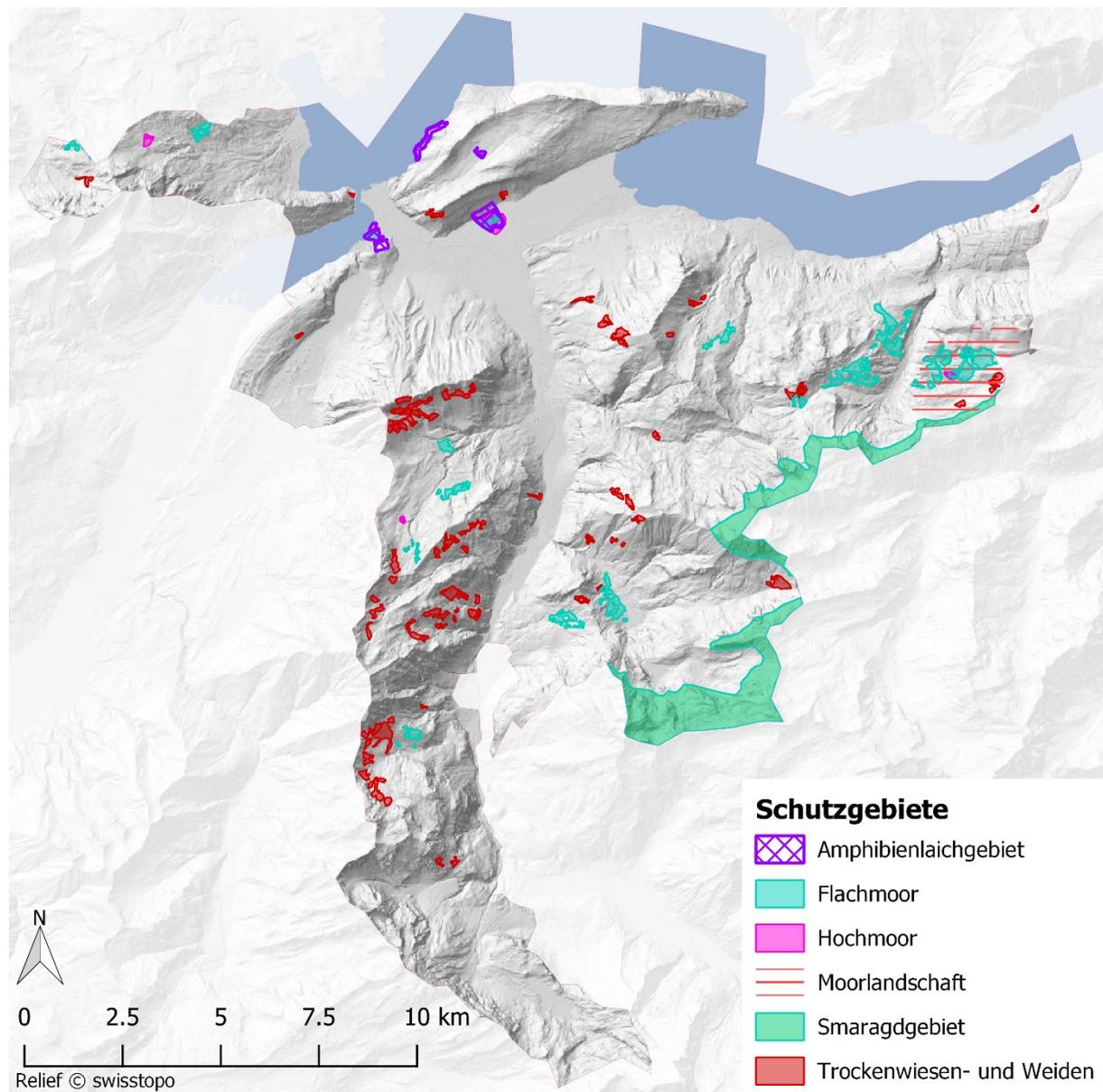
Ausschlussgebiete

In folgenden Schutzgebieten überwiegen die Schutzinteressen immer und eine Nutzung ist ausgeschlossen:

- Amphibienlaichgebiete
- Flach- und Hochmoore
- Moorlandschaft
- Smaragdgebiete (europäische Schutzgebiete, um besonders wertvolle Arten und Lebensräume zu schützen)
- Trockenwiesen und -weiden.

Diese Ausschlussgebiete sind in Abbildung 18 dargestellt.

Abbildung 18: Kartographische Darstellung der Ausschlussgebiete für die Nutzung der Photovoltaik. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.9.



5.1.1 Nutzung

Die Nutzung wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Jahresproduktion
- Winterproduktion
- Infrastruktur

Jahresproduktion

Für eine energetische Betrachtung stellt die Jahresproduktion eine wichtige Kenngrösse dar. Die Jahresproduktion an einem möglichen Standort hängt massgeblich von der Terrainneigung und von der geographischen Ausrichtung (Sonnenexposition) ab. Die Klassen wurden gemäss Tabelle 35 definiert. Die Klasse 2 kommt für die berücksichtigten Terrainneigungen und geographischen Ausrichtungen nicht vor.

Tabelle 35: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Jahresproduktion.

		Terrainneigung	
		Gering (20-40°)	Hoch (40-60°)
Geographische Ausrichtung	Nord	Klasse 1	Klasse 1
	Ost	Klasse 4	Klasse 3
	Süd	Klasse 5	Klasse 5
	West	Klasse 4	Klasse 3

Auf Basis von Erfahrungswerten wurden die Klassen für die Jahresproduktion gemäss Tabelle 36 festgelegt.

Tabelle 36: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium Jahresproduktion.

Klasse	Jahresproduktion kWh/m ²
1	< 100
2	100 – 120
3	120 – 140
4	140 – 160
5	> 160

Winterproduktion

Seit über 20 Jahren importieren die Schweiz und der Kanton Nidwalden im Winterhalbjahr Strom. Dieser Importbedarf wird sich im Zuge der Energiewende noch weiter verstärken. Während mit dem geplanten Ausstieg aus der Atomkraft auf nationaler Ebene ein grosser Teil der heutigen winterlichen Stromproduktion wegfallen wird, ist von einem bedeutenden Anstieg des Strombedarfs infolge der vorgesehenen Elektrifizierung von Verkehr und Gebäuden (Wärmegewinnung mittels Wärmepumpen) auszugehen. Die Klassen wurden gemäss Tabelle 37 definiert. Die Klasse 3 kommt für die berücksichtigten Terrainneigungen und geographischen Ausrichtungen nicht vor.

Tabelle 37: Definition der Klassen für das Nutzungskriterium Winterproduktion.

		Terrainneigung	
		Gering (20-40°)	Hoch (40-60°)
Geographische Ausrichtung	Nord	Klasse 1	Klasse 1
	Ost	Klasse 2	Klasse 1
	Süd	Klasse 4	Klasse 5
	West	Klasse 2	Klasse 1

Auf Basis von Erfahrungswerten wurden die Klassen für die Winterproduktion gemäss Tabelle 38 festgelegt.

Tabelle 38: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium Winterproduktion.

Klasse	Winterproduktion kWh/m ²
1	< 40
2	40 – 45
3	45 – 55
4	55 – 65
5	> 65

Infrastruktur

Mit dem Kriterium Infrastruktur werden die technischen Rahmenbedingungen beurteilt. Sofern eine bestehende Infrastruktur direkt oder mit zusätzlichen Massnahmen genutzt werden kann, verbessert sich die Rentabilität und damit die Wahrscheinlichkeit einer künftigen Realisierung eines Projekts. Die Klasseneinteilungen sind in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Klasseneinteilung für das Nutzungskriterium technische Realisierbarkeit.

Klasse	Infrastruktur
1	Keine Infrastruktur vorhanden
3	Bestehende Infrastruktur vorhanden, kann nicht direkt genutzt werden, benötigt ergänzende Massnahmen
5	Bestehende Infrastruktur vorhanden, kann direkt genutzt werden

Bewertung Nutzung

Die drei Nutzungskriterien sind hinsichtlich ihrer energetischen Bedeutung gleichwertig und werden daher alle mit jeweils 33 Prozent gewichtet. Die Bewertung Nutzung erfolgte pro Rasterzelle automatisiert mit der Software R. Die Darstellung erfolgt erst im Rahmen der Gesamtbewertung.

5.1.2 Schutz

Der Schutz wurde anhand folgender Kriterien bewertet:

- Biotopschutz
- Landschaftsschutz
- Einsehbarkeit und Blendung
- Landwirtschaft und Alpwirtschaft.

Biotopschutz

Mit dem Schutzkriterium Biotopschutz wird der gesetzliche Schutzstatus eines Gebiets beschrieben. Es wurden dieselben Kriterien wie bei der Wasserkraft verwendet (Tabelle 40).

Tabelle 40: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Biotopschutz

Klasse	Biotopschutz
1	kein Schutzgebiet
2	Schutzgebiet von lokaler Bedeutung
3	Schutzgebiet von regionaler Bedeutung
4	kantonales Schutzgebiet
5	nationales Schutzgebiet

Landschaftsschutz

Das Schutzkriterium Landschaftsschutz wurde anhand derselben Kriterien wie bei der Windkraft beurteilt (Tabelle 41).

Tabelle 41: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Landschaftsschutz.

Klasse	Landschaftsschutz
1	Kein BLN-Gebiet ²⁰ und kein LES-Gebiet ²¹
3	LES-Gebiet oder nahe BLN-Gebiet
5	BLN-Gebiet

²⁰ Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmälern von nationaler Bedeutung

²¹ Landschaftlich empfindliches Siedlungsgebiet

Die Nutzung von Flächen in BLN-Gebieten erfordert immer eine individuelle projektbezogene Beurteilung. Dies wurde im Rahmen der Gesamtbewertung berücksichtigt (Flächen in BLN-Gebieten können nicht mit der Nutzungsklasse bewertet werden).

Einsehbarkeit und Blendung

Photovoltaikanlagen können Beeinträchtigungen durch Blendungseffekte verursachen. Dieser Aspekt wird in Abhängigkeit des Abstands zu den kommunalen Bauzonen bewertet (Tabelle 42).

Tabelle 42: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Einsehbarkeit und Blendung.

Klasse	Einsehbarkeit und Blendung
1	Abstand zur nächsten Bauzone über 250 m
3	Abstand zur nächsten Bauzone 150 m – 250 m
5	Abstand zur nächsten Bauzone unter 150 m

Landwirtschaft und Alpwirtschaft

Bei einer Realisierung von Photovoltaikanlagen ausserhalb der Bauzone können land- oder alpwirtschaftliche Flächen beansprucht werden. Die Bewertung dieses Schutzkriteriums erfolgt gemäss Tabelle 43.

Tabelle 43: Klasseneinteilung für das Schutzkriterium Landwirtschaft und Alpwirtschaft.

Klasse	Landwirtschaft und Alpwirtschaft
1	keine landwirtschaftliche und keine alpwirtschaftliche Nutzung
3	alpwirtschaftliche Nutzung ²²
5	landwirtschaftliche Nutzung ²³

Bewertung Schutz

Die Schutzkriterien wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Bedeutung wie folgt gewichtet:

- Biotopschutz 40 %
- Landschaftsschutz 40 %
- Einsehbarkeit und Blendung 10 %
- Landwirtschaft und Alpwirtschaft 10 %.

Die Bewertung Schutz erfolgte pro Rasterzelle automatisiert mit der Software R. Die Darstellung erfolgt erst im Rahmen der Gesamtbewertung.

5.1.3 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung erfolgte pro Rasterzelle durch die Verhältnisbildung aus der Bewertung Nutzung zur Bewertung Schutz (Abbildung 19).

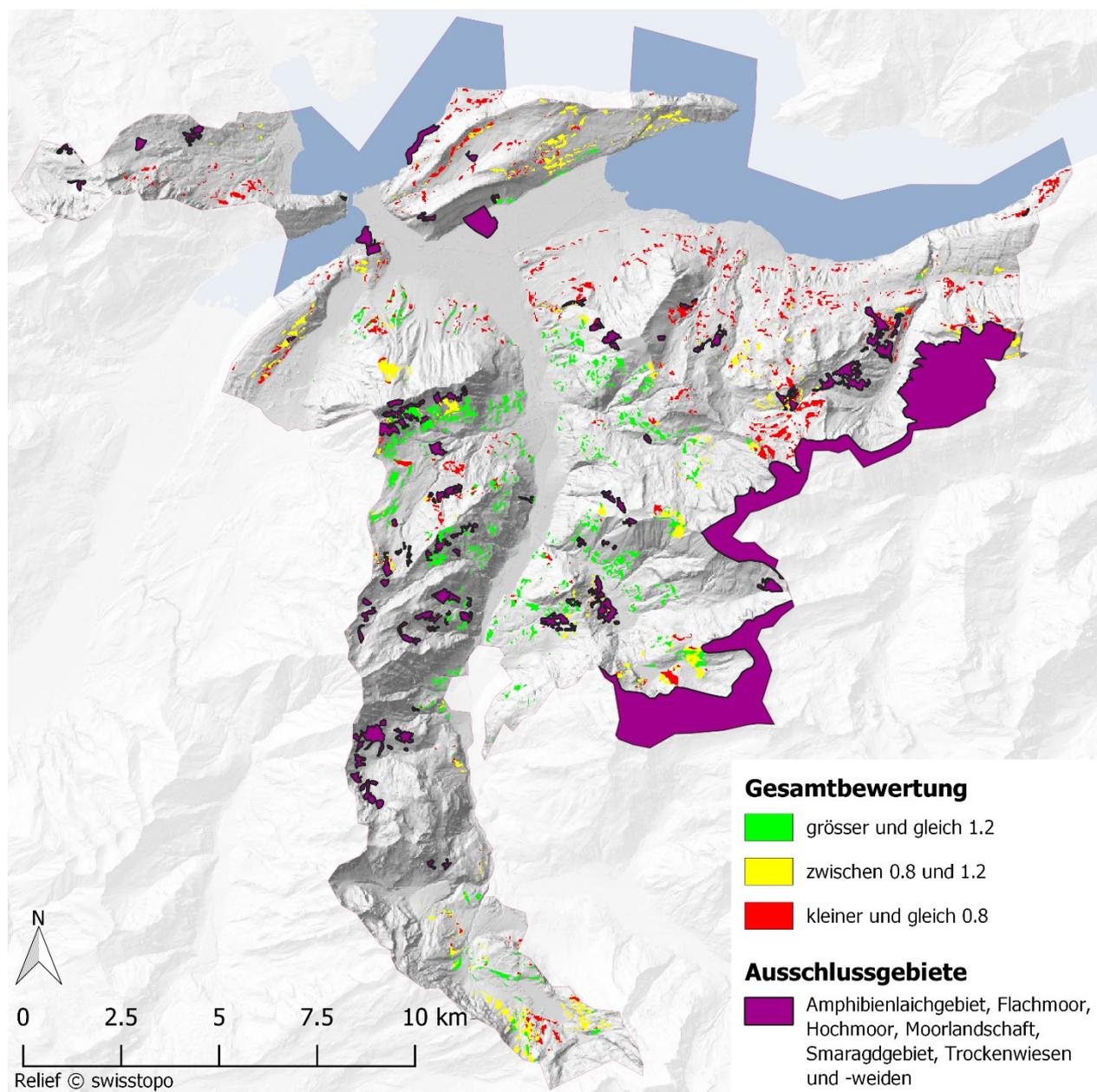
Bei einem Verhältnis unter 0.8 überwiegen die Schutzaspekte deutlich und PV-Projekte sind auf diesen Flächen nicht möglich. Liegt das Verhältnis zwischen 0.8 und 1.2, liegen die Bewertungen der Schutz- und Nutzungsaspekte im Bereich der Unschärfe der Bewertungsmethode. Für eine Nutzung ist eine individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig. Bei Flächen, welche mit einem Verhältnis über 1.2 bewertet werden, überwiegen die Nutzungsaspekte. PV-Projekte sind im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich.

²² Sömmerungsweiden

²³ andere landwirtschaftlich genutzte Flächen

Abbildung 19: Kartographische Darstellung der Standorte ausserhalb der Bauzone gemäss ihrer Gesamtbewertung hinsichtlich PV-Nutzung mit Berücksichtigung besonders sensibler Schutzgebiete als Ausschlusskriterium. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.10.

- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, PV-Projekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)
- Schutz überwiegt Nutzung deutlich, PV-Projekte grundsätzlich nicht möglich (Gesamtbewertung kleiner und gleich 0.8)



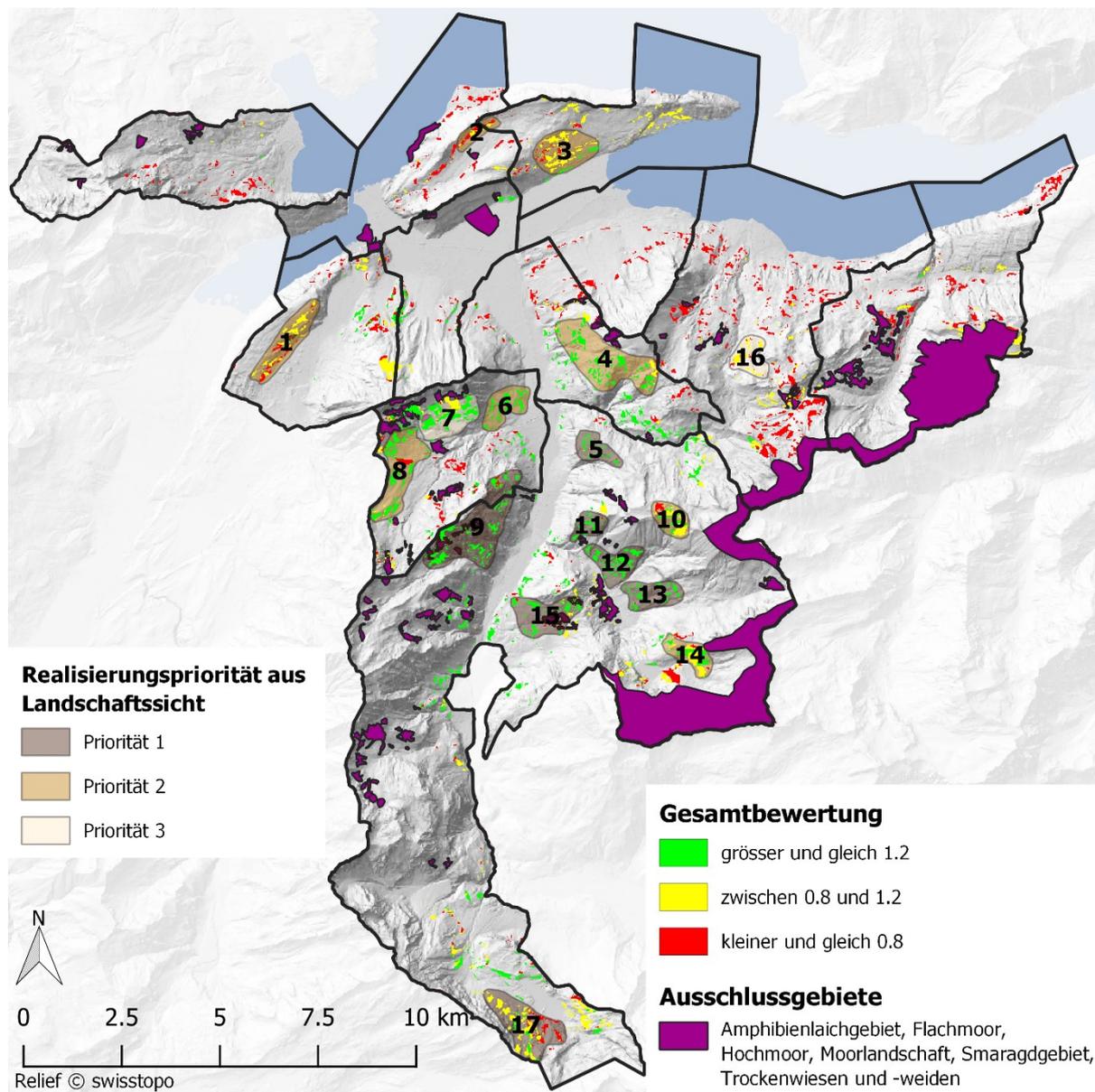
Um negative Einflüsse von PV-Projekten auf die Landschaft möglichst gering zu halten, wurden die nutzbaren Flächen hinsichtlich Realisierung von Projekten priorisiert (Tabelle 44 und Abbildung 20).

Tabelle 44: Priorisierung besonders geeigneter Flächen.

Nr.	Gebiet	Priorität
1	Mueterschwandenberg	2
2	Obbürgen	2
3	Bürgenberg	2
4	Büren / Buochserhorn	2
5	Wandflue	1
6	Tellen	2
7	Stanserhorn	3
8	Ächerli	2
9	Diegisbalm/Wissiflue	1
10	Haldigrat	2
11	Brändlen	1
12	Oberrickenbach	1
13	Singäu	1
14	Bannalp	2
15	Wellenberg/Altzellen	1
16	Graben	3
17	Jochpass	1

Abbildung 20: Kartographische Darstellung der Standorte ausserhalb der Bauzone gemäss ihrer Gesamtbewertung hinsichtlich PV-Nutzung mit Berücksichtigung besonders sensibler Schutzgebiete als Ausschusskriterium. Ebenfalls wurden die hinsichtlich Projektrealisierung prioritären Flächen dargestellt. Eine detaillierte Darstellung befindet sich in Karte 9.11.

- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, PV-Projekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)
- Schutz überwiegt Nutzung deutlich, PV-Projekte grundsätzlich nicht möglich (Gesamtbewertung kleiner und gleich 0.8)



5.1.4 Betrachtung auf Gemeindeebene

Nutzbare Fläche

Für jede Gemeinde wurden die potentiell nutzbaren Flächen gemäss ihrer Klasse in der Gesamtbewertung berechnet. Sie sind in Tabelle 45 aufgeführt.

Tabelle 45 Potentiell nutzbare Fläche je Klasse pro Gemeinde.

Gemeinde	Gemeindefläche km ²	Fläche km ²		
		Nutzungsklasse	Mittlere Klasse	Schutzklasse
Beckenried	33.0	0.0	0.3	1.3
Buochs	12.0	0.0	0.0	0.2
Dallenwil	15.5	1.0	0.2	0.3
Emmetten	28.6	0.0	0.2	0.6
Ennetbuergen	17.7	0.1	0.5	0.1
Ennetmoos	15.0	0.1	0.4	0.3
Hergiswil	17.0	0.0	0.0	0.2
Oberdorf	16.2	0.7	0.1	0.3
Stans	11.1	0.1	0.0	0.1
Stansstad	17.1	0.0	0.1	0.4
Wolfenschiessen	92.7	2.0	1.2	0.5
Total	275.9	4.0	3.0	4.3

Jahresproduktion

Um die potentiell mögliche Jahresproduktion zu berechnen, wurden die Erfahrungswerte gemäss Tabelle 46 verwendet. Freiflächenanlagen an Nordhängen machen aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung keinen Sinn, weshalb sie in der Berechnung der Produktionswerte pro Gemeinde nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 46: Jahresproduktion pro Quadratmeter als Basis für die Berechnung der potentiell möglichen Jahresproduktion pro Gemeinde.

		Jahresproduktion kWh/m ²	
		Terrainneigung gering (20-40°)	Terrainneigung hoch (40-60°)
Geographische Ausrichtung	Nord	< 20	< 30
	Ost	140	127
	Süd	173	171
	West	140	127

In Tabelle 47 ist die potentiell mögliche Jahresproduktion auf Flächen ausserhalb der Bauzone pro Gemeinde aufgeführt.

Tabelle 47: Potentiell mögliche Jahresproduktion je Klasse pro Gemeinde.

Gemeinde	Jahresproduktion GWh		
	Nutzungsklasse	Mittlere Klasse	Schutzklasse
Beckenried	2.8	38.9	53.2
Buochs	0.0	0.0	2.4
Dallenwil	155.8	26.9	3.4
Emmetten	1.4	29.8	17.1
Ennetbuergen	8.1	88.1	13.9
Ennetmoos	13.0	39.3	16.9
Hergiswil	0.9	3.2	12.0
Oberdorf	97.9	18.8	21.0
Stans	14.8	0.4	1.9
Stansstad	0.0	12.5	33.7
Wolfenschiessen	301.9	108.2	1.5
Total	596.6	366.1	177

Winterproduktion

Um die potentiell mögliche Winterproduktion zu berechnen, wurden die Erfahrungswerte gemäss Tabelle 48 verwendet. Freiflächenanlagen an Nordhängen machen aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung keinen Sinn, weshalb sie in der Berechnung der Produktionswerte pro Gemeinde nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 48: Winterproduktion pro Quadratmeter als Basis für die Berechnung der potentiell möglichen Winterproduktion pro Gemeinde.

		Winterproduktion kWh/m ²	
		Terrainneigung gering (20-40°)	Terrainneigung hoch (40-60°)
Geographische Ausrichtung	Nord	< 10	< 15
	Ost	41	38
	Süd	61	66
	West	41	38

In Tabelle 49 ist die potentiell mögliche Winterproduktion auf Flächen ausserhalb der Bauzone pro Gemeinde aufgeführt.

Tabelle 49: Potentiell mögliche Winterproduktion je Klasse pro Gemeinde

Gemeinde	Winterproduktion GWh		
	Nutzungsklasse	Mittlere Klasse	Schutzklasse
Beckenried	1.0	11.8	15.5
Buochs	0.0	0.0	0.7
Dallenwil	49.5	9.1	1.0
Emmetten	0.5	10.3	4.9
Ennetbuergen	2.9	31.3	4.2
Ennetmoos	3.8	13.8	4.9
Hergiswil	0.3	1.0	3.5
Oberdorf	30.5	6.2	6.2
Stans	4.6	0.2	0.6
Stansstad	0.0	4.4	10.4
Wolfenschiessen	95.6	31.8	0.4
Total	188.7	119.9	52.3

5.2 Standorte innerhalb der Bauzone

Als Standorte innerhalb der Bauzone wurden Lärmschutzwände an Nationalstrassen, Autobahnüberdachungen, Kläranlagen und Parkplätze berücksichtigt. Die Flächen wurden manuell erhoben und die Bewertung erfolgte pro definierte Fläche. Es wurden nur Flächen von mindestens 1000 m² berücksichtigt.

Die Standorte innerhalb der Bauzone wurden grundsätzlich mit denselben Kriterien und Gewichtungen wie die Standorte ausserhalb der Bauzone beurteilt. Im Folgenden wird lediglich auf Abweichungen eingegangen.

5.2.1 Nutzung

Jahresproduktion und Winterproduktion

Bei den Nutzungskriterien Jahres- und Winterproduktion erfolgte die Bewertung gemäss Tabelle 50.

Tabelle 50: Klasseneinteilung für die Jahres- und Winterproduktion für die Standorte innerhalb der Bauzone.

Objekt	Geographische Ausrichtung	Neigung	Klasse	
			Jahresproduktion	Winterproduktion
Lärmschutzwand	Süd	90°	3	4
Autobahnüberdachung	Horizontal	0°	4	2
Kläranlage	Horizontal	0°	4	2
Parkplatz	Horizontal	0°	4	2

Gewisse Standorte weisen aufgrund der Beeinflussung durch das umliegende Relief (swissALTI3D, swisstopo) geringere Sonnenexposition auf. Der Vergleich mit dem Layer "Solarenergie: Eignung Dächer" (swisstopo) zeigt, dass der Einfluss auf die Jahresproduktion von geringer Bedeutung ist. Bei der Winterproduktion muss bei Standorten mit schlechter Sonnenexposition mit einer tieferen Produktion gerechnet werden. Die Winterproduktion der entsprechenden Standorte wurde mit einem Faktor von 0.5 multipliziert.

Infrastruktur

Die Bewertung der Infrastruktur erfolgte anhand der gleichen Kriterien mit der gleichen Gewichtung wie für die Standorte ausserhalb der Bauzone.

5.2.2 Schutz

Die Bewertung des Schutzes erfolgte anhand der gleichen Kriterien mit der gleichen Gewichtung wie für die Standorte ausserhalb der Bauzone.

5.2.3 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung erfolgte pro Standort durch die Verhältnisbildung aus der Bewertung Nutzung zur Bewertung Schutz. Die Klasseneinteilung erfolgte wie für die Standorte ausserhalb der Bauzone.

In der Tabelle 51 und der Abbildung 21 wird die Bewertung der Standorte innerhalb der Bauzone dargestellt.

Tabelle 51: Bewertung der Standorte innerhalb der Bauzone und deren Produktionswerte.

Nr	Objekt	Bewertung Nutzung	Bewertung Schutz	Gesamt- bewertung
1	Autobahnüberdachung Hergiswil ²⁴	3.30	1.40	2.38
2	Lärmschutzwand Stansstad	4.00	3.00	1.33
3	Lärmschutzwand Stansstad	4.00	3.00	1.33
4	Lärmschutzwand Stansstad	4.00	1.40	2.86
5	Parkplatz Bootshafen Stansstad	3.00	1.40	2.14
6	Parkplatz Dorfplatz Stansstad	3.00	1.40	2.14
7	Lärmschutzwand Stansstad	4.00	1.40	2.86
8	Kläranlage Rotzwinkel Stans	3.67	1.40	2.62
9	Lärmschutzwand Stans	4.00	1.40	2.86
10	Lärmschutzwand Stans	4.00	1.40	2.86
11	Parkplatz Lidl Stans	3.00	1.40	2.14
12	Parkplatz Mühlebachstrasse Stans	3.00	1.40	2.14
13	Parkplatz Veronika-Gut-Weg Stans	3.00	1.40	2.14
14	Lärmschutzwand Stans	4.00	1.40	2.86
15	Parkplatz Abstellplatz Kantonalbank Stans	3.00	1.40	2.14
16	Parkplatz Kantonsspital Stans	3.00	1.40	2.14
17	Parkplatz Eichli Stans	3.00	1.40	2.14
18	Parkplatz Gemeindeparkplatz Stans	3.00	1.40	2.14
19	Parkplatz Steinmätteli Stans	3.00	1.40	2.14
20	Lärmschutzwand Stans	4.00	1.40	2.86
21	Parkplatz Pilatus Flugzeugwerke Stans	3.00	1.40	2.14
22	Parkplatz Landsgemeindeplatz Oberdorf	3.00	1.40	2.14
23	Parkplatz Kasernenstrasse Oberdorf	3.00	1.40	2.14
24	Lärmschutzwand Autobahn Buochs	4.00	1.40	2.86
25	Kläranlage Aumühle Buochs	3.67	1.40	2.62
26	Parkplatz Coop Buochs	3.00	1.40	2.14
27	Parkplatz Camping Buochs	3.00	1.40	2.14

²⁴ Aufgrund der schlechten Sonneneexposition wurde die Winterproduktion mit einem Faktor von 0.5 multipliziert.

Nr	Objekt	Bewertung Nutzung	Bewertung Schutz	Gesamtbewertung
28	Parkplatz Seefeld Buochs	3.00	1.40	2.14
29	Autobahnüberdachung Beckenried ²⁵	3.34	3.40	0.98
30	Parkplatz Klewenalpbahn Beckenried ²¹	2.67	1.40	1.90
31	Parkplatz Klewenalpbahn Beckenried ²¹	2.67	1.40	1.90
32	Lärmschutzwand Beckenried ²¹	3.33	3.00	1.11
33	Parkplatz Gemeindeparkplatz Emmetten ²¹	2.67	1.40	1.90
34	Parkplatz Wirzwelibahn Dallenwil ²¹	2.67	1.40	1.90
35	Parkplatz Wirzwelibahn Dallenwil ²¹	2.67	1.40	1.90

Abbildung 21: Kartographische Darstellung der manuell erhobenen Flächen gemäss ihrer Gesamtbewertung. Eine detaillierte Darstellung ist in Karte 9.12 enthalten.

- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, PV-Projekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung grösser und gleich 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)



5.2.4 Potentiell mögliche Jahres- und Winterproduktion

Um die potentiell mögliche Jahres- und Winterproduktion zu berechnen, wurden die Erfahrungswerte gemäss Tabelle 52 verwendet.

²⁵ Aufgrund der schlechten Sonneneexposition wurde die Winterproduktion mit einem Faktor von 0.5 multipliziert.

Tabelle 52: Jahresproduktion und Winterproduktion pro Quadratmeter als Basis für die Berechnung der potentiell möglichen Produktion für die Standorte innerhalb der Bauzone.

Objekt	Geographische Ausrichtung	Neigung	Jahresproduktion kWh/m ²	Winterproduktion kWh/m ²
Lärmschutzwand	Süd	90°	121.4	58.0
Autobahnüberdachung	Horizontal	0°	148.7	42.1
Kläranlage	Horizontal	0°	148.7	42.1
Parkplatz	Horizontal	0°	148.7	42.1

In Tabelle 53 sind die potenziell mögliche Jahres- und Winterproduktion für die Standorte innerhalb der Bauzone pro Objektart aufgeführt.

Tabelle 53: Potenziell mögliche Jahres- und Winterproduktion für die berücksichtigten Standorte innerhalb der Bauzone.

Objekt	Jahresproduktion GWh	Winterproduktion GWh
Lärmschutzwände	1.2	0.6
Autobahnüberdachungen	5.8	0.8
Kläranlagen	0.4	0.1
Parkplätze	8.2	1.9
Total	15.5	3.4

6 Fazit

Das Schutz- und Nutzungskonzept zeigt für den Kanton Nidwalden ausgehend vom heutigen Zustand Möglichkeiten zum Ausbau der Stromproduktion mit den erneuerbaren Energiequellen Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik auf. Die Energieproduktion aus Geothermie wurde im Auftrag der Landwirtschafts- und Umweltschutzdirektion in der Studie "Erdgas und Tiefengeothermie für die Kantone Nid- und Obwalden" untersucht und ist nicht Gegenstand des vorliegenden Konzepts.

Bezüglich Jahresbilanz ist es für den Kanton Nidwalden möglich, in Zukunft den gesamten Strombedarf von aktuell rund 260 GWh mittels Eigenproduktion zu decken. Die Wasserkraft und die Windkraft weisen nur begrenzte Zubaumöglichkeiten auf, hingegen kann die Photovoltaik stark ausgebaut werden. Allerdings unterliegt die Stromproduktion aus Photovoltaik starken saisonalen Schwankungen und weist im Winter das Produktionsminimum auf, wenn der Strombedarf am höchsten ist. Mit den aktuell zur Verfügung stehenden Technologien kann im Winterhalbjahr nicht genügend Strom für eine Selbstversorgung des Kantons produziert werden und eine Saisonspeicherung ist auch nicht im benötigten Ausmass möglich.

Wasserkraft

Es wurden alle Gewässer mit einer theoretischen Jahresproduktion von über 1 GWh betrachtet. Für diese Gewässer wurde unter Berücksichtigung von Verlusten aufgrund des Wirkungsgrads der Turbine, Überfallsituationen und Restwasserbestimmungen die realistische Jahres- und Winterproduktion berechnet. Gewässer mit einer Produktion unter 1 GWh sollen zukünftig von einer Nutzung ausgeschlossen werden, weil die geringe Energieproduktion die negativen ökologischen Auswirkungen nicht rechtfertigt.

Das verfügbare Potential der Wasserkraft wird zu einem grossen Teil schon genutzt. Bisher werden jährlich gut 150 GWh Strom aus Wasserkraft produziert. Die noch nicht genutzten Gewässer der Nutzungsklasse und der mittleren Klasse weisen zusammen eine maximal mögliche Jahresproduktion von 33 GWh und eine Winterproduktion von 9 GWh auf. Nicht berücksichtigt sind künftige Produktionseinbussen infolge von höheren Restwasserabgaben bei Rekonzessionierungen.

Im Winterhalbjahr ist aufgrund der Klimaveränderung mit einer Zunahme der Abflüsse von durchschnittlich 5 bis 20 Prozent bis ins Jahr 2060 und um 10 bis 30 Prozent bis ins Jahr 2085 zu rechnen. Dies allein wird jedoch nicht ausreichen, um in Zukunft im Winterhalbjahr auf einen Stromzukauf zu verzichten.

Die anstehende Revitalisierungsplanung und Sanierung der Wasserkraft wird den ökologischen Wert einzelner Gewässer erhöhen. Diese Auswirkungen können erst nach erfolgter Umsetzung beurteilt werden und werden bei den betroffenen Gewässern bei zukünftigen Wasserkraftprojekten eine Neubeurteilung erfordern.

Windkraft

Die Windkraft wird bisher nicht zur Stromproduktion genutzt. Sie weist im Unterschied zur Wasserkraft und zur Photovoltaik das Produktionsmaximum im Winterhalbjahr auf und ist deshalb eine gute Ergänzung zu den anderen erneuerbaren Energien. Für die Windkraft wurden fünf mögliche Standorte ausgeschieden, die insgesamt eine maximal mögliche Jahresproduktion von 28 GWh und eine Winterproduktion von 17 GWh aufweisen.

Photovoltaik

Bei der Photovoltaik hat man sich auf Anlagen beschränkt, die nicht auf Gebäuden installiert sind. Das Potential von Photovoltaik auf Gebäuden (Dächer und Fassaden) von insgesamt 250 GWh Jahresproduktion (davon bisher 14.5 GWh genutzt) wurde nicht weiterverfolgt, weil bei diesen Projekten die Abwägung zwischen Schutz und Nutzen im Rahmen der Baugesetzgebung erfolgt.

Standorte ausserhalb und innerhalb der Bauzone wurden methodisch unterschiedlich betrachtet. Bei den Anlagen ausserhalb der Bauzone handelt es sich um Freiflächenanlagen. Für das gesamte Kantonsgebiet wurden Flächen ausgeschieden, die sich für die Installation von Photovoltaikanlagen eignen. Insgesamt ergeben sich für die Nutzungsklasse eine maximal mögliche Jahresproduktion von knapp 600 GWh und eine Winterproduktion von 190 GWh. Als Anlagenstandorte innerhalb der Bauzone wurden Lärmschutzwände, Autobahnüberdachungen, Kläranlagen und Parkplätze mit einer Fläche ab 1000 m² untersucht. Für diese Objekte betragen die maximal mögliche Jahresproduktion insgesamt 15 GWh und die Winterproduktion 3 GWh.

Grundlage für die kantonale Energiepolitik

Das vorliegende Schutz- und Nutzungskonzept bildet eine Grundlage für die kantonale Energiepolitik und eine Zielfestsetzung hinsichtlich Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. In einem nächsten Schritt können Ziele für den Ausbau der Stromproduktion aus Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik festgelegt werden.

Grundlage für den kantonalen Richtplan

Das vorliegende Schutz- und Nutzungskonzept bildet eine Grundlage für die Überarbeitung des kantonalen Richtplans im Bereich Energie:

- Für die Wasserkraftnutzung sind auf der Karte 9.7 die Gewässerabschnitte gemäss ihrer Bewertung hinsichtlich Nutzung und Schutz dargestellt. Sie kann in den Richtplan übernommen werden.
- Für die Ausscheidung von Standorten zur Windkraftnutzung bildet die Karte 9.8 die Grundlage.
- Die Ausscheidung von Freiflächen zur Stromproduktion mittels Photovoltaik kann aufgrund der Karte 9.11 erfolgen. Standorte innerhalb der Bauzone (Infrastrukturbauten und Parkplätze ab 1000 m²) wurden in Karte 9.12 dargestellt.

Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Bei der Wasserkraft ist in einem nächsten Schritt zu klären, ob das Speicherpotential ausgebaut werden kann. Insbesondere wäre zu klären, ob Standorte für zusätzliche saisonale Speicher ausgeschieden werden können. Ein reiner Ausbau der Laufwasserkraft an bisher ungenutzten Gewässern ist hingegen nur bedingt sinnvoll: das noch vorhandene Potential ist begrenzt, der Grossteil der Produktion fällt im Sommerhalbjahr an (während dem ein Überangebot an Elektrizität besteht) und die negativen ökologischen Auswirkungen sind meistens gross. In erster Priorität sollten Produktionssteigerungen und Effizienzsteigerungen an den bestehenden Nutzungsstandorten vorgenommen werden.

Das vorliegende Konzept bildet eine Grundlage für die Erarbeitung von Schutz- und Nutzungsplanungen gemäss Art. 32 Bst. c des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (GSchG; SR 814.20) im Rahmen von Konzessionserneuerungen. Dabei können für Gewässer eines topographisch zusammenhängenden Gebiets die Mindestrestwassermengen tiefer als gesetzlich vorgeschrieben angesetzt werden, sofern ein entsprechender Ausgleich stattfindet (beispielsweise durch Verzicht auf Wasserentnahmen aus anderen Gewässern im gleichen Gebiet). Ebenfalls kann das Konzept ergänzend zu den im Rahmen von Konzessionierungsprojekten vertieften, gewässerspezifischen Abklärungen eine Grundlage für die im Einzelfall durchzuführende Interessenabwägung nach Art. 33 Abs. 2 und 3 GSchG bezüglich Erhöhung der Mindestrestwassermengen bilden.

Die Windkraft bildet ein kleines, aber interessantes Potential zur Ergänzung der Stromproduktion im Winterhalbjahr. In einem nächsten Schritt könnte für die ausgeschiedenen Standorte eine Machbarkeitsstudie erstellt werden.

Die Nutzung der Photovoltaik auf Freiflächen macht ausschliesslich an Standorten in Höhenlagen Sinn, die im Vergleich zu Flächen im Talboden eine deutlich bessere Besonnung im Winterhalbjahr aufweisen. Ansonsten können deren höhere Kosten und die negativen ökologischen Beeinträchtigungen der Landschaft nicht gerechtfertigt werden.

7 Anhang

7.1 Plausibilisierung der berechneten Zuflussdaten

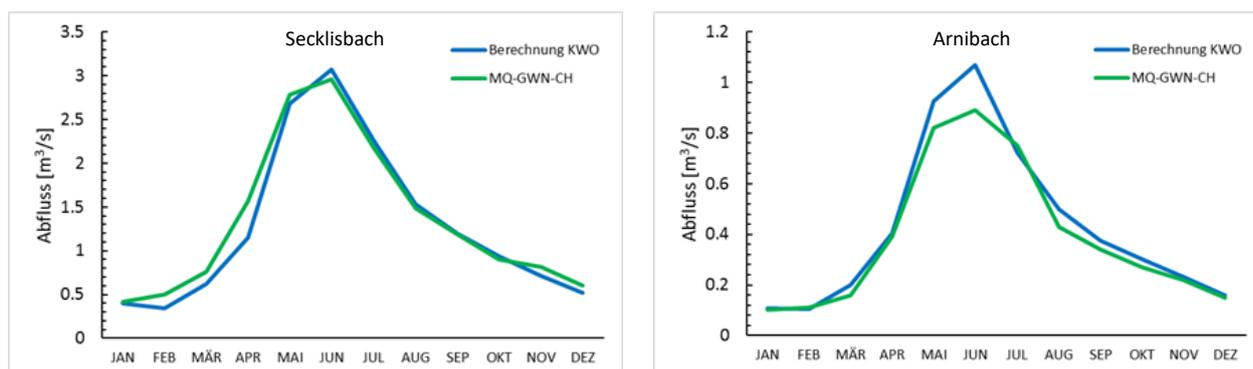
Die Plausibilisierung der Zuflussdaten erfolgte anhand voneinander unabhängiger Vergleichsansätzen²⁶.

Vergleich der berechneten Abflüsse mit modellierten Abflüssen

Die berechneten Abflüsse für ausgewählte mittelgrosse hydrologische Einzugsgebiete wurden anhand des Datensatzes MQ-GWN-CH²⁷ (BAFU 2013) plausibilisiert. Bei diesem Vergleich wurden die modellierten Abflüsse auf Basis von Monatsmittelwerten überprüft.

Der Vergleich zeigte grundsätzlich, dass die berechneten Monatsmittelabflüsse gut mit den Werten von MQ-GWN-CH übereinstimmen. In Abbildung 22 sind die Ergebnisse für den Secklisbach und den Arnibach dargestellt. Für den Secklisbach wurden nur sehr geringe Differenzen festgestellt, primär in den Monaten Februar bis April. Beim Arnibach traten die grössten Differenzen in den Monaten Mai und Juni (Schneesmelze) auf, aber auch bei diesem Gewässer wurde das Regime grundsätzlich identisch abgebildet. Die Resultate dieses Vergleichs zeigen, dass die Berechnungen plausible Resultate hinsichtlich dem Jahresverlauf der Abflüsse liefern.

Abbildung 22: Vergleich der berechneten Monatsmittelabflüsse mit den modellierten Abflüssen von MQ-GWN-CH für den Secklisbach und den Arnibach.



Vergleich von flächengewichteten Abflussspenden mit der gemessenen Abflussspende der Engelbergeraa

Die berechneten Abflüsse der für den Abfluss der Engelbergeraa massgebenden Gewässer wurden anhand von effektiven Messwerten im Einzugsgebiet der Engelbergeraa plausibilisiert. Für die Engelbergeraa besteht in Buochs eine langjährige Abflussmessreihe. Anhand dieser konnten der Jahresmittelabfluss und dessen Schwankungsbereich für die Gegenwart (1980-2009) bestimmt und daraus die Abflussspende berechnet werden (Abfluss dividiert durch Fläche). Zahlreiche Gewässer entwässern in die Engelbergeraa und tragen somit zu diesem gemessenen Jahresmittelabfluss bei. Für diese Gewässer konnte eine flächengewichtete Abflussspende berechnet werden. Die Plausibilisierung erfolgte durch den Vergleich der gemessenen Abflussspende mit der berechneten Abflussspende der massgebenden Gewässer.

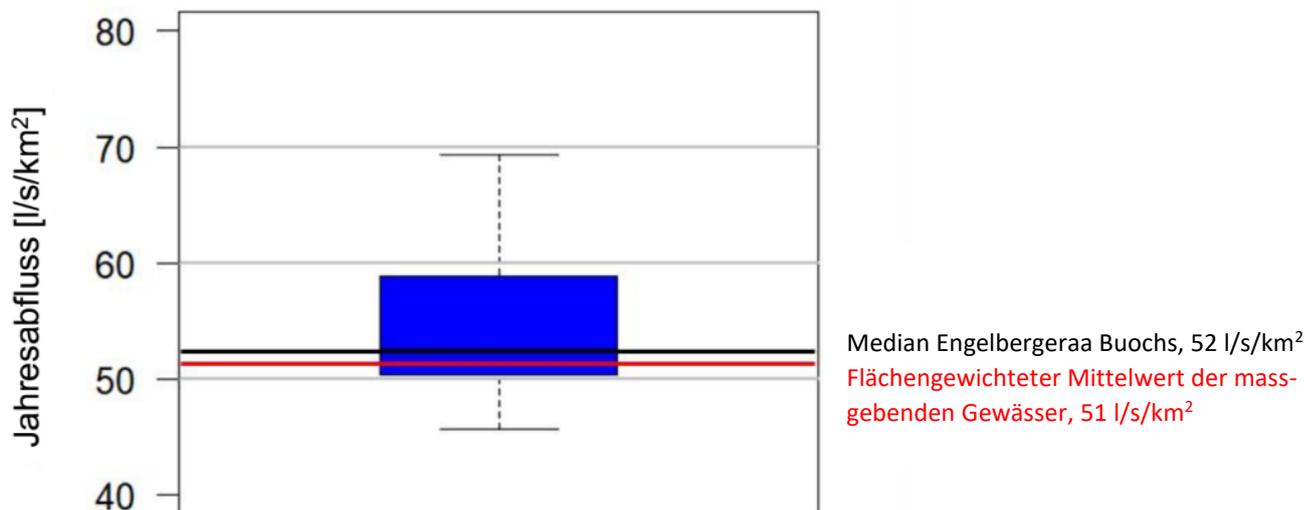
Die Engelbergeraa bei Buochs weist eine Einzugsgebietsfläche von 228 km² auf. Der gemessene Jahresmittelabfluss in der Periode 1980-2009 lag bei 52 l/s/km² (Medianwert, vgl. Abbildung 23). Der Schwankungsbereich der jährlichen Abflussspende lag in der untersuchten Periode zwischen rund 46 l/s/km² und 69 l/s/km². Rund 30 der bewerteten Gewässer mit einer Gesamteinzugsgebietsfläche von rund 112 km² liegen innerhalb des Einzugsgebiets der Engelbergeraa. Der flächengewichtete Mittelwert der berechneten Jahresabflüsse der massgebenden Gewässer liegt bei 51 l/s/km². Die Abweichung von 1 l/s/km² zwischen dem gemessenen und

²⁶ Die Plausibilisierung erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Rolf Weingartner, ecosfera GmbH.

²⁷ Mittlere simulierte natürliche jährliche und monatliche Abflüsse (MQ) und Abflussregimetypen für die mittelgrossen Gewässer des Gewässernetzes (GWN) der Schweiz (CH), BAFU (2013): Datensatz MQ-GWN-CH – Produktdokumentation, Bundesamt für Umwelt, Abteilung Wasser, Bern.

dem berechneten Jahresabfluss ist sehr gering. Entsprechend kann festgehalten werden, dass die berechneten Abflüsse der Gewässer die hydrologischen Bedingungen im Einzugsgebiet der Engelbergeraa gut abbilden und plausibel sind.

Abbildung 23: Vergleich der jährlichen Abflussspende der Engelbergeraa bei Buochs (1980-2009) mit dem Durchschnitt der berechneten Abflussspenden der für den Abfluss der Engelbergeraa massgebenden Gewässer.²⁸



Analyse der regimetyptischen Abflussspenden

Die regimetyptischen Abflussspenden der relevanten Gewässer wurden anhand einer Experteneinschätzung (durch den Vergleich mit den theoretischen Erwartungswerten nach der Regimetheorie) analysiert. Die Einzugsgebiete der relevanten Gewässer wurden gemäss ihrem hydrologischen Regimetypt klassiert und die mittlere jährliche Abflussspende jedes Gebiets wurde berechnet.

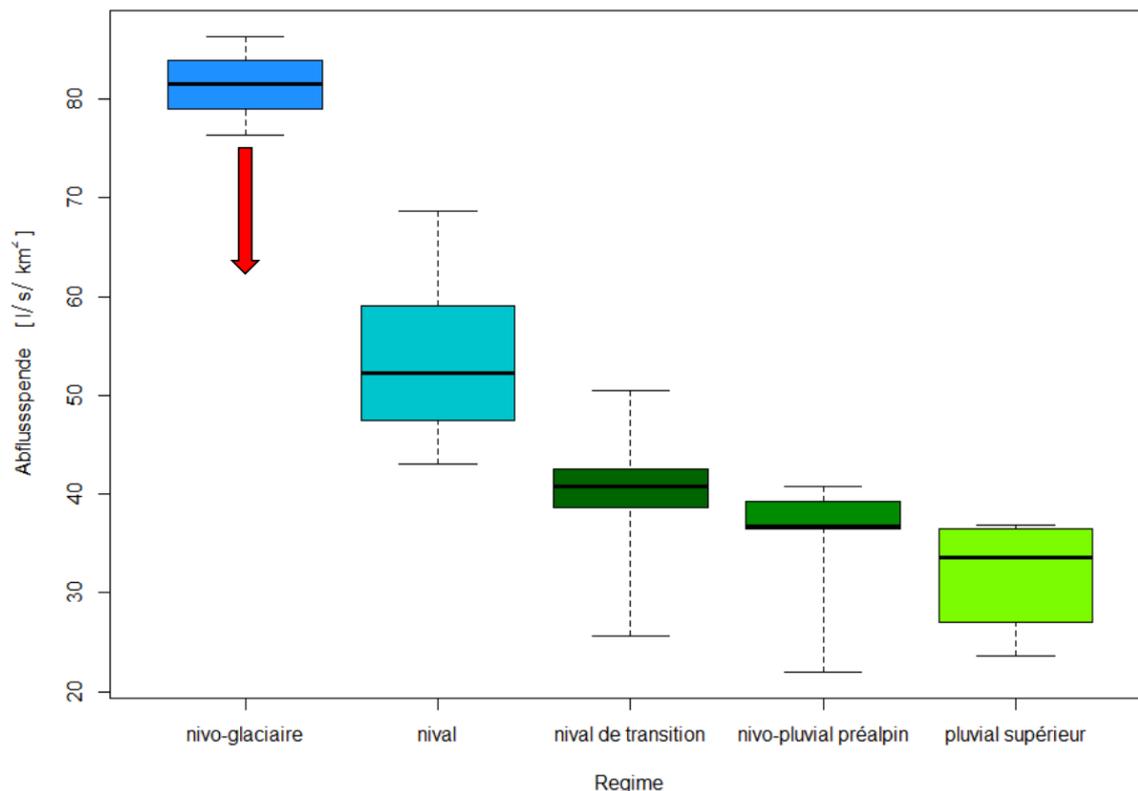
In Abbildung 24 sind die Abflussspenden aller untersuchten Gewässer nach Abflussregime²⁹ dargestellt. Erwartungsgemäss weisen die Gebiete mit Vergletscherung (nivo-glaciaire) die höchsten Abflussspenden auf. In den Gebieten ohne Vergletscherung nimmt der Median der Abflussspende mit abnehmender Höhenlage ab. Die Abflussspenden der schneedominierten Einzugsgebiete (nival und nival de transition) sind höher als die Abflussspenden der niederschlagsdominierten Einzugsgebiete (nivo-pluvial und pluvial supérieur).

Der Vergleich mit der Regimetheorie zeigt, dass grundsätzlich die Abflussspenden plausibel berechnet wurden und die Einzugsgebiete der Gewässer repräsentativ abbilden. Die Abflussspende der Gewässer mit dem Regimetypt nivo-glaciaire war hingegen im Vergleich zum Erwartungswert deutlich zu hoch. Dies betrifft die Einzugsgebiete des Trübseebaches und des Trübenbaches. Für diese Einzugsgebiete war eine Korrektur notwendig (vgl. nachfolgend).

²⁸ Aufbau Boxplot: Median = schwarze Trennlinie in blauer Box, 75 % Perzentil = Oberkante der blauen Box, 25 % Perzentil = Unterkante der blauen Box, Maximum = oberer Whisker, Minimum = unterer Whisker

²⁹ Weingartner & Aschwanden, Hydrologischer Atlas der Schweiz, 1992, Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses, Druckausgabe, Tafel 5.2

Abbildung 24: Abflussspenden der Einzugsgebiete der untersuchten Gewässer klassiert nach Regimetypen

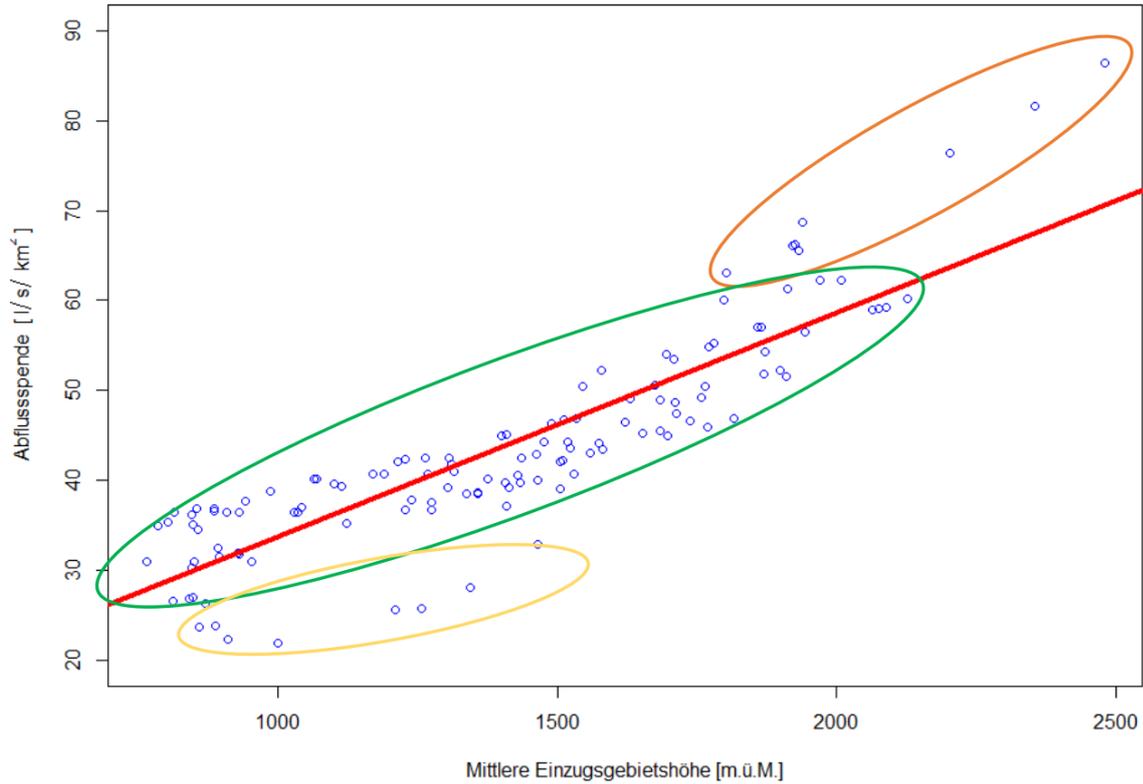


Analyse des Höhengradientes der Abflussspende

Für die untersuchten Gewässer wurde der Höhengradient der Abflussspende analysiert. Die mittlere Abflussspende eines Einzugsgebietes nimmt mit zunehmender Höhe des Einzugsgebietes zu³⁰. Für jedes Einzugsgebiet wurden die Abflussspenden und die mittlere Höhe des Einzugsgebietes berechnet und in Abbildung 25 dargestellt. Die durchschnittliche Zunahme der Abflussspende beträgt im Kanton Nidwalden rund 2.5 l/s/km² pro 100 Höhenmeter (rote Linie). Der grösste Teil der Einzugsgebiete liegt ziemlich nahe an der roten Linie (grüner Kreis) und weist über alle Höhenstufen eine ähnliche Streuung um die rote Linie auf. Dies weist darauf hin, dass der Jahresabfluss dieser Gebiete massgeblich vom Jahresniederschlag abhängt, der mit der Höhe zunimmt. Acht Einzugsgebiete weisen deutlich tiefere Abflussspenden auf (gelber Kreis) und weichen deutlich von der roten Linie ab. Dies sind die Einzugsgebiete des Steinibaches und Mühlebaches in Hergiswil. Gemäss dem hydrologischen Atlas der Schweiz gehört die Region Hergiswil zum trockensten Bereich im Kanton Nidwalden. Dadurch kann die Abweichung erklärt werden. Die berechneten Abflussspenden von minimal 22 l/s/km² sind jedoch in einem schweizweiten Vergleich plausibel und es wurde daher auf eine Korrektur verzichtet. Weitere acht Einzugsgebiete weisen deutlich höhere Abflussspenden auf (oranger Kreis) und weichen deutlich von der roten Linie ab. Dies sind die Einzugsgebiete des Trübseebaches und Trübenbaches. Diese beiden Einzugsgebiete sind im Gegensatz zu den restlichen Einzugsgebieten vergletschert und bringen überproportional viel Wasser. Deren berechnete Abflussspenden von bis zu 80 l/s/km² sind jedoch in einem schweizweiten Vergleich deutlich zu hoch und wurden reduziert (vgl. nachfolgend).

³⁰ Weingartner & Aschwanden, Hydrologischer Atlas der Schweiz, 1992, Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses, Druckausgabe, Tafel 5.2

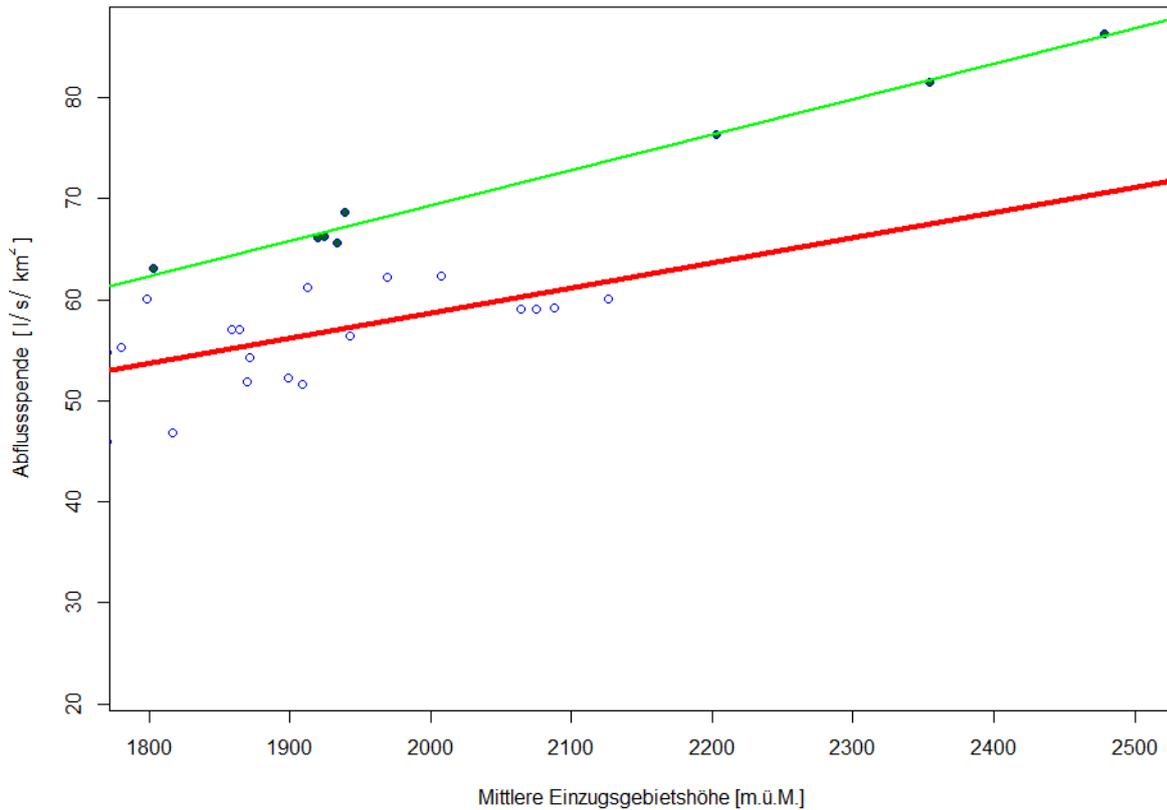
Abbildung 25: Streudiagramm der berechneten Abflussspenden in Abhängigkeit der mittleren Einzugsgebietshöhe.



Korrekturansatz für die Einzugsgebiete mit dem Regimetyp nivo-glaciaire

Die Resultate der vorhergehenden beiden Ansätze zeigen, dass eine Korrektur der Abflusswerte für die Einzugsgebiete des Regimetyps nivo-glaciaire notwendig war. Dies betrifft die Einzugsgebiete des Trübseebaches und Trübenbaches (insgesamt acht Teileinzugsgebiete mit Abflussspenden von $63\text{--}86 \text{ l/s/km}^2$). In der Abbildung 26 ist die Zunahme der Abflussspende in Abhängigkeit der Höhenlage der Einzugsgebiete dargestellt. Für die zu korrigierenden Einzugsgebiete beträgt die Zunahme der Abflussspende rund 3.5 l/s/km^2 pro 100 Höhenmeter (grüne Linie) anstatt die üblichen 2.5 l/s/km^2 (rote Linie).

Abbildung 26: Streudiagramm der berechneten Abflusspenden und der mittleren Einzugsgebietshöhe. Die rote Linie zeigt die Zunahme der Abflusspende in Abhängigkeit der Höhenlage für repräsentative Gewässer. Die grüne Linie zeigt die Zunahme für die zu korrigierenden vergletscherten Einzugsgebiete.

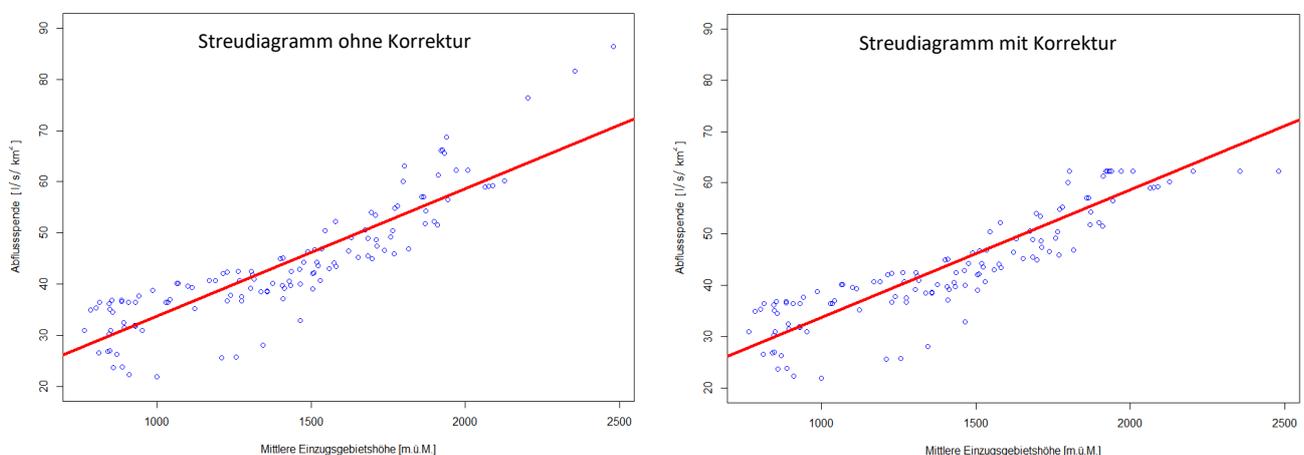


Die Korrektur erfolgte durch die Multiplikation der Abflusspenden der betroffenen Einzugsgebiete mit dem Korrekturfaktor k , der wie folgt berechnet wurde:

$$k = \frac{2.5 \text{ l/s/km}^2}{\left(\frac{2.5 \text{ l/s/km}^2 + 3.5 \text{ l/s/km}^2}{2}\right)} = 0.83$$

Der Korrekturfaktor wurde anhand der unterschiedlichen Gradienten der Zunahme der Abflusspende in Abhängigkeit der Höhenlage berechnet. Die Resultate der Korrektur sind in der Abbildung 27 dargestellt. Mit der Korrektur ergeben sich plausible Werte, die Ausreisser liegen nun um die rote Linie.

Abbildung 27: Darstellung der Resultate der Korrektur anhand von Streudiagrammen.



7.2 Sensitivitätsanalyse

Um die Sensitivität der Bewertung des Teils Wasserkraft zu quantifizieren, wurden die Gewichtungsfaktoren je Nutzungs- und Schutzkriterium gemäss Tabelle 54 variiert.

Tabelle 54: Szenarien für die Sensitivitätsanalyse.

- Gewichtung gemäss Ausgangsbewertung (Szenario 0)
 Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse veränderte Gewichtung

Sze- nario	Jahres- Produktion %	Winter- Produktion %	Flexi- bilität %	Bestehende Nutzung %	Wertvoller Lebensraum %	Biotop- schutz %	Gewässer- morphologie %	Naherholung & Landschaft %
0	20	35	10	35	25	25	25	25
1	40	20	20	20	25	25	25	25
2	20	40	20	20	25	25	25	25
3	20	20	40	20	25	25	25	25
4	20	20	20	40	25	25	25	25
5	70	10	10	10	25	25	25	25
6	10	70	10	10	25	25	25	25
7	10	10	70	10	25	25	25	25
8	10	10	10	70	25	25	25	25
9	20	35	10	35	40	20	20	20
10	20	35	10	35	20	40	20	20
11	20	35	10	35	20	20	40	20
12	20	35	10	35	20	20	20	40
13	20	35	10	35	70	10	10	10
14	20	35	10	35	10	70	10	10
15	20	35	10	35	10	10	70	10
16	20	35	10	35	10	10	10	70

Erklärung Box-Plot

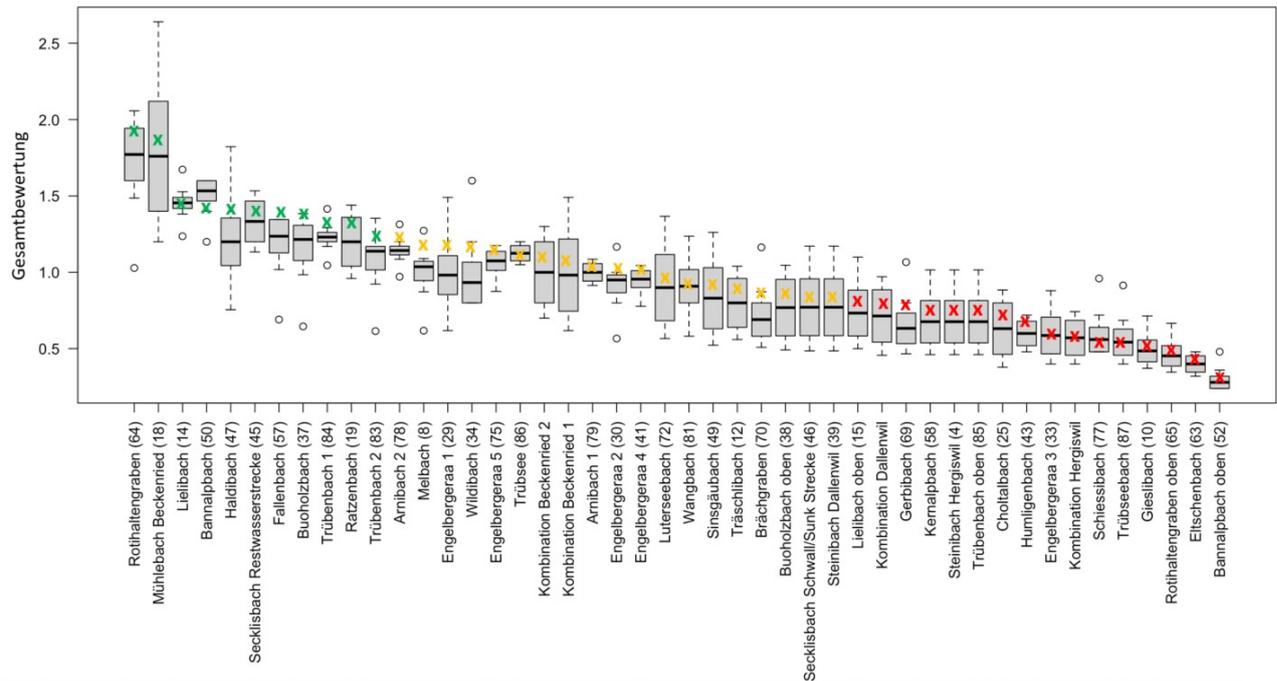
In den grauen Boxen sind jeweils 50 Prozent der Szenarien enthalten, in der Regel sind dies die Szenarien 1-4, resp. 9-12, wo die Gewichtungsfaktoren nicht so stark variiert werden wie in den Szenarien 5-8, resp. 13-16. Die Länge der gestrichelten Linie richtet sich nach der Verteilung der Daten, resp. dem sogenannten Interquartilsabstand³¹. Bei einer eher engen Verteilung der Werte geben die Endpunkte der gestrichelten Linien das Minimum und das Maximum des Wertebereichs an und zeigen damit die Spannweite an. Bei Verteilungen mit einer grossen Streuung, bei denen Werte mit einer grossen Differenz zur Box auftreten, geben die Endpunkte der gestrichelten Linie nicht mehr das Minimum und/oder Maximum an. In diesen Fällen werden Extremwerte durch Kreise dargestellt.

³¹ Der Interquartilsabstand ist ein Streuungsmaß in der deskriptiven Statistik. Sortiert man eine Stichprobe der Größe nach, so gibt der Interquartilsabstand an, wie breit das Intervall ist, in dem die mittleren 50 Prozent der Stichprobeelemente liegen.

Sensitivität der Nutzung

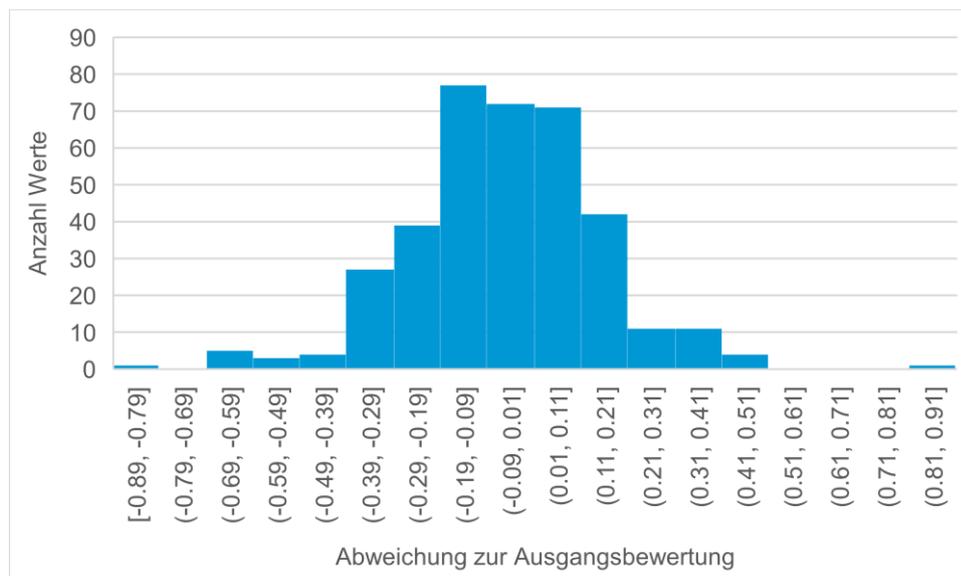
In Abbildung 28 sind die Ergebnisse der Szenarien dargestellt, bei denen die Nutzungskriterien variiert wurden (Szenarien 1-8). Bei fast allen Gewässerabschnitten variieren die grauen Boxen nur geringfügig mit Werten zwischen 0.1 und 0.4. Die Boxen der Gewässerabschnitte der Nutzungsklasse liegen alle oberhalb von 1.0, d.h. in diesen Fällen überwiegt nach wie vor die Nutzung. Gleiches gilt sinngemäss für die Gewässerabschnitte der Schutzklasse: hier liegen alle Boxen unterhalb von 1.0, d.h. der Schutz überwiegt. Verglichen mit der Ausgangsbewertung (Szenario 0) schneiden die Bewertungen bei den Szenarien 1-8 tendenziell etwas schlechter ab, vor allem bei den Gewässerabschnitten der Nutzungsklasse.

Abbildung 28: Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Nutzungskriterien (Szenarien 1-8). Die Kreuze stellen die Ausgangsbewertung dar (Szenario 0).



Werden die Gewichtungsfaktoren der Nutzungskriterien variiert (Szenarien 1-8), fallen die Bewertungen tendenziell etwas schlechter aus als bei der Ausgangsbewertung (Abbildung 29). Rund 80 Prozent der Abweichungen liegen jedoch im Bereich zwischen -0.2 und +0.2 und zeigen somit nur eine geringe Sensitivität.

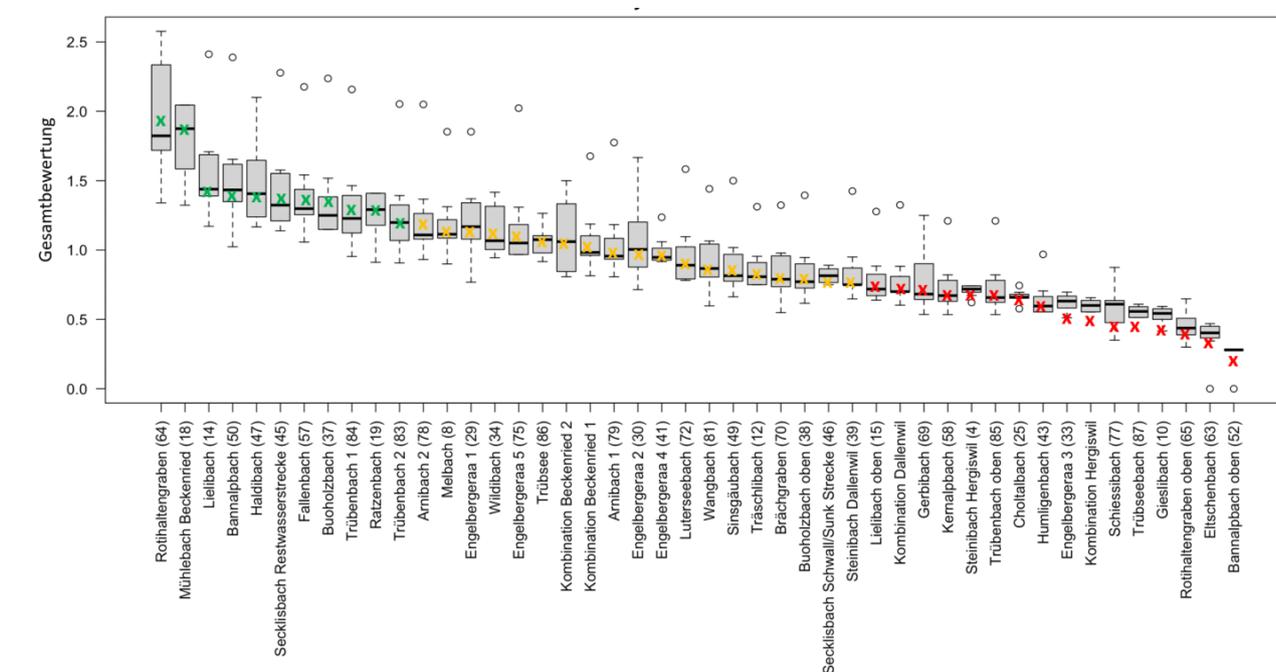
Abbildung 29: Häufigkeitsverteilung der Abweichungen der Bewertungen (Szenarien 1-8) gegenüber der Ausgangsbewertung (Szenario 0) bei einer Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Nutzungskriterien.



Sensitivität des Schutzes

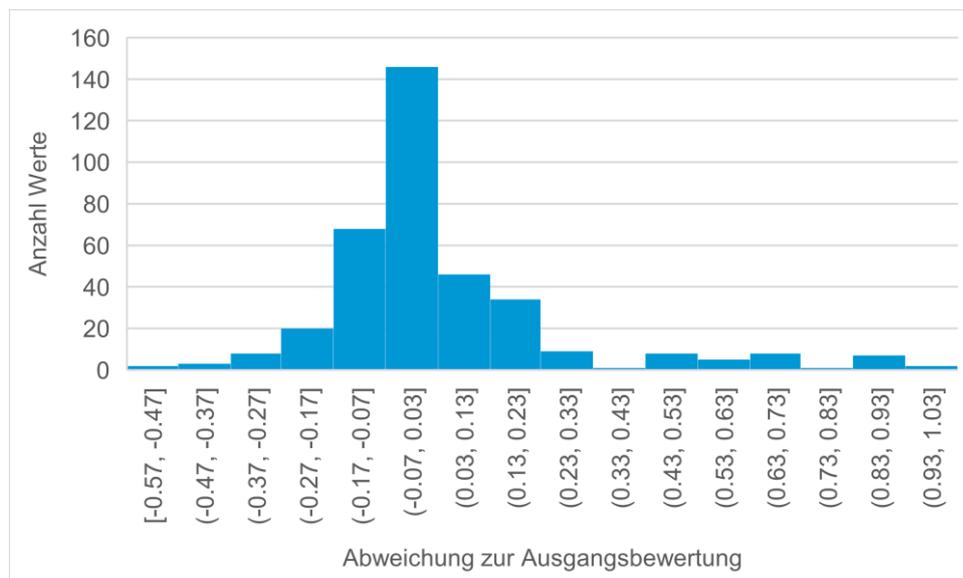
In Abbildung 30 sind die Ergebnisse der Szenarien dargestellt, bei denen die Schutzkriterien variiert wurden (Szenarien 9-16). Die Sensitivität liegt in einem vergleichbaren Rahmen wie bei der Nutzung. Auch hier liegen die Boxen der Gewässerabschnitte der Nutzungsklasse resp. der Schutzklasse jeweils oberhalb resp. unterhalb von 1.0. Verglichen mit der Ausgangsbewertung (Szenario 0) schneiden die Bewertungen bei den Szenarien 9-16 tendenziell etwas besser ab, vor allem bei den Gewässerabschnitten der Schutzklasse.

Abbildung 30: Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Schutzkriterien (Szenarien 9-16). Die Kreuze stellen die Ausgangsbewertung dar (Szenario 0).



Werden die Gewichtungsfaktoren der Schutzkriterien variiert, liegen rund 80 Prozent der Bewertungen der Szenarien 9-16 im Bereich zwischen -0.2 und +0.2 (Abbildung 31). Grössere Abweichungen treten tendenziell im Bereich über 0.2 auf. In diesen Fällen würde die Anpassung der Gewichtungsfaktoren zu einer Verbesserung der Gesamtbewertung führen.

Abbildung 31: Häufigkeitsverteilung der Abweichungen der Bewertungen (Szenarien 9-16) gegenüber der Ausgangsbewertung (Szenario 0) bei einer Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Schutzkriterien.



Sensitivität der Gesamtbewertung

Abbildung 32 zeigt die Variabilität der Gesamtbewertung für alle 16 Szenarien. Hinsichtlich des Streubereichs ergibt sich ein vergleichbares Bild wie bei den Sensitivitäten von Nutzung und Schutz. Bei den ersten 11 Gewässerabschnitten überwiegt gemäss der Ausgangsbewertung die Nutzung. Für diese Gewässerabschnitte liegen alle grauen Boxen und somit die Hälfte der Szenarien stets oberhalb 1.0, d.h. sofern die Gewichtungsfaktoren nicht extrem verändert werden, überwiegt nach wie vor die Nutzung. Allerdings kann es bei vereinzelten Szenarien zu einer Verschiebung in die mittlere Klasse kommen. Werte unter 0.8 und somit eine Überwiegung des Schutzes treten nur ganz vereinzelt auf (extreme Ausreisser).

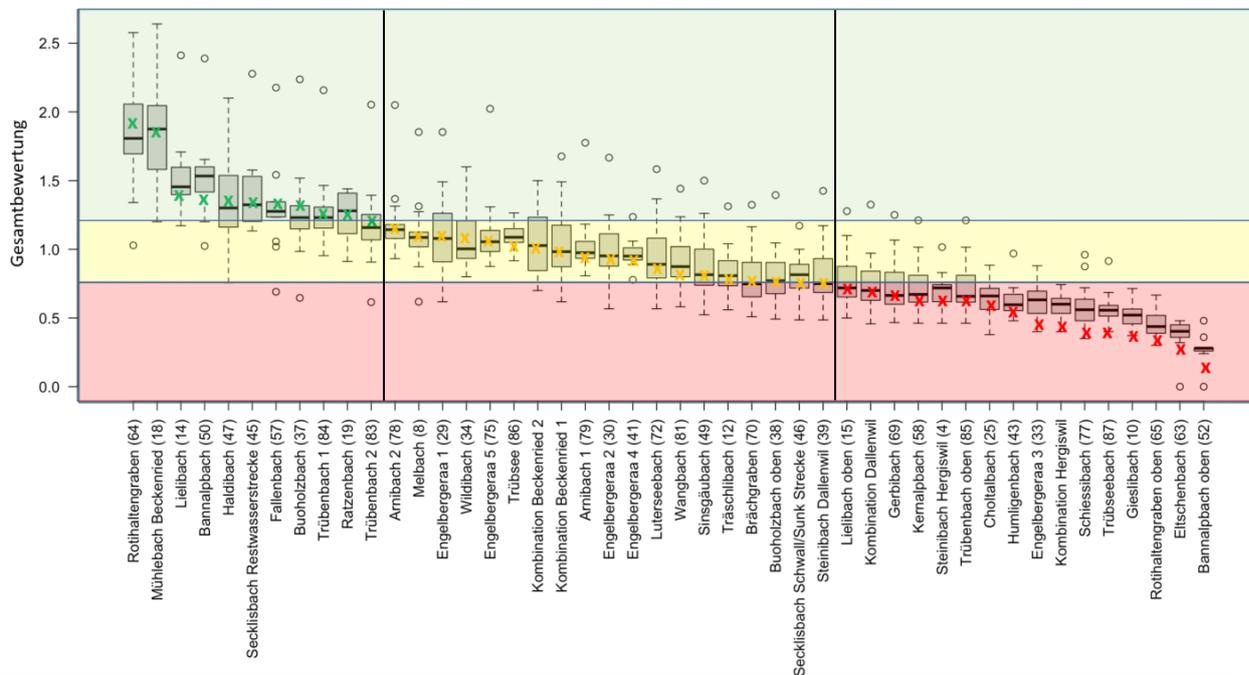
Die Gewässerabschnitte 12 bis 30 wurden mit der mittleren Klasse bewertet (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2). Hier befinden sich die grauen Boxen bis auf wenige Ausnahmen im Bereich zwischen 0.8 und 1.2. Werden auch die Szenarien ausserhalb der Boxen berücksichtigt, zeigen sich auch Klassenwechsel in die beiden anderen Klassen. Gewässer auf der linken Seite tendieren eher in die Nutzungsklasse und Gewässer auf der rechten Seite eher in die Schutzklasse. Dies ist auf die gewählte Reihenfolge der Gewässerabschnitte zurückzuführen, bei der die Gesamtbewertung von links nach rechts kontinuierlich abnimmt.

Bei den restlichen 16 Gewässerabschnitten überwiegt gemäss der Ausgangsbewertung der Schutz. Bei diesen Gewässerabschnitten erreicht keine Box den Wert 1.0, d.h. für die Mehrzahl der Szenarien überwiegt nach wie vor der Schutz. In fünf Fällen ragen die Boxen in den Bereich oberhalb von 0.8, womit eine Verschiebung in die mittlere Klasse erreicht würde. Eine Verschiebung zur Nutzungsklasse ist nur bei sehr wenigen Ausreissern zu beobachten.

Die Gewässerabschnitte der Nutzungsklasse und der mittleren Klasse zeigen für die verschiedenen Szenarien keinen Trend, d.h. die Sensitivität der Bewertungen erfolgt etwa gleichmässig nach oben (höhere Bewertung) und nach unten (tiefere Bewertung). Bei den Gewässerabschnitten der Schutzklasse ergeben die Szenarien grösstenteils eine höhere Bewertung.

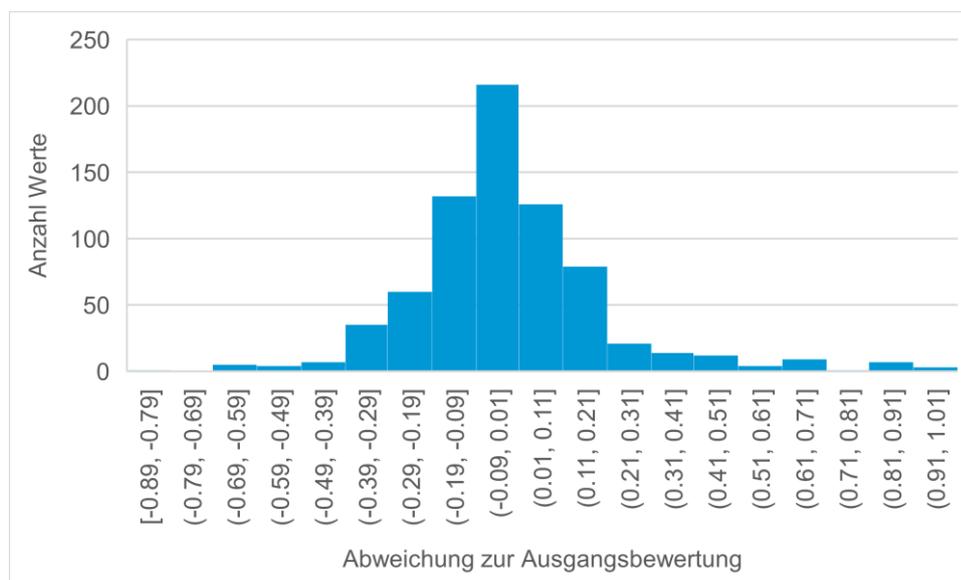
Abbildung 32: Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bei Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Nutzungs- und Schutzkriterien (Szenarien 1-16). Die Kreuze stellen die Ausgangsbewertung dar (Szenario 0).

- Nutzung überwiegt Schutz deutlich, Wasserkraftprojekte im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben möglich (Gesamtbewertung über 1.2)
- Nutzung und Schutz liegen nahe beieinander, individuelle projektbezogene Beurteilung notwendig (Gesamtbewertung zwischen 0.8 und 1.2)
- Schutz überwiegt Nutzung deutlich, Wasserkraftprojekte nicht möglich (Gesamtbewertung unter 0.8)



Die Veränderung aller Gewichtungsfaktoren (Szenarien 1-16) ist in Abbildung 33 dargestellt. Hier zeigt sich eine symmetrische Verteilung mit der Form einer Normalverteilung. Rund 80 Prozent der Abweichungen liegen im Bereich zwischen -0.2 und +0.2, zeigen also nur eine geringe Sensitivität. Eine Tendenz, ob die Variationen der Gewichtungsfaktoren zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der Gesamtbewertung führen, liegt demnach nicht vor.

Abbildung 33: Häufigkeitsverteilung der Abweichungen der Bewertungen (Szenarien 1-16) gegenüber der Ausgangsbewertung (Szenario 0) bei einer Veränderung der Gewichtungsfaktoren der Nutzungs- und Schutzkriterien.



Fazit

Grundsätzlich wurden mit den Szenarien die Gewichtungsfaktoren stark (Szenarien 1-4 und 9-12) und sehr stark (Szenarien 5-8 und 13-16) variiert. Trotz dieser starken Variationen können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Bei der überwiegenden Mehrheit der Szenarien ist lediglich eine geringe Sensitivität zu beobachten.
- Insgesamt liegt, über alle 16 Szenarien betrachtet, keine Tendenz für eine Verbesserung oder Verschlechterung gegenüber der Ausgangsbewertung vor.
- Insgesamt sind die Ergebnisse somit robust, eindeutig und plausibel.