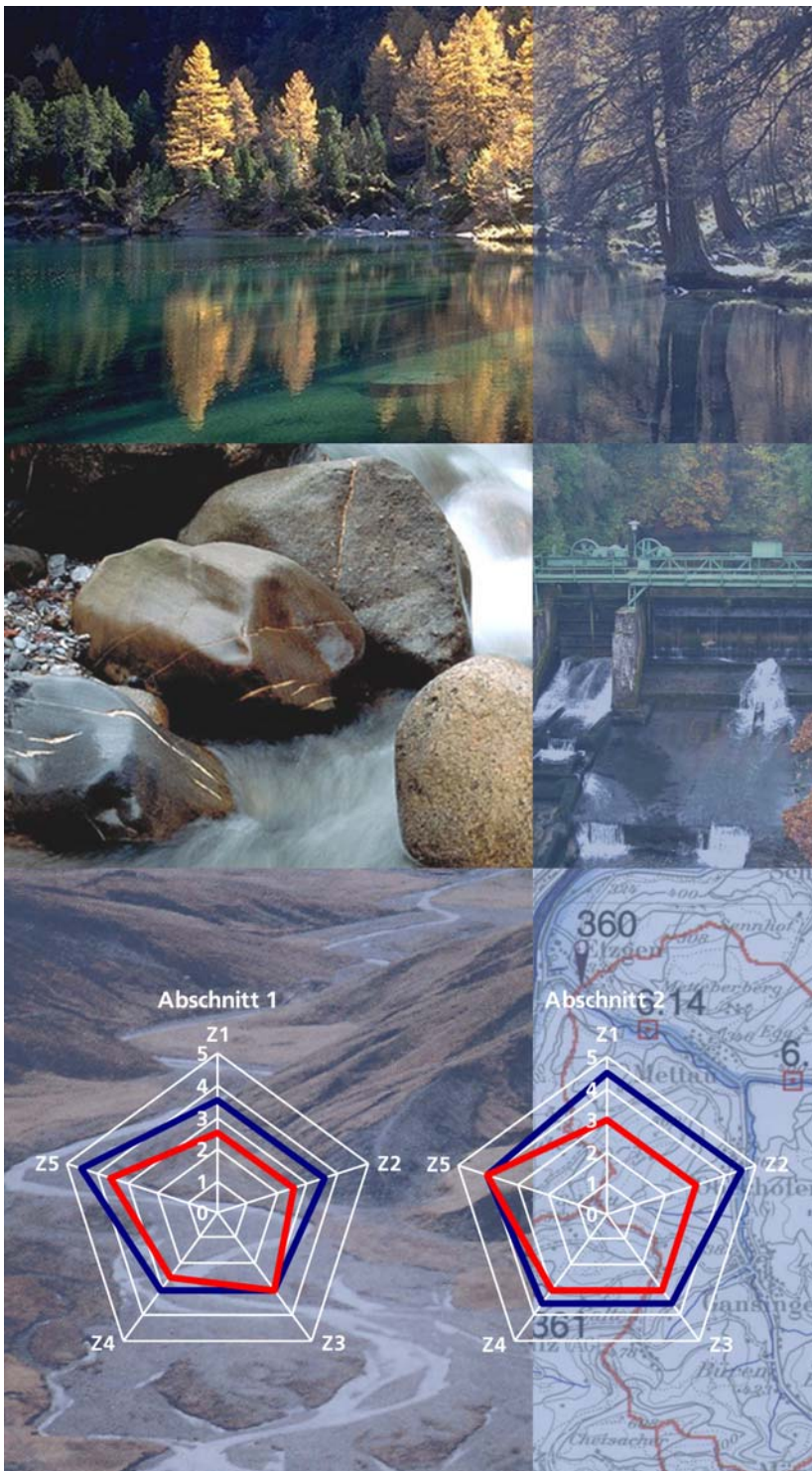


# Ausnahmen von den Mindestrestwassermengen im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung (Art. 32 Bst. c GschG)

Methodik für die Begründung, weshalb die vorgeschlagenen Massnahmen einen genügenden Ausgleich für tiefere Mindestrestwassermengen darstellen

Schlussbericht vom Januar 2005



**Auftraggeber** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)  
Abteilung Gewässerschutz  
3003 Bern

**Verfasser** Ernst Basler + Partner AG  
Zollikerstrasse 65  
8702 Zollikon  
Tel.: 01 395 11 11  
Fax: 01 395 12 34

Mit Beiträgen von Limnex AG, Zürich  
und Sigmoplan, Bern

Zollikon, den 31. Januar 2005

PFA/ZYA/HU/CD

Q:\200146\Phase\_1a+2\Berichte\Schlussbericht\_Februar 2005.doc

### **Stellenwert des Berichtes und Adressaten**

Der vorliegende Bericht ist Resultat einer vom BUWAL in Auftrag gegebenen Expertenarbeit. Er richtet sich primär an die Kraftwerkgesellschaften, welche im Rahmen einer neuen Konzession oder einer Konzessionserneuerung eine Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) gemäss Art. 32 Bst. c GSchG erarbeiten wollen, sowie an die kantonalen Fachstellen, welche die SNP beurteilen müssen.

Die hier vorgeschlagene Methodik für den gesetzlich geforderten Nachweis, weshalb die vorgeschlagenen Massnahmen einen genügenden Ausgleich für die tieferen Mindestrestwassermengen darstellen, soll den Gesuchstellern erlauben, dem Bundesrat eine genehmigungsfähige Planung einzureichen.

Die Methodik wird in einem nächsten Schritt anhand konkreter Fallbeispiele unter Begleitung einer Arbeitsgruppe mit Vertretern der Kantone und der betroffenen Kraftwerksgesellschaften getestet, verbessert und anschliessend als Leitfaden des BUWAL publiziert werden. Die an einer Mitarbeit interessierten Kantone und Kraftwerksgesellschaften melden sich bitte bei: **BUWAL, Abt. Gewässerschutz, R. Estoppey, Tel. 031 322 68 78 oder D. Devanthy, Tel. 031 323 03 52.**

### **Valeur et destinataires du rapport**

Le présent rapport résulte d'une étude réalisée par des experts, sur mandat de l'OFEFP. Il est destiné en premier lieu aux sociétés hydroélectriques qui veulent élaborer un plan de protection et d'utilisation des eaux (PPUE) selon l'art. 32, let. c, LEaux, dans le cadre de l'attribution ou du renouvellement d'une concession, ainsi qu'aux services cantonaux chargés d'évaluer les PPUE.

La méthode proposée permet de fournir la preuve, requise par la loi, que les mesures prévues suffisent à compenser la réduction du débit résiduel minimal. Les requérants pourront ainsi soumettre au Conseil fédéral des plans susceptibles d'être approuvés.

Cette méthode doit maintenant être testée à l'aide d'exemples concrets, dans le cadre d'un groupe de travail réunissant des représentants des cantons et des sociétés hydroélectriques concernées. Elle sera ensuite affinée et publiée par l'OFEFP comme aide à l'exécution. Les sociétés hydroélectriques et les cantons intéressés peuvent s'adresser à: **OFEFP, Division Protection des eaux, R. Estoppey, Tel. 031 322 68 78 ou D. Devanthy, Tel. 031 323 03 52.**



# Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung.....	I
	Résumé.....	II
1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangslage .....	1
1.2	Zielsetzung und Abgrenzung .....	1
1.3	Gliederung des Berichtes.....	2
2	Beurteilungsmethodik.....	3
2.1	Generelles Vorgehen .....	3
2.2	Charakterisierung des Systems .....	7
2.3	Bewertung der Auswirkungen pro Gewässerabschnitt .....	11
2.4	Differenzierte Gesamtbilanz über den SNP-Perimeter .....	16
3	Fiktives Fallbeispiel .....	19
3.1	Situationsbeschreibung.....	19
3.2	Beurteilungsschritte.....	20
4	Quellenverzeichnis .....	27

## Anhang

A	Indikatoren und Nutzenfunktionen	
---	----------------------------------	--



## Zusammenfassung

Die Kantone können nach Art. 32 Bst. c GSchG Ausnahmen von den Mindestrestwassermengen gewähren. Voraussetzung dafür ist, dass im Rahmen einer vom Bundesrat zu genehmigenden Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) ein ökologischer Ausgleich durch geeignete Massnahmen im gleichen Gebiet stattfindet.

Im vorliegenden Dokument wird ausgehend von den gesetzlichen Vorgaben eine Methodik dargelegt, zur Begründung, dass die vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen zu der verlangten ausgeglichenen ökologischen Bilanz führen. Angestrebt wird ein Instrument, das eine möglichst einheitliche Beurteilung der verschiedenen Gesuche ermöglicht, bei gleichzeitiger Wahrung des Spielraums für die Beurteilung des Einzelfalles und die Berücksichtigung der Vielfalt der Fliessgewässer und der davon abhängigen Biotope.

Die drei wichtigsten Elemente der vorgeschlagenen Methodik umfassen: erstens, die Festlegung des für Ausgleichsmassnahmen zulässigen Perimeters und Einteilung der Gewässer in homogene Abschnitte; zweitens, die Bewertung der einzelnen Abschnitte basierend auf den gesetzlich verankerten Zielen mittels geeigneten Indikatoren; und drittens, die Gewichtung der Abschnitte und die Gesamtbewertung aller betroffenen Gewässer und Biotope, mit und ohne SNP. Ist die daraus resultierende ökologische Bilanz ausgeglichen oder positiv, kann die SNP genehmigt werden. Ist die Bilanz zu Ungunsten der Schutzaspekte der SNP unausgeglichen, sind im Rahmen der SNP zusätzliche Ausgleichsmassnahmen aufzuzeigen oder der Umfang der vorgesehenen Ausnahme muss reduziert werden.

Im vorliegenden Bericht ist zusätzlich zur oben beschriebenen Methodik auch eine mögliche Auswahl von Indikatoren und Ansätze für deren Bewertung zur Diskussion gestellt.

## Résumé

Les cantons peuvent selon l'art. 32, let. c, LEaux déroger aux débits résiduels minimaux. La condition est qu'il y ait une compensation écologique avec des mesures de protection appropriées dans la même zone. Ces informations doivent être fixées dans un plan de protection et d'utilisation des eaux (PPUE) soumis à l'approbation du Conseil fédéral.

Le présent document expose une méthode fondée sur les dispositions légales permettant de vérifier que les mesures de compensation prévues conduisent à un bilan écologique équilibré. L'objectif étant de mettre à disposition des intéressés un outil qui permette d'examiner les différentes requêtes de la manière la plus uniforme possible, tout en garantissant le maintien d'une certaine marge de manœuvre permettant de tenir compte du cas d'espèce et de la diversité des cours d'eau et des biotopes qui en dépendent.

Voici les trois éléments majeurs de la méthode générale proposée: d'abord fixer le périmètre admis pour les mesures de compensation et classer les eaux en tronçons homogènes; ensuite, évaluer les tronçons en fonction des objectifs inscrits dans la loi au moyen d'indicateurs appropriés; enfin, pondérer les tronçons et déterminer la valeur globale de l'ensemble des cours d'eau et biotopes concernés, avec et sans PPUE. Si le bilan écologique qui en résulte est équilibré, voire positif, le PPUE peut être approuvé. Si le bilan est déséquilibré aux dépens des aspects de protection, des mesures de compensation supplémentaires devront être proposées ou l'ampleur de la dérogation envisagée devra être réduite.

Le rapport présente en plus de la méthode générale décrite ci-dessus aussi un choix d'indicateurs et d'approches pour leur évaluation.



# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Im Gewässerschutzgesetz (GSchG) ist vorgeschrieben, dass bei der Wasserentnahme aus einem Fliessgewässer eine bestimmte, nach Art. 31 und 33 GSchG festzulegende Restwassermenge im Gewässer verbleiben muss. Im Rahmen der Ausnahmeregelungen gemäss Art. 32 Bst. c GSchG sind die Kantone allerdings befugt, die Restwassermengen tiefer anzusetzen.

Voraussetzung dafür ist, dass im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) ein entsprechender ökologischer Ausgleich durch geeignete Massnahmen im gleichen Gebiet stattfindet. Die Verminderung der Abflussmenge, das heisst die Mehrnutzung eines Fliessgewässers, muss ausgeglichen werden durch eine ökologische Aufwertung bzw. einen verbindlichen Mehrschutz. Solche Schutz- und Nutzungsplanungen bedürfen der Genehmigung des Bundesrates. Gegenwärtig existiert aber kein einheitliches Konzept darüber, wie der Nachweis einer ausgeglichenen ökologischen Bilanz zu erbringen ist – was die einheitliche Beurteilung der Gesuche erschwert.

## 1.2 Zielsetzung und Abgrenzung

Als verantwortliche Vollzugsbehörde möchte das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) eine konsistente und objektive Methodik zur Erarbeitung und Beurteilung von Gesuchen zur Verfügung stellen. Diese soll sich primär auf die Auslegung der Art. 29-36 des GSchG abstützen und auf einem Indikatoren- und Kriteriensatz zum Abwägen von Schutz- und Nutzungsansprüchen basieren.

In einer ersten Phase wurden dazu von der Abteilung Gewässerschutz und Fischerei des BUWAL drei Beratungsbüros mit der Erarbeitung von Konzeptskizzen beauftragt. Auf der Basis des Vorschlages der Ernst Basler + Partner AG (Generelle Methodik und Bericht) und Beiträgen der Limnex AG (Indikatoren und Nutzenfunktionen) sowie Sigmoplan AG (Korreferat) wurde nun die hier vorliegende Beurteilungsmethodik entwickelt. Der Bericht stellt in erster Linie eine Grundlage für die Diskussion der vorgeschlagenen Methodik und Indikatoren mit weiteren Bundesämtern, den Kantonen und Projektverfassern dar. Die Methodik soll in einem nächsten Schritt anhand von realen Fallbeispielen getestet und anschliessend aufgrund der gemachten Erfahrungen sowie anderer Rückmeldungen weiter verbessert werden.

Den Verfassern ist bewusst, dass die Beurteilung von Schutz- und Nutzungsansprüchen stark von lokalen Gegebenheiten abhängt und damit grundsätzlich fallweise angegangen werden muss. Nicht nur beeinflussen gewässertypische und anthropogene Faktoren die ökologische Relevanz einer Mehrnutzung oder von Ausgleichsmassnahmen, Kantone bzw. Regionen verfolgen zum Teil auch unterschiedliche Schutzprioritäten. Und schliesslich beinhaltet jede Beurteilung auch subjektive Elemente der beurteilenden Fachleute. Die Einführung eines nationalen „Standards“ im Rahmen der Beurteilung von Schutz- und Nutzungsplanungen muss deshalb Spielraum für eine individuelle, lebensraumbezogene Bewertung zulassen.

Aus diesem Grund ist die Beurteilungsmethodik nicht als Kochbuch zu verstehen, sondern als Beurteilungshilfe, welche für den Grossteil der Einzelfälle eine möglichst objektive und einheitliche Erarbeitung wie auch anschliessende Beurteilung einer SNP erlauben soll. Das vorliegende Dokument stellt dazu eine Diskussionsgrundlage dar.

### **1.3 Gliederung des Berichtes**

Der Bericht umfasst zwei weitere Kapitel, das Verzeichnis ausgewählter Literatur und den Anhang:

- Im Kapitel 2 wird die für den Nachweis einer ausgeglichenen ökologischen Bilanz vorgeschlagene Methodik zusammengefasst. Neben den zu beachtenden Grundsätzen und dem generellen Vorgehen werden insbesondere die einzelnen Beurteilungselemente – von der Festlegung des SNP-Perimeters über die Bewertung der Gewässerabschnitte bis hin zur Gesamtbilanz über den Perimeter – erläutert.
- Im Kapitel 3 ist die vorgeschlagene Beurteilungsmethodik anhand der einzelnen Elemente auf ein einfaches, fiktives Fallbeispiel angewandt und das Resultat der Bewertung beispielhaft interpretiert.
- Am Schluss des Berichtes befindet sich das Quellenverzeichnis, das die für die Erarbeitung der Methodik und Indikatoren hauptsächlich verwendeten Grundlagen auflistet.
- Im Anhang schliesslich sind mögliche Indikatoren für die Bewertung der Auswirkungen sowie die zu deren Quantifizierung benötigten Grundlagen dargelegt. Jeder einzelne Indikator wird kurz beschrieben, das Vorgehen für dessen Quantifizierung zusammengefasst sowie Ansätze bzw. Vorschläge für die Festlegung von Nutzenfunktionen präsentiert.

---

## 2 Beurteilungsmethodik

### 2.1 Generelles Vorgehen

#### 2.1.1 Grundsätze

Die für die Erarbeitung bzw. Beurteilung einer SNP zu beachtenden Aspekte wurden bereits in der BUWAL-Wegleitung zur Bestimmung der Restwassermengen [1] dargelegt. Die wichtigsten dort festgehaltenen Grundsätze können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die mehrgenutzten und die geschützten bzw. aufgewerteten Fliessgewässer müssen sich im gleichen Einzugsgebiet befinden und eine topographische und hydrologische Einheit bilden. Das Gebiet, in dem sich diese Fliessgewässer befinden, bildet den SNP-Perimeter.
- Die Ausgleichsmassnahmen müssen gemäss Art. 34 Abs. 3 GSchV dem Schutz der Gewässer oder der von ihnen abhängigen Lebensräume dienen. In erster Linie soll ein Ausgleich durch Verzicht auf Wassernutzungen angestrebt werden, insbesondere: durch Verzicht auf andere Wasserentnahmen, durch Erhöhung der Restwassermengen auf einer anderen Strecke oder in anderen genutzten Fliessgewässern. Weitere Massnahmen sind: Revitalisierung von verbauten Fliessgewässerstrecken oder die Aufwertung von Lebensräumen wie Auengebiete.
- Massnahmen, die gemäss Art. 31 und 33 GSchG sowie den weiteren Vorschriften des Bundes über den Schutz der Umwelt ohnehin erforderlich sind, gelten nicht als Ausgleich (z.B. der Verzicht auf die Nutzung eines in einem Inventar aufgeführten und durch dessen Schutzziel geschützten Fliessgewässers).
- Im Rahmen eines Ausgleichs dürfen gemäss Art. 33 Abs. 3 Bst. b GSchG Fischgewässer nicht gänzlich trockengelegt werden. Die Funktion als Fischgewässer muss erhalten bleiben.
- Der Kongruenz der Massnahmen ist Rechnung zu tragen. Demzufolge kann beispielsweise die Mehrnutzung eines Fischgewässers kaum durch einen Mehrschutz eines Nichtfischgewässers ausgeglichen werden. Ebenso kann eine Mehrnutzung eines Fliessgewässers kaum mit dem Schutz von stehenden Gewässern kompensiert werden.

Überdies gilt es den Grundsatz festzuhalten, dass für die Beurteilung zwei verschiedene Gewässerzustände einander gegenübergestellt werden müssen: der Zustand, der sich auf die gemäss Art. 31-33 GSchG (ohne Art. 32 Bst. c) festgelegten Restwassermengen bezieht, ist dem Zustand mit der im Rahmen der SNP angestrebten Unterschreitung dieser Restwassermengen und den vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen gegenüber zu stellen. Die vor-

---

gesehenen Ausgleichsmassnahmen müssen für die Dauer der Konzession verbindlich unter Schutz gestellt werden.

### 2.1.2 Beurteilungselemente

Im Vordergrund der Beurteilung einer SNP steht die Frage, ob die vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen unter Berücksichtigung der formulierten Grundsätze und gesetzlichen Vorgaben zu der verlangten ausgeglichenen ökologischen Bilanz führen. Zur Beantwortung dieser Frage muss das zu beurteilende System definiert und charakterisiert, die ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Gewässerzustände bewertet und in einer Gesamtbilanz analysiert werden.

Die wichtigsten Bearbeitungsschritte und Beurteilungselemente einer SNP können wie folgt zusammenfasst werden:

1. Charakterisierung des Systems: Ausgehend von der geplanten oder bereits bestehenden Entnahme werden die durch die Mehrnutzung beeinflussten Gewässer und deren Einzugsgebiete identifiziert. Basierend darauf wird der für die Ausgleichsmassnahmen zulässige, möglichst grosse SNP-Perimeter definiert und charakterisiert. Innerhalb dieses Perimeters sind alle von der SNP betroffenen Gewässer anhand bestimmter Kriterien, wie z.B. morphologische und hydrologische Charakteristik, in homogene Gewässerabschnitte einzuteilen und die Grundlagen für die massgebenden Gewässerzustände zusammenzustellen.
2. Bewertung der Auswirkungen pro Gewässerabschnitt: Zur Bewertung der Auswirkungen pro Gewässerabschnitt werden im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben spezifische Ziele für den SNP-Perimeter formuliert und zugehörige mess- bzw. modellierbare Indikatoren identifiziert. Anhand der auf eine einheitliche Skala normierten Indikatoren werden die durch Mehrnutzung bzw. durch die vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen betroffenen Gewässerabschnitte auf der Zielebene für die massgebenden Gewässerzustände (mit und ohne SNP) bewertet.
3. Differenzierte Gesamtbilanz innerhalb SNP-Perimeter: Im Hinblick auf die Gesamtbilanz der Auswirkungen im SNP-Perimeter werden die pro Abschnitt erhaltenen Zielwerte in einer Gesamtsicht bereinigt und verschiedene Gewichtungen, wie z.B. Länge und Wert eines Abschnittes, eingeführt. Basierend darauf werden die bewerteten Gewässerzustände (mit bzw. ohne SNP) miteinander verglichen, das Resultat auf die Sensitivität bezüglich Änderung der Gewichtung und einzelner Bewertungen analysiert und schliesslich in einer differenzierten Bilanz für den SNP-Perimeter dargelegt. Ist die ökologische Bilanz für die beiden massgebenden Gewässerzustände ausgeglichen, kann die SNP genehmigt und eine Ausnahmegewilligung zur Restwasserbemessung im Sinne von Art. 32 Bst. c GschG erteilt werden. Ist die Bilanz zu Ungunsten des Mehrschutzes unausgegli-

chen, sind im Rahmen der SNP zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen oder eine Reduktion der Mehrnutzung aufzuzeigen.

Diese Bearbeitungsschritte und Beurteilungselemente sind in Abbildung 1 in einem Ablaufschema zur Erarbeitung bzw. Überprüfung einer SNP dargestellt und in den nachfolgenden Abschnitten detailliert erläutert.

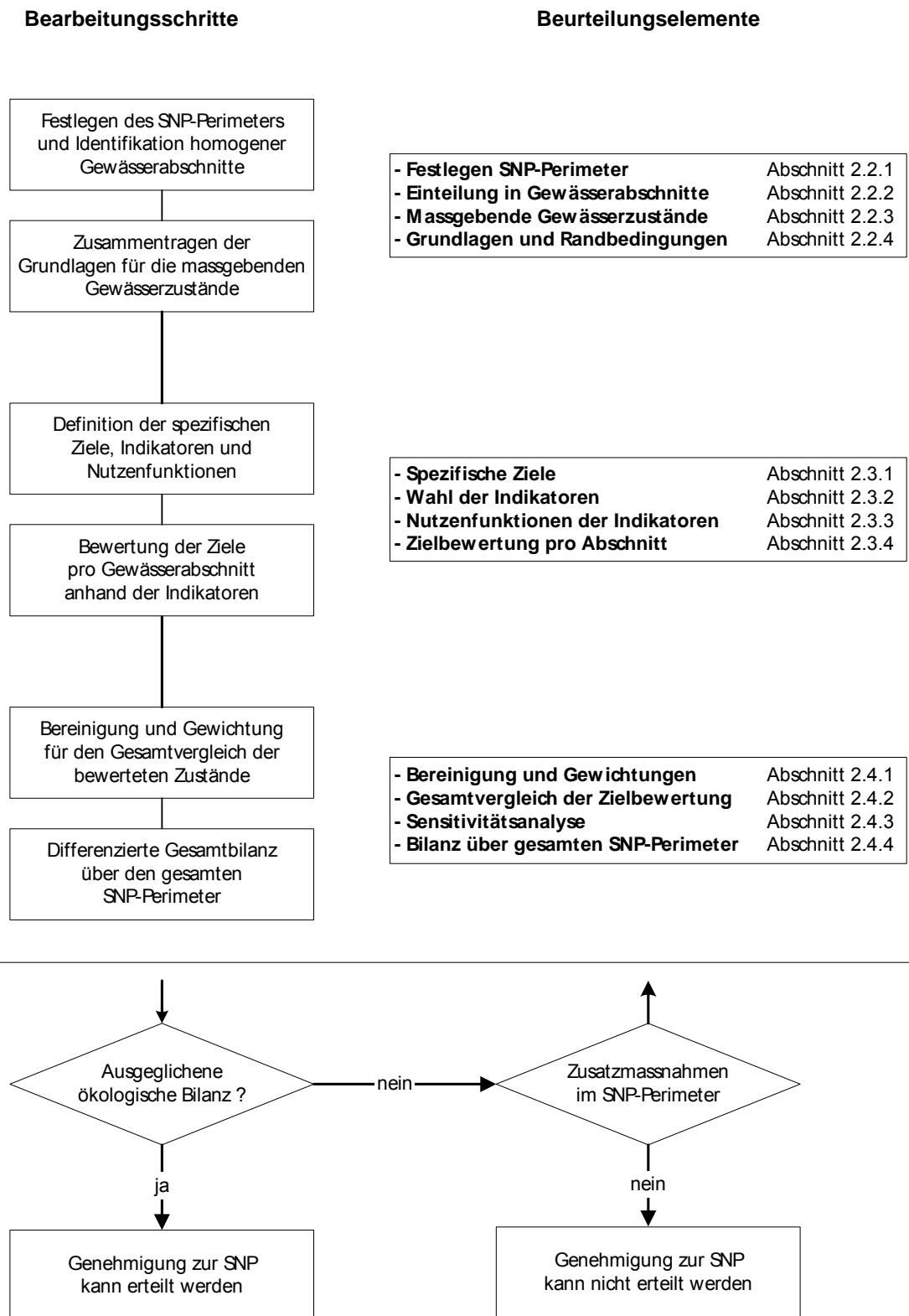


Abbildung 1: Die wichtigsten Bearbeitungsschritte und Beurteilungselemente einer SNP (und die jeweils zugehörigen Abschnitte im vorliegenden Bericht) dargestellt im Ablauf der Erarbeitung bzw. Genehmigung

## 2.2 Charakterisierung des Systems

Zur Charakterisierung des Systems wird der Perimeter der Schutz- und Nutzungsplanung festgelegt, die betroffenen Gewässer für die Beurteilung in homogene Gewässerabschnitte eingeteilt und die Grundlagen für die massgebenden Gewässerzustände zusammengetragen.

### 2.2.1 Festlegen des SNP-Perimeters

Gemäss den gesetzlichen Vorgaben umfasst der SNP-Perimeter das Gebiet, in dem sich die von der SNP betroffenen Fließgewässer und die von diesen abhängigen Lebensräume befinden. Aus den geltenden Grundsätzen kann abgeleitet werden, dass der Perimeter – wie in Abbildung 2 schematisch dargestellt – mindestens die durch die Mehrnutzung beeinflussten Fließgewässer und ihre Einzugsgebiete umfassen muss:

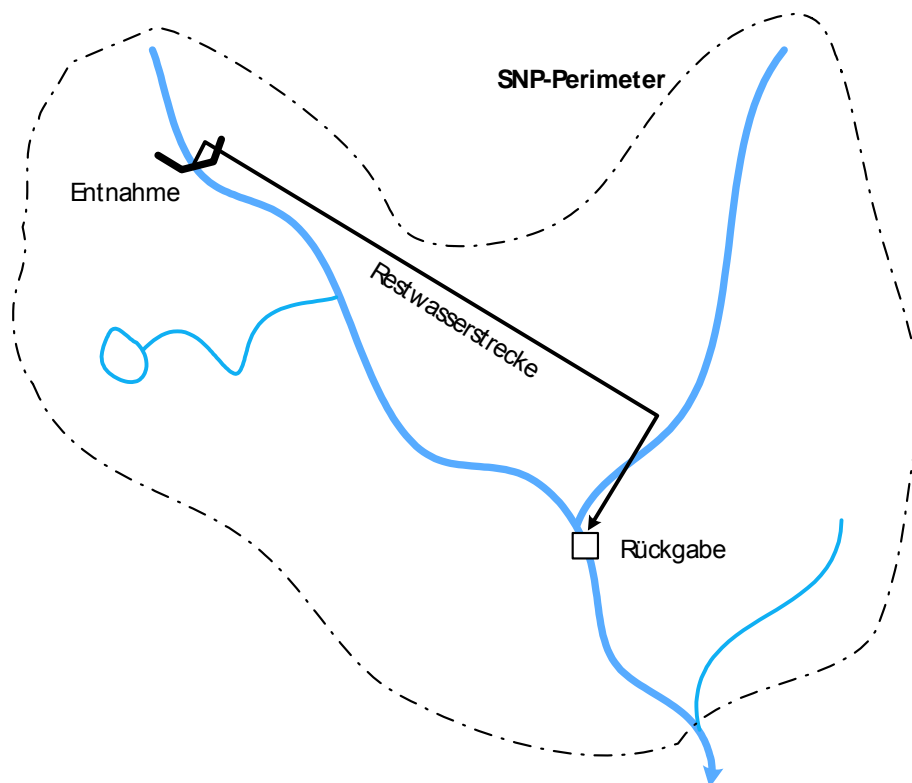


Abbildung 2: Vereinfachte Skizze eines SNP-Perimeters als Summe der Einzugsgebiete der durch die Mehrnutzung betroffenen Fließgewässer und Lebensräume

In der bisherigen Praxis hat sich gezeigt, dass die Identifikation von angemessenen Ausgleichsmassnahmen in einem solchermassen eng definierten Perimeter oftmals schwierig ist. Es lohnt sich deshalb, den SNP-Perimeter von Anfang an gross genug zu wählen, um überhaupt ökologisch sinnvolle Ausgleichsmassnahmen definieren zu können.

---

Die frühzeitige und verbindliche Festlegung des SNP-Perimeters ist zentral, um sich später unnötigen Aufwand zu ersparen. Es gilt folgende Regeln zu berücksichtigen:

- Anforderungen Art. 31-33 GSchG: Der SNP-Perimeter muss die mehrgenutzten Fließgewässer bis zu dem Punkt beinhalten, bei dem die Anforderungen an die Restwassermenge gemäss Art. 31-33 GSchG (ohne Art. 32 Bst. c) auch während Niedrigwasser erfüllt sind. Dies gilt insbesondere auch in den Fällen, in denen aufgrund von Ausgleichsbecken das Abflussregime über die Einleitstelle hinaus beeinflusst wird oder das entnommene Wasser in ein anderes, unter Umständen weit entferntes Einzugsgebiet geleitet wird.
- Massgebende Zuflüsse zur Restwasserstrecke: Die Einzugsgebiete der Zuflüsse, welche die Restwassermenge auf den mehrgenutzten Strecken massgebend beeinflussen, sind in den SNP-Perimeter zu integrieren.
- Einzugsgebiete oberhalb Entnahmestelle: Die Einzugsgebiete der Teilgewässer oberhalb der Entnahmestelle sind in den SNP-Perimeter miteinzubeziehen, falls die dort auftretenden Spitzenabflüsse eine für das Abflussregime auf der Restwasserstrecke (z.B. bezüglich Auendynamik) wichtige Rolle spielen.
- Ökologisch sinnvolle Ausgleichsmassnahmen: Der Perimeter muss die Möglichkeit bieten, genügend wirkungsvolle Ausgleichsmassnahmen definieren zu können. Dabei ist zu beachten, dass sich im Verlaufe des Verfahrens aus technischen, rechtlichen oder finanziellen Gründen immer wieder Massnahmen als nicht machbar oder nicht genügend grosszügig erweisen, für die dann Ersatz gesucht werden muss. Im Grundsatz gilt: möglichst grosszügige, zusammenhängende und machbare Ausgleichsmassnahmen vorsehen.

Für die Bestimmung der betroffenen Gewässereinzugsgebiete und Lebensräume sowie deren Charakterisierung ist auf die Kenntnisse von lokalen Behörden, Werkbetreibern, Interessengruppen und Fachleuten abzustützen. Zusätzliche Anhaltspunkte können die im Hydrologischen Atlas der Schweiz [2] beschriebenen Einzugsgebiete liefern.

## 2.2.2 Einteilung in homogene Gewässerabschnitte

Die von der Mehrnutzung und den Ausgleichsmassnahmen betroffenen Gewässer sind für die Beurteilung in möglichst homogene Abschnitte einzuteilen. Neue Abschnitte sind dabei im Allgemeinen dort vorzusehen, wo die grundlegende Charakteristik des Gewässers (Morphologie, Hydrologie, Ufervegetation, Gewässerfauna) wechselt. Damit der Aufwand für die anschliessende Bewertung verhältnismässig bleibt, sind die Abschnitte nicht zu klein zu wählen. Folgende Kriterien können als Basis dienen:

- Wechsel in der ökomorphologischen Abschnittsklassifizierung
- Vorhandensein massgebender Zuflüsse oder Entnahmen.



---

Bei dieser Einteilung in Gewässerabschnitte ist auch zwischen Fisch- und Nicht-Fischgewässern zu unterscheiden (zur Unterscheidung vgl. auch [7]).

### 2.2.3 Massgebende Gewässerzustände

Für die Beurteilung von ökologischen Auswirkungen im Rahmen einer SNP sind die beiden folgenden Gewässerzustände von Bedeutung:

- Zustand ohne SNP = Zustand, wie er unter Berücksichtigung der Vorgaben gemäss Art. 31-33 GSchG (ohne Art. 32 Bst. c) entsteht. Dieser entspricht dem Referenzzustand für die Beurteilung einer SNP. Der Zustand entspricht i.d.R. nicht dem Istzustand, da bei laufenden Konzessionen oft mehr als das gesetzliche Minimum genutzt wird bzw. nach gesetzlichen Vorgaben grundsätzlich nutzbare Gewässer noch nicht genutzt werden.
- Zustand mit SNP = Zustand, wie er unter Berücksichtigung der Massnahmen gemäss Schutz- und Nutzungsplanung im Perimeter zu erwarten ist.

Die im SNP-Perimeter liegenden Gewässer sind für diese beiden Zustände zu charakterisieren. Da es sich um Planungszustände handelt, muss sich deren Charakterisierung weitgehend auf Dotierversuche, Modellierung und Prognosen stützen. Als Basis für diese Prognosen dient der Istzustand (= Zustand, der zum Zeitpunkt der Bewertung vorherrscht).

### 2.2.4 Grundlagen und zwingende Randbedingungen

Für die Charakterisierung und anschliessende Bewertung der Gewässer werden hydrologische, hydrogeologische und biologische Daten und Informationen benötigt. Die notwendigen Grundlagen umfassen je nach Situation u.a. Angaben zu:

- Abflussregime/-mengen (Dauerkurve, Ganglinien oder Monatsmittel mit Hochwasserspitzen)
- Morphologie, Gerinnestruktur, Sohlensubstrat und Kolmation
- Geschiebetrieb und –eintrag im Jahresverlauf
- Natürlich vorkommende Lebensgemeinschaften sowie deren Habitatansprüche
- Schützenswerte Landschaften, Lebensräume und –gemeinschaften (Inventare)
- Wasserqualität und Grundwasservorkommen (inkl. In- und Exfiltrationsverhältnisse)

Im Zusammenhang mit Umweltverträglichkeitsprüfungen bei Neukonzessionierungen oder mit Zertifizierungen von Anlagen werden einzelne Teilgewässer oftmals bereits umfassend untersucht. UVB und kraftwerkseigene Dokumentationen können deshalb wichtige der oben aufgeführten Informationen liefern.

Basierend auf einer Auswertung der vorhandenen Grundlagen, Inventare und zusätzlichen Untersuchungen können erste zwingende Randbedingungen für die konkrete SNP festgelegt werden. Im Allgemeinen gilt:

- Fischgewässer dürfen nicht trocken fallen
- Besonders geschützte Artenvorkommen dürfen nicht gefährdet werden
- Auenlandschaften oder Biotop nationaler Bedeutung dürfen nicht beeinträchtigt werden
- Verzicht auf Nutzung eines per Inventar geschützten Fließgewässers gilt nicht als Ausgleich
- Alle gemäss Gesetzgebung sowieso notwendigen Massnahmen gelten nicht als Ausgleich
- Nutzungsverzicht muss verbindlich und für Konzessionsdauer festgelegt sein

Die Einschränkungen sind im Sinne einer Checkliste vor der eigentlichen Bewertung zu prüfen, da bei nicht Einhaltung die SNP nicht genehmigt werden kann. Insbesondere ist auch zu prüfen, ob die vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen nicht durch andere geltende Gesetzesartikel sowieso verlangt sind und damit nicht angerechnet werden können.

## 2.3 Bewertung der Auswirkungen pro Gewässerabschnitt

Zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen auf einem Gewässerabschnitt werden spezifische Ziele und zugehörige Indikatoren definiert, diese auf eine einheitliche Skala normiert und für die beiden massgebenden Gewässerzustände mit/ohne SNP bewertet.

### 2.3.1 Spezifische Ziele

Die Auswirkungen einer SNP messen sich an den ökologischen Zielen für Fliessgewässer. Abgeleitet aus den für die Restwasserbemessung relevanten Artikeln des GSchG und unter Berücksichtigung weiterführender Arbeiten (vgl. z.B. [3], [8] und [9]) können die folgenden fünf Ziele formuliert werden (in Klammer: Artikel des GSchG):

- Z1 Hydrologischer Charakter (Art. 31 Abs. 1; Art. 35 Abs. 2): Erhalt bzw. Schaffung eines bezüglich Sockelabfluss, Saisonalität und Variabilität möglichst naturnahen Abflussregimes zur Sicherstellung der natürlichen Vielfalt der Strömungs- und Habitatmuster und der für die Lebensraumvielfalt wichtigen Umlagerungs- und Austauschprozesse.
- Z2 Lebensräume und –gemeinschaften (Art. 31 Abs. 2 Bst. c, d, e; Art. 33 Abs. 3 Bst. b): Erhalt bzw. Schaffung seltener Lebensräume und –gemeinschaften, die direkt oder indirekt von der Art und Grösse des Gewässers abhängen, unter Berücksichtigung der natürlichen Artenvielfalt und namentlich auch für den gesamten Lebenszyklus der Fischfauna.
- Z3 Gewässertypische Landschaften (Art. 33 Abs. 2 Bst. a): Erhalt bzw. Schaffung der natürlichen und naturräumlichen Charakteristik von gewässertypischen Landschaftselementen, die direkt oder indirekt von der Art und Grösse des Fliessgewässers abhängen.
- Z4 Wasserqualität (Art. 31 Abs. 2 Bst. a; Art. 33 Abs. 3 Bst. c): Erhalt bzw. Schaffung der Selbstreinigungskapazität der Fliessgewässer und Vermeidung von kritischen Temperatur- und Schadstoffwerten unter Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte, insbesondere auch bei Abwassereinleitungen.
- Z5 Grundwasserhaushalt (Art. 31 Abs. 2 Bst. b; Art. 33 Abs. 3 Bst. d): Erhalt bzw. Schaffung eines ausgeglichenen Grundwasserhaushaltes im Hinblick auf die Gewährleistung der Trinkwassergewinnung, der ortsüblichen Bodennutzung und einer standortgerechten Vegetation.

Für die Beurteilung einer bestimmten SNP sind diese übergeordneten Ziele situationsbezogen zu spezifizieren (insbesondere die für die Bewertung der Habitatqualität zu untersuchenden Spezies). Die für die beiden massgebenden Gewässerzustände zu erwartenden Auswirkungen sind in Bezug auf diese Ziele anhand von mess- bzw. modellierbaren Indikatoren zu bewerten.

### 2.3.2 Wahl der Indikatoren

Drei Hauptanforderungen sind an die Indikatoren zur Zielbewertung zu stellen: 1) sie müssen die formulierten Ziele hinreichend beschreiben; 2) sie sollten mit verhältnismässigem Aufwand zu bewerten sein; und 3) sie müssen im Hinblick auf die Bewertung von Planungszuständen modellierbar sein, da der Zustand ohne SNP in der Regel nicht dem Istzustand und derjenige mit SNP immer einem Planungszustand entspricht.

In Abbildung 3 ist eine Zuordnung von messbaren Indikatoren zu den definierten Zielen mittels einer Ziel-Indikatoren-Matrix dargestellt:<sup>1</sup>

Indikatoren	Ziele				
	Z1 Hydrologischer Charakter	Z2 Lebensräume/-gemeinschaften	Z3 Gewässertypische Landschaft	Z4 Wasserqualität	Z5 Grundwasserhaushalt
I1 Habitatqualität Fische - Wassertiefe					
I2 Habitatqualität Fische - Durchgängigkeit					
I3 Habitatqualität Fische - Strukturen					
I4 Habitatqualität Fische - Fließgeschwindigkeit					
I5 Habitatqualität Makrozoobenthos - Fließgeschw.					
I6 Abflussregime - Geschiebetrieb					
I7 Abflussregime - Hochwasser/Mittelwasser					
I8 Abflussregime - Dominanter Abfluss					
I9 Ökomorphologie - Abschnittsklassifizierung					
I10 Wasserqualität - Chemismus					
I11 Wasserqualität - Temperatur					
I12 Grundwasser - ...					

Abbildung 3: Ziel-Indikatoren-Matrix mit einer Auswahl möglicher Indikatoren zur Bewertung der Zielerreichung (grau hinterlegte Felder zeigen an, welche Ziele mit Hilfe welcher Indikatoren beurteilt werden)

<sup>1</sup> Für den Aspekt Grundwasserhaushalt wurde kein Indikator entwickelt. Weitere Information zur Problematik finden sich in der neuen Wegleitung Grundwasserschutz des BUWAL, Bern, 2004 [13].

Da die gesetzlich verankerten Ziele nicht unabhängig voneinander sind, werden mit einzelnen Indikatoren Teilaspekte verschiedener Ziele gemessen. Für die in Abbildung 2 dargestellte Matrix wurden die Indikatoren deshalb demjenigen Ziel zugeordnet, das durch den Indikator am deutlichsten gemessen wird.

Die Liste ist als Auswahl der im Rahmen einer SNP möglicherweise zu bewertenden Indikatoren zu verstehen. Je nach Situation können zusätzliche Indikatoren notwendig oder sinnvoll sein, z.B. zur Bewertung des Lebensraums für Amphibien und die aquatische Fauna (die hier nur teilweise über die Ökomorphologie berücksichtigt sind) oder zur stärkeren Erfassung der Auswirkungen auf die Landschaft (insbesondere bei landschaftlich wertvollen Nicht-Fischgewässern wie z.B. Wasserfällen). Die in der Matrix aufgeführten Indikatoren sowie Ansätze zu deren Bewertung sind im Anhang detailliert beschrieben.

### 2.3.3 Nutzenfunktionen der Indikatoren

Die Bewertung der Indikatoren erfolgt anhand eines einheitlichen Systems von Belastungspunkten (0 bis 5). Die zu Grunde gelegte Skala erstreckt sich vom natürlichen Gewässerzustand ohne anthropogene Belastung bis hin zu naturfernem, künstlichem Gewässerzustand. Die Minimum- und Maximumwerte dieser Skala lassen sich qualitativ wie folgt beschreiben:

- 0 Belastungspunkte = natürlicher Gewässerzustand
- 5 Belastungspunkte = naturferner, künstlicher Gewässerzustand

Für jeden Indikator wird die stetige Zuordnung von ursprünglichen Indikatorwerten (z.B. Stoffkonzentration in mg/l) auf den Wertebereich von 0 bis 5 separat definiert. Grundsätzlich orientieren sich diese Funktionen am natürlichen Zustand eines Gewässers. Als wichtigster Referenzwert wird dem Zustand gemäss Anforderungen Art. 31-33 GSchG (ohne SNP) der Belastungswert 2 zugeordnet. Unter Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen müssen die Indikatorwerte für den Zustand „ohne SNP“ damit im Bereich zwischen 0 und 2 liegen.

Da die ökologisch relevanten Verschiebungen in der Bewertung eines Indikators oftmals in einem sehr begrenzten Wertebereich stattfinden, sind die einer solchen Normierung zu Grunde liegenden Funktionen im allgemeinen nicht linear. Ein fiktives Beispiel für eine solche Nutzenfunktion ist in Abbildung 4 dargestellt:

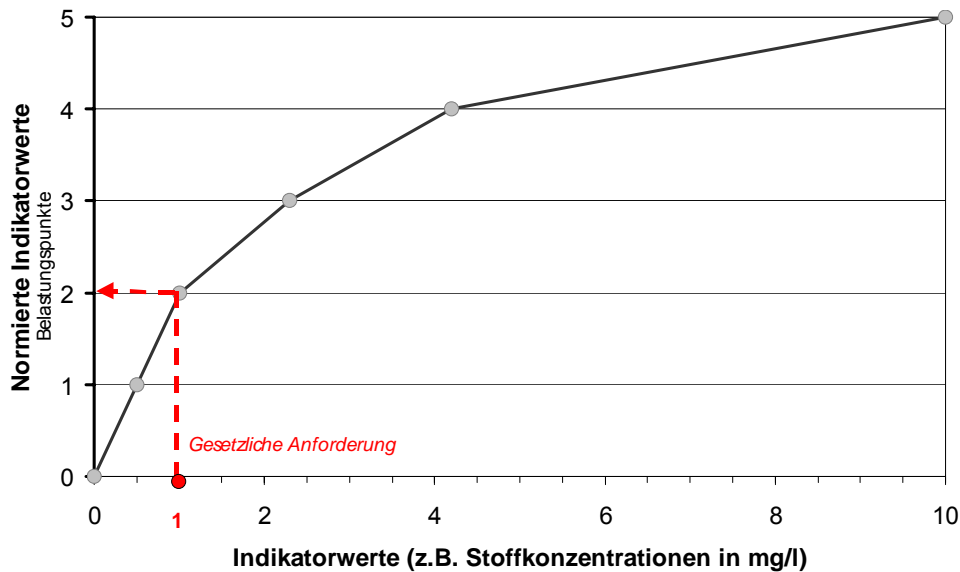


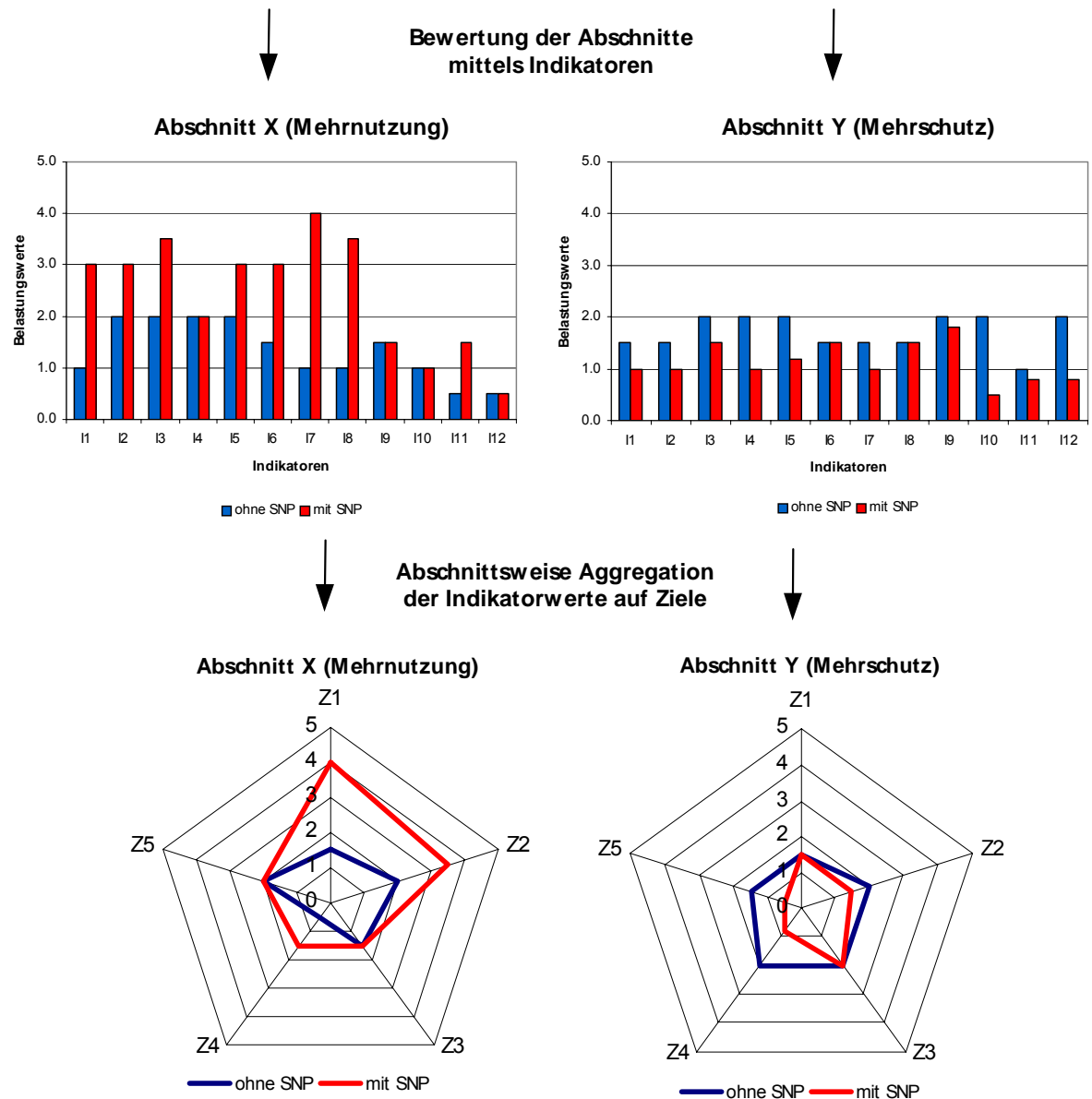
Abbildung 4: Nutzenfunktion für einen fiktiven Indikator mit nicht-linearer Zuordnung auf den Wertebereich zwischen 0 und 5 (den gesetzlichen Anforderungen, im Beispiel 1 mg/l, wird der Wert 2 zugeordnet; über 10 mg/l wird der Wert 5 zugeordnet)

Den Nutzenfunktionen kommt im Hinblick auf den Vergleich der Zustände zentrale Bedeutung zu. Änderungen an der Funktion können entscheidende Konsequenzen auf das Resultat der Gesamtbeurteilung haben. Ansätze für die Nutzenfunktionen der verschiedenen Indikatoren sind im Anhang dargelegt.

### 2.3.4 Zielbewertung pro Gewässerabschnitt

Anhand der eindeutig festgelegten Nutzenfunktionen können die Gewässerabschnitte für die massgebenden Zustände bewertet werden. Da sich die Auswirkungen einer SNP an den definierten Zielen messen, gilt es anschliessend die Indikatorwerte gemäss der Ziel-Indikatoren-Matrix auf die Ziele zu aggregieren.

Das Vorgehen ist in Abbildung 5 anhand zweier Abschnitte illustriert: Die in einem ersten Schritt pro Gewässerabschnitt einzeln bewerteten Indikatoren werden in einem zweiten Schritt zur Bestimmung der Auswirkungen auf die Ziele zusammengefasst. Ausschlaggebend für diese Zielaggregation ist dabei der jeweils kritischste Wert der einem Ziel zugeordneten Indikatoren. Die Bewertung eines Abschnittes über alle Ziele kann mit den in der Abbildung verwendeten Netz-Diagrammen veranschaulicht werden. Je weiter weg eine bestimmte Bewertung vom Nullpunkt ist, desto grösser sind die vorhandenen bzw. zu erwartenden ökologischen Beeinträchtigungen für diesen Zielaspekt. Innerhalb eines Abschnittes kann so die Zielerreichung für die beiden Zustände mit und ohne SNP verglichen und Defizite sichtbar gemacht werden.



*Abbildung 5: Bewertung der Abschnitte für die Zustände mit/ohne SNP mittels normierten Indikatoren und anschließende Aggregation der Werte auf die Ziele (das naturnahe Optimum ist durch den Nullpunkt ausgedrückt)*

Die so dargestellte Bewertung hat nur für abschnittsweise Betrachtungen ihre Gültigkeit, da für eine Gesamtbetrachtung die einzelnen Abschnittswerte noch gewichtet und allenfalls bereinigt werden müssen. Die transparente Darstellung der Resultate pro Abschnitt ist aber vor allem für die Identifikation der die Gesamtbilanz dominant beeinflussenden Faktoren sowie für allenfalls notwendige Massnahmen zur Aufbesserung der Bilanz aufschlussreich.

## 2.4 Differenzierte Gesamtbilanz über den SNP-Perimeter

Für die Gesamtbilanz über den SNP-Perimeter wird die Zielbewertung der Gewässerabschnitte mit Blick auf das Gesamtsystem bereinigt und gewichtet, und anschliessend die massgebenden Zustände mit und ohne SNP miteinander verglichen.

### 2.4.1 Gewichtungen und Bereinigung

Damit die Abschnittswerte über den SNP-Perimeter miteinander verglichen werden können, sind diese zu bereinigen und zu gewichten. Folgende Hauptebenen können unterschieden werden:

- Gewichtung der Ziele (Berücksichtigung der Relevanz eines Ziels zur Beschreibung eines Abschnittes): Die Zielaspekte können je nach deren Bedeutung in einem bestimmten Abschnitt priorisiert und für den Vergleich entsprechend gewichtet werden. Insbesondere bei kleinen, relativ homogenen SNP-Perimetern kann diese Gewichtung auch für alle Abschnitte identisch festgelegt werden.
- Gewichtung der Abschnitte (Berücksichtigung des relativen Wertes eines Abschnitts): Die bewerteten Abschnitte müssen entsprechend der Länge, der Abflussmenge und der ökologischen Bedeutung in die Gesamtbilanz eingebracht werden. Folgende Gewichtungen sollen einfließen: a) das Verhältnis der Abschnittslänge zur Gesamtlänge aller bewerteten Abschnitte; b) das Verhältnis der mittleren natürlichen Abflussmenge auf einem Abschnitt zur mittleren Gesamtabflussmenge; c) der relative ökologische Wert des Abschnitts, z.B. vierfaches Gewicht für Abschnitte mit Auenwald von nationaler Bedeutung oder mit seltenen Artenvorkommen gegenüber einfachem Gewicht für steile Nicht-Fischgewässer.
- Bereinigung aufgrund ökologischer Funktionsweise: Es ist grundsätzlich möglich, dass der Zustand eines Abschnittes für eine bestimmte ökologische Funktion, z.B. die Fischwanderung, im ganzen SNP-Perimeter oder auf einen benachbarten Abschnitt limitierend wirkt. In diesen Fällen müssen die Abschnittswerte für den Gesamtvergleich unter Berücksichtigung der Funktionsweise des gesamten SNP-Perimeters überprüft und einzelne Abschnittswerte gegebenenfalls auf den limitierenden Faktor korrigiert werden.

Der Mehrwert der Ausgleichsmassnahmen soll in der Regel gleichzeitig wie die durch die Mehrnutzung verursachten Auswirkungen auftreten. Besteht zwischen dem Auftreten der Auswirkungen von Mehrnutzung und Ausgleichsmassnahmen eine grosse Zeitdifferenz (z.B. mehr als 30-40 Jahre), sind die Abschnittswerte zusätzlich zu den obigen Gewichtungen zu diskontieren.



Damit die Verrechnung der Abschnittswerte über den ganzen SNP-Perimeter zulässig ist, muss mindestens die Gewichtung der Abschnitte aufgrund der Länge und der Abflussmenge zwingend eingeführt werden.

#### 2.4.2 Gesamtvergleich der Zielbewertung

Sind die Abschnittswerte bereinigt und gewichtet, können die Zielbewertungen für die beiden Zustände mit und ohne SNP miteinander verrechnet werden. In Abbildung 6 ist ein mögliches Resultat eines solchen numerischen Vergleichs von beispielsweise vier Abschnitten (zwei mit Mehrnutzung, zwei mit Mehrschutz) sowohl für die einzelnen Abschnitte (Summe der relevanten Indikatorwerte pro Abschnitt) als auch für den längen- und abflussgewichteten Gesamtwert über den SNP-Perimeter dargestellt:

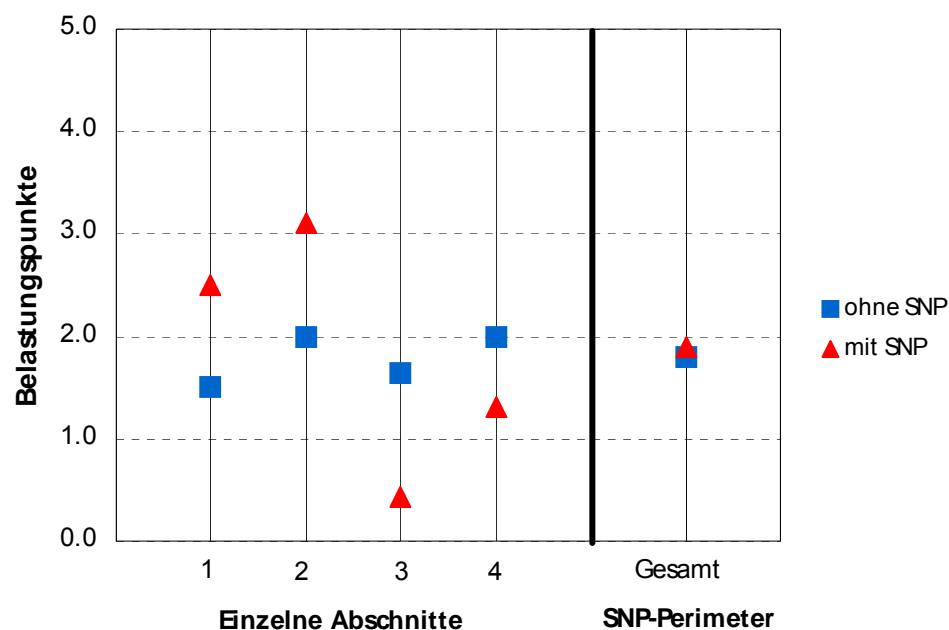


Abbildung 6: Beispiel für einen Gesamtvergleich der Belastungswerte unter Berücksichtigung der Bereinigung und Gewichtung (links die Bewertung pro Abschnitt, rechts die numerische Gesamtbilanz über den ganzen Perimeter)

Im oben dargestellten Beispiel sind auf den zwei Abschnitten mit Mehrnutzung (Abschnitt No. 1 und 2) die durch die SNP zu erwartenden ökologischen Auswirkungen negativ und auf den zwei Abschnitten mit Mehrschutz (No. 3 und 4) positiv. Der numerische Gesamtvergleich zeigt in diesem fiktiven Beispiel, dass die von der SNP gesamthaft zu erwartenden Auswirkungen leicht negativ sind. Vor der eigentlichen Bilanzierung gilt es zu diesem Gesamtvergleich eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen.

### **2.4.3 Sensitivitätsanalyse**

Das Ergebnis des Gesamtvergleichs kann ausser durch die Unsicherheit der verfügbaren Grundlagen vor allem durch zwei Faktoren stark beeinflusst werden: durch die Bewertung der Indikatoren bzw. durch die diesen zu Grunde liegenden Nutzenfunktionen sowie durch die anschlies-sende Gewichtung und Bereinigung dieser Werte. Im Sinne einer kritischen Würdigung des Gesamtvergleichs ist es notwendig, den durch Variation der Bewertungen und Gewichtungen verursachten Effekt auf das Resultat zu untersuchen.

### **2.4.4 Differenzierte Bilanz**

In der abschliessenden Gesamtbilanz gilt es, die Resultate differenziert zu analysieren und transparent darzulegen. Basierend auf den einzelnen Beurteilungselementen und den Resultaten aus Gesamtvergleich und Sensitivitätsanalyse ist mit der Gesamtbilanz der Nachweis zu erbringen, dass die vorgesehenen Ausgleichsmassnahmen genügen.

Ist die ökologische Bilanz für die beiden massgebenden Gewässerzustände ausgeglichen oder positiv, kann die SNP genehmigt und eine Ausnahmegewilligung zur Restwasserbemessung im Sinne von Art. 32 Bst. c GschG erteilt werden. Ist die Bilanz zu Ungunsten des Mehrschutzes unausgeglichen, sind im Rahmen der SNP zusätzliche Ausgleichsmassnahmen oder eine Reduktion der Mehrnutzung aufzuzeigen.

## **3 Fiktives Fallbeispiel**

### **3.1 Situationsbeschreibung**

Die fiktive Situation für die beispielhafte Anwendung der Beurteilungsmethodik ist in Abbildung 7 skizziert. Die Hauptelemente der vorgeschlagenen SNP lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Mehrnutzung:** Erhöhte Wasserentnahme bei bestehendem Kraftwerk an Fließgewässer 1
- **Entnahmeverzicht:** Verzicht auf eine neue Wasserentnahme in Fließgewässer 2
- **Aufwertung:** Geplante Revitalisierung in Fließgewässer 1

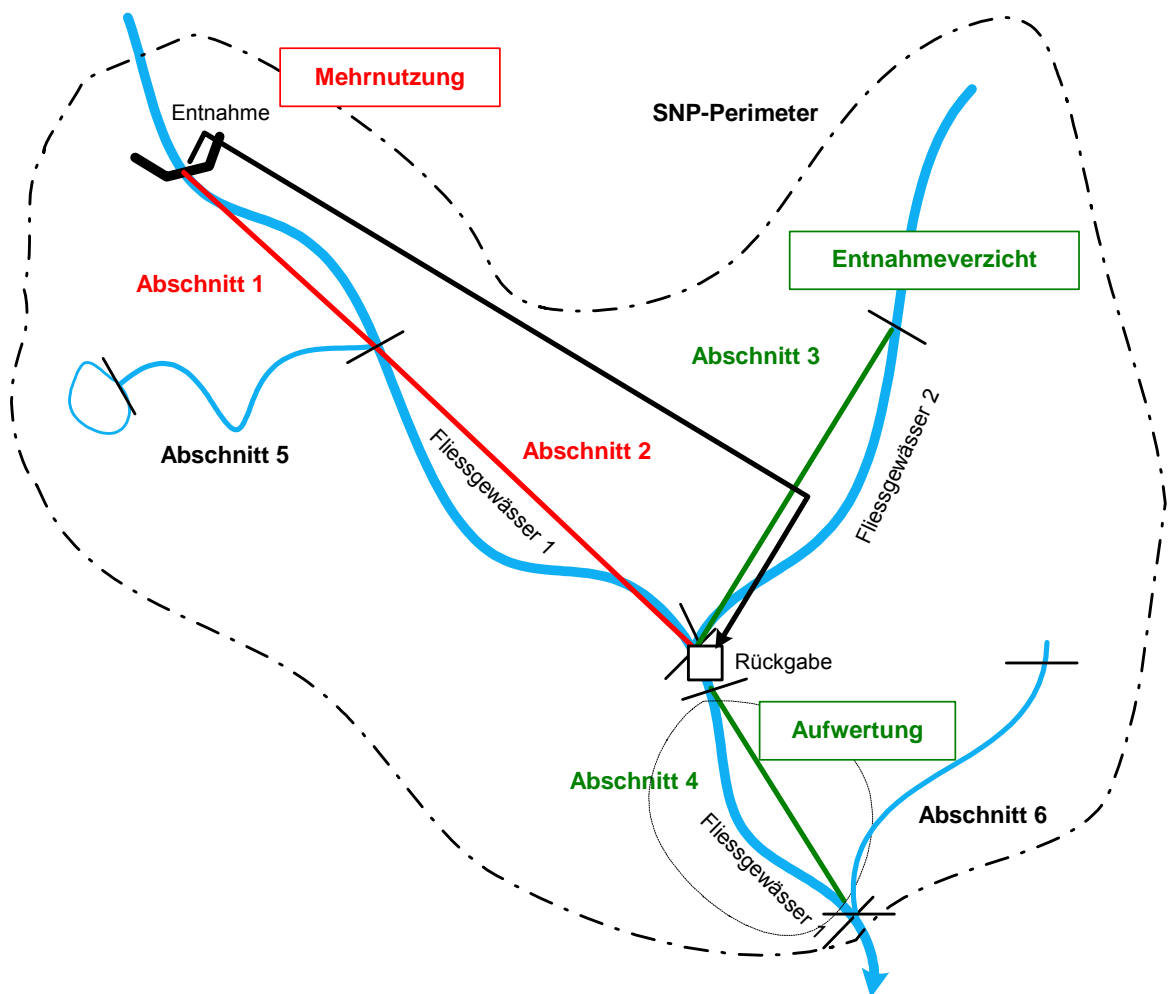


Abbildung 7: Darstellung der im fiktiven SNP-Perimeter liegenden Gewässer sowie der durch die Mehrnutzung und die Ausgleichmassnahmen beeinflussten Gewässer-abschnitte

### 3.2 Beurteilungsschritte

Im Folgenden wird die Beurteilung basierend auf dem in Kapitel 2 vorgeschlagenen Vorgehen für das Fallbeispiel durchgeführt. Werte, die aus der konkreten Quantifizierung der Auswirkungen resultieren würden (Indikatorwerte) oder üblicherweise für den Einzelfall festgelegt werden müssen (Gewichte) wurden dabei entsprechend den für das Beispiel getroffenen Annahmen gewählt. Die Zwischen- und Endwerte bezüglich Zielaspekte sind Resultat der Berechnung.

#### 1. Schritt: Charakterisierung des Systems

---

Nach der Identifikation der durch die Mehrnutzung beeinflussten Gewässerstrecken, kann mit Hilfe der in Kapitel 2 dargelegten Kriterien der SNP-Perimeter definiert werden. Für alle innerhalb des in Abbildung 7 dargestellten SNP-Perimeters liegenden Gewässer müssen homogene Abschnitte definiert und charakterisiert werden. Für das Fallbeispiel werden folgende betroffenen Abschnitte angenommen:

- Abschnitt 1 und 2: Die Restwasserstrecke (Strecke mit Mehrnutzung bis Anforderungen gemäss Art. 31-33 GSchG ohne SNP erfüllt sind) im Fliessgewässer 1 ist in zwei bezüglich Abflussmenge und Morphologie unterschiedliche Abschnitte unterteilt (Länge: 1 bzw. 2 km; Gewichtsanteile mittlere Abflussmenge: je ein Fünftel der mittleren Gesamtabflussmenge im Perimeter).
- Abschnitt 3: Die Strecke des Fliessgewässers 2, wo ein Entnahmeverzicht erklärt und der entsprechende Abschnitt für die Zeitdauer der Konzession unter Schutz gestellt wird, bildet einen weiteren relevanten Abschnitt (Länge: 1.5 km; Gewichtsanteil mittlere Abflussmenge: zwei Fünftel der mittleren Gesamtabflussmenge im Perimeter).
- Abschnitt 4: Die geplante Aufwertung erfolgt durch Revitalisierung auf einem separaten Abschnitt nach dem Zusammenfluss der beiden Fliessgewässer (Länge: 0.8 km; Gewichtsanteil mittlere Abflussmenge: ein Fünftel der mittleren Gesamtabflussmenge im Perimeter).

Die anderen im Perimeter identifizierten Abschnitte 5 und 6 werden für die folgende Beurteilung weggelassen, da sie durch die vorgeschlagene SNP vorderhand keine direkten Einflüsse erfahren bzw. angenommen wird, dass sie für eine künftige Nutzung ungeeignet sind und deshalb im Rahmen der SNP nicht unter Schutz gestellt werden müssen.

Im weiteren wird davon ausgegangen, dass mit vorgesehenen SNP alle Kriterien bezüglich zwingender Einschränkungen eingehalten werden. Insbesondere wird angenommen, dass die Fliessgewässer durch die Mehrnutzung nicht trocken gelegt werden und dass keine besonders geschützten Artenvorkommen oder Lebensräume von nationaler Bedeutung beeinträchtigt werden.

## **2. Schritt: Bewertung der Auswirkungen pro Abschnitt**

Die auf den einzelnen Abschnitten zu erwartenden Auswirkungen werden mittels den normierten Indikatoren bewertet. In Abbildung 8 sind beispielhaft für den Abschnitt 1 diese Daten zusammenfassend dargestellt:

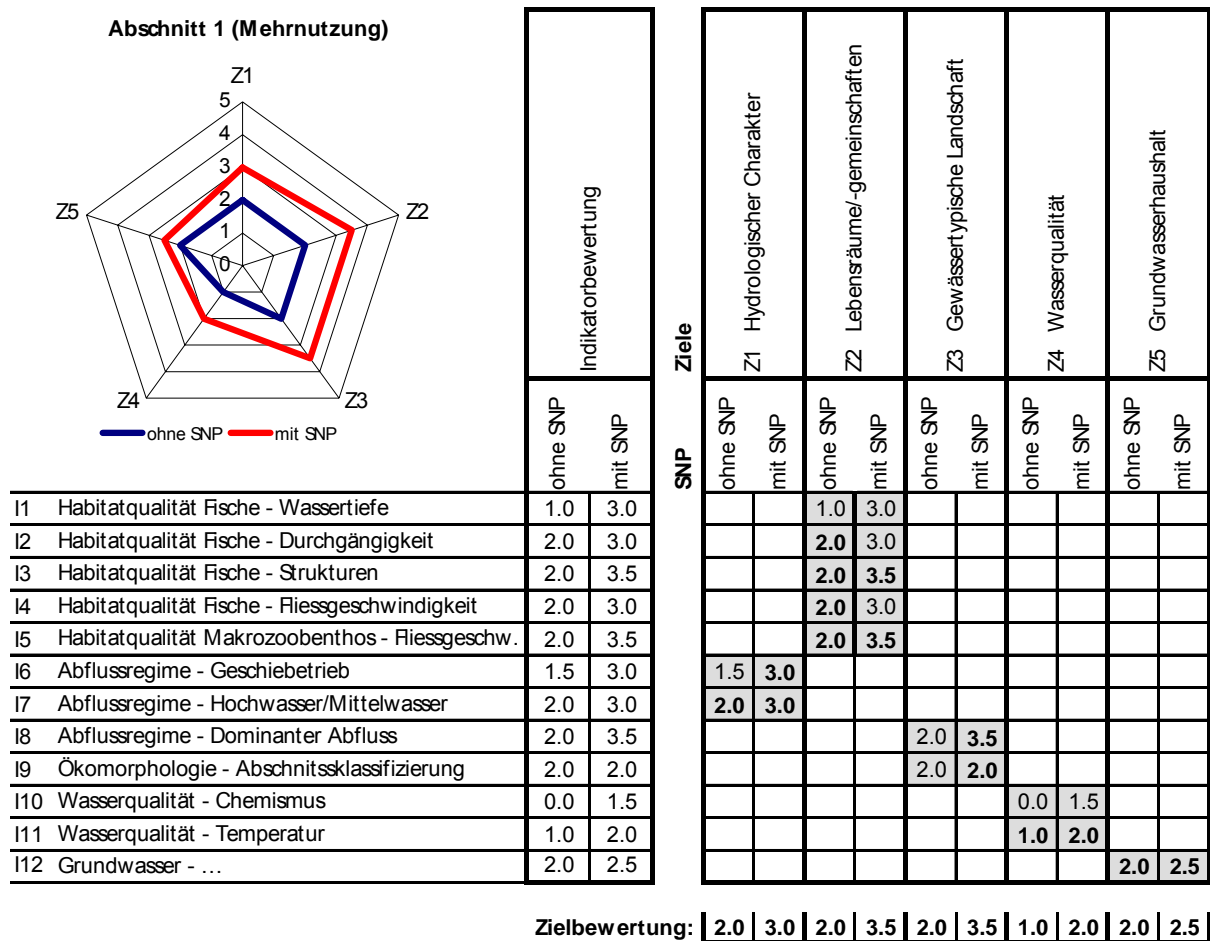
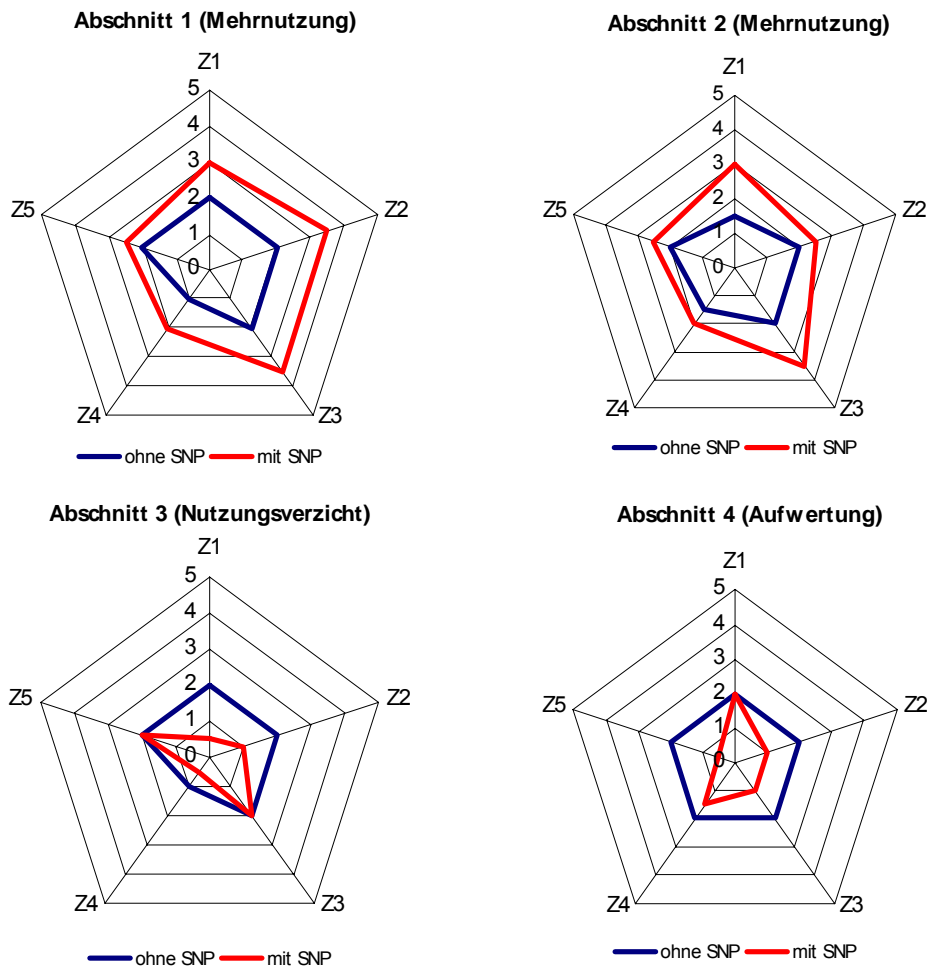


Abbildung 8: Beispielhaft für den Abschnitt 1 zusammengestelltes Datenblatt mit den angenommenen Indikatorwerten und daraus resultierender Zielbewertung

Auf der linken Seite des Datenblattes in Abbildung 8 sind die Indikatoren sowie die aus der Bewertung der Zustände resultierenden Indikatorwerte dargestellt. Entsprechend der für die Nutzenfunktionen gewählten Referenz wird dieser Abschnitt für den Zustand ohne SNP durchwegs einen Wert zwischen 0 und mit 2 aufweisen. Auf der rechten Seite werden die Werte basierend auf der definierten Ziel-Indikatoren-Matrix (grau hinterlegte Felder) den Zielen zugeordnet. Für diese Zielaggregation ist der jeweils kritischste Wert der zugehörigen Indikatoren relevant.

Eine solche Bewertung der Ziele wird für jeden der vier Abschnitte vorgenommen. In Abbildung 9 ist das fiktive Zwischenresultat der Zielaggregation anhand der Netz-Diagramme



illustriert:

*Abbildung 9: Unbereinigte und ungewichtete Zielbewertung der vier Abschnitte für die beiden Zustände mit und ohne SNP*

Für die der Zielbewertung zu Grunde liegenden Indikatorenwerte wurden folgende Überlegungen berücksichtigt:

- Durch die Mehrnutzung werden in den Abschnitten 1 und 2 die meisten Indikatoren und alle Ziele für den Zustand mit SNP schlechtere Werte erzielen als für den Zustand ohne SNP, wobei Abschnitt 2 aufgrund des Zuflusses tendenziell besser abschneidet als Abschnitt 1.
- Im Abschnitt 3 wird davon ausgegangen, dass wegen dem Verzicht auf eine Nutzung des Fließgewässers alle Indikatorwerte meist natürliche oder naturnahe Verhältnisse anzeigen und der Zustand mit SNP damit deutlich besser ist als der Referenzzustand ohne SNP.

- Im Abschnitt 4 hat die Revitalisierung als zusätzlich geplante Ausgleichsmassnahme auf fast alle Ziele (ausser Z1: Abflussregime) einen positiven Einfluss.

### 3. Schritt: Differenzierte Gesamtbilanz

Um die Auswirkungen der beiden Zustände über den SNP-Perimeter miteinander zu vergleichen, müssen die Zielwerte der Abschnitte nun zuerst bereinigt und gewichtet werden. Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, dass keine Bereinigung der Werte aufgrund der ökologischen Funktionsweise notwendig ist. Ebenso wird hier vorausgesetzt, dass die Auswirkungen der Ausgleichsmassnahmen und der Mehrnutzung mehr oder weniger gleichzeitig auftreten. Damit spielt der Zeitwert keine Rolle und auf eine Diskontierung der Werte kann verzichtet werden.

Für eine sinnvolle Verrechnung der Abschnittswerte über den gesamten SNP-Perimeter verbleibt damit noch die situationsbezogene Gewichtung der Abschnitte und Ziele. Die für das Fallbeispiel angenommenen Gewichtungsregeln sind in der Gewichtungsmatrix in Abbildung 10 dargestellt:

	Abschnittsgewichtung			Zielgewichtung					Summe
	Anteil Gesamtlänge	Anteil Abflussmenge	Anteil Ökologischer Wert	Hydrologischer Charakter	Lebensräume/-gemeinschaft	Gewässertypische Landschaft	Wasserqualität	Grundwasserhaushalt	
Abschnitt 1	0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
Abschnitt 2	0.40	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
Abschnitt 3	0.25	0.20	0.25	0.60	0.10	0.10	0.10	0.10	1.00
Abschnitt 4	0.15	0.40	0.25	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.00
Summe	1.00	1.00	1.00						

Abbildung 10: Gewichtungsmatrix mit den situationsbezogenen Gewichtungen der Abschnitte und der Ziele pro Abschnitt

Für die Gewichtung werden sowohl die Abschnitte gegeneinander über deren Anteile an Länge, mittlere Abflussmenge und generellem ökologischem Wert wie auch die Ziele untereinander pro Abschnitt gewichtet. Länge und mittlere Abflussmenge eines Abschnittes sind für eine konkrete SNP feste Grössen und die Gewichtung über den relativen Anteil eines Abschnittes deshalb unveränderlich. Die Gewichtungen des ökologischen Wertes eines Abschnittes und der Ziele pro Abschnitt können situationsbezogen gewählt werden. Wie der Gewichtungsmatrix in Abbildung 10 zu entnehmen ist, wurde hier angenommen, dass alle



Abschnitte den gleichen ökologischen Wert aufweisen, und dass bezüglich Zielgewichtung nur der hydrologische Charakter im Abschnitt 3 (Gewicht = 0.6) höher zu gewichten ist.

Mit den festgelegten Gewichtungsregeln kann nun eine gewichtete Bewertung der Zustände über den gesamten SNP-Perimeter vorgenommen werden, wie sie in der folgenden Abbildung 11 dargestellt ist:

Abschnitte	Ziele										Gesamtbewertung	
	Hydrologischer Charakter		Lebensräume/-gemeinschaften		Gewässertypische Landschaft		Wasserqualität		Grundwasserhaushalt		ohne	mit
	ohne SNP	mit SNP	ohne SNP	mit SNP	ohne SNP	mit SNP	ohne SNP	mit SNP	ohne SNP	mit SNP		
Abschnitt 1	2.0	3.0	2.0	3.5	2.0	3.5	1.0	2.0	2.0	2.5	1.80	2.90
Abschnitt 2	1.5	3.0	2.0	2.5	2.0	3.5	1.5	2.0	2.0	2.5	1.80	2.70
Abschnitt 3	2.0	0.5	2.0	1.0	2.0	2.0	1.0	0.5	2.0	2.0	1.90	0.85
Abschnitt 4	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.5	2.0	0.5	2.00	1.20
											<b>1.88</b>	<b>1.91</b>
											<b>2%</b>	

**Veränderung durch SNP**  
= leichte Zunahme der Belastung

Abbildung 11: Gewichtete Gesamtbewertung der Zustände mit und ohne SNP für die vier Abschnitte (Zielgewichtung) und über den SNP-Perimeter (Abschnittsgewichtung)

Für die Gesamtbewertung gemäss Abbildung 11 werden zuerst die bewerteten Zielaspekte pro Abschnitt und unter Berücksichtigung der Zielgewichtung aufsummiert (horizontal) und dann die resultierenden Gesamtwerte unter Berücksichtigung der Gewichtung der Abschnitte aufsummiert (vertikal).

Im Fallbeispiel resultiert daraus ein gewichteter Summenwert von 1.88 für den Zustand ohne SNP und ein Wert von 1.91 für den Zustand mit SNP. Dies entspricht einer Veränderung des Gesamtwertes von 2%. À priori bedeutet ein solches Resultat, dass der zu erwartende ökologische Wert für den Zustand mit SNP kleiner ist als derjenige für den Zustand ohne SNP – die ökologische Bilanz also zu Ungunsten der SNP knapp nicht ausgeglichen ist. Das Resultat ist graphisch in Abbildung 12 auf der folgenden Seite veranschaulicht.

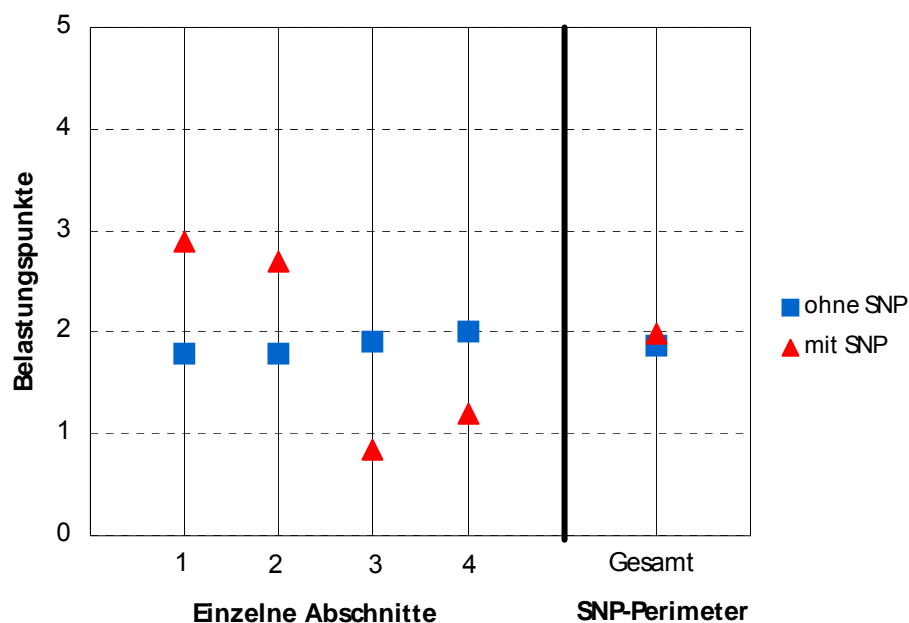


Abbildung 12: Darstellung des gewichteten Gesamtvergleichs zwischen den massgebenden Zuständen mit und ohne SNP

Mittels Sensitivitätsanalyse sind die Auswirkungen von unterschiedlichen Annahmen auf die Gesamtbilanz zu prüfen. Im Vordergrund stehen die situationsbezogenen gewählten Gewichtungen. Werden im hier dargestellten Fall zum Beispiel alle Ziele überall gleich gewichtet (Gewicht = 0.2) verschlechtert sich die Bilanz von +2% auf +8% Belastungszunahme.

Im Sinne einer differenzierten Analyse der Bewertung können folgende Punkte zu den Resultaten des fiktiven Beispiels festgehalten werden:

- Die Veränderung der Gesamtwerte für den Zustand mit SNP liegt je nach Szenario der Zielgewichtung zwischen 1% und 10% und kann als relativ stabil bezeichnet werden.
- Mit entsprechend zu begründender Gewichtung der Ziele kann eine knapp ausgeglichene Bilanz erreicht werden. Der Gesamtvergleich deutet aber eher darauf hin, dass die Ausgleichsmassnahmen noch nicht genügen, um eine Ausnahmegenehmigung im Sinne von Art. 32 Bst. c GSchG zu rechtfertigen.
- Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Bilanz beinhalten: a) Eine höhere Gewichtung der die Ausgleichsmassnahmen favorisierenden Ziele mit entsprechender Begründung; b) die Reduktion der beantragten Mehrnutzung; c) die Definition weiterer Ausgleichsmassnahmen, im fiktiven Fall z.B. die Ausdehnung der Aufwertung von Abschnitt 4 auf Abschnitt 3.

Zur Bewilligung des Gesuches bedarf es einer ausgeglichenen bzw. zu Gunsten der SNP ausfallenden ökologischen Bilanz sowie einer detaillierten und transparenten Darlegung der Beurteilungselemente.

---

## 4 Quellenverzeichnis

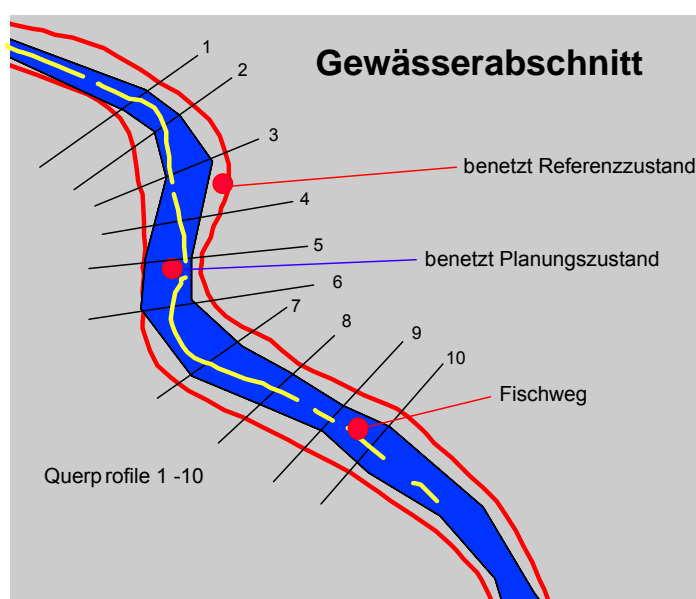
- [1] BUWAL  
**Angemessene Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?**  
Wegleitung, Vollzug Umwelt, Bern, 2000
- [2] LHG  
**Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES)**  
Bern, 1992
- [3] BUWAL  
**Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung**  
Bern, 2000
- [4] BUS (heute: BUWAL)  
**Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Auswirkungen verminderter Abflussmengen auf die Pflanzenwelt**  
Bern, 1987
- [5] BUWAL  
**Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Modul-Stufen-Konzept**  
Mitteilungen zum Gewässerschutz No. 26, Bern, 1998
- [6] BUWAL  
**Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F**  
Mitteilungen zum Gewässerschutz No. 27, Bern, 1998
- [7] Baudepartement und Finanzdepartement des Kantons St. Gallen  
**Beurteilungshilfe zur Klassierung von Fliessgewässern als Nichtfischgewässer**  
St. Gallen, 2000
- [8] EAWAG  
**Ökostrom-Zertifizierung für Wasserkraftanlagen – Konzepte, Verfahren, Kriterien**  
Ökostrom-Publikationen Band 6, Dübendorf, 2002

- [9] EAWAG  
**Restwasserbemessung für Ökostrom am Beispiel des Brenno (Bleniotal, TI)**  
Ökostrom-Publikationen Band 9, Dübendorf, 2002
- [10] Utah State University  
**Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Conference on Ecohydraulics**  
Salt Lake City, 1999
- [11] Baudirektion des Kantons Zürich  
**Oberflächengewässer, Umweltpraxis Gewässerschutz (Ausgaben 1998 und 2001)**  
Zürich, 1998 und 2001
- [12] Bayrisches Landesamt der Wasserwirtschaft  
**Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten**  
München, 1998
- [13] BUWAL  
**Wegleitung Grundwasserschutz**  
Bern, 2004

## **A Indikatoren und Nutzenfunktionen**

## Allgemeines

Ausgangspunkt für die Quantifizierung der mess- bzw. modellierbaren Indikatoren ist in den meisten Fällen eine Messkampagne auf einer repräsentativen Versuchsstrecke eines Abschnittes wie sie schematisch in der folgenden Graphik illustriert ist:



Die Graphik zeigt beispielhaft für einen mehrgenutzten Abschnitt die Veränderung der benetzten Fläche bei den massgebenden Zuständen mit SNP (blaue Linie) und ohne SNP (rote Linie). Illustriert sind zudem 10 Querprofile, an denen die Wassertiefe und die Strömung sowie allenfalls noch weitere Parameter erfasst werden, und der Fischweg (gelbe Linie).

Die für die Bewertung der Indikatoren meist notwendigen Felduntersuchungen sehen Punktbehebungen auf Versuchsflächen mit 10-15 Querprofilenaufnahmen und je 10 -15 Vertikalen vor, was ein Beprobungsnetz von 100–225 Messpunkten ergibt. Es sind mehrere Messkampagnen bei unterschiedlichen Abflüssen durchzuführen. Aus den daraus resultierenden Messdaten sind die Werte für massgebenden Zustände zu modellieren.

Auf den folgenden Seiten werden die im Textteil zur Methodik erwähnten Indikatoren I1 bis I12 einzeln beschrieben und Ansätze für die Nutzenfunktionen dargelegt:

---

**I1****Habitatqualität Fische – Wassertiefe**

---

**Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die Qualität der Fischhabitate hinsichtlich der Wassertiefe. Es gilt, die Wassertiefe über die Gewässerbreite und –länge für die verschiedenen Abflusszustände zu modellieren. Auf der Basis dieser Modellierung sind für die massgebenden Zustände die Flächen zu ermitteln, welche für die natürlich vorkommenden Fischarten geeignet sind.

---

**Quantifizierung**

Der Indikatorwert kann entweder mit Hilfe ausgedehnter Messreihen im Felde und Extrapolation auf die massgebenden Zustände, oder unter Verwendung von Simulationsprogrammen ermittelt werden. Ersteres kommt vor allem bei kleineren Gewässern zur Anwendung, während für die Anwendung eines Simulationsprogrammes eine bestimmte Gewässergrösse vorausgesetzt wird (Entwicklungsstand 2002):

**Messreihen:** Die Wassertiefe wird auf repräsentativen Versuchsflächen des zu beurteilenden Abschnittes erhoben. Vorzusehen sind 10-15 Querprofilaufnahmen pro Versuchsfläche mit je 10 -15 gleichmässig verteilten Vertikalen. An den Vertikalen wird die Wassertiefe gemessen.

Um eine Extrapolation der Ergebnisse auf die Zustände mit/ohne SNP vornehmen zu können, sind mehrere Messkampagnen bei unterschiedlichen Abflüssen durchzuführen. Dies kann bei bereits bestehenden Restwasserstrecken im Rahmen von Doterversuchen erfolgen. An hydraulisch noch unbeeinflussten Strecken sind bevorzugt ein Mittelwasserabfluss und mindestens zwei Niederwasserabflüsse zu beproben. Aus dem Messdatentrend wird die Wassertiefe für den projektierten Abfluss durch Extrapolation berechnet. Das Ergebnis ist als Näherungswert zu interpretieren.

**Simulation:** Der Umfang und die Art der Feldarbeiten für Simulationen richtet sich nach spezifischen Vorgaben des Programms. Den Präferenzkurven bezüglich Wassertiefe der natürlich vorkommenden Fischarten wird beispielsweise beim Programm CASIMIR der Flächenanteil des Gewässers, der für Fischhabitate geeignet ist, für verschiedene Abflüsse simuliert (WUA = Weighted Usable Area) und der entsprechende Qualitätsindex durch Division mit der gesamten Flussfläche ermittelt (HHS-Index = Hydraulic Habitat Suitability Index). Der HHS-Index wird für beide Zustände ermittelt.

Es gibt derzeit zwei Standardprogramme zur Simulation, deren Grundvorgehen ähnlich ist: CASIMIR – „Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Regulations“ und PHABSIM – „Physical Habitat Simulation Model“.

---

**I1 (ff.)**

**Ansatz** Der Indikator bewertet die gemessene bzw. modellierte Fläche für  $T_{\text{Fisch}}$ , wobei  $T_{\text{Fisch}}$  die minimale Wassertiefe für die im Gewässer natürlicherweise vorkommende Fischart mit den diesbezüglich höchsten Anforderungen darstellt. Der Indikator bewertet also die Fläche des für diese Fischart vorhandenen Lebensraums bei den massgebenden Abflusszuständen.

Für die Normierung wird der Fläche  $T_{\text{Fisch}}$  beim gesetzlichen Dotierminimum (Zustand ohne SNP) der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten der Belastungspunkte.

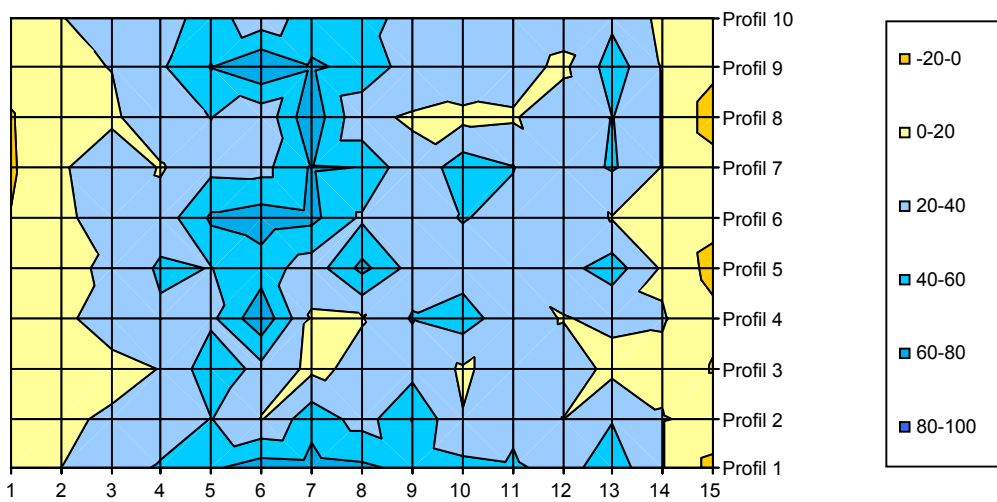
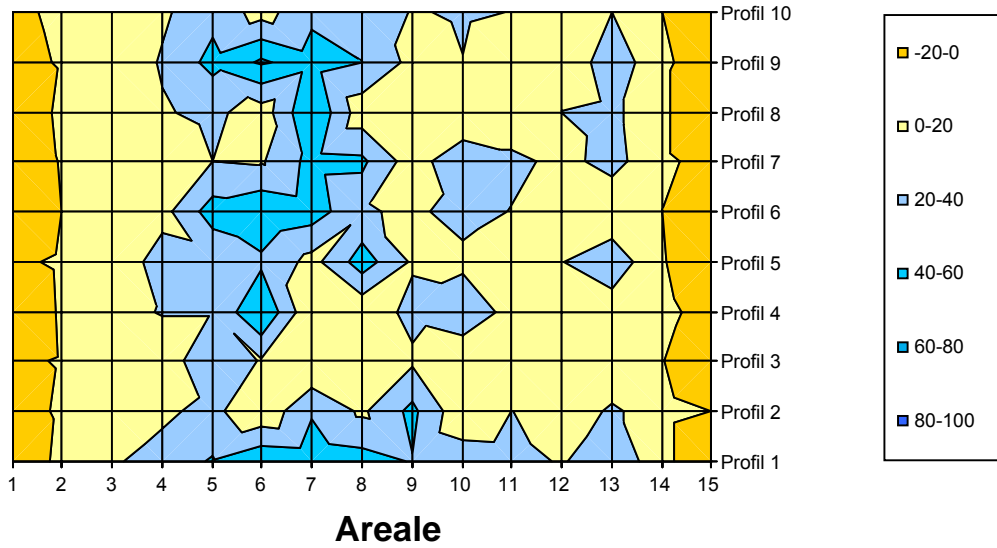
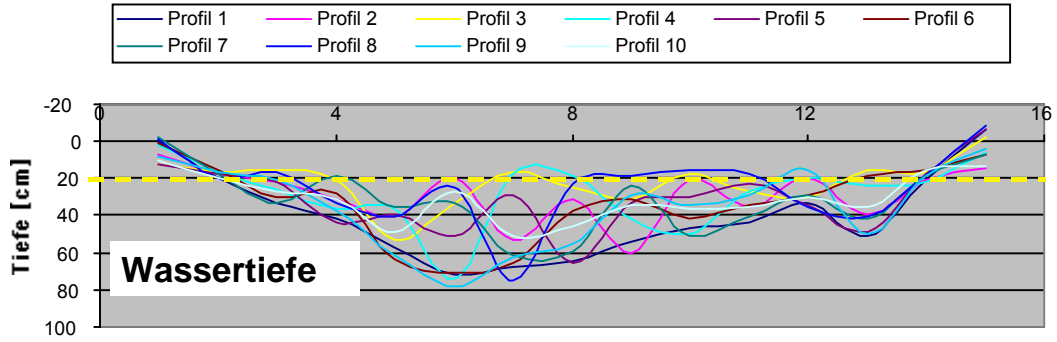
Nutzenfunktion	Fläche $T_{\text{Fisch}}$	Belastungspunkte
	>170%	0
	150%	1
	100%	2
	70%	3
	40%	4
	<10%	5

**Beispiel** Auf der folgenden Seite sind die Querprofile Wassertiefe und die daraus resultierenden Fischareale beispielhaft für die massgebenden Zustände eines mehrgenutzten Abschnittes illustriert. Die unteren beiden Graphiken stellen die Fläche des Fischhabitates für den Zustand mit SNP (obere Graphik) und ohne SNP (untere Grafik) dar. Die blauen Flächen entsprechen den aufgrund der Wassertiefe für Fischhabitate geeigneten Areale.

Der Flächenverlust Fischhabitat beträgt etwa 60%, die daraus abzuleitende Bewertung gemäss Nutzenfunktion entspricht 3 Belastungspunkten. Ersichtlich wird hier ausserdem, dass der Fischweg in beiden Fällen gewährleistet ist (blaue Areale) sowie die Veränderung der benetzten Fläche. Die benetzte Fläche nimmt um ca. 15 % ab. Die Darstellung basiert auf linearer Interpolation zwischen den Messpunkten, was eine starke Vereinfachung darstellt.



I1 (ff.)



---

I2	Habitatqualität Fische – Durchgängigkeit
<b>Kurzbeschreibung</b>	Der Indikator beschreibt über die Anzahl Durchgängigkeitsstörungen die Veränderungen des Fischweges im Allgemeinen bzw. die qualitative und quantitative Veränderung der Fischhindernisse und der Vernetzung im Speziellen, welche durch Mehr- oder Mindernutzung zu erwarten sind.
<b>Quantifizierung</b>	<p>Der Fischweg soll die Längswanderung aller im Gewässer natürlich vorkommenden Fischarten gewährleisten. Als Fischweg gilt dabei die tiefste Rinne im Längsverlauf eines Fischgewässers. Der Parameter wird im Bereich der Versuchsflächen (vgl. I1) als Längstransect mit einem Messstab im 0.5 m Intervall erfasst bzw. entsprechend modelliert. Dabei können zwei Arten von Störungen für die Fischwanderung unterschieden werden:</p> <p><b>Durchgängigkeitsstörungen:</b> Kleinräumige Strukturen, wie natürliche und künstliche Abstürze und Sohlrampen sowie verschiedene Arten von Wehren, Talsperren, Geschiebesperren, Fischtreppen, Durchlässe und Furten (Riffles) aber auch kurze Seichtzonen, deren Überwindung zwar möglich ist, aber eine deutliche Wandererschwerenisse darstellt. Die dafür zu verwendenden Kriterien hängen von der zu bewertenden Leitfischart ab.</p> <p><b>Unterschreitung Mindesttiefe:</b> Ein Spezialfall der Durchgängigkeitsstörungen sind kurze Strecken (wenige Meter) auf denen die Mindesttiefe nicht eingehalten wird. Hier wird davon ausgegangen, dass die Mindesttiefe auf einer Länge von 5 m um maximal 25 % unterschritten werden darf (z.B. für Forellen von 20 cm auf 15 cm). Sonst müssen die Dotiermengen angepasst werden; z.B. während Wander- und Laichzeit höhere Dotiermengen.</p> <p>Es werden alle vorhandenen resp. prognostizierten Durchgängigkeitsstörungen in repräsentativen Versuchsstrecken erfasst bzw. modelliert/prognostiziert.</p>
<b>Ansatz</b>	Der Indikator bewertet die Anzahl Durchgängigkeitsstörungen für die massgebenden Abflusszustände. Für die Normierung wird der Anzahl Störungen für den Zustand ohne SNP der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten.

---

---

**I2 (ff.)**

---

<b>Nutzenfunktion</b>	<b>Anzahl Störungen</b>	<b>Belastungspunkte</b>
	< 20%	0
	40%	1
	100%	2
	140%	3
	200%	4
	>260%	5

---

**Bemerkungen** Natürliche Durchgängigkeitsstörungen, die als Folge einer Minderdotierung zu Fischbarrieren werden, sind auf Grund der zwingenden Randbedingung des Nicht-Trockenlegens von Fischgewässern unzulässig und können im Rahmen einer SNP nicht akzeptiert werden. Künstliche Fischbarrieren können durch bauliche Massnahmen fischgängig gemacht werden.

---

---

**I3 Habitatqualität Fische – Strukturen**


---

**Kurzbeschreibung** Der Indikator beschreibt die Qualität der Fischhabitate in Fließgewässern hinsichtlich Lebensstrukturen für die Fischfauna. Diese können sich in Abhängigkeit vom Abfluss verändern oder als solche verschwinden. Es gilt, diese Veränderung für die verschiedenen Abflusszustände zu modellieren und für die massgebenden Zustände zu bewerten.

**Quantifizierung** Der Indikator kann wie I1 entweder mit Hilfe ausgedehnter Messreihen im Felde und Extrapolation oder durch die Verwendung von Simulationsprogrammen ermittelt werden (vgl. Bemerkungen I1). Es werden die morphologischen Strukturen ergänzend zu den bereits vorliegenden Ökomorphologiedaten erhoben und eine gewichtete Zählung der folgenden Strukturelemente vorgenommen:

<b>Strukturelement</b>	<b>Gewichtung</b>
Blöcke aus dem Wasser ragend	-0.5
Blöcke überspült	1
Potentielle Kieslaichplätze	1
Ufer unterspült	1
Totholz	1
Wurzeln	1
Ufervegetation überhängend	0.5
Submerse Makrophyten und oder fädige Algen	1
Summe (alle ohne Blöcke aus dem Wasser ragend)	1

Die Messungen werden auf repräsentativen Teilstrecken von definierter Länge (z.B. 100 m) des zu beurteilenden Abschnittes erhoben. Die Auswahl dieser Abschnitte erfolgt anhand der Ökomorphologiedaten. Die Anzahl der oben aufgeführten Strukturelemente wird bestimmt. Um eine Extrapolation der Ergebnisse auf die massgebenden Zustände vornehmen zu können, sind mehrere Messkampagnen bei unterschiedlichen Abflüssen durchzuführen. Dies kann bei bereits bestehenden Restwasserstrecken im Rahmen von Dotierversuchen erfolgen. An hydraulisch noch unbeeinflussten Strecken sind ein Mittelwasserabfluss und mindestens zwei Niederwasserabflüsse – möglichst nahe an der geplanten Dotiermenge – zu beproben.

Aus dem Messdatentrend wird bevorzugt über die Wassertiefe und die besetzte Fläche die Zahl der (noch nutzbaren) Strukturelemente für die massgebenden Zustände durch Extrapolation bestimmt. Im unten dargestellten fiktiven Beispiel wird eine mögliche Situation und deren Umsetzung gemäss Beschreibung gezeigt. Das Ergebnis ist als Näherungswert zu interpretieren.

---

**I3 (ff.)**

**Ansatz** Der Indikator bewertet die für die Anzahl vorhandener Strukturelemente für die massgebenden Abflüsse. Für die Normierung wird der Anzahl für Fische nutzbarer Strukturelemente im Zustand ohne SNP der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten.

Nutzenfunktion	Strukturen	Belastungspunkte
>180%		0
150%		1
100%		2
70%		3
40%		4
<10%		5

**Beispiel** Auf einem 100 m langen mehrgenutzten Abschnitt wurden die für die natürlich vorkommenden Fische relevanten Strukturelemente inventarisiert. Die aus Felddaten und den Berechnungen hervorgehenden Werte sind in der untenstehenden Tabelle dargestellt.

Die mittlere Abweichung des Zustandes mit SNP zum Referenzzustand ohne SNP (Minimaldotierung gem. GschG Art. 31-33) ist 60%. Dieser Verlust an Lebensstrukturen für die Fischfauna ergibt gemäss der Nutzenfunktion den Belastungswert 3.4.

Nutzbare Strukturelement	Anzahl Beobachtungen		
	Referenz	Planung	Differenz
Blöcke aus dem Wasser ragend*	53	72	74%
Blöcke überspült	51	36	71%
Potenzielle Kies-Laichplätze	3	1	33%
Ufer unterspült	8	3	38%
Totholz	12	7	58%
Wurzeln	5	2	40%
Ufervegetation überhängend	16	15	94%
Makrophyten und/oder fädige Algen	6	3	50%
Summe aller Strukturelemente (ohne a)	101	67	66%
<b>Mittelwert n=9</b>			<b>58%</b>
<b>Bewertung gemäss Normierung</b>			<b>3.4</b>

\*Berechnung mit Reziprokwert

I4

**Habitatqualität Fische – Fließgeschwindigkeit****Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die Qualität der Fischhabitate hinsichtlich Fließgeschwindigkeit. Es gilt, die Fließgeschwindigkeit über die Gewässerbreite und –länge für die verschiedenen Abflusszustände zu modellieren. Auf der Basis dieser Modellierung sind für die massgebenden Zustände die Flächen zu ermitteln, welche für die natürlich vorkommenden Fischarten geeignet sind.

**Quantifizierung**

Der Indikator kann wie I1 entweder mit Hilfe ausgedehnter Messreihen im Felde und Extrapolation oder durch die Verwendung von Simulationsprogrammen ermittelt werden (vgl. Bemerkungen I1).

**Messreihen:** Die Strömung wird auf repräsentativen Versuchsflächen des zu beurteilenden Abschnittes erhoben. Die Auswahl dieser Abschnitte erfolgt anhand der Ökomorphologiedaten. Vorzusehen sind 10-15 Querprofilaufnahmen pro Versuchsfläche mit je 10 – 15 Vertikalen. An den Vertikalen wird die Strömung in der Mitte gemessen. Es werden die prozentualen Flächenveränderungen der Kategorien mit Fließgeschwindigkeiten über  $x$  – z.B. 20 cm/s – analog der in I1 erörterten Methode bei der Wassertiefe beurteilt.

Um eine Extrapolation der Ergebnisse vornehmen zu können, sind mehrere Messkampagnen bei unterschiedlichen Abflüssen durchzuführen. Dies kann bei bereits bestehenden Restwasserstrecken im Rahmen von Dotierversuchen analog I1 erfolgen. An hydraulisch noch unbeeinflussten Strecken sind ein Mittelwasserabfluss und mindestens zwei Niederwasserabflüsse – möglichst nahe an der geplanten Dotiermenge – zu beproben. Aus dem Messdatentrend wird die Fließgeschwindigkeit für die massgebenden Zustände berechnet. Eine mögliche Situation und deren Umsetzung gemäss Beschrieb ist unter den Bemerkungen dargestellt. Die Darstellung basiert auf linearer Interpolation zwischen den Messpunkten, was eine starke Vereinfachung darstellt. Das Ergebnis ist als Näherungswert zu interpretieren.

**Ansatz**

Der Indikator bewertet die gemessene bzw. modellierte Arealfläche für  $v_{\text{Fisch}}$ , wobei  $v_{\text{Fisch}}$  die Präferenzströmungen für die im Gewässer natürlicherweise vorkommende Fischart mit den diesbezüglich höchsten Anforderungen darstellt.

Für die Normierung wird der Fläche  $v_{\text{Fisch}}$  beim gesetzlichen Dotierminimum (Zustand ohne SNP) der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten der Belastungspunkte.

---

**I4 (ff.)**

---

<b>Nutzenfunktion</b>	<b>Fläche mit <math>v_{\text{Fisch}}</math></b>	<b>Belastungspunkte</b>
	>150%	0
	150%	1
	100%	2
	70%	3
	40%	4
	10%	5

---

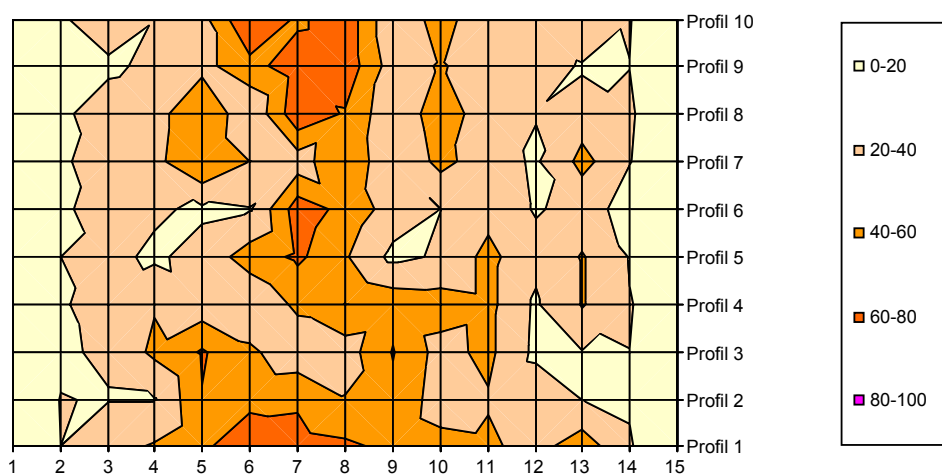
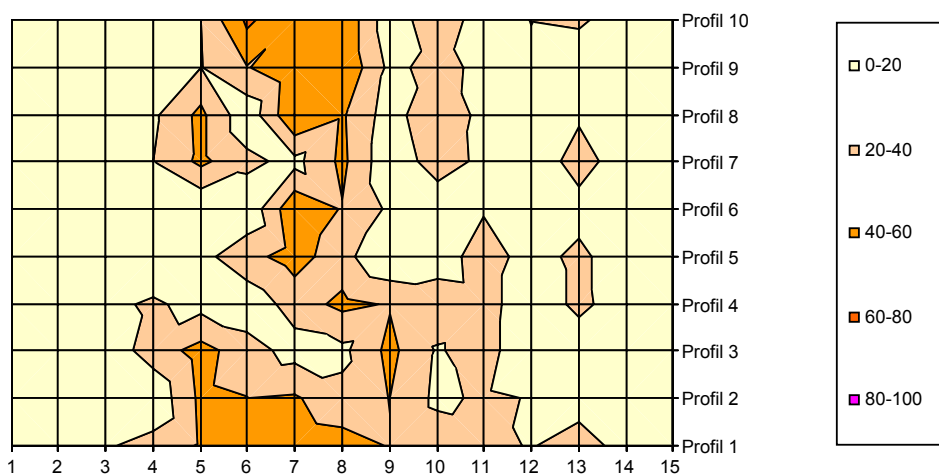
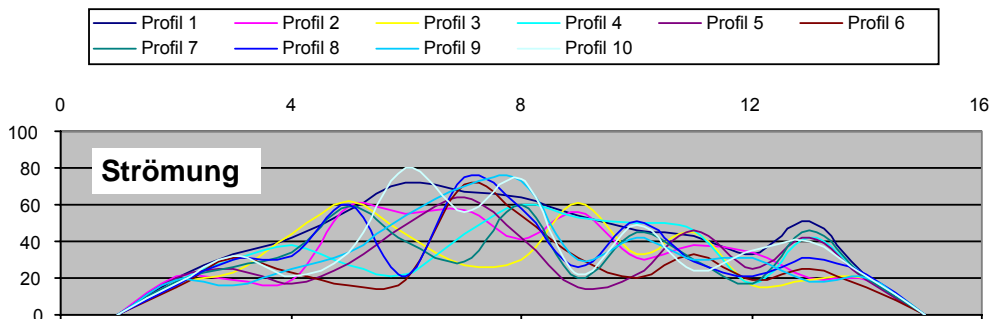
**Beispiel**

Auf der folgenden Seite sind die Querprofilaufnahmen zu Fliessgeschwindigkeit Mitte und die daraus resultierenden Areale gleicher Fliessbereiche beispielhaft für die massgebenden Zustände eines mehrgenutzten Abschnittes illustriert. Die unteren beiden Graphiken stellen die Fläche des Fischhabitates für den Zustand mit SNP (obere Graphik) und ohne SNP (untere Grafik) dar. Die roten Flächen entsprechen den aufgrund der Fliessgeschwindigkeiten für Fischhabitate geeigneten Areale.

Der Flächenverlust an Arealen mit Fliessgeschwindigkeiten  $> 20$  cm/s beträgt etwa 45 % die daraus abzuleitende Bewertung gemäss Nutzenfunktion entspricht 3 Belastungspunkten. Die Darstellung basiert auf linearer Interpolation zwischen den Messpunkten, was eine starke Vereinfachung darstellt

---

14 (ff.)





15

**Habitatqualität Makrozoobenthos – Fliessgeschwindigkeit****Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die Qualität der Habitate für Makrozoobenthos hinsichtlich Fliessgeschwindigkeit. Es gilt, die Fliessgeschwindigkeit über die Gewässerbreite und –länge für die verschiedenen Abflusszustände zu modellieren. Auf der Basis dieser Modellierung sind für die massgebenden Zustände die Flächen zu ermitteln, welche für die natürlich vorkommenden Makrozoobenthosorganismen geeignet sind.

**Quantifizierung**

Das Vorgehen ist genau gleich wie bei I4. Es werden die Messdaten der Tiefenmessungen für die Auswertung herangezogen.

Obwohl eigentlich die sohlnahe Strömung und nicht die Oberflächenströmung für die Makrozoobenthosorganismen relevant ist, wird die Oberflächenströmung ausgewertet, denn die sohlnahe Strömung kann insbesondere bei grossem Substrat und/oder stark strukturierter Sohle nicht zuverlässig bestimmt werden. Den Fliessgeschwindigkeiten wird die Präferenzkurve der rheophilen Organismen überlagert. Im Normalfall werden zwei Kategorien für die rheophilen Arten einerseits  $v_{\text{rheophil}}$  und die restlichen Arten andererseits  $v_{\text{restliche}}$  beurteilt.

**Ansatz**

Der Indikator bewertet die gemessene bzw. modellierte Arealfläche für Strömung  $v_{\text{rheophil}}$  bzw.  $v_{\text{restliche}}$ , wobei diese die Präferenzströmungen für die natürlich im Gewässer vorkommenden Taxa darstellt.

Dabei gilt zu berücksichtigen, dass Habitatflächen mit Fliessgeschwindigkeiten für rheophile Taxa, sofern natürlich vorkommend, doppelt gewichtet werden. Dies begründet sich damit, dass sich in der Schweiz Habitatflächen mit grossen Strömungen wegen der hohen Nutzungsdichte, vor allem steiler, schnell fliessender Gewässer, deutlich vermindert hat. Deshalb sind solche Habitate stärker zu gewichten als Schwachströmende.

Für die Normierung wird den Flächen für die Strömung  $v_{\text{rheophil}}$  bzw.  $v_{\text{restliche}}$  beim gesetzlichen Dotierminimum (Zustand ohne SNP) der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten der Belastungspunkte.

## 15 (ff.)

Nutzenfunktion	1	Fläche für $v_{\text{rheophi-}}$	Belastungspunkte 1	
rheophile Taxa		le	0	
		>150%	2	
		150%	4	
		100%	6	
		70%	8	
		30%	10	
		10%		0
				1
				2
				3
				4
				5
Nutzenfunktion	2	Fläche für $v_{\text{restli-}}$	Belastungspunkte 2	
restliche Taxa		che	0	
		>200%	1	
		150%	2	
		100%	3	
		70%	4	
		30%	5	
		10%		

**Belastungspunkte gesamt**  
 (Bewertung  $v_{\text{rheophile}}$  + Bewertung  $v_{\text{restliche}}$ ) / 3

**Beispiel**

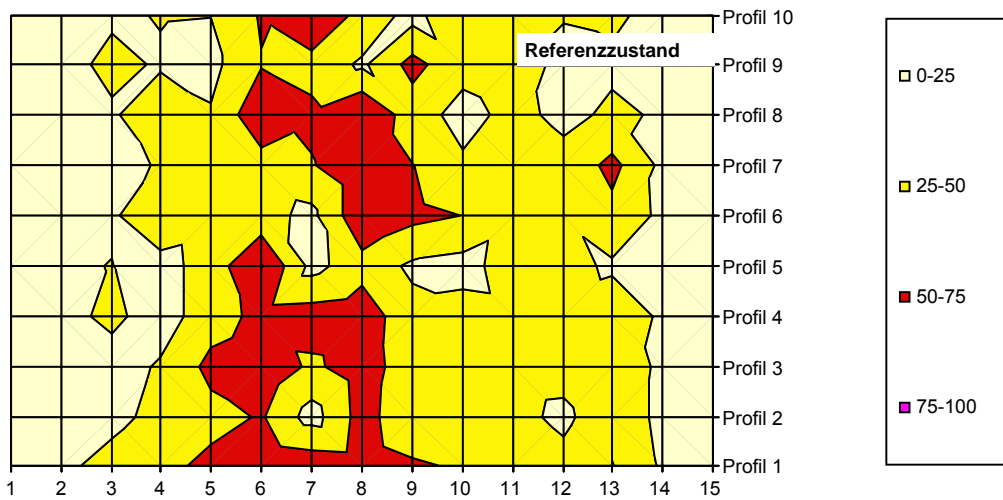
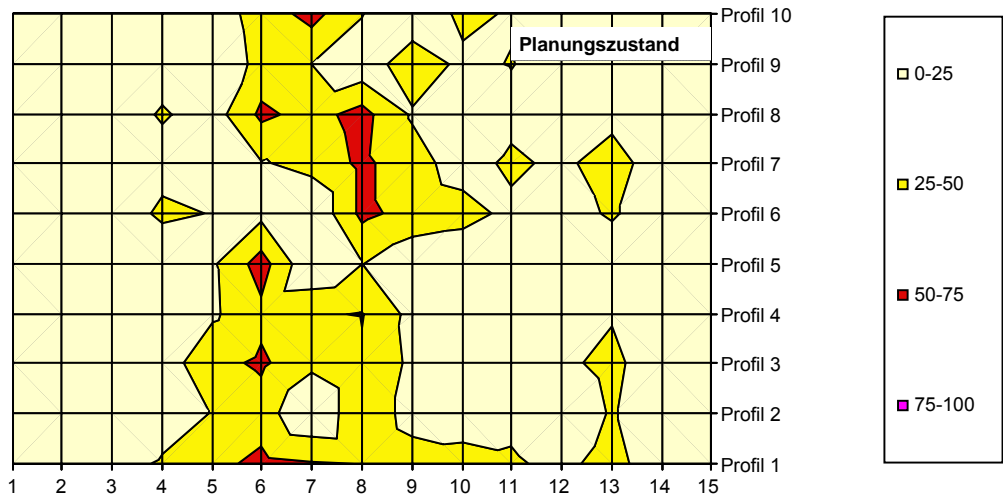
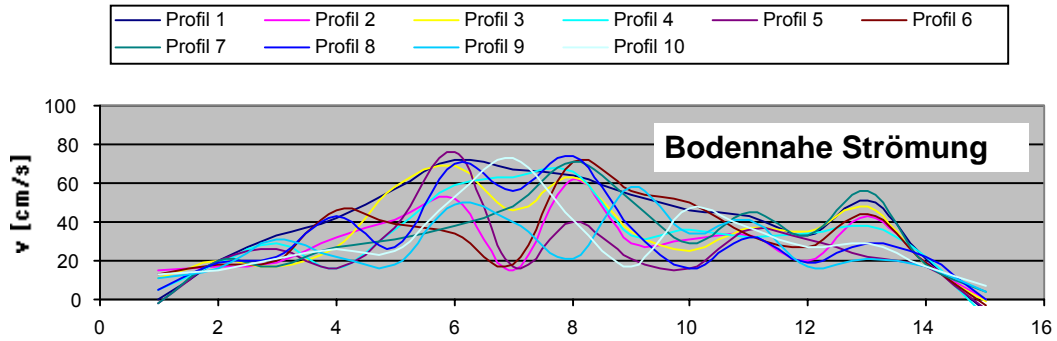
Auf der folgenden Seite sind beispielhaft die Fließgeschwindigkeiten bei 10 Querprofilen mit 15 Vertikalen und die daraus resultierenden Areale mit gleichem Fließgeschwindigkeiten für die beiden massgebenden Zustände eines mehrgenutzten Abschnittes illustriert. Die unteren beiden Graphiken stellen die Fläche der Makrozoobenthoshabitate für den Zustand mit SNP (obere Graphik) und ohne SNP (untere Grafik) dar. Gelbtöne zeigen schwache Strömung, rote Töne starke Strömung.

Der Anteil an Arealen für rheophile Organismen mit Fließgeschwindigkeiten  $v > 50 \text{ cm/s}$  (rot) geht um ca. 80 % zurück und beträgt beim Zustand mit SNP etwa 20 % der entsprechenden Referenzfläche für den Zustand ohne SNP (=100 %). Daraus resultiert die Bewertung 9 Belastungspunkte.

Die Areale mit schwacher Strömung (Gelbtöne) nehmen um ca. 40 % zu. Unter Berücksichtigung des Rückgangs der benetzten Fläche um ca. 15 % (vgl. Beispiel I1) beträgt die effektive Zunahme noch etwa 25 % (=125 %). Dies entspricht einer Bewertung von 1.5 Belastungspunkten.

Die daraus zu berechnende Gesamtbewertung gemäss Nutzenfunktion ergibt 3.5 Belastungspunkte (= 10.5 / 3) für den Zustand mit SNP gegenüber den 2 Belastungspunkten für den Zustand ohne SNP.

15 (ff.)



---

**I6****Abflussregime - Geschiebetrieb**

---

**Kurzbeschreibung**

Der Indikator beurteilt den Geschiebetrieb in einem Gewässer hinsichtlich zeitlicher Verteilung sowie Umfang und Häufigkeit. Hohe Abflusstiefen und Fließgeschwindigkeiten bestimmen den Geschiebetrieb eines Gewässers. In einem vereinfachten Ansatz hängt Geschiebetrieb von den Einflussgrößen Geschiebeeintrag, Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Körngröße (bei nicht kolmatierter Gewässersohle) ab.

**Quantifizierung**

Die Parameter Wassertiefe und Strömung sind aus der Messkampagne bzw. aus der Bewertung anderer Indikatoren bereits bekannt. Für eine Beurteilung des Geschiebetriebs sind aber auch die Gewässermorphologie, das mittlere Gefälle sowie die Substratverhältnisse der Gewässersohle von zentraler Bedeutung.

Für eine sinnvolle Modellierung sollte zudem das Geschiebepotenzial und die Gewährleistung der Geschiebedurchgängigkeit etwa von Kunstbauten wie Wehre, Entsander etc. bekannt sein.

**Ansatz**

Aufgrund der Vielzahl an Einflussgrößen, ist es unseres Erachtens nicht möglich einen einfachen Indikator für Geschiebetrieb zu bestimmen.

Da der Faktor aber zweifellos wichtig ist, müsste entweder eine Einzelfallbeurteilung durch einen Hydraulik-Spezialisten beurteilt werden. Als Alternative könnte der Indikator an den Indikator Hochwasser gebunden werden.

**Nutzenfunktion**

*vgl. Ansatz oben*

---

17

**Abflussregime – Hochwasser/Mittelwasser**

**Kurzbeschreibung** Der Indikator beschreibt die Hochwasser hinsichtlich zeitlicher Verteilung, Häufigkeit und/oder Dynamik. Die höchsten Abflüsse prägen im wesentlichen die Morphologie, die Substratumwälzungen und den Geschiebetrieb eines Gewässers und sind somit für den hydrologischen Charakter und die gewässertypischen Strukturen bestimmend.

**Quantifizierung** Ausgangspunkt für die Quantifizierung sind mehrjährige Abflussmessungen, aus denen die Häufigkeit und Verteilung der Hochwasserabflüsse während eines Jahres ersichtlich werden (vgl. Graphik im Beispiel unten, grüne Flächen).

Für den natürlichen Zustand kann, sofern keine mehrjährigen Abflussmessungen vorliegen, eine repräsentative Abflusskurve durch Übertragung von Referenzgewässern konstruiert werden. Dies unter Berücksichtigung des Einzugsgebietes. Die mehrgenutzten Abschnitte werden anhand der Abflusskurve des geplanten Fassungs- und Dotierregimes im zu beurteilenden Abschnitt bewertet.

**Ansatz** Der Indikator bewertet die Anzahl und Abflussmenge von Spitzenabflüssen. Für die Normierung wird der Situation beim gesetzlichen Dotierminimum (Zustand ohne SNP) der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten der Belastungspunkte.

Nutzenfunktion	Spitzenabflüsse	Belastungspunkte
	>2000%	0
	800%	1
	100%	2
	70%	3
	40%	4
	<10%	5

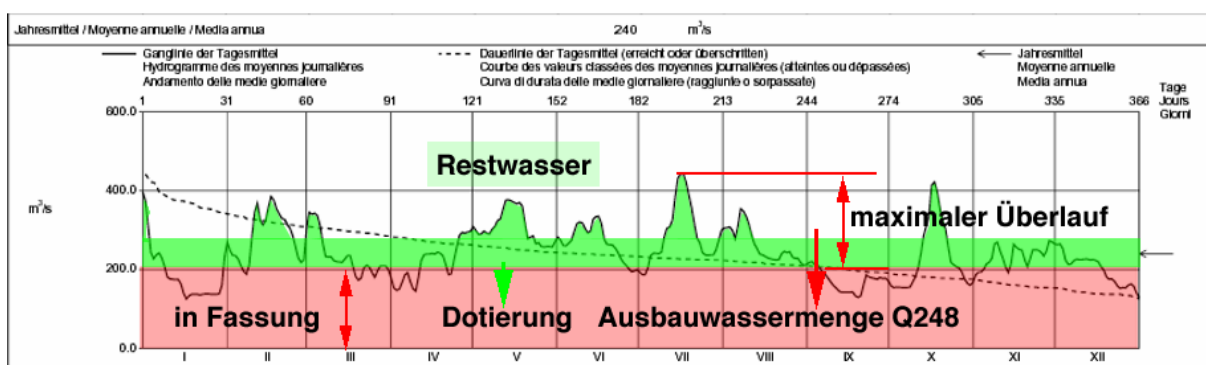
**Beispiele** Auf den nachfolgenden zwei Seiten sind beispielhaft für mehrgenutzte Abschnitte die Jahresabflusskurven mit der jeweiligen Fassungskapazität und minimaler Dotiermenge für zwei sehr unterschiedliche Abflusssituationen dargestellt und die Bewertung beispielhaft durchgeführt.

## 17 (ff.)

**Beispiel 1**

Das erste Beispiel betrifft einen durch eine Seeregulierung stark gedämpften Mittellandfluss (Regime pluvial superieur) mit einer vergleichsweise geringen Fassungsmenge von  $Q_{248}$  und geringer saisonaler Abflussamplitude. Durch die Nutzung wird die Abflussdynamik erheblich beeinflusst.

In einem Jahr werden 12 Abflussspitzen im Restwasser registriert. Neun kleinere Dynamik-Peaks gehen verloren. Bei einer Mehrnutzung um  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  (Zustand mit SNP) beträgt der mittlere Anteil der Abflussspitzen 69% der Referenz (mit SNP). Die Bewertung gemäss Nutzenfunktion ergibt für den Zustand mit SNP 3 Punkte.



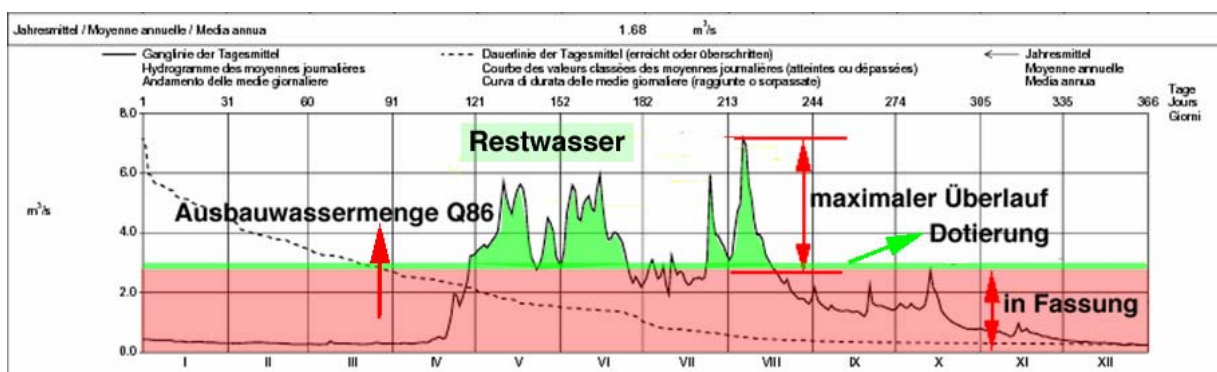
Mehrnutzung 50 m <sup>3</sup> /s	Referenz [m <sup>3</sup> /s]	Planung [m <sup>3</sup> /s]	Planung/Referenz
Hochwasser 1	200	150	75%
Hochwasser 2	170	120	71%
Hochwasser 3	180	130	72%
Hochwasser 4	150	100	67%
Hochwasser 5	110	60	55%
Hochwasser 6	180	130	72%
Hochwasser 7	140	90	64%
Hochwasser 8	150	100	67%
Hochwasser 9	250	200	80%
Hochwasser 10	130	80	62%
Hochwasser 11	160	110	69%
Hochwasser 12	220	170	77%
	Mittelwert		69%
	<b>Bewertung</b>		<b>3</b>

## 17 (ff.)

**Beispiel 2**

Das zweite Beispiel betrifft einen Gebirgsbach (Regime b-glacio-nival) mit grosser saisonaler Abflussamplitude, wie sie für Gewässer höherer Lagen charakteristisch ist. Den tiefen Winterabflüssen stehen hohe Abflüsse während der Schneeschmelze gegenüber. Die Fassungskapazität ist mit  $Q_{86}$  sehr hoch und dämpft die Dynamik stark. Im Winter herrschen natürlicherweise konstante Abflussverhältnisse, Hochwasser fehlen, die Dynamikeinbusse ist gering. Der Sockelabfluss im Herbst ist deutlich zu tief.

In einem Jahr werden 9 Abflussspitzen im Restwasser registriert. Fünf kleinere Dynamik-Peaks gehen durch die Wasserentnahme verloren. Bei einer Mehrnutzung um  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Zustand mit SNP) beträgt der mittlere Anteil der Abflussspitzen 95% der Referenz (Zustand mit SNP). Die Bewertung gemäss Nutzenfunktion ergibt 2.2 Punkte.



Mehrnutzung 0.1 m <sup>3</sup> /s	Referenz [m <sup>3</sup> /s]	Planung [m <sup>3</sup> /s]	Anteil Referenz [%]
Hochwasser 1	0.9	0.8	89%
Hochwasser 2	3	2.9	97%
Hochwasser 3	2.7	2.6	96%
Hochwasser 4	1.7	1.6	94%
Hochwasser 5	2.6	2.5	96%
Hochwasser 6	2.3	2.2	96%
Hochwasser 7	3.4	3.3	97%
Hochwasser 8	3.2	3.1	97%
Hochwasser 9	4.4	4.3	98%
	Mittelwert		95%
	<b>Bewertung</b>		<b>2.2</b>

**I8****Abflussregime – Dominanter Abfluss****Kurzbeschreibung**

Der Indikator beurteilt den zeitlich dominanten Abfluss in einem Gewässer und prägt insbesondere das für ein Gewässer typische Landschaftsbild. Es gilt deshalb, diesen massgebenden Faktor für die verschiedenen Abflusszustände zu modellieren.

**Quantifizierung**

Der dominante Abfluss in einem Gewässer entspricht dem Minimalabfluss innerhalb eines längeren Beobachtungszeitraums. Ökologisch relevant ist vor allem die mit diesem Abfluss verbundene mittlere benetzte Breite. Das Vorgehen zu deren Bestimmung ist somit gleich wie unter I12 beschrieben. Es wird die mittlere benetzte Breite auf einer repräsentativen Versuchsstrecke durch 30-50 Bachbreitenmessungen pro Abschnitt bestimmt. Die Auswahl der Strecke erfolgt anhand von Ökomorphologiedaten.

Es werden mehrere Messkampagnen bei unterschiedlichen Abflüssen durchgeführt. Dies kann bei bereits bestehenden Restwasserstrecken im Rahmen von Dotierversuchen erfolgen. An hydraulisch noch unbeeinflussten Strecken ist der dominierende Abfluss sowie mindestens zwei Abflüsse möglichst nahe beim zu erwartenden dominierenden Abfluss für die massgebenden Zustände zu beproben. Aus dem Messdatentrend wird die mittlere benetzte Breite für den dominierenden Abfluss durch Extrapolation ermittelt. Das Ergebnis ist als Näherungswert zu interpretieren.

**Ansatz**

Der Indikator bewertet die benetzte Breite beim zeitlich dominanten Abfluss. Für die Normierung wird der benetzten Breite beim gesetzlichen Dotierminimum (Zustand ohne SNP) der Wert 100% zugeordnet. Die Nutzenfunktion definiert sich über die prozentuale Abweichung zu diesem Referenzwert gemäss den nachfolgenden Eckwerten der Belastungspunkte.

**Nutzenfunktion****Benetzte Breite****Belastungspunkte**

>150%	0
130%	1
100%	2
70%	3
40%	4
≤10%	5

**Bemerkung**

Der dominante Abfluss oder Sockelabfluss kann insbesondere bei Gewässern mit alpinem Abflussregime (Gebirgsbäche) saisonal sehr unterschiedlich sein. Dies geht aus der Figur in untenstehendem Beispiel deutlich hervor. Es ist zu diskutieren, ob hier ein abgestufter, zeitproportionaler Bewertungsansatz zu wählen ist.

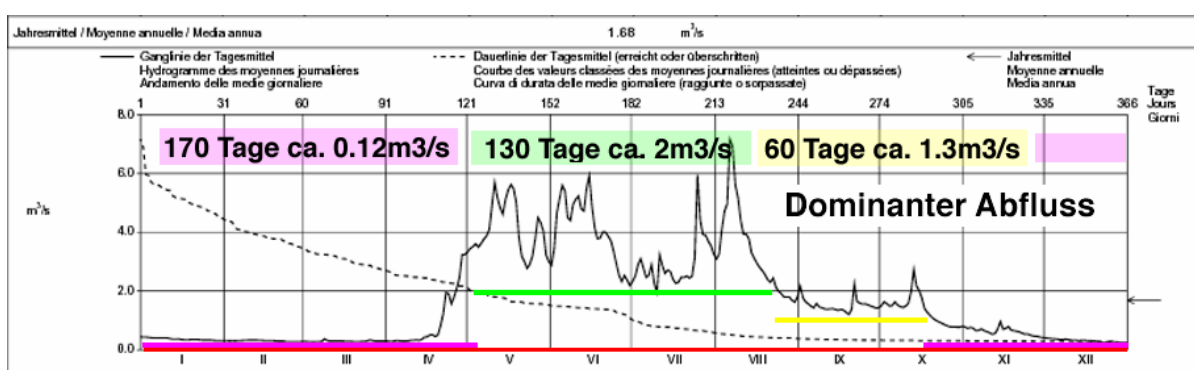


## 18 (ff.)

## Beispiel

Unten ist beispielhaft für einen mehrgenutzten Abschnitt der saisonal variierende, dominante Abfluss (Sockelabfluss) in einem Gebirgsbach (Regime b-glacio-nival) dargestellt (horizontale, farbige Linien). Für den Zustand mit SNP resultiert ein ganzjährig konstanter dominanter Abfluss (rote Linie). Er entspricht hier der Dotiermenge  $Q_{dot}$ .

Für das Zahlenbeispiel in der Tabelle wurde der zeitliche Verlauf für die dominanten Abflüsse gemäss Graphik angenommen und den betreffenden Abflüssen eine fiktive benetzte Sohlenfläche zugeordnet. Die Farben der Tabelle korrespondieren mit dem dominanten Abfluss in der Graphik. Unterhalb der Fassung resultiert bei den gewählten Eckwerten ein ganzjährig dominanter Abfluss von  $Q_{dot}$  bzw. im vorliegenden Beispiel eine mittlere benetzte Breite von 280 cm. Die Differenz zwischen den massgebenden Zuständen gemäss der vorgeschlagenen Nutzenfunktion wurde für jeden Monat im Jahr berechnet und daraus der Mittelwert gebildet. Im Durchschnitt ist somit die benetzte Fläche des dominierenden Abflusses beim Zustand mit SNP um 5% kleiner als bei der Referenz. Die daraus resultierende Bewertung entspricht 2.2 Belastungspunkten.



mittlere benetzte Breite			
Monat	Referenz [cm]	Planung [cm]	<sup>2</sup> [%]
Januar	295	280	95%
Februar	295	280	95%
März	295	280	95%
April	295	280	95%
Mai	295	280	95%
Juni	295	280	95%
Juli	295	280	95%
August	295	280	95%
September	295	280	95%
Oktober	295	280	95%
November	295	280	95%
Dezember	295	280	95%
	Mittelwert		95%
	<b>Bewertung</b>		<b>2.2</b>

19

**Ökomorphologie - Abschnittsklassifizierung****Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die ökomorphologischen Merkmale eines Fließgewässers und misst damit direkt die Auswirkungen einer Revitalisierung. Die Ökomorphologie beinhaltet die Beschreibung der strukturellen Gegebenheiten im und am Gewässer (Gewässergestalt, Verbauungen, Umland) sowie die allgemeine Bewertung dieser Strukturen im Hinblick auf die Funktion des Gewässers als Lebensraum.

**Quantifizierung**

Die ökomorphologische Beurteilung von Fließgewässerabschnitten gemäss der schweizerischen Methodenempfehlung des BUWAL (Ökomorphologie Stufe F) erfolgt nach den Merkmalen Sohlenbreite, Wasserspiegelbreitenvariabilität, Verbauung der Sohle, Verbauung des Böschungsfusses, sowie Breite und Beschaffenheit des Uferbereichs.

Für jeden Teilabschnitt werden die fünf morphologisch bedeutsamen Merkmalen (siehe oben) ausgehend vom Istzustand und den prognostizierten Änderungen für die massgebenden Zustände mit/ohne SNP Punktzahlen zugeordnet.

**Ansatz**

Der Indikator bewertet die ökomorphologische Charakteristik eines Abschnittes. Für die Nutzenfunktion werden den aus der Beurteilung nach Modulstufe F resultierenden Punktezahlen die nachfolgenden Eckwerte zugeordnet.

**Nutzenfunktion****Punktsumme Stufe F    Belastungspunkte**

< 0.5	0
1 bis 2	1
2 bis 5	2
6 bis 9	3
10 bis 12	4
eingedolt	5

**Bemerkung**

Werden die im Rahmen der Methodik zu definierenden homogenen Gewässerabschnitte grösser als die hier zu bewertenden Teilabschnitte gewählt, erfolgt die Bewertung eines Abschnittes auf Grund des Mittelwerts der erreichten Gesamtpunktzahl der Teilstrecken.

110

**Wasserqualität - Chemismus****Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die Wasserqualität anhand verschiedener Wasserinhaltsstoffe wie Ammonium, Nitrat, Ortho-Phosphat, DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) sowie anhand der beiden (fisch-) toxischen Stoffe Ammoniak und Nitrit. Die erwähnten Stoffe gelangen durch menschliche Aktivitäten (z.B. via Dünger oder Abwasser) in das Gewässersystem, wo sie bei schlechten Verdünnungsverhältnissen zu erhöhten Konzentrationen mit entsprechender Schadwirkung oder zu übermässigem Pflanzenwuchs führen können, welcher den Lebensraum der natürlich vorkommenden Arten einschränken kann.

**Quantifizierung**

Ammonium steht mit dem starken Fischgift Ammoniak in einem chemischen Gleichgewicht, welches durch den pH-Wert und die Temperatur bestimmt wird (diese beiden Parameter müssen als Berechnungsgrundlage ebenfalls bekannt sein). Ausgehend von Konzentrationsmessungen im Gewässer beim Ist- und/oder Planungszustand und Messungen von punktförmigen Belastungsquellen und unter Einbezug von Temperatur- und pH-Änderungen müssen die Stoff-Konzentrationen für die beiden Zustände abgeschätzt resp. berechnet werden.

**Ansatz**

Für jeden Wasserinhaltsstoff wird gemäss den auf der nachfolgenden Seite dargestellten Tabellen eine Bewertung für die massgebenden Zustände vorgenommen (diese Bewertung richtet sich, abgesehen vom pH und Ammoniak, nach dem Modul-Stufen-Konzept des BUWAL, Modul Chemie).

Anschliessend werden die Bewertungspunkte der einzelnen Parameter gemittelt, wobei die toxischen Stoffe Nitrit und Ammoniak doppelt gewichtet werden. Das Resultat ist ein gewichteter Mittelwert der dann auf die Belastungspunkte normiert wird.

**Nutzenfunktion**

*vgl. Bemerkung unten*

**Bemerkungen**

Die Klasseneinteilung der verschiedenen Wasserinhaltsstoffe gemäss dem Modul Chemie (vgl. Tabellen auf nachstehender Seite) orientiert sich primär an den gesetzlichen Anforderungen gemäss GSchV. Numerische Anforderungen sind dort jedoch nur für Ammonium, Nitrat und DOC aufgeführt. Die Beurteilungsklassen 1 und 2 erfüllen die gesetzlichen Anforderungen. Die übrigen Klassen 3 bis 5 erfüllen beim Ammonium, Nitrat und DOC jedoch die gesetzlichen Anforderungen nicht. Diese Bewertungsskala und die daraus abzuleitende Nutzenfunktion muss noch diskutiert werden.

## 110 (ff.)

	Ammonium 1	Ammonium 2	Nitrat	Nitrit
Beurteilung	>10°C od. pH >9	<10°C		1)
[Punktzahl]	[mg/l N]	[mg/l N]	[mg/l N]	[mg/l N]
1	< 0.04	< 0.08	< 1.5	< 0.02
2	0.04 bis < 0.2	0.08 bis < 0.4	1.5 bis < 5.6	0.02 bis < 0.05
3	0.2 bis < 0.3	0.4 bis < 0.6	5.6 bis < 8.4	0.05 bis < 0.075
4	0.3 bis < 0.4	0.6 bis < 0.8	8.4 bis < 11.2	0.075 bis < 0.1
5	> 0.4	> 0.8	> 11.2	> 0.1

	Ammoniak	Ortho-P	DOC
Beurteilung	2)	[mg/l P]	[mg/l C]
[Punktzahl]	[mg/l N]		
1	< 0.004	< 0.02	< 2.0
2	0.004 bis < 0.008	0.02 bis < 0.04	2.0 bis < 4.0
3	0.008 bis < 0.02	0.04 bis < 0.06	4.0 bis < 6.0
4	0.02 bis < 0.04	0.06 bis < 0.08	6.0 bis < 8.0
5	> 0.06	> 0.08	> 8.0

	pH
Beurteilung	3)
[Punktzahl]	
1.5	6.5 bis 8.5
3.5	5.0 bis 6.5 oder 8.5 bis 9.0
5	< 5.0 oder >9.0

1) Die toxische Wirkung von Nitrit ist abhängig von der Chloridkonzentration (hohe Chloridwerte mindern die Schädwirkung). Die angegebenen Bewertungsgrenzen beim Nitrit gelten für Chloridgehalte von 10 bis 20 mg/l Cl<sup>-</sup> oder wenn der Chloridgehalt nicht bekannt ist. Bei Chloridgehalten unter 10 mg/l Cl<sup>-</sup> wird eine Stufe strenger (plus 1 Punkt) bewertet, bei Chloridgehalten über 20 mg/l Cl<sup>-</sup> eine Stufe weniger streng (minus 1 Punkt).

2) Beim Ammoniak können längerfristige Konzentrationen ab 0.008 mg/l N für Eier und Brut von Edelfischen toxisch sein. Für Adulte Fische gelten Konzentrationen > 0.02 mg/l N als toxisch.

3) Beim pH wird davon ausgegangen, dass Werte zwischen 6.5 und 8.5 unbedenklich sind (Bewertung: 1.5 Punkte, entspricht Mittelwert der beiden besten Bewertungsstufen). pH-Werte > 9 oder < 5 können grosse Beeinträchtigungen zur Folge haben, wie z.B. Verwitterungsprozesse mit erhöhten Gehalten an toxischen Stoffen oder erhöhte Ammoniakbildung (Bewertung: 5 Punkte). Für die übrigen Wertebereiche des pH (5.0 bis 6.5 und 8.5 bis 9.0) wird der Mittelwert der Bewertungsstufen 3 und 4 verwendet.

---

**111 Wasserqualität - Temperatur**


---

**Kurzbeschreibung**

Der Indikator beschreibt die Natürlichkeit des Temperaturregimes. Bei verringertem oder unregelmässigem Abfluss unterliegen die Fließgewässer stärkeren Temperaturschwankungen, wobei sowohl raschere Temperaturänderungen als auch extremere Temperaturwerte auftreten. Beides hat negative Auswirkungen auf die Wasserlebewesen, indem z.B. veränderte Temperaturen das Reproduktionsvermögen einschränken können und für Forellen die maximal vorkommende Temperatur limitierend sein kann. Zudem reduziert sich der Sauerstoffgehalt bei erhöhten Temperaturen.

Die Wassertemperatur von steilen Bergbächen wird durch die Restwasserführung nicht beeinflusst, da hier die abflussunabhängige Reibungswärme dominiert (in solchen Gewässern erwärmt sich das Wasser für alle Zustände um 0.24°C pro 100 m Höhendifferenz). Lange flache Bachstrecken hingegen können – v.a. wenn sie wenig beschattet sind – bei Restwasserabflüssen gegenüber dem Referenzzustand deutlich veränderte Wassertemperaturen aufweisen. Nur in diesen flacheren Gewässern ist eine Abweichung vom Referenzzustand zu erwarten.

**Quantifizierung**

Die Quantifizierung der Temperaturverhältnisse für die beiden Zustände ist nur mittels aufwändiger Modellierung möglich [12]. In der Praxis ist der Indikator damit schlecht quantifizierbar. Annäherungsweise kann allenfalls über die Veränderung der mittleren Fließgeschwindigkeiten bewertet werden.

**Ansatz**

Durch online-Temperaturmessungen in den kritischen Jahreszeiten (Juli/August und Januar/Februar) und bei verschiedenen Abflusszuständen, die möglichst nahe an den zu prüfenden Zuständen liegen, soll versucht werden, die Temperaturbeeinflussung (maximale Temperaturen, Grundeisbildung) abzuschätzen.

Als Beurteilungskriterien können folgende Temperaturbereiche für die im natürlichen Zustand zu erwartenden Leitfischarten gemäss [8, 9] definiert werden:

	Untere Grenze für die Beeinträchtigung	Optimum	Obere Grenze für die Beeinträchtigung
Bachforelle adult	0°C	4-19°C	22°C
Bachforelle laichend	1°C	1-10°C	13°C
Bachforelle Eientwicklung	1°C	1-10°C	13°C
Äsche adult	0°C	4-18°C	20°C
Äsche laichend	4°C	6-10°C	15°C
Äsche Eientwicklung	0°C	7-14°C	16°C

---

---

**I11 (ff.)**

---

<b>Nutzenfunktion</b>	<b>Temperaturen</b>	<b>Belastungspunkte</b>
	im Bereich Optimums	0
	kurzzeitig ausserhalb Optimums	1
	langfristig ausserhalb Optimums	2
	kurzfristig ausserhalb Beeinträchtigungsgrenze	3
	mehrere Tage ausserhalb Beeinträchtigungsgrenze	4
	langfristig ausserhalb Beeinträchtigungsgrenze	5

---

<b>Bemerkungen</b>	Da die Normierung qualitativ erfolgt, besteht ein grosser Ermessungsspielraum bei der Bewertung.
--------------------	--

---