

# > Sanierung Geschiebehaushalt Strategische Planung

*Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



# > Sanierung Geschiebehaushalt Strategische Planung

*Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer*

### **Rechtlicher Stellenwert**

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

### **Impressum**

#### **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

#### **Autoren**

Ueli Schälchli, Flussbau AG SAH, Zürich und Bern

Arthur Kirchofer, WFN, Gümmenen

#### **Begleitung**

Rémy Estoppey, BAFU

Alessandro Grasso, BAFU

Georg Heim, BAFU

Oliver Hitz, Tiefbauamt Kt. BE

Bernhard Hohl, BFE

Martin Huber-Gysi BAFU

Lukas Hunzinger, Flussbau AG

Berenice Iten, BAFU

Manfred Kummer, BAFU

Stephan Lussi, BAFU

Christian Marti, AWEL, Kt. ZH

Olivier Overney, BAFU

Sandro Peduzzi, Kt. TI

Martin Pfändler, BAFU

Jean-Claude Raemy, Kt. FR

Christian Roulier, Auenberatungsstelle

David Schmid, Amt für Natur und Umwelt, Kt. GR

Irène Schmidli, BAFU

#### **Zitierung**

Schälchli U., Kirchofer A. 2012: Sanierung Geschiebehaushalt.

Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1226: 74 S.

#### **Gestaltung**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

#### **Titelbild**

BAFU/AURA

#### **PDF-Download**

[www.bafu.admin.ch/uv-1226-d](http://www.bafu.admin.ch/uv-1226-d)

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar.

© BAFU 2012

# > Inhalt

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>		
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>		
<b>Zusammenfassung</b>	<b>8</b>		
<b>Einleitung</b>	<b>9</b>		
<hr/>			
<b>1 Ausgangslage</b>	<b>11</b>		
1.1 Bedeutung des Geschiebehaushaltes	11		
1.2 Zweck, Adressaten und Aufbau der Vollzugshilfe	12		
1.3 Rechtliche Grundlagen	13		
<hr/>			
<b>2 Vorgehen</b>	<b>16</b>		
2.1 Übersicht Sanierungsphasen	16		
2.2 Übersicht Bearbeitungsstufen der Phase 1	18		
2.3 Übersicht Bearbeitungsschritte der Phase 1	21		
2.3.1 Schnelltest: Schritte 1–4	21		
2.3.2 Grundbewertung: Schritte 5–9	21		
2.3.3 Massnahmenvorbereitung, Schritte 10–13	22		
2.3.4 Beschlossene Planung, Schritte 14–17	22		
2.4 Detailplanung der Kantone (Phase 2)	23		
<hr/>			
<b>3 Erläuterungen zur Planung Phase 1</b>	<b>26</b>		
3.1 Abgrenzung Einzugsgebiete und zu bewertende Gewässer	26		
3.1.1 Abgrenzung Einzugsgebiete	26		
3.1.2 Abgrenzung der zu bewertenden Fließgewässer	26		
3.2 Erheben aller relevanten Anlagen	28		
3.2.1 Wasserkraftwerke	28		
3.2.2 Geschiebesammler	28		
3.2.3 Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser	28		
3.2.4 Kiesentnahmen zu kommerziellen Zwecken	28		
3.2.5 Gewässerverbauungen	29		
3.2.6 Weitere Anlagen	30		
3.3 Aktuelle und natürliche Morphologie der Gewässer	30		
3.3.1 Definition Morphologie	30		
3.3.2 Gesetzliche Vorgaben	31		
3.3.3 Massgebende Zustände	31		
3.3.4 Beurteilung der aktuellen und natürlichen Morphologie der Gewässer	32		
		3.4 Grobbeurteilung der Anlagen, Bezeichnung beeinträchtigter Gewässerstrecken	33
		3.4.1 Wasserkraftwerke	34
		3.4.2 Geschiebesammler	35
		3.4.3 Kiesentnahmen	36
		3.4.4 Gewässerverbauungen	36
		3.5 Abschätzen des Geschiebeaufkommens	37
		3.6 Abschätzen der erforderlichen Geschiebefracht	38
		3.6.1 Grundsätze	38
		3.6.2 Vorgehen zur Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht	39
		3.7 Quantifizieren des Einflusses der Anlagen auf den Geschiebehaushalt	43
		3.8 Längenprofil Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand und im Istzustand	44
		3.9 Beurteilung des ökologischen Potenzials und des Grads der Beeinträchtigung	45
		3.10 Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen	49
		3.10.1 Randbedingungen	49
		3.10.2 Massnahmen bei Wasserkraftwerken	51
		3.10.3 Massnahmen bei Geschiebesammlern	52
		3.10.4 Massnahmen bei Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser	52
		3.10.5 Massnahmen bei Kiesentnahmen zu kommerziellen Zwecken	53
		3.10.6 Massnahmen bei Gewässerverbauungen	53
		3.10.7 Massnahme Kieszugaben	53
		3.10.8 Längenprofil der Geschiebefracht	54
		3.11 Abstimmung mit anderen Massnahmen	55
<hr/>			
		<b>Anhang</b>	<b>57</b>
		A1 Beispiele zur Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht	57
		A2 Minimalanforderungen für die kantonale Planung	69
<hr/>			
		<b>Literatur</b>	<b>70</b>
		<b>Verzeichnisse</b>	<b>71</b>
		<b>Glossar</b>	<b>73</b>



## > Abstracts

The current module of the implementation guide on “revitalisation of water courses” outlines a procedure for meeting the requirements of water protection legislation in relation to bed load budget. It describes the individual planning steps and primarily addresses the strategic planning which must be developed by the cantons by 2014. Appropriate assessment methods for evaluating the significant disturbance of the bed load budget are described in detail. It also clarifies any remediation obligation on the hydropower plant and other constructions and the extent of the measures.

Das vorliegende Modul der Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer» zeigt ein zweckmässiges Vorgehen auf, wie die Anforderungen der Gewässerschutzgesetzgebung im Bereich Sanierung Geschiebehauhalt erfüllt werden können. Es beschreibt die einzelnen Planungsschritte und behandelt primär die strategische Planung, welche durch die Kantone bis 2014 erarbeitet werden muss. Geeignete Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehauhaltes sowie zur Abklärung einer allfälligen Sanierungspflicht der verursachenden Anlagen und des Ausmasses der notwendigen Massnahmen werden detailliert erläutert.

Le présent module de l'aide à l'exécution «Renaturation des eaux» présente une méthode efficace pour répondre aux exigences de la législation sur la protection des eaux dans le domaine de l'assainissement du régime de charriage. Il décrit chaque étape de planification et traite avant tout de la planification stratégique qui doit être élaborée par les cantons d'ici à 2014. Des méthodes d'investigation adaptées pour l'évaluation des atteintes graves portées au régime de charriage, de même que pour clarifier un éventuel devoir d'assainir les installations en étant la cause, ainsi que l'ampleur des mesures nécessaires y sont expliquées de manière détaillée.

Il presente modulo dell'aiuto all'esecuzione «Rinaturazione delle acque» illustra un procedimento adeguato che consente di soddisfare i requisiti posti dalla legislazione sulla protezione delle acque nell'ambito del bilancio in materiale detritico. Descrive le singole fasi di pianificazione, trattando in primo luogo la pianificazione strategica che i Cantoni devono elaborare entro il 2014. Vengono poi presentati in dettaglio metodi di analisi appropriati per la valutazione del pregiudizio sensibile arrecato dalla modifica del bilancio in materiale detritico come pure per la determinazione dell'eventuale obbligo di risanamento degli impianti che lo causano e dell'entità delle misure necessarie.

**Keywords:**

bed load budget,  
water protection legislation,  
cantonal planning,  
significant disturbance

**Stichwörter:**

Geschiebehauhalt,  
Gewässerschutzgesetz,  
Kantonale Planung,  
Wesentliche Beeinträchtigung

**Mots-clés:**

bilan des matériaux charriés,  
loi sur la protection des eaux,  
planification cantonale,  
atteintes graves

**Parole chiave:**

bilancio del materiale solido di  
fondo, legge sulla protezione  
delle acque,  
pianificazione cantonale,  
pregiudizio sensibile



## > Vorwort

Der umfassende Schutz der Gewässer und ihrer vielfältigen Funktionen sowie die nachhaltige Nutzung der Gewässer durch den Menschen sind zentrale Ziele des Gewässerschutzrechts des Bundes. Bei der jüngsten Änderung des Gewässerschutzgesetzes ging es genau darum: unter Berücksichtigung von berechtigten Schutz- und Nutzungsinteressen ausgewogene Lösungen im Bereich des Gewässerschutzes zu finden. Die Änderungen wurden im Dezember 2009 als Gegenvorschlag zur Volksinitiative «Lebendiges Wasser» vom Parlament beschlossen, worauf die Volksinitiative zurückgezogen wurde.

Die die Renaturierung der Gewässer betreffende Revision von Gewässerschutzgesetz und -verordnung, welche am 1. Januar respektive 1. Juni 2011 in Kraft trat, stellt einen weiteren Meilenstein im Schweizer Gewässerschutz dar. Sie hat zum Ziel, die Gewässer als Lebensraum aufzuwerten, damit sie naturnaher werden und einen Beitrag zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität leisten. Die eingezwängten Gewässer müssen wieder mehr Raum erhalten und die negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung sollen gedämpft werden.

Die vorliegende Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer» soll die Kantone bei der Umsetzung dieser neuen gesetzlichen Bestimmungen unterstützen und einen schweizweit koordinierten und einheitlichen Vollzug des Bundesrechts ermöglichen. Die modular aufgebaute Vollzugshilfe umfasst alle relevanten Aspekte der Renaturierung der Gewässer in den Bereichen Revitalisierung von Fliess- und stehenden Gewässern, Auen, Wiederherstellung der freien Fischwanderung und des Geschiebehauhalts, Sanierung von Schwall und Sunk sowie die Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben. Der Vollzug des Umweltrechts ist Aufgabe der Kantone. Deshalb wurde die Erarbeitung dieser Vollzugshilfe von Arbeitsgruppen mit kantonalen Vertretern begleitet.

Das vorliegende Modul ist der strategischen Planung zur Sanierung des Geschiebehauhaltes gewidmet. Es zeigt auf, wie die anlagenbedingten wesentlichen Beeinträchtigungen des Geschiebehauhaltes in Gewässerabschnitten erfasst und bewertet sowie die Sanierungspflicht der verursachenden Anlagen bestimmt werden können.

Das BAFU dankt allen, die zum Gelingen der Publikation beigetragen haben, insbesondere den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die sich für praxistaugliche Lösungen eingesetzt haben.

Gérard Poffet  
Vizedirektor  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Stephan Müller  
Chef der Abteilung Wasser  
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

## > Zusammenfassung

Die vorliegende Publikation zeigt als Modul der Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer» ein zweckmässiges Vorgehen auf, um die Anforderungen der Gewässerschutzgesetzgebung im Bereich Sanierung Geschiebehaushalt erfüllen zu können. Gemäss dem Gewässerschutzgesetz darf der Geschiebehaushalt durch Anlagen nicht derart verändert werden, dass die einheimischen Tiere und Pflanzen, deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden. Anlagen umfassen dabei alle Bauten und betrieblichen Massnahmen im Einflussbereich von Gewässern. Im Rahmen ihrer strategischen Sanierungsplanungen sollen die Kantone die entsprechenden Beeinträchtigungen in ihren Gewässern erkennen, die verursachenden Anlagen bezeichnen und die Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen prüfen. Ziel der Sanierung des Geschiebehaushaltes ist die Erreichung gewässertypischer morphologischer Strukturen entsprechend dem naturnahen Zustand.

Die kantonale Planung der Sanierung des Geschiebehaushaltes soll sich am Gewässersystem orientieren und nicht auf einzelne Gewässerabschnitte beschränkt bleiben (Abstimmung auch mit Nachbarkantonen oder Nachbarländern).

Das chronologisch aufgebaute Modul ist in 17 Schritte gegliedert. Dabei sollen vorerst die zu bewertenden Gerinneabschnitte definiert und jene Anlagen bezeichnet werden, welche eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts in diesen Gewässerabschnitten verursachen. Bei ausreichender Datenlage kann die Beurteilung aufgrund qualitativer Bewertungsmethoden im Rahmen eines Schnelltestes erfolgen (Schritte 1 bis 4). Eine quantitative Beurteilung wird durch eine umfangreichere Grundbewertung möglich, deren Anwendung im Rahmen der strategischen Planung insbesondere bei Vorliegen von Geschiebehaushaltsstudien angezeigt ist (Schritte 5 bis 9). Zwecks gezieltem Einsatz knapper Ressourcen sollen insbesondere unter Beurteilung des ökologischen Potenzials die Verhältnismässigkeit von Sanierungsmassnahmen abgeschätzt, die vorgesehenen Massnahmen priorisiert, deren Machbarkeit bestimmt und eine Abstimmung dieser Massnahmen im Einzugsgebiet erfolgen und bis Ende 2013 in einem Zwischenbericht dem BAFU vorgelegt werden (Schritte 10 bis 13). Die Schritte 14 bis 17 umfassen den Abgleich der Massnahmenvorbereitung mit anderen Massnahmen zum Schutz der natürlichen Lebensräume und die Deklaration von Gewässerabschnitten und Anlagen, für welche erst im Rahmen der nachfolgenden Detailplanung der Sanierungsbedarf bestimmt werden kann. Bis Ende 2014 reichen die Kantone ihre beschlossene strategische Planung dem BAFU ein.

Zu diesen 17 Arbeitsschritten liefert das Modul methodische Anleitungen.

---

## > Einleitung

### Änderung des Gewässerschutzgesetzes

Die eidgenössischen Räte haben am 11. Dezember 2009 Änderungen des Gewässerschutzgesetzes vom 14. Januar 1991 (GSchG, SR 814.20), des Bundesgesetzes vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (WBG, SR 721.100), des Energiegesetzes vom 26. Juni 1998 (EnG, SR 730.0) und des Bundesgesetzes vom 4. Oktober 1991 über das bäuerliche Bodenrecht (BGBB, SR 211.412.11) beschlossen. Die Änderungen traten am 1. Januar 2011 in Kraft. Die Parlamentsbeschlüsse betreffen die Renaturierung der Gewässer und geben zwei Stossrichtungen vor:

- > die Förderung von Revitalisierungen (Wiederherstellung der natürlichen Funktionen eines verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten oberirdischen Gewässers mit baulichen Massnahmen) sowie Sicherung und extensive Bewirtschaftung des Gewässerraums;
- > die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung durch die Verminderung der Auswirkungen von Schwall und Sunk unterhalb von Wasserkraftwerken, durch die Reaktivierung des Geschiebehaushalts sowie die Sanierung nach Fischereigesetz (Art. 10) wie z. B. die Wiederherstellung der Fischgängigkeit.

Die Änderung des Gewässerschutzgesetzes vom 11. Dezember 2009 erforderte u. a. Änderungen der Gewässerschutzverordnung in den betroffenen Bereichen. Die revidierte GSchV trat am 1. Juni 2011 in Kraft.

### Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer»

Die vorliegende Publikation ist ein Modul der Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer», welche die Kantone bei der Umsetzung der neuen gesetzlichen Bestimmungen unterstützen soll. Die Vollzugshilfe umfasst alle relevanten Aspekte in den Bereichen Revitalisierung Fließgewässer, Revitalisierung stehende Gewässer, Auen, Wiederherstellung der freien Fischwanderung, Schwall-Sunk-Sanierung, Wiederherstellung des Geschiebehaushalts sowie die Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben. Sie ist modular aufgebaut und beinhaltet für die verschiedenen Bereiche Module zur strategischen Planung, zur Umsetzung konkreter Massnahmen, zur Finanzierung, zum Datenmodell und den Anforderungen an die Daten gemäss Geoinformationsgesetz sowie ein über den Themenbereich der Renaturierung hinausgehendes Modul zur Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben (siehe folgende Übersichtstabelle).

**Abb. 1 > Übersicht Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer»**

Die vorhandenen Module stehen auf der Website [www.bafu.admin.ch/Vollzug-Renaturierung](http://www.bafu.admin.ch/Vollzug-Renaturierung) zur Verfügung.

Revitalisierung Fließgewässer	Revitalisierung Stillgewässer	Auen	Fisch- wanderung	Schwall-Sunk	Geschiebe- haushalt
<b>Strategische Planung:</b>					
<b>Umsetzung der Massnahmen:</b>					
<b>Finanzierung:</b>					
<b>Datenmodelle und Daten:</b>					
<b>Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben:</b>					

#### Vollzugshilfe-Modul «Sanierung Geschiebehaushalt»

Das vorliegende Modul «Sanierung Geschiebehaushalt – Strategische Planung» zeigt auf, wie die bestehenden wesentlichen Beeinträchtigungen durch einen veränderten Geschiebehaushalt (Art. 43a GSchG) im Rahmen der strategischen Planung durch die Kantone erfasst, ihre Sanierungspflicht abgeklärt und die Machbarkeit der zu treffenden Sanierungsmassnahmen sowie deren Umsetzungsfristen bestimmt werden können.

# 1 > Ausgangslage

---

## 1.1 Bedeutung des Geschiebehaushaltes

Der Geschiebehaushalt ist ein charakteristisches und bestimmendes Merkmal eines Fliessgewässers. Das vom Oberwasser zugeführte Geschiebe ersetzt durch Hochwasser erodiertes Material und führt zu einer regelmässigen Erneuerung von Kiesbänken und des Substrats.

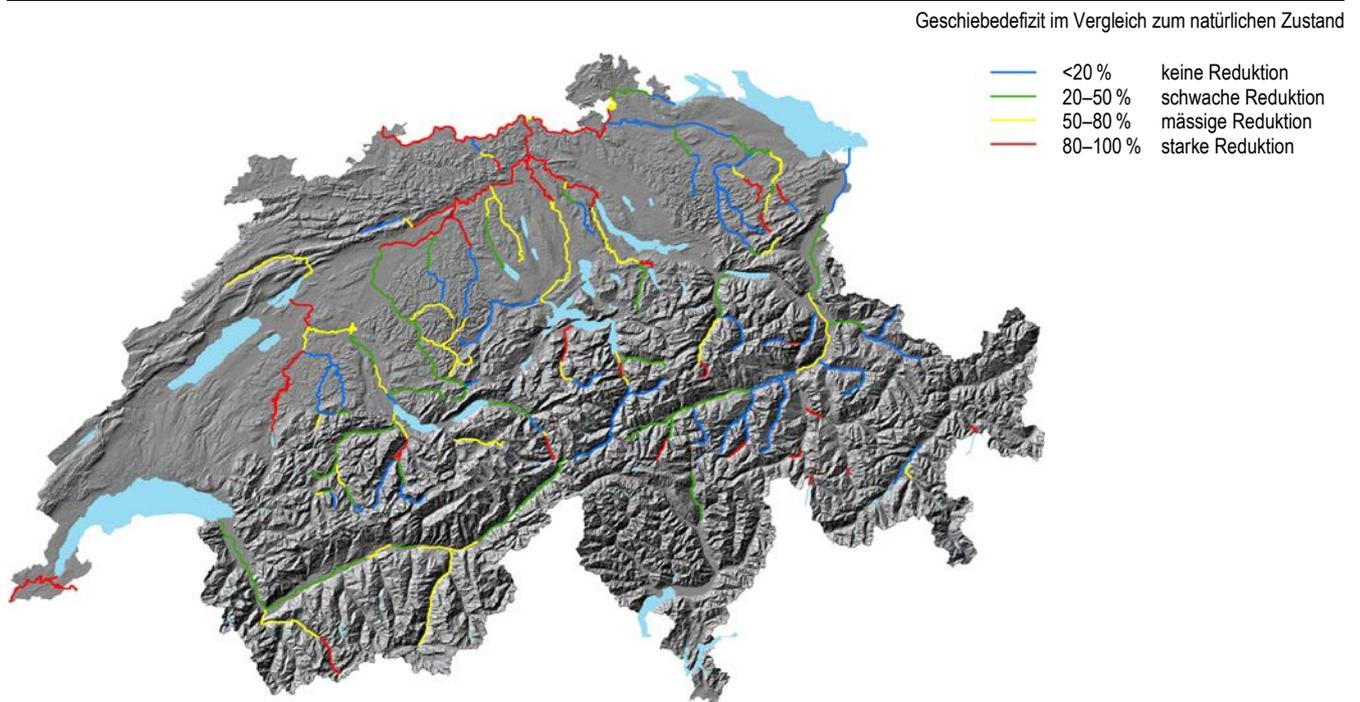
Ohne ausreichende Geschiebezufuhr aus dem Oberwasser wird das Gerinne ausgeräumt, lockere Kiesablagerungen fehlen, die Sohle pflästert sich ab und kolmatiert. Ohne Gegenmassnahmen kann sich das Gerinne eintiefen. Diese Prozesse führen zu einer zunehmenden Beeinträchtigung des Lebensraums. Beispielsweise regelt der Geschiebehaushalt die Sohlenhöhe des Gerinnes und steuert dadurch das Grundwasserniveau und gegebenenfalls das Funktionieren von Auengebieten. Letztere können durch die Eintiefungstendenz vom Gewässersystem irreversibel abgekoppelt werden.

Der Geschiebehaushalt von Schweizer Fliessgewässern ist sehr unterschiedlich zu bewerten. Einerseits gibt es Gewässer, die aufgrund der anthropogenen Eingriffe kaum Geschiebe führen und deren Geschiebehaushalt deshalb stark beeinträchtigt ist. Andererseits gibt es Fliessgewässer, die einen Geschiebeüberschuss aufweisen und unerwünschte Sohlenauflandungen nur durch Kiesentnahmen verhindert werden können.

In Abb. 2 ist die Beeinflussung des Geschiebehaushalts in untersuchten Schweizer Fliessgewässern dargestellt. Die Übersicht zeigt, dass sich die Mehrzahl der grösseren Fliessgewässer mit stark beeinträchtigtem Geschiebehaushalt im Mittelland befindet, aber auch in den Alpen und den Voralpen einzelne stark beeinträchtigte Gewässerabschnitte anzutreffen sind.

Bedeutung des  
Geschiebehaushaltes

Abb. 2 &gt; Beeinflussung des Geschiebehaushalts in untersuchten Schweizer Fließgewässern



[7], aktualisiert BAFU 2012

## 1.2 Zweck, Adressaten und Aufbau der Vollzugshilfe

Mit der Sanierung des Geschiebehaushalts ist die Geschiebeführung grundsätzlich wieder soweit aufzuwerten, dass die morphologischen Strukturen und die morphologische Dynamik des Gewässers nicht nachteilig verändert werden<sup>1</sup>, das heisst, dem naturnahen Zustand des Gewässers vergleichbar sind. Wo der Grundwasserhaushalt oder der Hochwasserschutz durch einen wegen Anlagen<sup>2</sup> veränderten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt werden, müssen ebenfalls geeignete Massnahmen geplant und umgesetzt werden.

**Ziel der Sanierung des Geschiebehaushalts**

Dadurch wird auch dem Auftrag der Auenverordnung entsprochen, die natürliche Dynamik des Gewässer- und Geschiebehaushalts soweit sinnvoll und machbar wiederherzustellen (Art. 4 und 8 der Auenverordnung SR 451.31).

Mit der strategischen Planung durch die Kantone wird festgelegt,

**Zweck des Moduls**

> in welchen Fließgewässerabschnitten die einheimischen Tiere und Pflanzen und deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz durch ei-

<sup>1</sup> Diese Anforderung gilt für Gewässer mit naturnahem Verlauf (keine Begradigung oder Einengung). Bei korrigierten Gewässern muss die Geschiebeführung dem Bedarf zur Ermöglichung naturnaher morphologischer Strukturen vor der Korrektur entsprechen.

<sup>2</sup> Als Anlagen gelten alle anthropogenen Eingriffe ins Gewässersystem, welche eine massgebende Beeinflussung der Geschiebeführung verursachen. Anlagen können baulicher oder betrieblicher Art sein. Insbesondere Wasserkraftwerke, Geschiebesammler und Kiesentnahmen können die Geschiebeführung massgebend beeinflussen. Gegebenenfalls sind auch Gewässerverbauungen und Wildbach- und Hangverbauungen zu berücksichtigen.

nen veränderten Geschiebehauhalt wesentlich beeinträchtigt sind und inwieweit sie beeinträchtigt sind,

- > welche Anlagen die wesentliche Beeinträchtigung verursachen,
- > welches ökologische Potenzial die betroffenen Gewässerabschnitte aufweisen und
- > welche Anlagen Massnahmen zur Sanierung treffen müssen.

Die Kantone reichen dem BAFU bis zum 31. Dezember 2013 einen Zwischenbericht und die beschlossene Planung bis zum 31. Dezember 2014 ein.

Das Modul richtet sich an die mit der Sanierungs- und Revitalisierungsplanung betrauten kantonalen Fachstellen und die mit der Planung beauftragten spezialisierten Planungs- und Ingenieurbüros.

Adressaten

- > *Kapitel 2* stellt das Vorgehen der strategischen Planung (Phase 1) in einem Fließdiagramm dar und beschreibt die Bearbeitungsschritte kurz. Zusätzlich sind Ausführungen zur anschliessenden Detailplanung (Phase 2) aufgeführt.
- > *Kapitel 3* beschreibt die Bedeutung und das Vorgehen einzelner Bearbeitungsschritte detailliert.
- > *Anhang A1* führt Beispiele zur Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht auf.
- > *Anhang A2* weist eine Zusammenstellung der Minimalanforderungen an die kantonale Planung aus.

Aufbau des Moduls

### 1.3

## Rechtliche Grundlagen

Gemäss Artikel 43a GSchG dürfen Anlagen den Geschiebehauhalt in einem Gewässer nicht so verändern, dass die einheimischen Tiere und Pflanzen, deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt und der Hochwasserschutz wesentlich beeinträchtigt werden. Eine entsprechende Beeinträchtigung liegt vor, wenn Anlagen die morphologischen Strukturen oder die morphologische Dynamik des Gewässers nachteilig verändern (Art. 42a GSchV). Als Anlagen nennt Artikel 42a GSchV insbesondere Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler und Gewässerverbauungen.

Verhinderung und Beseitigung  
wesentlicher Beeinträchtigung

Inhaber solcher Anlagen müssen gemäss Artikel 83a GSchG innerhalb von 20 Jahren nach Inkrafttreten des GSchG (also bis zum 31. 12. 2030) geeignete Sanierungsmassnahmen treffen. Die Kantone planen diese gemäss Artikel 83b GSchG und legen die Fristen zu deren Umsetzung fest. Sie reichen die beschlossene Planung bis zum 31. Dezember 2014 (Zwischenbericht bis 31.12.2013) dem Bund ein und erstatten ihm alle vier Jahre Bericht über die durchgeführten Massnahmen. Die Massnahmen müssen im Einzugsgebiet des betroffenen Gewässers aufeinander und mit Massnahmen aus anderen Bereichen abgestimmt werden (Art. 43a Abs. 3 GSchG, Art. 46 Abs. 1 GSchV). Sie richten sich nach dem Grad der Beeinträchtigung, dem ökologischen Potenzial des Gewässers, der Verhältnismässigkeit des Sanierungsaufwandes, den Interessen des Hochwasserschutzes sowie den energiepolitischen Zielen zur Förderung erneuerbarer Energien (Art. 43a Abs. 2 GSchG). Bei der Festlegung des ökologischen Potenzials ist bei beeinträchtigten Gewässern deren ökologische Bedeutung in einem gedachten Referenzzustand zu berücksichtigen, in dem die anthropogenen Beeinträchtigungen

Fristen strategische Planung und  
Massnahmenplanung

soweit beseitigt sind, als dies mit verhältnismässigem Aufwand möglich ist (Art. 33a GSchV)<sup>3</sup>.

In Artikel 42b GSchV und in Anhang 4a Ziffern 1 und 3 GSchV werden Inhalt und Vorgehen bei der Sanierungsplanung präzisiert. Demgemäss soll der Zwischenbericht die wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitte sowie die verursachenden Anlagen bezeichnen und festlegen, bei welchen Anlagen voraussichtlich Sanierungsmassnahmen notwendig sind. Der Zwischenbericht enthält auch erste Angaben über die Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen. In der beschlossenen Planung wird anschliessend definitiv festgelegt, bei welchen Anlagen Massnahmen notwendig sind. Für diese Anlagen erstellen die Kantone gemäss Artikel 42c Absatz 1 GSchV im Anschluss an diese strategische Planung eine Studie über die Art und den Umfang der notwendigen Massnahmen. Bei Wasserkraftwerken muss das Geschiebe soweit möglich durch die Anlage durchgeleitet werden (Art. 42c Abs. 2 GSchV).

**Inhalt der Planung**

Liegen im Einzugsgebiet besondere Verhältnisse vor, können im Rahmen der strategischen Planung u.U. noch keine definitiven Entscheide über die Sanierungspflicht der Anlagen getroffen werden. In diesen Fällen gibt der Kanton eine Frist an, bis wann er über den Sanierungsbedarf sowie über die Sanierungstermine entscheidet (Anh. 4a Ziff. 3 Bst. c GSchV). Besondere Verhältnisse liegen gemäss Anhang 4a Ziffer 1 GSchV insbesondere dann vor, wenn mehrere Anlagen im gleichen Einzugsgebiet die wesentliche Beeinträchtigung verursachen und die Anteile der Beeinträchtigung den einzelnen Anlagen noch nicht zugerechnet werden können.

**Besondere Verhältnisse**

Für fristgerecht eingereichte Planungen gewährt der Bund den Kantonen Abgeltungen in der Höhe von 35 Prozent der anrechenbaren Planungskosten (Art. 62c GSchG).

**Entschädigung strategische Planung**

Das Vorgehen zur Umsetzung der geplanten Massnahmen ist in Artikel 42c Absätze 2–4 GSchV näher ausgeführt. Vorgesehen ist unter anderem, dass die kantonale Behörde bei Massnahmen an Wasserkraftwerken vor ihrem Entscheid über das Sanierungsprojekt das BAFU anhört.

**Umsetzung der Massnahmen**

Speziell geregelt ist die Zuständigkeit bei den Grenzkraftwerken. Für die Verleihung von Wasserrechten an Gewässerstrecken, welche die Landesgrenzen berühren, ist der Bund zuständig. Damit vollzieht er auch das Gewässerschutz- und Fischereirecht des Bundes im Zusammenhang mit den konzidierten Grenzkraftwerken und ordnet deren Sanierung an. Die strategische Planung der Sanierung des Geschiebehaushaltes wird von den Kantonen, auf deren Gebiet die Kraftwerke liegen, unter Beizug des Bundes durchgeführt. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

**Grenzkraftwerke**

- Das Pflichtenheft für die Erarbeitung der strategischen Planung ist, wenn Grenzkraftwerke betroffen sind, dem Bundesamt für Energie (BFE) zur Stellungnahme zu unterbreiten.

<sup>3</sup> Gemäss dieser Umschreibung bezeichnet das ökologische Potenzial einen Zustand und nicht die Differenz zweier Zustände.

- 
- > Der Zwischenbericht und die Abgeschlossene Planung müssen dem BAFU eingereicht werden. Das BFE nimmt im Rahmen der Stellungnahme des BAFU zu diesen Berichten Stellung.
  - > Die Kantone müssen das BFE beiziehen, wenn die Planung mit dem Nachbarland koordiniert werden muss.

## 2 > Vorgehen

### 2.1 Übersicht Sanierungsphasen

Der Ablauf zur Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts bis 2030 gliedert sich in die fünf Phasen gemäss Abb. 3. Während allen Phasen ist eine Abstimmung mit den anderen bestehenden Modulen der Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer» anzustreben. Allgemeine entsprechende Hinweise finden sich im Modul «Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben» (BAFU, in Arbeit).

**Phase 1** betrifft die strategische Planung der Kantone zur Erkennung der Gewässerabschnitte, die durch einen veränderten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt sind. Zudem bezeichnet sie die Anlagen, welche die wesentlichen Beeinträchtigungen verursachen und saniert werden müssen sowie die Angaben zur Machbarkeit von Massnahmen, deren Sanierungsfristen und deren Abstimmung im Einzugsgebiet. Phase 1 entspricht den Anforderungen von Artikel 42b GSchV an die strategische Planung der Kantone.

Phase 1

**Phase 2** betrifft die Detailplanung der Kantone zur Quantifizierung des Geschiebehaushalts, zur Bestimmung der Auswirkungen der Massnahmen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt, sowie der Massnahmenfestlegung (Art. 42c Abs. 1 und 2 GSchV)<sup>4</sup>.

Phase 2

**Phase 3** betrifft die Massnahmenverfügung und die Projektierung der Massnahmen durch die Anlagenbetreiber sowie die Erteilung der erforderlichen Bewilligungen. Die Massnahmen werden bei Wasserkraftwerken nach Anhörung des Bundesamtes für Umwelt vom zuständigen Kanton festgelegt (Art. 42c Abs. 3 GSchV).

Phase 3

**Phase 4** betrifft die Gesuchstellung um Entschädigung, die Realisierung der Massnahmen bis spätestens Ende 2030 sowie die Entschädigung der Massnahmen.

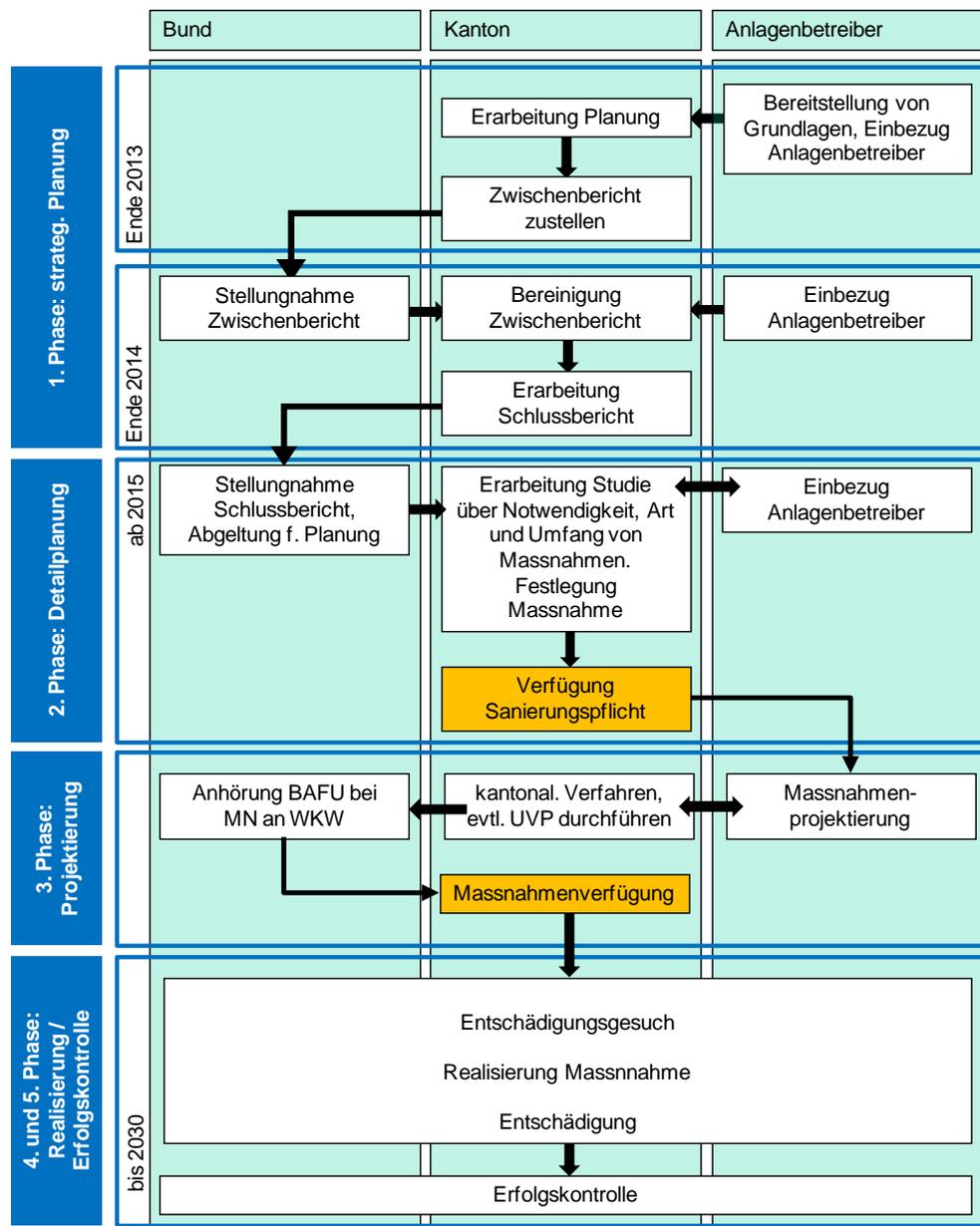
Phase 4

**Phase 5** betrifft die Durchführung der Erfolgskontrolle (Art. 42c Abs. 4 GSchV). Diese soll sicherstellen, dass die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und unerwünschte Auswirkungen verhindert werden. Aufgrund der Erfolgskontrolle können Massnahmenanpassungen vorgenommen werden.

Phase 5

<sup>4</sup> In Einzelfällen kann Phase 2 entfallen, wenn die Art und der Umfang der Massnahmen bereits in Phase 1 definitiv festgelegt wurde und die Massnahmen mit anderen wasserwirtschaftlichen Bereichen abgestimmt wurden (insbesondere Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt). Beispiel: Gewässersystem mit von Natur aus geringer Geschiebeführung, wo unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserschutz ausgeschlossen werden können und nur bei wenigen Anlagen Massnahmen erforderlich sind.

Abb. 3 > Ablauf bei Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts



MN = Massnahmen; WKW = Wasserkraftwerk

## 2.2 Übersicht Bearbeitungsstufen der Phase 1

Phase 1 gliedert sich in vier Bearbeitungsstufen (Schnelltest, Grundbewertung, Massnahmenvorbereitung und Bereinigung). Diese wiederum werden in die einzelnen Arbeitsschritte gemäss Abb. 4 und Abb. 5 unterteilt.

Die einzelnen Bearbeitungsstufen werden nachfolgend in einer Übersicht erläutert.

Mit dem **Schnelltest** wird mit geringem Aufwand eine erste Beurteilung vorgenommen, ob die Anlagen zu einem wesentlich veränderten Geschiebehaushalt gemäss Artikel 43a GSchG führen. Dabei sind bestehende Studien, sofern diese noch aktuell sind, zu berücksichtigen. Ist eine zuverlässige Beurteilung möglich, so folgt bei festgestellter wesentlicher Beeinträchtigung direkt die Massnahmenvorbereitung oder, wenn keine wesentliche Veränderung des Geschiebehaushalts vorliegt, kann dies direkt im Zwischenbericht vermerkt werden.

Schnelltest und Entscheid 1

Die Beurteilung der Auswirkungen eines anthropogen veränderten Geschiebehaushaltes auf den Grundwasserhaushalt und den Hochwasserschutz soll im Rahmen der Phase 1 aufgrund bestehender Studien oder basierend auf Erfahrungen der kantonalen Behörden erfolgen.

Bei grossen Gewässersystemen mit vielen Anlagen ist davon auszugehen, dass mit dem Schnelltest nicht bei allen Anlagen zuverlässig beurteilt werden kann, ob sie den Geschiebehaushalt wesentlich verändern. Liegen solche **besonderen Verhältnisse** vor, kann im Rahmen der strategischen Planung vorerst auf die Grundbewertung verzichtet werden. Stattdessen werden die nötigen Abklärungen im Rahmen der Geschiebehaushaltsstudie in der Detailplanung durchgeführt (Anh. 4a Ziff. 3 Abs. 2 Bst. c i.V.m. Anh. 4a Ziff. 1 GSchV). Der Kanton orientiert in diesem Fall bereits in der strategischen Planung, innert welcher Frist er über die Notwendigkeit von Sanierungsmassnahmen entscheidet und bis wann diese umgesetzt werden.

Entscheid 2

Besondere Verhältnisse können beispielsweise in folgenden Fällen vorliegen:

### **Beispiel 1:**

*Aus mehreren Geschiebesammlern wird Kies entnommen und es ist nicht bekannt, wie viel Geschiebe durchtransportiert wird und damit im Gewässer verbleibt. Es kann nicht beurteilt werden, ob die im Gewässer verbleibende Menge ausreichend ist und welche Anlagen Massnahmen treffen müssen.*

### **Beispiel 2:**

*An einem Fliessgewässer bestehen mehrere Wasserkraftwerke mit kleinen und grossen Stauhaltungen. In einzelnen Gewässerabschnitten werden Geschiebedefizite erkannt, es ist aber nicht möglich, das Defizit schlüssig einer oder mehreren Anlagen zuzuweisen.*

Abb. 4 > Phase 1, strategische Planung – Ablaufschema Teil 1

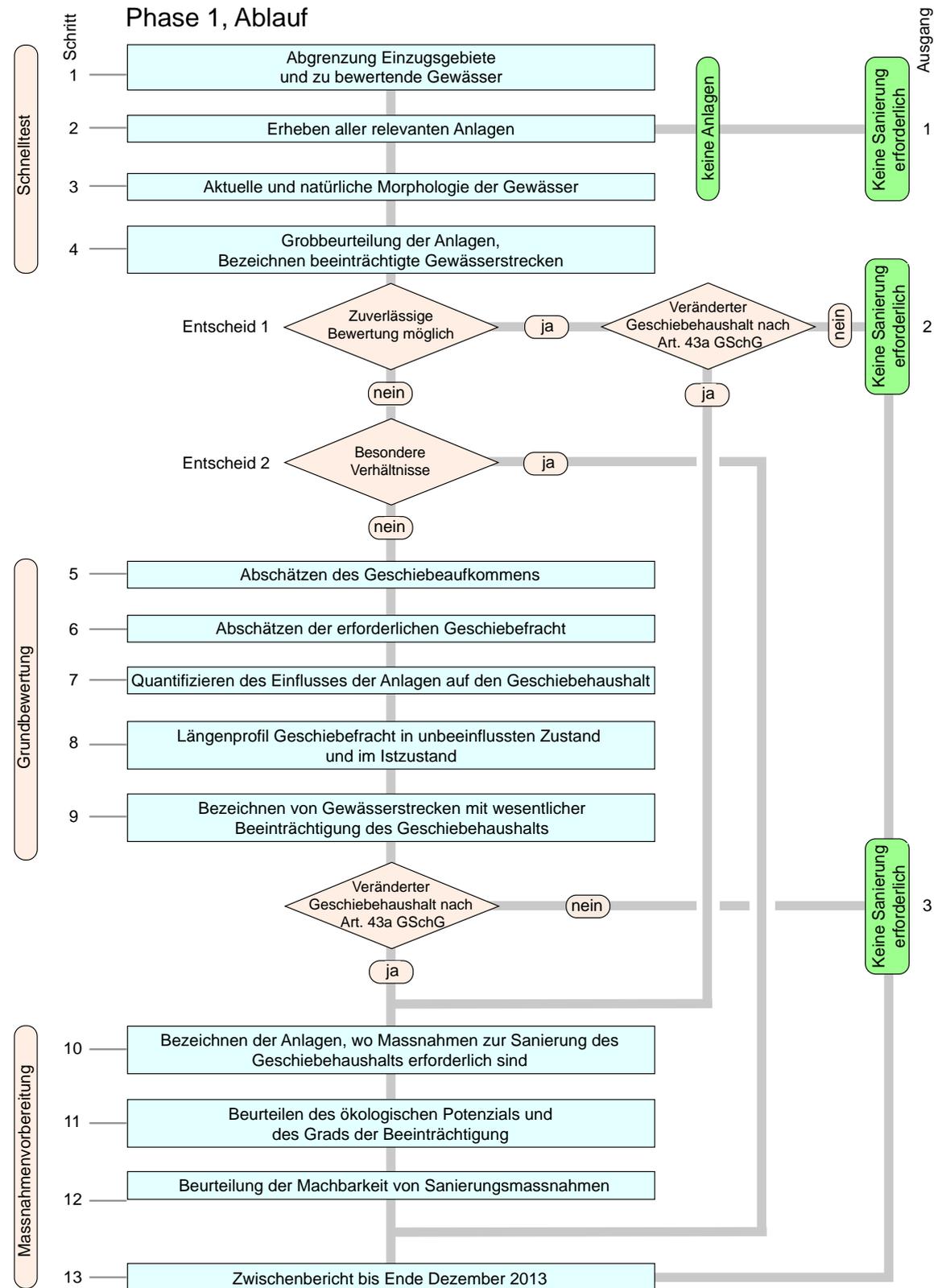
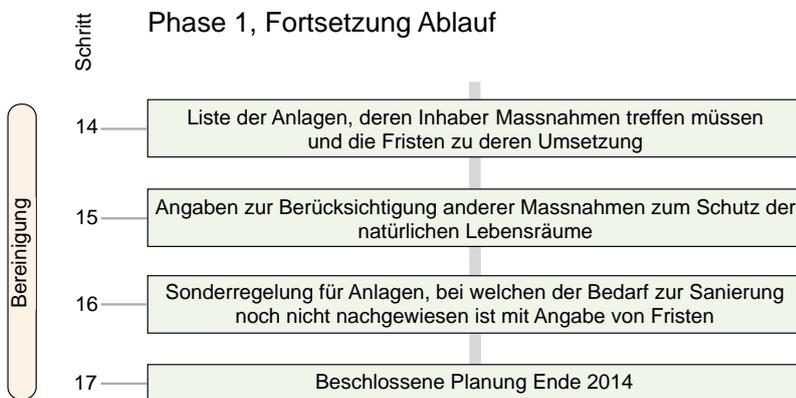


Abb. 5 &gt; Phase 1, strategische Planung – Ablaufschema Teil 2



Eine **Grundbewertung** wird durchgeführt, wenn die Abklärungen im Schnelltest nicht zielführend waren und wenn keine besonderen Verhältnisse im Sinne von Anhang 4a Absatz 1 GSchV vorliegen. Bei der Grundbewertung werden die ersten Bearbeitungsschritte einer Geschiebehaushaltsstudie durchgeführt. Dabei werden das Geschiebeaufkommen und der Einfluss der Anlagen auf die Geschiebeführung quantifiziert und mit der aus morphologischer Sicht erforderlichen Geschiebeführung verglichen. Das Vorgehen erlaubt in den meisten Fällen bei jeder Anlage eine zuverlässige Beurteilung, ob sie zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führt. Liegen besondere Verhältnisse vor, wird die Grundbewertung in der Detailplanung (Phase 2) durchgeführt.

Grundbewertung

Bei der **Massnahmenvorbereitung** wird bei den sanierungspflichtigen Anlagen die Machbarkeit und Verhältnismässigkeit von Sanierungsmassnahmen beurteilt und Angaben gemacht, wie diese Massnahmen im Einzugsgebiet abgestimmt werden sollen.

Massnahmenvorbereitung

Bei der **Bereinigung** werden unter Berücksichtigung der Rückmeldungen des BAFU die gemäss Anhang 4a Ziffer 3 Absatz 2 GSchV zusätzlich erforderlichen Angaben erarbeitet und die beschlossene Planung bis Ende 2014 fertig gestellt.

Bereinigung

Der enge Zeitplan der strategischen Sanierungsplanung stellt die Behörden vor grosse Herausforderungen. Er ist auf Gesetzesstufe festgelegt und kann nicht geändert werden. Die Durchführung des Schnelltests (Kapitel 2.2) und die Möglichkeit, bei besonderen Verhältnissen für die detaillierten Untersuchungen mehr Zeit zur Verfügung zu haben, erlauben jedoch die Einhaltung der Fristen und der Vorgaben der Gewässerschutzgesetzgebung an den Inhalt der Planung.

Fristen strategische Planung

Nachfolgend sind die einzelnen Schritte entsprechend Abb. 4 und Abb. 5 beschrieben.

## 2.3 Übersicht Bearbeitungsschritte der Phase 1

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der Phase 1 im Sinne einer Übersicht kurz charakterisiert. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen Schritten befinden sich in Kapitel 3.

### 2.3.1 Schnelltest: Schritte 1–4

<b>Schritt 1</b> Abgrenzung Einzugsgebiete und zu bewertende Gewässer Vgl. Kapitel 3.1	Aufteilung des gesamten Kantonsgebiets in bezüglich Geschiebehaushalt abgeschlossene Einzugsgebiete. Bei grossen Einzugsgebieten ist eine Unterteilung mit klar definierten Schnittstellen möglich. Festlegung der zu bewertenden Gewässerabschnitte (Zielgewässer). Allenfalls gleichzeitige Bearbeitung von Schritt 2.
<b>Schritt 2</b> Erheben aller relevanten Anlagen Vgl. Kap. 3.2	Ermittlung der bezüglich Geschiebehaushalt relevanten Anlagen und Definierung der massgebenden Anlageteile. Erhebungen zu deren Betrieb, der Bewirtschaftungspraxis, den Entnahmekubaturen, der Zusammensetzung und der Verwertung des Materials soweit erforderlich.
<b>Ausgang 1</b>	Falls im betrachteten Gewässersystem keine Anlagen bestehen, so wird der Geschiebehaushalt nicht beeinträchtigt. Eine Sanierung ist nicht erforderlich.
<b>Schritt 3</b> Aktuelle und natürliche Morphologie der Gewässer Vgl. Kap. 3.3	Untersuchen sowohl der aktuellen wie auch bei unbeeinflusster Geschiebeführung zu erwartenden Morphologie in morphologisch einheitlichen Gewässerabschnitten, analoge Untersuchungen im Ober- und Unterwasser aller relevanten Anlagen.
<b>Schritt 4</b> Grobbeurteilung der Anlagen, Bezeichnen beeinträchtigter Gewässerstrecken Vgl. Kap. 3.4	Qualitative Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung aufgrund des Vergleichs der morphologischen Zustände im aktuellen und natürlichen Zustand in unkorrigierten Abschnitten aufgrund einer Auswertung der Schritte 2 und 3. Es ist sowohl der Einfluss jeder Anlage allein wie auch der kombinierte Einfluss der Anlagen zu beurteilen. Auflisten der Anlagen, welche den Geschiebehaushalt wesentlich verändern sowie Bezeichnen der beeinträchtigten Gewässerstrecken. Bezeichnen von Anlagen, wo vorerst keine zuverlässige Beurteilung möglich ist. Grobbeurteilung der Auswirkungen eines veränderten Geschiebehaushalts auf den Hochwasserschutz und das Grundwasser durch Befragung der zuständigen Behörden.
<b>Entscheid 1</b>  <b>Ausgang 2</b>	Falls bei allen Anlagen an einem beeinträchtigten Gewässerabschnitt deren Einfluss auf den Geschiebehaushalt nachvollziehbar beurteilt werden kann, wird entweder <ul style="list-style-type: none"> <li>• direkt zur Massnahmenvorbereitung (Schritt 10) übergegangen, oder</li> <li>• bei nicht wesentlicher Veränderung Ausgang 2 benutzt (keine Sanierung erforderlich).</li> </ul>
<b>Entscheid 2</b>	Beim Vorliegen besonderer Verhältnisse wird die Beurteilung der Anlagen und die Bezeichnung der wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitte in der Detailplanung durchgeführt und dies im Zwischenbericht (Schritt 13) vermerkt. Andernfalls sowie bei Vorliegen einer Geschiebehaushaltsstudie wird die Grundbewertung durchgeführt.

### 2.3.2 Grundbewertung: Schritte 5–9

<b>Schritt 5</b> Abschätzen des Geschiebeaufkommens Vgl. Kap. 3.5	Abschätzen und Verifizieren des Geschiebeaufkommens im Ist-Zustand (mit Anlagen) und im naturnahen Zustand in allen Teileinzugsgebieten mittels verschiedener Ansätze.
<b>Schritt 6</b> Abschätzen der erforderlichen Geschiebefracht Vgl. Kap. 3.6	Abschätzen der erforderlichen Geschiebefracht zur Erreichung naturnaher morphologischer Strukturen (ausserhalb korrigierter Abschnitte). Die dabei ermittelte Richtgrösse gibt an, welche Grössenordnung die Geschiebefracht erreichen soll, damit keine wesentliche Veränderung des Geschiebehaushalts vorliegt. Sie dient der Beurteilung des Einflusses der Anlagen auf den Geschiebehaushalt (Schritt 7) sowie dem Entscheid für eine Sanierungspflicht (Schritt 12).

<b>Schritt 7</b> Quantifizieren des Einflusses der Anlagen auf den Geschiebehauhalt Vgl. Kap. 3.7	Beurteilung, inwieweit die relevanten Anlagen den Geschiebehauhalt des Gewässersystems verändern (Anh. 4a Ziff. 3 Abs. 1 Bst. c GSchV). Es ist sowohl der Einfluss jeder Anlage allein wie auch der kombinierte Einfluss der Anlagen quantitativ zu beurteilen.
<b>Schritt 8</b> Längenprofil Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand und im Istzustand Vgl. Kap. 3.8	Darstellung der im Längenprofil transportierten Geschiebefrachten im naturnahen Zustand und im Istzustand mit allen Anlagen. Grundlage dafür sind die Schritte 5 und 7. Der Einfluss von Sohlenerosionen und Auflandungen muss zu diesem Zeitpunkt nicht berücksichtigt werden.
<b>Schritt 9</b> Bezeichnen von Gewässerstrecken mit wesentlicher Beeinträchtigung des Geschiebehauhalts	Bezeichnen der wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitte aufgrund des Vergleichs der Geschiebefracht im Istzustand (Längenprofil gemäss Schritt 8) mit der erforderlichen Geschiebefracht gemäss Schritt 6. Die Ergebnisse werden mit der Beurteilung gemäss Schritt 3 verglichen und abgestimmt.
<b>Ausgang 3</b>	Falls aufgrund von Schritt 9 nachgewiesen werden kann, dass der Geschiebehauhalt im untersuchten Gewässersystem nicht wesentlich verändert ist, sind keine Geschiebe-Sanierungsmassnahmen erforderlich.

### 2.3.3 Massnahmenvorbereitung, Schritte 10–13

<b>Schritt 10</b> Bezeichnen der Anlagen, wo Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehauhalts erforderlich sind	Bezeichnung der sanierungsbedürftigen Anlagen auf Basis des Schnelltests oder der Grundbewertung.
<b>Schritt 11</b> Beurteilen des ökologischen Potenzials und des Grads der Beeinträchtigung Vgl. Kap. 3.9	Beurteilung der ökologischen Bedeutung eines Gewässers nach erfolgter, verhältnismässiger Sanierung (ökologisches Potenzial) und Bezeichnung des Aufwertungspotenzials (Differenz zwischen ökolog. Potenzial und dem Istzustand). Bezeichnung des Grads der Beeinträchtigung (Differenz zwischen dem Istzustand und dem naturnahen Zustand). Der Grad der Beeinträchtigung und das Aufwertungspotenzial werden ausschliesslich bezüglich des ökologischen Faktors «Geschiebehauhalt» bewertet.
<b>Schritt 12</b> Beurteilung Machbarkeit von Massnahmen Vgl. Kap. 3.10	Evaluation der Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen nach Artikel 43a GSchG. Bezeichnen von Gewässerstrecken, bei welchen aufgrund der Unverhältnismässigkeit keine Sanierungsmassnahmen angezeigt sind, oder das Ziel, die erforderliche Geschiebefracht gemäss Schritt 6 zu erreichen, voraussichtlich herabgestuft werden muss.
<b>Schritt 13</b> Zwischenbericht	Erstellen des Zwischenberichts aufgrund der bearbeiteten Schritte 1 bis 12 (Schnelltest: nur Schritte 1–4 und 10–12). Abgabe Zwischenbericht an BAFU bis zum 31.12.2013.

### 2.3.4 Beschlossene Planung, Schritte 14–17

<b>Schritt 14</b> Liste der Anlagen, deren Inhaber Massnahmen treffen müssen und die Fristen zu deren Umsetzung	Definitive Auflistung der Anlagen, deren Inhaber Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehauhalts treffen müssen nach Überarbeitung des Zwischenberichts aufgrund der Stellungnahme des BAFU soweit erforderlich. Festlegung der Fristen bis zur Planung und Umsetzung der Massnahmen. Je grösser das ökologische Potenzial und je grösser das Aufwertungspotenzial sind, desto besser ist i.d.R. das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Massnahmen sind mit höherer Priorität umzusetzen (vgl. zum ökologischen Potenzial und zum Aufwertungspotenzial Kap. 3.9).
--	---

<b>Schritt 15</b> Angaben zur Berücksichtigung anderer Massnahmen Vgl. Kap. 3.11	Aufzeigen, wie bei der Sanierung des Geschiebehaushaltes andere Massnahmen zum Schutz der natürlichen Lebensräume und zum Schutz vor Hochwasser berücksichtigt werden, damit die Geschiebehaushaltssanierungen zur vollen Wirkung kommen und welche Synergien sich mit Massnahmen anderer Planungen ergeben. Die detaillierte Untersuchung der Massnahmenauswirkung auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt sowie die Planung allfällig erforderlicher Schutzmassnahmen erfolgt in Phase 2.
<b>Schritt 16</b> Sonderregelung für Anlagen, bei welchen der Bedarf zur Sanierung noch nicht nachgewiesen ist mit Angabe von Fristen	Festlegung von Fristen für den Entscheid, ob und gegebenenfalls bis wann Sanierungsmassnahmen geplant und umgesetzt werden müssen, falls aufgrund besonderer Verhältnisse die Notwendigkeit von Sanierungsmassnahmen noch nicht beurteilt werden kann.
<b>Schritt 17</b> Beschlossene Planung	Erstellen des Schlussberichts aufgrund der Schritte 14 bis 16. Abgabe der beschlossenen Planung an BAFU bis zum 31.12.2014.

## 2.4 Detailplanung der Kantone (Phase 2)

In der Detailplanung werden Fragestellungen untersucht, die im Rahmen der strategischen Planung noch nicht abschliessend beantwortet werden konnten. Die Kantone legen dabei gemäss Artikel 42c Absatz 1 GSchV die Art und den Umfang der notwendigen Sanierungsmassnahmen fest. Dabei soll die zeitliche Wirkung der Massnahmen mitberücksichtigt werden. In der Detailplanung sind die wesentliche Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes und des Grundwasserhaushaltes durch einen anthropogen veränderten Geschiebehaushalt wie auch die entsprechenden Auswirkungen von Sanierungsmassnahmen im Vergleich zur strategischen Planung noch vertiefter abzuklären.

Falls in Phase 1 nur der Schnelltest durchgeführt wurde, sind die Schritte 5–9 (Grundbewertung) nachzuholen. Nötigenfalls ist eine Geschiebehaushaltsstudie durchzuführen.

Die Geschiebehaushaltsstudie umfasst den Aufbau eines morphologischen Modells auf Basis von Gerinnevermessungen, Korngrössenanalysen, Abflussganglinien, der Anlagen sowie weiterer Einflussgrössen. Das Modell ist soweit möglich zu kalibrieren und eine Szenarienanalyse durchzuführen mit der Untersuchung

**Geschiebehaushaltsstudie**

1. des Istzustandes;
2. des unbeeinflussten Zustandes (ohne Anlagen);
3. des sanierten Zustandes (mit Massnahmen).

Die morphologischen Modellberechnungen ermöglichen,

- > Sohlenveränderungen in Funktion des Geschiebeeintrags und unter Berücksichtigung der Anlagen für verschiedene Zustände zu untersuchen
- > das in Phase 1 hergeleitete Geschiebeaufkommen zu verifizieren und allenfalls anzupassen,
- > die Auswirkungen der Anlagen auf den Geschiebehaushalt zu quantifizieren,
- > Erosions- und Auflandungsstrecken zu bestimmen,
- > Massnahmen zu bestimmen, deren Einfluss auf den Geschiebehaushalt in örtlicher und zeitlicher Hinsicht zu optimieren und

- > den Einfluss der Massnahmen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt zu untersuchen und allenfalls durch zu definierende Begleitmassnahmen sicherzustellen.

Parallel zur Geschiebehaushaltsstudie werden die entsprechenden Schritte aus Phase 1 überarbeitet und ergänzt.

Auf die Ausarbeitung einer Geschiebehaushaltsstudie kann verzichtet werden, wenn bei allen sanierungspflichtigen Anlagen geeignete Massnahmen festgelegt werden können, sodass der Nachweis einer ausreichenden Geschiebefracht erbracht ist und unerwünschte Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und andere Nutzungen ausgeschlossen werden können.

Der Ablauf von Phase 2 ist in Abb. 6 dargestellt.

**Abb. 6 > Phase 2, Detailplanung – Ablaufschema**



**Tab. 1 > Ablauf Detailplanung, Schritte 18–20**

<b>Schritt 18</b> Detaillierte Untersuchung des Geschiebehaushalts	Detaillierte Untersuchung des Geschiebehaushalts des Gewässersystems, soweit für die Bestimmung von Art und Umfang von Sanierungsmassnahmen erforderlich. Dazu sind die Schritte gemäss Grundbewertung Phase 1 oder eine Geschiebehaushaltsstudie durchzuführen. Die Bearbeitungstiefe ist vom Gewässersystem sowie den Anlagen, wo Sanierungsmassnahmen getroffen werden müssen, abhängig.
<b>Schritt 19</b> Massnahmenevaluation unter Berücksichtigung Grundwasserhaushalt und Hochwasserschutz. Vergleich und Festlegung	Evaluation von Massnahmenvarianten zur Sanierung des Geschiebehaushalts, Vergleich der Massnahmen und Festlegung der bevorzugten Massnahme. Dabei wird auch die zeitliche Entwicklung bis zum Erreichen eines neuen dynamischen Gleichgewichtszustandes berücksichtigt. Allfällige Massnahmenvorschläge aus Phase 1 werden vertieft untersucht und gegebenenfalls angepasst und optimiert. Aufzeigen der Auswirkungen der festgelegten Massnahmen auf den Grundwasserhaushalt und den Hochwasserschutz. Dazu sind gegebenenfalls hydraulische und geschiebemechanische Modellberechnungen durchzuführen (Ergänzung der in der Geschiebehaushaltsstudie untersuchten Szenarien). Wird der Hochwasserschutz oder der Grundwasserhaushalt durch die vorgesehenen Massnahmen wesentlich beeinträchtigt, so ist abzuklären, ob die entstehenden Schutzdefizite mit verhältnismässigem Aufwand behoben werden können. Andernfalls ist eine Anpassung der erforderlichen Geschiebeführung und der damit verbundenen Massnahmen vorzusehen. Die Auswirkungen der Massnahmen auf andere Nutzungen sind aufzuzeigen und zu berücksichtigen (z. B. landwirtschaftliche Nutzflächen, Schiffsanlegestellen, Uferstabilität).
<b>Schritt 20</b> Planung Monitoring und Erfolgskontrolle	Planung der Erfolgskontrolle, aufgrund derer die Massnahmen (nach deren Realisierung) auf ihre Wirksamkeit geprüft und wenn nötig weiter optimiert werden können durch Erarbeiten eines Beobachtungskonzeptes (Monitoring) mit morphologischen und biologischen Indikatoren für die Erfolgskontrolle. Die Erfassung des Ausgangszustandes vor der Realisierung ist in das Konzept einzubeziehen. Mit der Erfolgskontrolle sollen folgende Veränderungen untersucht werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Morphologische Strukturen und morphologische Dynamik (unter Berücksichtigung der Auengebiete)</li> <li>• Reproduktion kieslaichender Fische und weiterer Gewässerfauna</li> <li>• Sohlenveränderungen und Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt</li> </ul>

## 3 > Erläuterungen zur Planung Phase 1

---

### 3.1 Abgrenzung Einzugsgebiete und zu bewertende Gewässer

#### 3.1.1 Abgrenzung Einzugsgebiete

In Schritt 1 sind die Einzugsgebiete mit ihrem entsprechenden Fliessgewässersystem abzugrenzen. Zu untersuchen sind bezüglich Geschiebehaushalt in sich abgeschlossene Einzugsgebiete. Eine grossräumige Abgrenzung wird empfohlen. *Beispiele: Vorderrhein bis Reichenau, Rotten bis Visp, Reuss bis Urnersee und ab Vierwaldstättersee, Engelberger Aa, Sihl und Limmat bis Aare.*

Falls ein Fliessgewässersystem aufgeteilt wird, sind die höher gelegenen Teilsysteme zuerst zu untersuchen. An der Schnittstelle zum flussabwärts angrenzenden Teileinzugsgebiet muss die Zugabegrösse (Geschiebeeintrag) bekannt sein. Zudem muss sichergestellt sein, dass die Massnahmen im oberen Einzugsgebiet auch für das untere Einzugsgebiet ausreichend sind. *Beispiele: (1) Ticino bis Biasca, (2) Brenno, (3) Moesa, (4) Ticino Biasca – Lago Maggiore.*

Seen bilden natürliche Unterbrüche des Geschiebehaushalts von Fliessgewässersystemen. Dementsprechend sind Seeausflüsse geschiebelos.

Ausgeprägte Flachstrecken, z. B. in Mooren und Schwemmebenen, sind oft geschiebelos.

Der Geschiebehaushalt von Fliessgewässern aus Nachbarländern, die in einen Grenzfluss oder in der Schweiz in einen Vorfluter münden, ist zu berücksichtigen.

#### 3.1.2 Abgrenzung der zu bewertenden Fliessgewässer

Zu Beginn der Planung sollen die zu bewertenden Gewässerabschnitte (=Zielgewässer) festgelegt werden. Als Zielgewässer gelten jene Gewässerabschnitte, welche durch geschieberelevante Anlagen beeinflusst sind und im naturnahen Zustand eine hohe ökologische Bedeutung aufweisen. Für die Beurteilung der ökologischen Bedeutung können morphologische, klimatische, topographische und biologische Kriterien, die Kornfraktion<sup>5</sup> sowie inventarisierte Gebiete (z. B. Auengebiete) herangezogen werden.

Zielgewässer

<sup>5</sup> Betrachtet werden nur Gerinne, welche im naturnahen Zustand eine Geschiebeführung der Kiesfraktion oder gröber aufweisen.

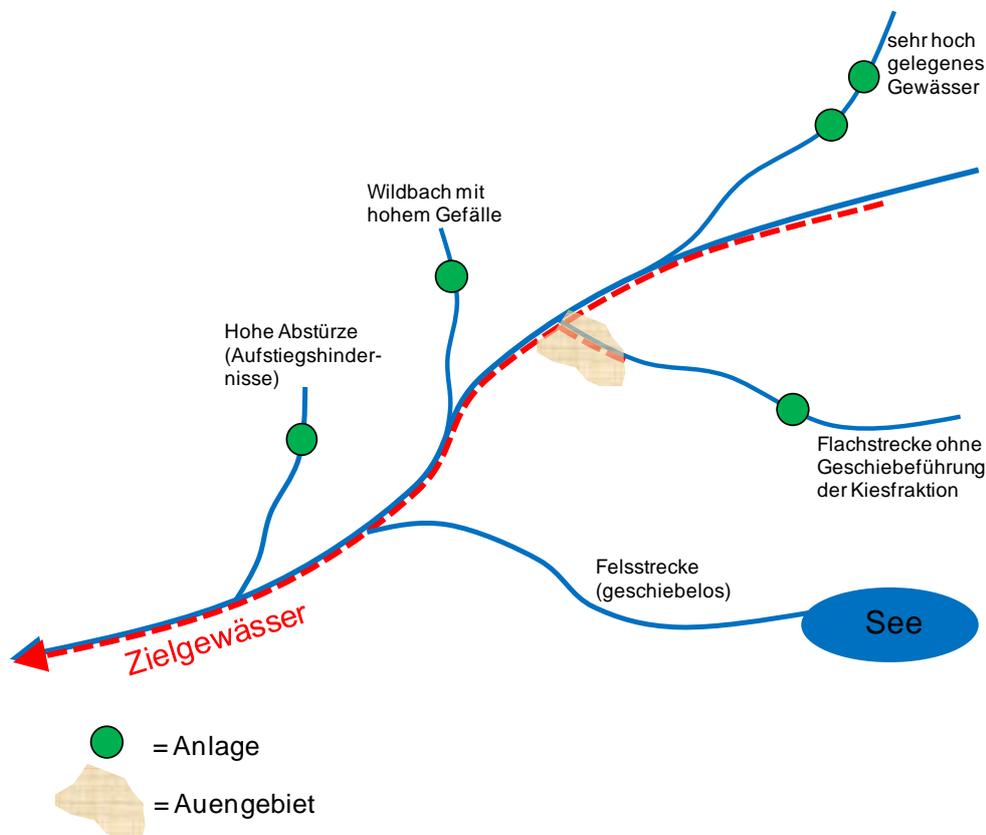
**Beispiel:**

Ein Gewässerabschnitt weist einen Geschiebesammler auf, welcher den Geschiebehaushalt der unterliegenden Strecke beeinflusst. Das Gerinne weist Wildbachcharakter mit steilem Längsgefälle und einer starken Abtrepfung auf, die Sohle verläuft abschnittsweise auf Fels. Aufgrund der topografischen Bedingungen ist selbst im naturnahen Zustand die ökologische Bedeutung gering. Der Gewässerabschnitt wird nicht als Zielgerinne definiert. Der Einfluss des Geschiebesammlers auf nachfolgende Gewässerabschnitte ist aber zu berücksichtigen.

Gewässer, welche nicht als Zielgewässer definiert wurden, können jedoch als Geschiebelieferanten einen bedeutenden Einfluss auf die Zielgewässer ausüben und sind diesbezüglich mit zu berücksichtigen.

**Abb. 7 > Ausscheidung der Zielgewässer (rot markiert) aufgrund von Indikatoren zur ökologischen Bedeutung im naturnahen Zustand**

Die übrigen Gewässer werden nicht bewertet, müssen aber hinsichtlich ihrer Relevanz als Geschiebelieferanten mit berücksichtigt werden.



## 3.2 Erheben aller relevanten Anlagen

In Schritt 2 sind alle bezüglich Geschiebehaushalt relevanten Anlagen zu erheben. Diese sollen erfasst und im Zwischen- und Schlussbericht der kantonalen Planungen aufgeführt werden<sup>6</sup>. Bei nicht relevanten Anlagen kann eine Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts aufgrund ihrer Lage, der Anordnung, des Eingriffs und Betriebs ohne weitergehende Abklärungen ausgeschlossen werden. Wasserkraftwerke müssen jedoch unabhängig von ihren Auswirkungen erhoben werden.

### 3.2.1 Wasserkraftwerke

#### 1. Fluss- und Ausleitkraftwerke

Diese Anlagen beeinflussen den Geschiebehaushalt sehr unterschiedlich. Sowohl ein vollständiger und langfristiger Rückhalt als auch ein kontinuierlicher Durchtransport sind möglich.

#### 2. Stauanlagen an Vorflutern (Tages-, Wochen- oder Jahresspeicher)

Die Anlagen führen oft zu einem vollständigen Rückhalt des Geschiebes. An einzelnen Anlagen werden sporadisch Spülungen durchgeführt.

#### 3. Stauanlagen als Jahresspeicher in kleinen Einzugsgebieten

Die Auswirkungen sind im Einzelfall zu prüfen. Oft wird im Unterwasser dieser Anlagen kein Dotierwasser abgegeben und es finden keine geschiebeführenden Hochwasserereignisse statt. Das hydrologische und das sedimentologische Einzugsgebiet beginnt neu unterhalb der Staumauer.

### 3.2.2 Geschiebesammler

Geschiebesammler (GS) werden meist aus Hochwasserschutzgründen zur Reduktion der Geschiebeführung im Unterwasser erstellt, um unerwünschte Ablagerungen und Sohlenuflandungen zu verhindern. Mit Geschiebesammlern wird ein Teil oder alles vom Oberwasser zugeführte Geschiebe zurückgehalten.

### 3.2.3 Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser

Kiesentnahmen aus Fliessgewässern erfolgen oft durch das Entfernen von Kiesbänken mit dem Ziel, den Wasserspiegel bei Hochwasserereignissen abzusenken.

### 3.2.4 Kiesentnahmen zu kommerziellen Zwecken

Die Ausbeutung von Kies, Sand und anderem Material ist in Artikel 44 GSchG geregelt. Dementsprechend darf eine Bewilligung nicht erteilt werden, wenn der Geschiebehaushalt in einem Fliessgewässer nachteilig beeinflusst wird. Bewilligte Kiesentnahmen sind in der Gesamtbetrachtung des Geschiebehaushalts eines Fliessgewässers

<sup>6</sup> Im Rahmen der Führung der Inventare über Bauten und Anlagen, welche für die Hochwassersicherheit von Bedeutung sind (Schutzbautenkataster, WBV Art. 21, Abs. 1a.), werden auch umfangreiche Erhebungen der bestehenden Schutzbauten notwendig. Dabei werden teilweise gleiche Anlagen sowohl im Datenmodell «Schutzbauten Naturgefahren» wie auch im Datenmodell «Sanierung Wasserkraft» erfasst. Um hier eine unnötige doppelte Aufnahme von Schutzbauten, respektive Anlagen zu vermeiden, wird für die Felddatenerfassung eine Erfassung nach beiden Datenmodellen (Geschiebehaushalt und Schutzbauten) empfohlen.

systems zu berücksichtigen. Allenfalls sind Anpassungen der Entnahmemengen oder die Einstellung der Entnahmen vorzusehen.

An kleinen Bächen erfolgen oft unbewilligte Kiesentnahmen durch Anstösler zum Wegbau oder Ähnlichem. Bei Fliessgewässern mit eher geringer Geschiebeführung kann dadurch der Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt werden. Diese Entnahmen sind zu unterbinden.

### 3.2.5 Gewässerverbauungen

**Gewässerverbauungen** umfassen alle an Gewässern durchgeführten Verbauungen. Gewässerverbauungen an Wildbächen sind jedoch speziell zu beurteilen (vgl. Text weiter unten). Gewässerverbauungen dienen dem Hochwasserschutz und früher auch der Landgewinnung. Dabei wurden die Gewässer oft stark eingeeengt, die Sohle fixiert und dadurch der Geschiebeeintrag durch Ufer- und Sohlenerosion gegebenenfalls reduziert oder verhindert.

Durch Gewässerverbauungen wurden in der Regel die natürlichen Strukturen zerstört, deren Entwicklung und Dynamik verhindert und somit der Geschiebehaushalt verändert. Die Strukturverarmung ist aber nicht zwingend aufgrund einer geänderten Geschiebeführung, sondern vielmehr durch die erhöhte Transportkapazität im korrigierten Abschnitt begründet. Ziel von Artikel 43a GSchG ist es nicht, allgemein die Strukturen von morphologisch beeinträchtigten Gewässern wieder herzustellen (dies ist Ziel von Artikel 38a GSchG, welcher die Kantone zur Revitalisierung von verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten Gewässern verpflichtet), sondern eine ausreichende Geschiebeführung zu gewährleisten. Entsprechend sollen Massnahmen getroffen werden, damit sich in Gewässern mit natürlicher Linienführung und natürlicher Gerinnebreite dem Naturzustand vergleichbare morphologische Strukturen entwickeln können.

Die Gewässerverbauungen sollen zwar hinsichtlich einer Beeinträchtigung der Geschiebeführung in Betracht gezogen werden. Falls diese aber nicht massgebend verändert wird, ist der betreffende Gewässerabschnitt als nicht wesentlich beeinträchtigt, respektive nicht sanierungsbedürftig zu beurteilen und es sind im Rahmen der Sanierung des Geschiebehaushaltes keine Massnahmen zwingend. Die ökologische Bewertung und die Planung von Massnahmen zur Wiederherstellung der natürlichen Funktionen dieser Strecken zur Erreichung morphologischer Strukturen erfolgen im Rahmen der Revitalisierungsplanung und der Planung von Hochwasserschutzprojekten. Die entsprechenden Massnahmen sind aber aufeinander abzustimmen (vgl. Kapitel 3.11).

Gewässerverbauungen können aber dann für eine Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts im Sinne von Artikel 43a GSchG verantwortlich sein und sind zu bewerten, wenn sie Sohlenerosionen generieren und dadurch eine künstliche Geschiebequelle darstellen, oder aber wenn dem Gewässer durch die Verbauungen nachweisbar weniger Geschiebe zugeführt wird. Letzteres kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn durch Uferverbauungen der natürliche Erosionsprozess einer hohen Schotterterrasse oder von anstehendem Fels (z. B. Nagelfluh) eingeschränkt und der Geschiebeeintrag in das Gewässer unterbunden wird.

Begriffsumschreibung

Erhebung von «normalen»  
Gewässerverbauungen (ohne  
Wildbachverbauungen)

Zu den **Gewässerverbauungen in Wildbächen** zählen Querbauwerke, Ufer- und Hangverbauungen zur Stabilisierung von Sohle, Ufern und Talflanken in sehr steilen Einzugsgebieten. Mit den Wildbachverbauungen wird die oft übermässige Mobilisation von Geschiebe reduziert. Wildbachverbauungen mit Querbauwerken führen in der Anfangsphase bis zu deren Hinterfüllung zu einem Unterbruch der Geschiebelieferung. Anschliessend nimmt die Geschiebebeführung wieder zu, erreicht aber kaum mehr die Fracht des unbeeinflussten Zustandes. Wildbachverbauungen können den Geschiebehaushalt eines Gewässers beeinträchtigen und Massnahmen nach Artikel 43a GSchG nötig machen.

Gewässerverbauungen  
in Wildbächen

Ist das Geschiebeaufkommen von Wildbächen massgebend für den Geschiebehaushalt eines Fliessgewässersystems, so ist der Einfluss der Verbauungen zu prüfen. Eine wesentliche Beeinträchtigung ist beispielsweise in voralpinen Gewässern denkbar, wo die wenigen Wildbäche im obereren Einzugsgebiet für den Geschiebehaushalt des gesamten Gewässersystems ausschlaggebend sind. Unter diesen Verhältnissen ist (bei nicht vorhandener Gefährdung) ein Teilrückbau der Verbauungen in Betracht zu ziehen. *Beispiele: Zubringer von Wigger, Töss, Sihl, Emme, Gürbe.*

### 3.2.6 Weitere Anlagen

Neben den in den Kap. 3.2.1 bis 3.2.5 aufgeführten Anlagen kann es weitere Anlagen geben, die den Geschiebehaushalt beeinflussen können. Darunter können beispielsweise Trinkwasser-Speicherbecken, Hochwasserrückhaltebecken und Speicherbecken für die Bewässerung oder die künstliche Beschneidung fallen.

## 3.3 Aktuelle und natürliche Morphologie der Gewässer

In Schritt 3 ist die aktuelle und die naturnahe Morphologie der Gewässer zu untersuchen.

### 3.3.1 Definition Morphologie

Unter Morphologie wird die Gesamtheit der Erscheinungsformen eines Gewässers verstanden. Die Morphologie wird charakterisiert durch die Gerinneform, die Strukturen und das Substrat. Die morphologische Dynamik beschreibt deren zeitliche Veränderung.

Bei den Gerinneformen können unterschieden werden:

Gerinneform

- > verzweigte Fliessgewässer
- > pendelnde Fliessgewässer mit Inseln
- > Fliessgewässer mit alternierenden Kiesbänken
- > mäandrierende Fliessgewässer (auch Talmäander)
- > gestreckte Fliessgewässer

Bei Strukturen, die durch den Geschiebehaushalt beeinflusst werden, können im Sohlenbereich unterschieden werden:

**Gerinnestruktur**

- > Rinne
- > Furt
- > Schnelle
- > Kolk
- > Flachwasser
- > Kiesbänke (aus Sohlenmaterial oder Geschiebe)
- > Sandbänke
- > Ebene Sohle (resp. das Fehlen von Strukturen im Sohlenbereich)

Das Substrat wird charakterisiert durch

**Sohlensubstrat**

- > dessen Zusammensetzung und Variation in longitudinaler und lateraler Richtung
- > die Deckschichtbildung, Abpflasterung und die Kolmation

### 3.3.2 Gesetzliche Vorgaben

Gemäss Kapitel 3.2.5 müssen in Gewässerabschnitten mit ausreichendem Gewässerraum und ohne bedeutende Verbauungen dem naturnahen Zustand vergleichbare Strukturen und eine naturnahe morphologische Dynamik vorliegen. Eine anlagenbedingte Veränderung der Geschiebeführung kann sich äussern in einer Änderung der Gerinneform, im Fehlen von Strukturen und in einer Vergrößerung und der Kolmation des Substrats.

**Morphologische Anforderungen**

Zur Gewährleistung der morphologischen Dynamik sind neben einer ausreichenden Geschiebezufuhr auch ausreichend Hochwasser zur Mobilisierung und ausreichend Gewässerraum zur Umlagerung des Geschiebes sicherzustellen.

### 3.3.3 Massgebende Zustände

Für kanalisierte Gewässer oft typisch ist das Vorhandensein einer ebenen, strukturlosen Sohle über lange Gewässerabschnitte. In entsprechend naturfernen Gewässerabschnitten ist der Einfluss eines allenfalls wesentlich veränderten Geschiebehaushalts optisch nicht beurteilbar.

Aus diesen Gründen wird die Morphologie in Gewässerabschnitten mit ausreichendem Gewässerraum und ohne bedeutende Verbauungen im Istzustand sowie im angenommenen Zustand unbeeinflusster Geschiebeführung beurteilt. Der unbeeinflusste Zustand wird, wo er nicht mehr vorhanden ist, anhand von Vergleichsstrecken, historischen Karten und empirischen Verfahren angenähert.

### 3.3.4 Beurteilung der aktuellen und natürlichen Morphologie der Gewässer

In einem Gewässerabschnitt sind folgende vier Indikatoren zu erheben und zu beurteilen:

- > Gerinneform<sup>7</sup>
- > Strukturen, insbesondere lockere Geschiebeablagerungen und Bänke
- > Substrat (Zusammensetzung, Abpflasterung und Kolmation)
- > Morphologische Dynamik (Häufigkeit von Geschiebeumlagerungen, Ufererosion- und Anlandung, Eintiefungs-, Auflandungstendenz oder dynamischer Gleichgewichts-zustand, morphologische Entwicklung von Auengebieten)

Die signifikantesten Indikatoren sind das Vorhandensein und die Ausdehnung von Geschiebeablagerungen und Bänken sowie die Zusammensetzung und Lagerung des Geschiebes. Dementsprechend sind diese Indikatoren stark zu gewichten.

Die Untersuchungen können sich in folgende Arbeitsschritte gliedern:

1. Festlegen von Untersuchungsstrecken auf Basis der Landeskarte 1:25 000 unter Berücksichtigung der vorhandenen Anlagen, von historischen Karten und allenfalls weiteren verfügbaren Grundlagen. Die Untersuchungsstrecken werden bevorzugt im Ober- und Unterwasser von Anlagen in Abschnitten mit möglichst naturnaher Gerinneführung ausgewählt.
2. Begehen der Untersuchungsstrecken und Erfassen der 4 Indikatoren.
3. Vergleich der 4 Indikatoren im Ober- und Unterwasser der Anlage und beurteilen, inwiefern sie sich infolge der Anlage verändern. Dazu ist auch die Beurteilung der Anlage selbst (vgl. Kapitel 3.4) und die Wirkung allfälliger Anlagen im Oberwasser zu berücksichtigen.
4. Vergleich mit der Morphologie im natürlichen Zustand und beurteilen, ob die Geschiebeführung im IST-Zustand eine wesentliche Beeinträchtigung der morphologischen Strukturen und der Dynamik verursacht.

Eine gute Beurteilung ist möglich, wenn ein Gewässer ober- und unterstrom einer Anlage nur geringe räumliche Einschränkungen aufweist. Unter diesen Verhältnissen kann der Einfluss der Anlage auf den Geschiebehaushalt einigermaßen zuverlässig erkannt werden. Bei im Ober- und Unterwasser kanalisierten Gerinnen kann beim Schnelltest einzig der Indikator Substrat beurteilt werden. Falls bei vergleichbaren hydraulischen Verhältnissen im Oberwasser die Sohle lockere Ablagerungen aufweist und diese im Unterwasser fehlen, so zeigt dies eine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts an. Inwiefern eine zuverlässige Beurteilung möglich ist, muss aber im Einzelfall entschieden werden.

Es sind auch Fälle denkbar, wo mit den Indikatoren nicht beurteilt werden kann, ob der Geschiebehaushalt beeinträchtigt ist. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn

- > das Gewässer im Ober- und Unterwasser der Anlage kanalisiert und die Sohle abgepflastert ist.

<sup>7</sup> z. B. nach Habib Ahmari et al. 2011

- > das Gewässer im Oberwasser der Anlage naturnah und im Unterwasser durchgehend kanalisiert, die Sohle abgepflästert oder mit Schwellen gesichert ist.

In diesen Fällen kann eine allfällige Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts (im Rahmen des Schnelltests) nur über die Untersuchung der Anlage selbst erfolgen. Falls dies nicht möglich ist, ist die Anlage in der Grundbewertung oder bei Vorliegen besonderer Verhältnisse in der Phase 2 detailliert zu untersuchen.

### 3.4 **Grobbeurteilung der Anlagen, Bezeichnung beeinträchtigter Gewässerstrecken**

In Schritt 4 werden soweit möglich alle relevanten Anlagen bezüglich ihrer Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt beurteilt und die beeinträchtigten Gewässerstrecken bezeichnet.

Für die Beurteilung der wesentlichen Beeinträchtigung des Gewässerökosystems werden Kriterien zur Gewässermorphologie und zum Substrat herangezogen. Zur Bezeichnung der beeinträchtigten Gewässerstrecken werden neben der Beurteilung der Anlagen auch die Ergebnisse von Schritt 3 berücksichtigt. Zusätzlich können auch bestehende Daten zur Fortpflanzung kieslaichender Fische berücksichtigt werden. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass bei hohem Fortpflanzungserfolg der Geschiebehaushalt nicht wesentlich verändert ist.<sup>8</sup>

Bei den Anlagen ist abzuklären,

1. ob sie im Unterwasser zu einer Verringerung der Geschiebefracht führen und (falls ja),
2. ob die reduzierte Fracht im Gewässer zu einer nachteiligen Veränderung der morphologischen Strukturen und der morphologischen Dynamik führt.

Es ist sowohl die Auswirkung einer Anlage allein als auch deren kombinierte Wirkung mit den Anlagen im Oberwasser zu beurteilen. Zudem ist die zeitliche Entwicklung des Eingriffs der Anlage in den Geschiebehaushalt zu berücksichtigen (z. B. vorübergehender Eingriff oder mit der Zeit zu-/abnehmende Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts).

In den nachfolgenden Kapiteln ist beschrieben, aufgrund welcher Kriterien die Anlagen beurteilt werden können.

<sup>8</sup> Ein besonderes Augenmerk gilt den Auengebieten, die für eine ausreichende Dynamik in der ganzen Breite des Flusssystems unter Umständen erhöhte Anforderungen an die Geschiebeführung stellen. Methodische Hinweise zur Quantifizierung der Bedürfnisse in Auengebieten liefert das Modul Auen (in Bearbeitung).

### 3.4.1 Wasserkraftwerke

Beim Schnelltest können folgende Abklärungen Erkenntnisse über die Geschiebedurchgängigkeit liefern:

Anlagenbau	Beurteilen, ob die Anlage den Durchtransport von Geschiebe erlaubt (Höhe Wehrschwelle, Regulierorgane).
Betrieb	Untersuchen des Anlagenbetriebs bezüglich Geschiebedurchgängigkeit (z. B. Öffnen der Regulierorgane, Absenken des Oberwasserspiegels bei Hochwasserabfluss, Spülungen, Kiesentnahmen im Stauwurzelbereich, Geschiebe-Umleitstollen).
Morphologie (entsprechend Kap. 3.3)	Durch den Vergleich der Morphologie im Ober- und Unterwasser der Anlage können Geschiebedefizite, die durch die Anlage ausgelöst werden, erkannt und grob quantifiziert werden.
Historische Entwicklung	Zur Beurteilung, ob durch eine Stauhaltung Geschiebe transportiert werden kann, kann auch die Entwicklung des Anlagenbaus am Gewässer Hinweise liefern. Beispielsweise wurde das Emmegeschiebe vor dem Bau des Geschiebesammlers (an der Mündung) durch alle Stauanlagen bis nach Döttingen (Beginn Stauhaltung KW Klingnau) transportiert. Das heisst, dass alle bis zu diesem Zeitpunkt erstellten Anlagen geschiebedurchgängig sind.

Aufgrund dieser Untersuchungen lässt sich oft eindeutig beantworten, ob bei der Anlage das Geschiebe vollständig abgelagert oder durchtransportiert wird. Der Durchtransport kann auch schubweise bei grossen Hochwasserabflüssen erfolgen. Wird nur ein Teil des zugeführten Geschiebes durchtransportiert, so ist auch die zukünftige Entwicklung zu beurteilen.

Bei Jahresspeichern in kleinen Einzugsgebieten beginnt in der Regel das sedimentologische Einzugsgebiet unterhalb der Staumauer aufgrund natürlicherweise vorliegender Flachstrecken neu. Auf eine Sanierung des Geschiebehaushalts kann verzichtet werden, wenn kein Zielgewässer betroffen ist oder der Vorfluter kein Geschiebedefizit aufweist, das auf die Anlage zurückzuführen ist. Bei einem Geschiebeüberschuss im Unterwasser der Anlage sind allenfalls künstliche Hochwasser vorzusehen (vgl. Kap. 3.10.2).

Nicht immer einfach ist die Beurteilung einer Anlage zum Beispiel, wenn

- > das Gewässer aufgrund von oberliegenden Anlagen gar kein Geschiebe zum untersuchten Wasserkraftwerk heranführt,
- > das betrachtete Kraftwerk eines in einer Kraftwerkskette ohne dazwischen liegende freie Fliessstrecke ist oder
- > das Vorhandensein von Geschiebeablagerungen und Bänken wegen ständiger Benetzung nur schlecht zu beurteilen ist.

Anlagen, bei denen aufgrund obiger Abklärungen nicht zuverlässig beantwortet werden kann, ob und wie viel Geschiebe durchtransportiert wird, sind in der Grundbewertung (Schritt 7) oder in Phase 2 detaillierter zu untersuchen.

### 3.4.2 Geschiebesammler

Beim Schnelltest können folgende Abklärungen durchgeführt werden:

<p>Sammlerform und Wirkung der Anlage</p>	<p>Hat der Geschiebesammler die Form eines Beckens mit Endschwelle, so wird bis zu einem gewissen Füllgrad alles vom Oberwasser zugeführte Geschiebe zurück gehalten (Beispiel: Geschiebesammler Emmemündung). Im Becken werden oft auch Schwebstoffe abgelagert.</p> <p>Hat der Geschiebesammler die Form einer Aufweitung mit reduziertem Gefälle, so kann oft ein Teil des zugeführten Geschiebes durchtransportiert werden. Mit zunehmendem Füllgrad wird mehr Geschiebe durchtransportiert. Es lagern sich kaum Schwebstoffe ab.</p>
<p>Betrieb</p>	<p>Die Häufigkeit der Räumung und der davor erreichte Füllgrad erlauben Rückschlüsse über einen möglichen Durchtransport von Geschiebe. Wird ein Geschiebesammler nur sporadisch nach erfolgter Füllung geräumt, so wurde ein Teil des zugeführten Geschiebes durchtransportiert. Bei entsprechender Bewirtschaftung wird zeitweise Geschiebe flussabwärts transportiert. Bei häufiger Räumung wird dagegen meist alles zugeführte Geschiebe entnommen.</p>
<p>Kornzusammensetzung</p>	<p>Die Zusammensetzung des abgelagerten Geschiebes gibt einen Hinweis über die Bedeutung des Materials für das Fließgewässersystem. Dabei sind insbesondere die Korngrößenverteilung und die Lithologie (Härte, resp. Festigkeit) von Bedeutung.</p> <p>Relevant sind insbesondere gut abgestufte Kiese und Steine aus hartem Material. Im Zusammenhang mit der Sanierung Geschiebehaushalt haben Feinsedimente und organisches Material keine Bedeutung.</p> <p>Dementsprechend führen Geschiebesammler zu keiner wesentlichen Veränderung des Geschiebehaushalts im Unterwasser, wenn primär Feinsedimente und organisches Material abgelagert werden.</p>
<p>Entnahmemengen</p>	<p>Erheben der Entnahmekubaturen zurückwirkend für möglichst viele Jahre: Die durchschnittlichen Entnahmen geben (unter Berücksichtigung der anderen Kriterien) einen Hinweis auf das Geschiebeaufkommen und allenfalls den Weitertransport von Geschiebe.</p> <p>Wird der Geschiebesammler regelmässig vor einem möglichen Durchtransport geräumt, so liefern die Entnahmekubaturen einen zuverlässigen Wert für die gesamte Geschiebelieferung aus dem Einzugsgebiet.</p> <p>Andernfalls liefern die Entnahmekubaturen eine untere Grenze der Geschiebelieferung. Der Anteil des durchtransportierten Geschiebes ist abzuschätzen.</p>
<p>Morphologie (entsprechend Kap. 3.3)</p>	<p>Durch die Erhebung und Auswertung der Morphologie im Ober- und Unterwasser des Geschiebesammlers können gegebenenfalls Geschiebedefizite, die durch die Anlage ausgelöst werden, erkannt und grob quantifiziert werden.</p>
<p>Geschiebetransportkapazität im Unterwasser</p>	<p>Es ist abzuklären, inwieweit im Unterwasser des Sammlers Geschiebe weiter flussabwärts transportiert werden kann.</p> <p>Kann naturgegeben kein Geschiebe flussabwärts weiter transportiert werden, so sind keine Massnahmen erforderlich.</p> <p>Kann ein Teil des Geschiebes flussabwärts weiter transportiert werden, so sind Massnahmen zur Weitergabe von Geschiebe in Betracht zu ziehen.</p> <p>Kann alles Geschiebe flussabwärts weiter transportiert werden, so ist eine Aufhebung des Sammlers zu erwägen (Prüfung Hochwasserschutzdefizit).</p>

Aufgrund dieser Untersuchungen lässt sich in der Regel mit ausreichender Genauigkeit beantworten, ob und wie viel Geschiebe dem Gewässer entzogen wird und welcher Anteil im Gewässer verbleibt.

### 3.4.3 Kiesentnahmen

Bei direkten Kiesentnahmen aus Fließgewässern sind folgende Faktoren zu beurteilen:

Entnahmezweck	Der Entnahmezweck gibt einen Hinweis, ob ein Hochwasserschutzdefizit besteht.
Entnahmeart	Aus Gründen des Hochwasserschutzes werden oft Kiesbänke und Inseln abgetragen und das Material abgeführt (Abgabe an Kieswerk oder Transport auf Deponie). Nach der Entnahme wird anfänglich wenig und mit zunehmender Bankbildung mehr Geschiebe flussabwärts weiter transportiert. Wird bei direkter Kiesentnahme die Sohle auf einer bestimmten Strecke als Wanne ausgehoben, so wird der Geschiebetransport flussabwärts vollständig unterbunden, bis die Wanne aufgefüllt ist. Direkte Kiesentnahmen erfolgen auch mit Schlepp- oder Seilbagger, indem die Schaufel in der fließenden Welle durch die Sohle gezogen wird. Wenn keine grosse Wanne ausgehoben wird, kann davon ausgegangen werden, dass nur ein Teil des zugeführten Geschiebes entnommen wird.
Entnahmeintervall	Wenn regelmässig viel Kies entnommen wird, so ist der Anteil des entnommenen Materials an der Geschiebezufuhr eher gross. Wenn nur sporadisch geringe Mengen entnommen werden, so ist der Anteil des entnommenen Materials an der Geschiebezufuhr eher klein.
Entnahmemengen	Die Entnahmemengen sind zurückwirkend für möglichst viele Jahre zu erheben oder Durchschnittswerte abzuschätzen.
Zusammensetzung des Entnahmematerials	Die Zusammensetzung ist vom Entnahmezweck und der Entnahmeart abhängig. In der Regel wird Kies entnommen. Der Kies kann Sohlenmaterial oder Geschiebe betreffen. Bei der Entfernung von Inseln können auch Gehölz und Feinsedimente anfallen. Dies ist bei der Abschätzung der Entnahmemengen zu berücksichtigen.

Der Einfluss der Kiesentnahme auf den Geschiebehaushalt ist durch die Auswertung der Angaben zu den Entnahmen und den Vergleich der Morphologie im Ober- und Unterwasser zu beurteilen.

Bei direkten Kiesentnahmen aus dem Gewässer wird meist nur ein Teil des zugeführten Geschiebes entnommen. Daher ist die Beurteilung, ob die Entnahme (evtl. zusammen mit weiteren Eingriffen im Ober- und Unterwasser) zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führt, oft mit grossen Unsicherheiten verbunden. Ist keine zuverlässige Beurteilung möglich, so ist die Grundbewertung durchzuführen oder die Anlage in Phase 2 detailliert zu untersuchen und zu beurteilen.

### 3.4.4 Gewässerverbauungen

Es ist zu untersuchen, ob durch die erfolgten Wildbachverbauungen und Hangstabilisierungen die Geschiebezufuhr in das Gewässersystem so verringert wurde, dass es zu einer Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts im Sinne von Artikel 43a GSchG kommt. Dazu ist die Wirkung der vorhandenen Verbauungen bezogen auf das Geschiebeaufkommen im gesamten oberen Einzugsgebiet grob abzuschätzen. Eine wesentliche Beeinträchtigung kann dann vorliegen, wenn die Mehrzahl der geschieberelevanten Teileinzugsgebiete stark verbaut sind. Oft werden Wildbachverbauungen in Kombination mit Geschiebesammlern erstellt. In diesen Fällen kann es ausreichend sein, einen Teil oder alles im Sammler aufgefangene Material flussabwärts weiter zu geben. Die notwendige Zugabemenge ist in Phase 2 zu bestimmen.

Gewässerverbauungen  
in Wildbächen

Das Geschiebeaufkommen durch Gewässermigration kann dann für den Geschiebehaushalt von Bedeutung sein, wenn von einer erodierenden Schotterterrasse oder einer erodierenden Talflanke bedeutend mehr Kies in das Gewässer eingetragen wird, als am Gegenufer abgelagert wird. Es ist zu untersuchen, ob infolge veränderter Gewässermigration der Geschiebehaushalt des Gewässers nachteilig verändert wird. Die durchschnittlichen Einträge sind abzuschätzen und mit der Geschiebezufuhr aus dem oberliegenden Einzugsgebiet zu vergleichen.

Im Falle unbefestigter Sohlen können Gewässerkorrekturen zu Sohlen- und Böschungserosionen führen und damit eine unnatürliche Geschiebequelle darstellen. Die Erosionsleistung ist abzuschätzen und in Relation zum Gesamtgeschiebeaufkommen im Einzugsgebiet zu setzen, um zu beurteilen, ob die Gewässerkorrektur eine relevante Anlage darstellt.

Übrige Gewässerverbauungen

### 3.5 **Abschätzen des Geschiebeaufkommens**

In Schritt 5 wird das Geschiebeaufkommen in allen Teileinzugsgebieten abgeschätzt.

Kenntnisse über das Geschiebeaufkommen im Einzugsgebiet eines Fließgewässersystems dienen der Abschätzung der Geschiebeführung sowie der quantitativen Beurteilung, ob Anlagen zu einer wesentlichen Beeinträchtigung des Geschiebehaushalts führen.

Das Geschiebeaufkommen ist flächendeckend zu bestimmen, wobei es in flachen Teileinzugsgebieten oft vernachlässigt oder summarisch berücksichtigt werden kann.

Das Geschiebeaufkommen kann durch folgende Ansätze abgeschätzt werden:

1 Felderhebungen	Kartieren von Geschiebeherden und Abschätzen des durchschnittlichen Eintrags (aufgrund des verfügbaren mobilisierbaren Volumens oder aufgrund von durchschnittlichen Abtragsraten). Geschiebeherde umfassen z. B. verwitternder Fels, Altschutt, Schotterterrassen, Bänke, Sohlenuflandungen und potenzielle Sohlenerosionen, Hinterfüllungen von Sperren, Hang- und Uferanrisse, Eintrag durch Rutschungen. Dabei sind morphologische und topographische Steuergrößen zu berücksichtigen. Die Frachten sind im Feld zu verifizieren und allfällige Geschiebeverluste (z. B. auf Schwemmkegeln) abzuschätzen.
2 Berechnung der Geschiebefracht in Schlüsselstrecken	Berechnung der transportierbaren Geschiebefracht in Gewässerabschnitten, wo sich ein Ausgleichsgefälle eingestellt hat (Schlüsselstrecken). Die massgebenden Abschnitte, die im Feld zu erkennen sind, befinden sich oft in den flachen Mündungstrecken von Seitenbächen oder flussaufwärts von Schwellen. Dabei sollte der gesamte Sohlenbereich mit Geschiebe abgedeckt sein. Zur Berechnung der transportierbaren Geschiebefracht sind die Gerinnegeometrie und Linienproben des Geschiebes zu erheben, eine für diesen Ort repräsentative Abflussdauerkurve herzuleiten sowie eine geeignete Geschiebetransportformel zu wählen.
3 Geschiebesammler und Kiesentnahmen	Auswerten der Entnahmemengen bei Kiesentnahmen und Geschiebesammlern. Der Entnahmeanteil an der gesamten Geschiebefracht des betrachteten Gewässers ist aufgrund der Anordnung der Anlage, den Erfahrungen der Betreiber sowie aufgrund der Morphologie im Unterwasser abzuschätzen. Für die Auswertung optimal sind Anlagen, wo alles zugeführte Geschiebe entnommen wird. Sie dienen der Eichung des spezifischen Geschiebeaufkommens von Teileinzugsgebieten.
4 Vergleichsgewässer	Festlegen des spezifischen Geschiebeaufkommens von Teileinzugsgebieten durch Vergleich mit der Charakteristik anderer Einzugsgebiete mit bekanntem und zuverlässigem spezifischen Geschiebeaufkommen <sup>9</sup> . Dabei sind die Geologie, die Geomorphologie, die Topographie, die Verbauungen, der Bewuchs und evtl. andere Parameter zu berücksichtigen.

Es sind wenn möglich alle vier Ansätze anzuwenden, so dass die zu ermittelnden Frachten breit abgestützt werden können.

Die Abschätzung des Geschiebeaufkommens erfordert umfangreiche Untersuchungen. Zudem existieren nicht für alle vier Ansätze entsprechende etablierte Methoden. Das BAFU lässt aus diesem Grund eine Methodik ausarbeiten, wo mit verhältnismässigem Aufwand die Grössenordnungen der mittleren jährlichen Geschiebefrachten in einem Einzugsgebiet bestimmt werden können. Die Methodik wird ab Januar 2013 verfügbar sein.

**Methodik Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebefracht**

### 3.6 Abschätzen der erforderlichen Geschiebefracht

#### 3.6.1 Grundsätze

In Schritt 6 ist die erforderliche Geschiebefracht in morphologisch homogenen Gewässerabschnitten abzuschätzen. Das Verfahren liefert eine Richtgrösse betreffend der erforderlichen Geschiebefracht zur Verhinderung einer wesentlichen Beeinträchtigung der einheimischen Tiere und Pflanzen und deren Lebensräume (guter Zustand in der 5-stufigen Bewertungsskala, vgl. Abb. 13 in Kapitel 3.9).

<sup>9</sup> Vgl. auch SOLID-Geschiebedatenbank des BAFU

---

Dabei wird davon ausgegangen, dass bei Vorliegen dieser erforderlichen Geschiebefracht die Bildung von morphologischen Strukturen, vergleichbar mit dem naturnahen Zustand, möglich werden. Voraussetzung dazu ist eine natürliche Gerinnebreite und eine natürliche Linienführung.

### 3.6.2 Vorgehen zur Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht

An die aus ökologischer Sicht erforderliche Geschiebeführung werden folgende zwei Anforderungen gestellt:

1. In einem (nicht eingengten) Gewässerabschnitt muss sich eine Morphologie ähnlich dem unbeeinflussten Zustand entwickeln können. Dies bedeutet, dass sich eine naturähnliche Gerinneform mit einer naturähnlichen Ausdehnung von Geschiebebänken entwickeln können muss.
2. Die oberste Schicht der Kiesbänke muss sich bei Hochwasserabfluss regelmässig erneuern (morphologische Dynamik). Dadurch wird gewährleistet, dass die Bänke nicht kolmatieren und lockeres Substrat vorhanden ist.

Es ist davon auszugehen, dass eine oberste, ca. 0,3 m mächtige Schicht der Kiesbänke, welche jährlich erneuert wird, die Anforderungen gemäss (1) und (2) erfüllt. Unter diesen Verhältnissen steht der aquatischen Lebensgemeinschaft ständig eine lockere und ausreichend mächtige Kiesschicht zur Verfügung.

Die Tiefe von 0,3 m ist zum Anlegen von Laichgruben ausreichend und übersteigt in der Regel die Mächtigkeit der inneren Kolmation.

## Vorgehen

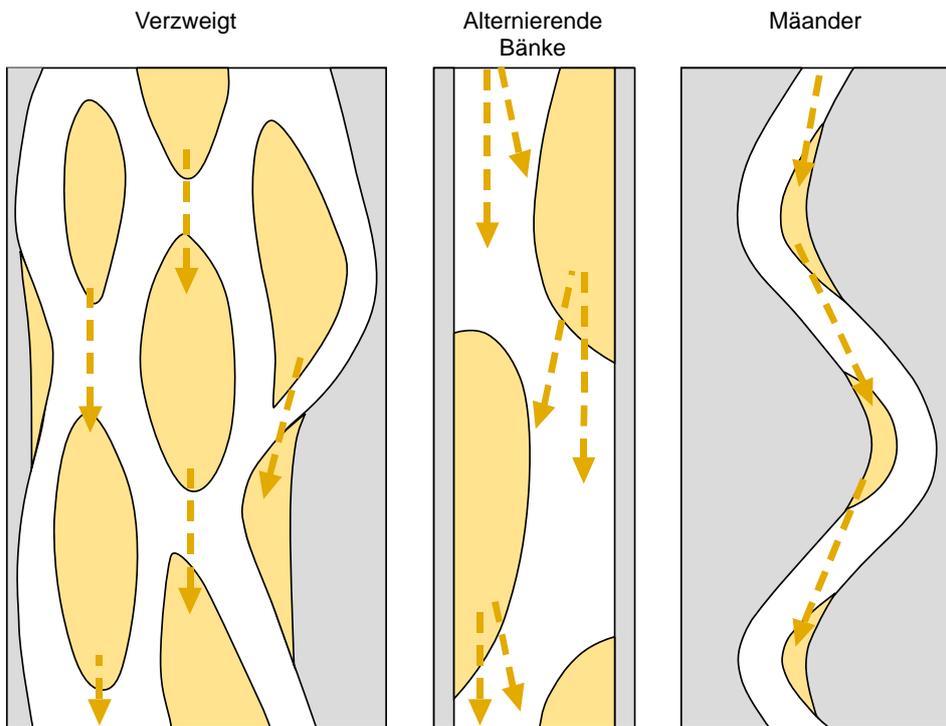
Die Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht kann anhand nachfolgend beschriebenen Vorgehen erfolgen (vgl. Anhang A1). Liegt die aktuelle Geschiebefracht wesentlich unter dieser Richtgrösse, so ist von einer wesentlichen Beeinträchtigung i.S.v. Artikel 43a GSchG auszugehen.

Festlegung erforderlicher  
Geschiebefracht

1. Kartieren aller Kiesbänke eines naturnahen Gewässerabschnitts (möglichst langer Abschnitt, mindestens 10 Bänke). Dabei ist auch der benetzte Teil unter Wasser zu berücksichtigen. Dies kann anhand von Karten (geeignet sind insbesondere auch historische Karten), Luftbildern, einer Interpretation der Strömungsverhältnisse und/oder Begehungen erfolgen. Anschliessend wird die aufsummierte Fläche durch die Anzahl der kartierten Bänke dividiert (durchschnittliche Kiesbankfläche). Sehr kleine Bänke werden weggelassen oder mit benachbarten grossen Bänken zusammen geschlossen.
2. Ermitteln des jährlich zu erneuernden Kiesvolumens aus der durchschnittlichen Bankfläche multipliziert mit der Schichtstärke von 0,3 m.
3. Das ermittelte durchschnittliche Kiesvolumen ist aufgrund folgender Kriterien zusätzlich mit Korrekturfaktoren zu multiplizieren:

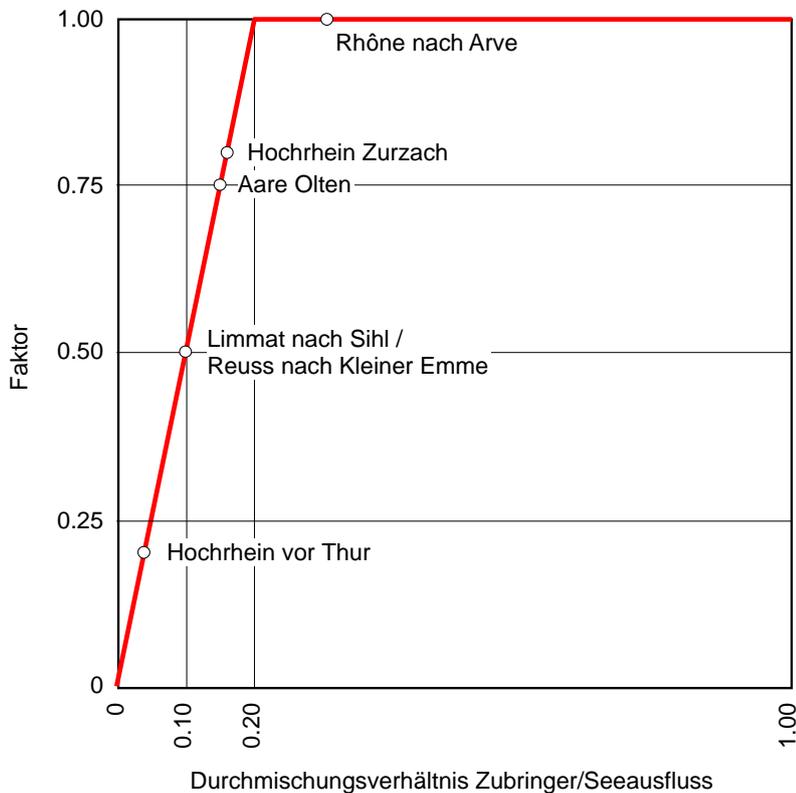
Gerinneform (Abb. 8)	<p>Das Kriterium berücksichtigt, ob sich eine Bank aus dem mobilisierten Geschiebe der oberliegenden Bank bildet oder dafür zusätzlich Geschiebe erforderlich ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mäandrierende Strecke (Bänke nur entlang Gleithängen, also wechselseitig mit grösserem Abstand dazwischen. Die Erneuerung einer Bank erfolgt zum Grossteil aus Geschiebe, das durch den Abtrag der oberliegenden Bank mobilisiert wird): Faktor 1–1,5</li> <li>• Strecke mit alterierenden Bänken (Bänke wechselseitig unmittelbar nacheinander. Der Geschiebetransport erfolgt zwischen den Bänken sowie durch die Wanderung der Bänke. Bis zu 50 % des Geschiebes wird an den Bänken vorbei transportiert): Faktor 1,5–2,0</li> <li>• Verzweigte Strecken (Bänke teilweise nebeneinander, je nach Gerinnebreite. Es wird davon ausgegangen, dass eine Bank aus Material infolge Abtrag einer oberliegenden Bank erneuert wird. Der Faktor orientiert sich an der Anzahl Teilgerinne. Das heisst, bei 2 Teilgerinnen Faktor 2, bei 3 Teilgerinnen Faktor 3): Faktor <math>\geq 2</math></li> </ul> <p>Durch Multiplikation mit dem Faktor wird die erforderliche Geschiebeführung erhöht.</p>
----------------------	--

**Abb. 8 > Schematische Darstellung des Geschiebetransports und der Bankerneuerung in Gewässern mit Verzweigungen, alternierenden Bänken und Mäandern**



<p>Geschiebetransportkapazität:</p>	<p>Das Kriterium berücksichtigt, dass in Gewässerabschnitten mit vergleichsweise hohem Gefälle ein bedeutender Geschiebeanteil bei Hochwasser durchtransportiert wird und damit zur Bankbildung nicht zur Verfügung steht.</p> <p>Dazu werden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Längenprofil des Gewässers und die Transportkapazität bei Hochwasser in Abschnitten mit unterschiedlichem Gefälle qualitativ beurteilt;</li> <li>• die Morphologie der Strecken mit unterschiedlichem Gefälle beurteilt.</li> </ul> <p>Einen Faktor 1 erhalten vergleichsweise flache Strecken, wo das Geschiebe langsam, von Bank zu Bank, umgelagert wird.</p> <p>Einen Faktor 2 erhalten vergleichsweise steile Strecken, wo ein Grossteil des Geschiebes (<math>\geq 50\%</math>) ablagerungsfrei durchtransportiert wird.</p> <p>Dazwischen wird interpoliert. Kurze Steilstrecken werden nicht berücksichtigt.</p> <p>Beispiel: Die Limmat zwischen Wettingen und Untersiggenthal (Faktor 1,5) ist wesentlich steiler als die Limmat zwischen Zürich und Dietikon (Faktor 1). Der kurze, sehr steile Abschnitt bei Baden würde einen Faktor 2 erhalten.</p>
<p>Trübung</p>	<p>Das Kriterium berücksichtigt, dass in Gewässerabschnitten mit geringer Trübung die Entwicklung einer bedeutenden inneren Kolmation länger dauert und sich bei Seeausflüssen keine innere Kolmation entwickeln kann (in diesen Gewässerabschnitten wird auch kein Geschiebe transportiert).</p> <p>Der Faktor ist <math>&lt; 1</math>, wenn mindestens 80% des Abflusses aus einem See stammt.</p> <p>Der Faktor kann aus Abb. 9 abgeschätzt werden.</p>

Abb. 9 &gt; Diagramm zur Abschätzung des Korrekturfaktors Trübung flussabwärts von Seeausflüssen



Es wird empfohlen, das Verfahren in mehreren Abschnitten anzuwenden und die Qualität der ermittelten Frachten zu werten (z. B. aufgrund der Qualität der verwendeten Grundlagen). Anschliessend kann im Längenprofil die Streuung der ermittelten Geschiebefrachten beurteilt und eine Kurve der erforderlichen Geschiebefracht (unter Berücksichtigung des Abriebs und der Einträge von Zubringern) interpoliert werden (vgl. Abb. 10).

Anwendungsbereich

Die erforderliche Geschiebefracht der Zuflüsse orientiert sich an derjenigen in den Zielgewässern. Das heisst, dass die Geschiebefracht in den Zuflüssen mindestens ein Mass erreichen muss, damit in den Zielgewässern die erforderliche Geschiebefracht erreicht wird.

Falls auch in Zuflüssen eine Abschätzung der erforderlichen Geschiebeführung nötig ist, so wird diese vorzugsweise durch die Abgrenzung von Bereichen mit Bankbildung in naturnahen Gewässerabschnitten vorgenommen (keine Auswertung von Karten).

In Gewässerabschnitten, wo natürlicherweise keine Bänke vorhanden sind, kann das Verfahren nicht angewendet werden.

Als Obergrenze der erforderlichen Geschiebeführung dient die Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand. Das heisst, falls mit dem Verfahren eine Geschiebeführung grösser als die Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand resultiert, so ist der Wert

entsprechend nach unten anzupassen. Dies kann bei Gewässern der Fall sein, die von Natur aus nur sehr wenig Geschiebe transportieren.

Das Verfahren kann sowohl bei Gewässern mit unterschiedlichem Sohlenmaterial und Geschiebe, als auch in Gewässern, wo Sohlenmaterial und Geschiebe identisch sind, angewandt werden. Im letzteren Fall führen Anlagen und Kiesentnahmen, die ein Geschiebedefizit auslösen, zu einer Eintiefung der Sohle. Oft wird dadurch die übergeordnete Morphologie des Gewässers verändert (Eintiefung und Tendenz zu einem Einzelgerinne). Bei diesen Gewässern ist aus wasserbaulicher Sicht eine Geschiebeführung anzustreben, die sicherstellt, dass ein dynamischer Gleichgewichtszustand erreicht wird. In kanalisierten Gewässern ist dies nicht möglich, wenn die Transportkapazität grösser als die Geschiebezufuhr im unbeeinflussten Zustand (ohne Eingriffe in den Geschiebehaushalt) ist.

Um den Anforderungen in Auengebieten gerecht zu werden, kann die erforderliche Geschiebefracht gegebenenfalls höher als die bei Schritt 6 ermittelte Fracht ausfallen. Dies insbesondere dann, wenn die ermittelte Geschiebefracht zur «Stabilisierung» der Sohle auf einem für die Auen erforderlichen Niveau nicht ausreichend ist. Diese Zusammenhänge sind in Phase 2 durch hydraulische und geschiebemechanische Berechnungen zu untersuchen und nachzuweisen.

### 3.7 Quantifizieren des Einflusses der Anlagen auf den Geschiebehaushalt

In Schritt 7 wird der Einfluss der Anlagen auf den Geschiebehaushalt quantifiziert. Dabei ist sowohl der Einfluss jeder Anlage allein wie auch der kombinierte Einfluss der Anlagen quantitativ zu beurteilen. Zusätzlich zu den in Schritt 4 aufgeführten Abklärungen (vgl. Kap. 3.4) können folgende Untersuchungen durchgeführt werden:

Ist keine eindeutige Aussage möglich, ob zugeführtes Geschiebe durch eine Stauhaltung durchtransportiert werden kann, so kann anhand von Staukurvenrechnungen abgeklärt werden, bei welchen Abflüssen die Schubspannung für den Durchtransport von Geschiebe ausreichend ist. Dabei wird die dimensionslose Sohlenschubspannung (Theta) für den mittleren Korndurchmesser des Geschiebes (dm) für verschiedene Abflüsse berechnet und die Resultate in einem Längenprofil dargestellt. Die Untersuchung wird von Vorteil für den Talweg und die mittlere Sohle vorgenommen. Falls  $\Theta > 0,05$ , so kann Geschiebe transportiert werden, andernfalls ist es in Ruhe. Massgebend sind Abflüsse im Bereich  $>Q_9^{10}$ . Die Berechnungen zeigen, ob bei den regelmässig auftretenden Hochwasserabflüssen Geschiebe durchtransportiert werden kann. Sie liefern aber keine Angaben betreffend der durch die Stauhaltung transportierten Geschiebefracht.

Quantifizieren des Einflusses von  
Wasserkraftwerken

Der Anteil des allenfalls durchtransportierten Geschiebes kann durch die Abschätzung und Beurteilung des Geschiebeaufkommens im Einzugsgebiet (Schritt 5) eingegrenzt werden.

Quantifizierung des Einflusses  
von Geschiebesammlern

<sup>10</sup> Abfluss, welcher an 9 Tagen im Jahre erreicht oder überschritten wurde

Aus der Auswertung der Angaben zum Geschiebeaufkommen (Schritt 5), zur Geschiebezufuhr zur Anlage und zur erforderlichen Geschiebeführung kann der Einfluss der Anlage meist zuverlässig quantifiziert werden.

Quantifizierung des Einflusses  
von Kiesentnahmen

Liegt die erforderliche Geschiebefracht deutlich höher als die Geschiebefracht im IST-Zustand, ist von einer wesentlichen Beeinträchtigung auszugehen (mässiger, schlechter oder sehr schlechter Zustand in Abb. 13).

3.8

### Längenprofil Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand und im Istzustand

In Schritt 8 werden die Längenprofile der Geschiebefracht im naturnahen Zustand und im Istzustand hergeleitet.

Das Längenprofil der Geschiebefracht basiert auf der Geschiebelieferung der Teileinzugsgebiete, dem Abrieb und dem Einfluss der Anlagen. Der Einfluss von Sohlenerosionen oder Auflandungen wird nicht berücksichtigt, kann aber allenfalls durch die Auswertung von Querprofilvermessungen verschiedener Jahre abgeschätzt werden<sup>11</sup>.

Aufgrund des Abriebs nimmt die Geschiebeführung in Fließrichtung ab. Der Abriebskoeffizient ist bei stark variabler Lithologie im Einzugsgebiet zu variieren.

Abrieb

#### **Beispiel Längenprofil der Geschiebefracht von Alp, Sihl und Limmat:**

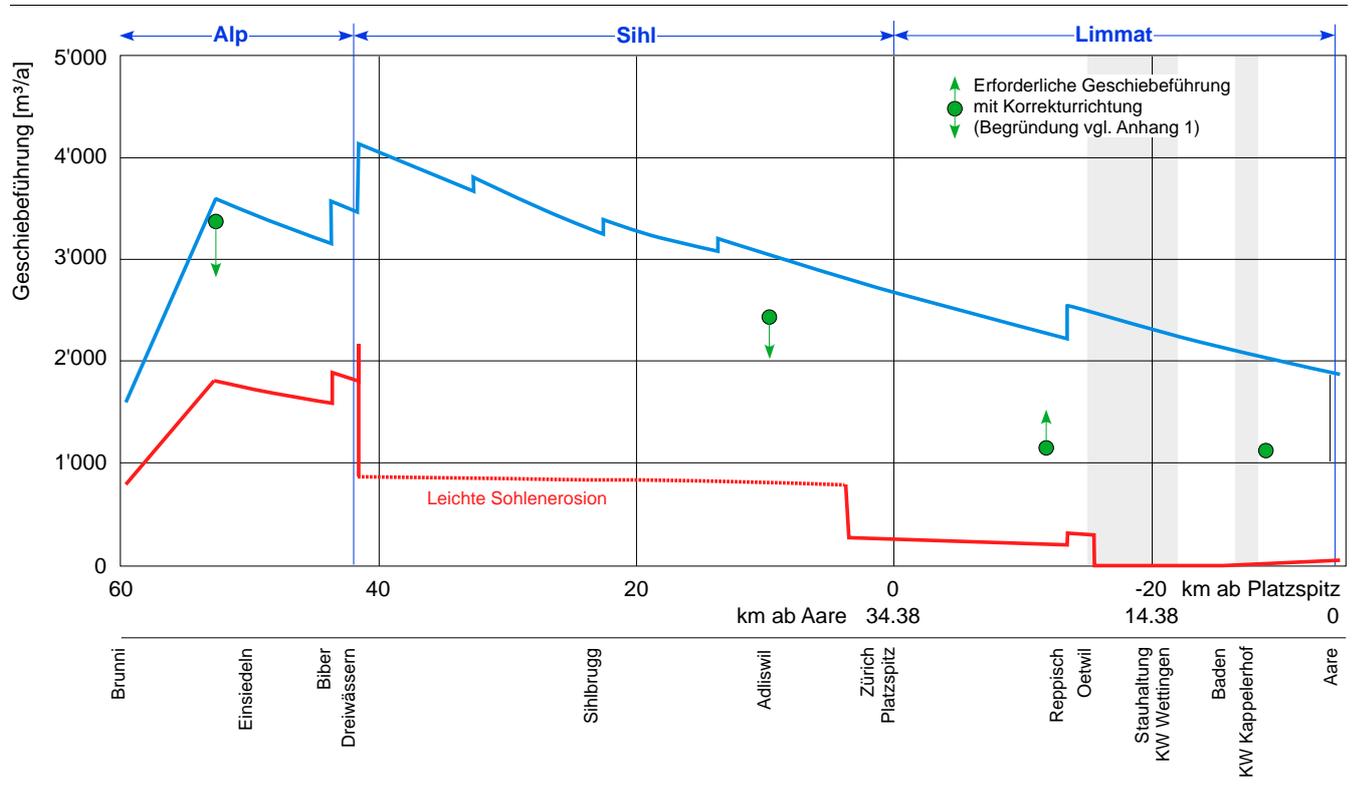
Abb. 10 zeigt das Längenprofil der Geschiebefracht von Alp, Sihl und Limmat für beide Zustände. Im unbeeinflussten Zustand (blaue Linie) besteht Geschiebekontinuität, wobei bei den berücksichtigten Zuflüssen die Fracht sprunghaft ansteigt und in Fließrichtung infolge des Abriebs abnimmt. Im Istzustand (rote Linie) gelangt infolge von Geschiebesammlern weniger Geschiebe in das Zielgewässer. Bei Dreiwässern wird viel Kies entnommen, womit im Sihltal bei grossen Hochwasserereignissen eine Sohlenerosion ausgelöst wird<sup>12</sup>. Die Entnahmen in Zürich reduzieren die Fracht auf wenige 100m<sup>3</sup> und durch die Stauhaltung des Kraftwerks Wettingen kann kein Geschiebe transportiert werden.

In Abb. 10 ebenfalls eingezeichnet ist die in verschiedenen Abschnitten nach Kapitel 3.6 hergeleitete erforderliche Geschiebefracht (grüne Punkte).

<sup>11</sup> Durch die Bilanzierung von Ablagerungs- und Erosionskubaturen liess sich der Einfluss auf das Längenprofil der Geschiebefracht untersuchen.

<sup>12</sup> Die Sohlenerosion kann durch Stabilitätsberechnungen, Beobachtungen im Feld oder Modellberechnungen nachgewiesen werden.

Abb. 10 > Längenprofil Alp, Sihl und Limmat mit der transportierten Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand (blau) und im Istzustand (rot) sowie der erforderlichen Geschiebefracht in ausgewählten Abschnitten gemäss Schritt 6 (grüne Punkte)



### 3.9 Beurteilung des ökologischen Potenzials und des Grads der Beeinträchtigung

Die GSchV verlangt im Anhang 4a Ziffer 3 Absatz 1 Buchstabe b als Grundlage zur Beurteilung der Verhältnismässigkeit und der Dringlichkeit von Sanierungen eine Beurteilung des ökologischen Potenzials des beeinträchtigten Gewässers. Zudem wird verlangt, den Grad der Beeinträchtigung zu ermitteln.

Das **ökologische Potenzial** entspricht bei einem nicht naturnahen Gewässer seiner ökologischen Bedeutung in einem gedachten Referenzzustand, in dem die anthropogenen Beeinträchtigungen soweit beseitigt sind, als dies mit verhältnismässigen Kosten möglich ist.

ökologisches Potenzial

Die Bewertung des ökologischen Potenzials (grosse oder geringe ökologische Bedeutung) kann entsprechend dem Vollzugshilfemodul Revitalisierung Fließgewässer (S. 28/29) grob abgeschätzt werden. Die damit verbundene Beurteilung der Verhältnismässigkeit kann im Rahmen der strategischen Planung nur qualitativ aufgrund der Erfahrungswerte der kantonalen Behörden erfolgen. Gewässer mit tiefem ökologischem Potenzial sollen nicht oder zumindest nicht prioritär saniert werden.

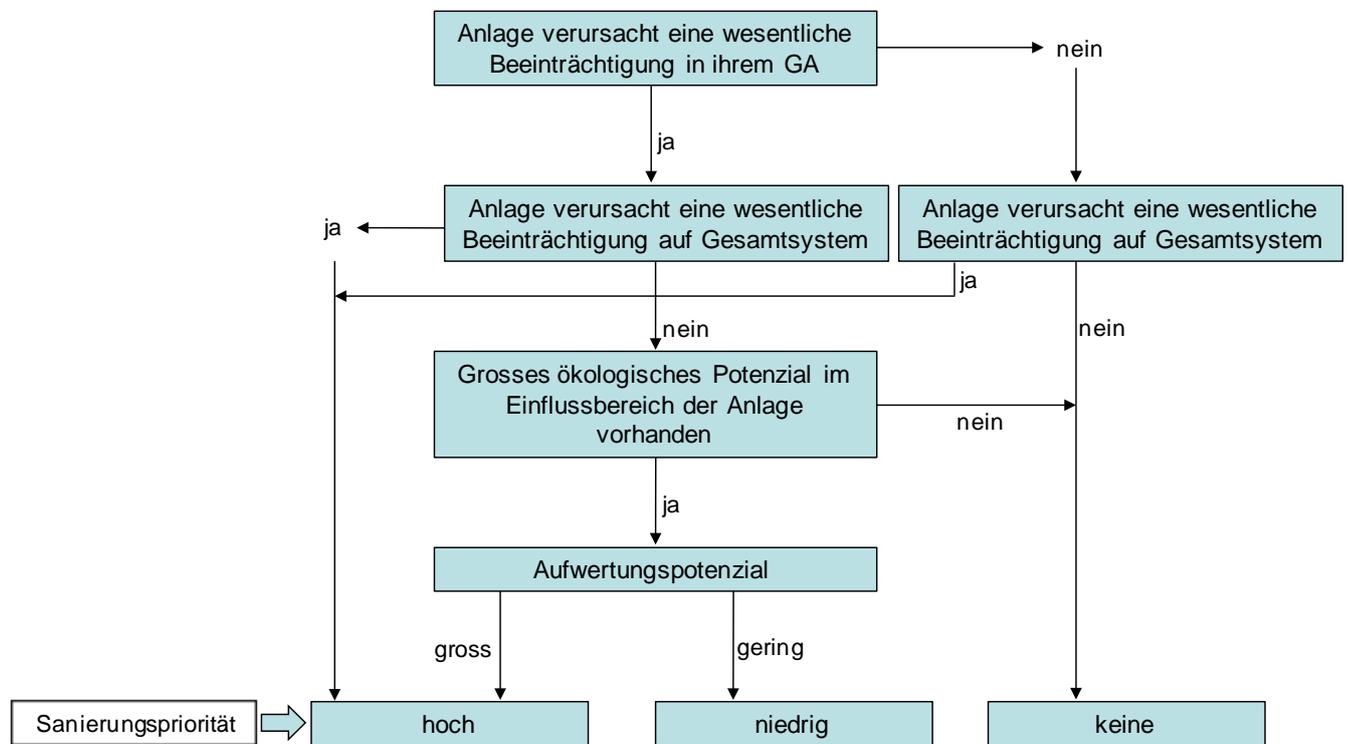
Die *Wirkung* von Sanierungsmassnahmen kann durch das **Aufwertungspotenzial** bestimmt werden. In Relation zu den verursachenden Kosten lässt sich folglich die Verhältnismässigkeit abschätzen. Ein entsprechendes Tool ist beim BAFU in Erarbeitung. Die Bestimmung des Aufwertungspotenzials dient im Rahmen der strategischen Planung der Priorisierung von Sanierungsmassnahmen. Dabei wird ein Vergleich der ökologischen Bedeutung im IST-Zustand mit jener im realistisch erreichbaren SOLL-Zustand (ökologisches Potenzial) angestellt. Das Aufwertungspotenzial wird bezüglich verschiedener Einflussfaktoren, die den Zustand eines Gewässers beeinflussen, bestimmt. Im Wesentlichen sind dies

- > die Ökomorphologie;
- > der Abfluss (unbeeinflusst, Restwasser, schwallbeeinflusst);
- > der Geschiebehaushalt;
- > die Vernetzung (longitudinal, lateral und vertikal, aquatisch und terrestrisch);
- > die Wasserqualität.

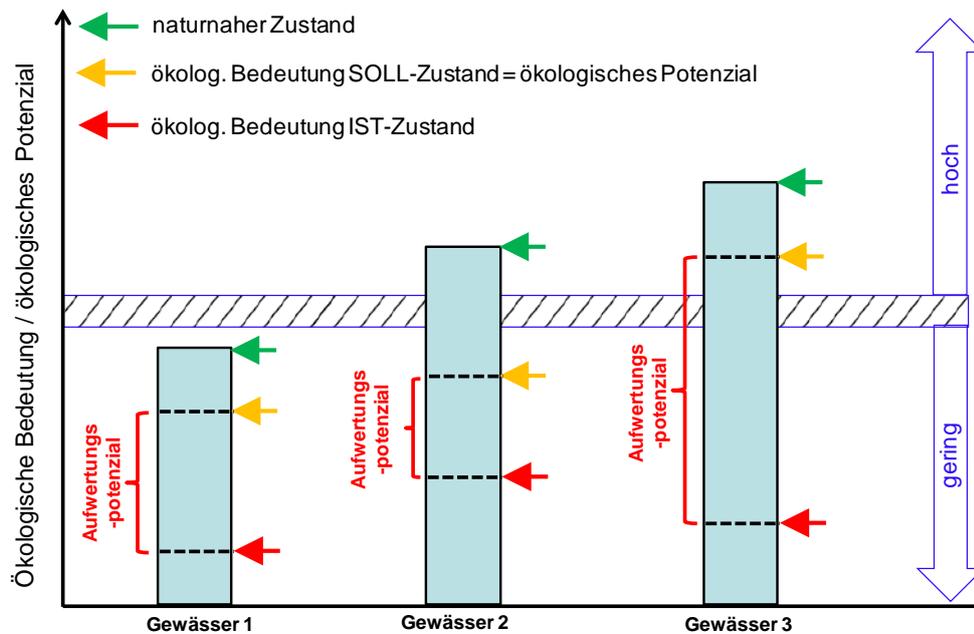
Abb. 11 zeigt das Vorgehen bei der Bestimmung der Sanierungspriorität eines Gewässerabschnittes, respektive einer Anlage auf.

**Abb. 11** > Flussdiagramm zur Priorisierung sanierungsbedürftiger Gewässer

Die Beurteilung des Aufwertungspotenzials soll sowohl summarisch bzgl. allen ökologischen Faktoren wie auch separat bzgl. Geschiebehaushalt erfolgen.



**Abb. 12** > Schematische Darstellung des ökologischen Potenzials und des Aufwertungspotenzials bei nicht naturnahen Gewässern



#### Gewässer 1

Die ökologische Bedeutung im naturnahen Zustand ist gering. Der entsprechende Gewässerabschnitt kann trotz verhältnismässiger Sanierungsmassnahmen keine hohe ökologische Bedeutung erreichen (geringes ökologisches Potenzial). Der Gewässerabschnitt wurde bereits im Schnelltest bei der Definierung der Zielgerinne (Schritt 1) von einer weiteren Beurteilung ausgeschlossen.

#### Gewässer 2

Die ökologische Bedeutung im naturnahen Zustand ist hoch. Der entsprechende Gewässerabschnitt wurde bei Schritt 1 als Zielgerinne definiert. Durch verhältnismässige Massnahmen kann aber keine hohe ökologische Bedeutung erreicht werden (geringes ökologisches Potenzial). Sanierungsmassnahmen sind nicht angezeigt oder zumindest nicht prioritär.

#### Gewässer 3

Die ökologische Bedeutung im naturnahen Zustand ist hoch. Der entsprechende Gewässerabschnitt wurde bei Schritt 1 als Zielgerinne definiert. Durch verhältnismässige Massnahmen kann eine hohe ökologische Bedeutung erreicht werden (hohes ökologisches Potenzial).

Auf dieselbe Weise wie das Aufwertungspotenzial kann der Grad der Beeinträchtigung dargestellt werden. Er bezeichnet die absolute Abweichung (in einer 5-stufigen Skala) der jährlichen Geschiebefracht im IST-Zustand von der jährlichen Geschiebefracht im naturnahen Zustand.

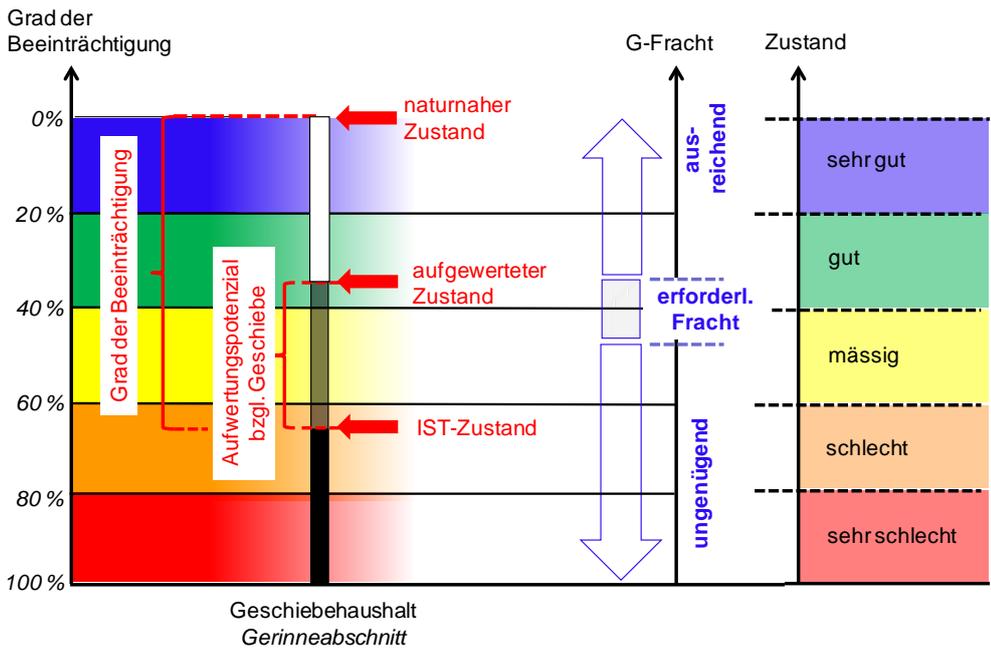
**Grad der Beeinträchtigung**

Zur Beurteilung, inwieweit das Gewässer von Sanierungsmassnahmen des Geschiebehahls profitiert, ist das Aufwertungspotenzial bezüglich diesem Faktor zu betrachten. Die Bewertung kann sich nach einer 5-stufigen Skala richten. Dabei wird ersichtlich, um wie viele Stufen der Geschiebehahls aufgewertet werden kann (2 Stufen in Abb. 13).

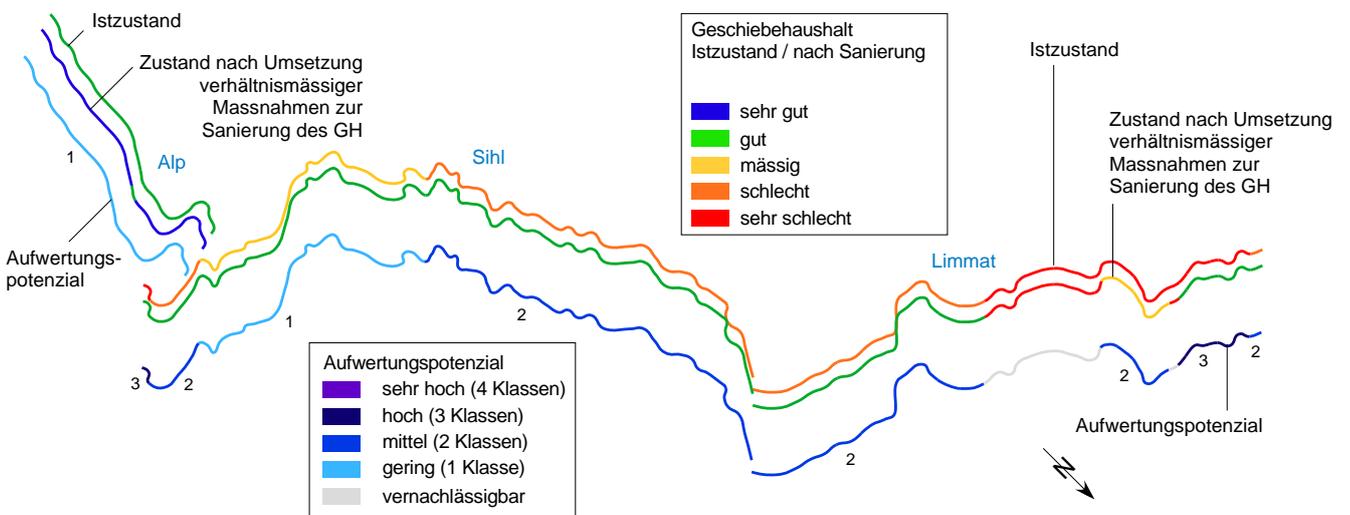
**Aufwertungspotenzial bzgl. des Einflussfaktors Geschiebe**

**Abb. 13** > Grad der Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes im IST-Zustand sowie Aufzeigen des Aufwertungspotenzials bezüglich Geschiebe

Ziel ist die Erreichung eines guten Zustandes (Signalfarbe grün) entsprechend der erforderlichen Geschiebefracht gemäss Schritt 6 (Kap. 3.6). Das Aufwertungspotenzial bezüglich Geschiebehaushalt umfasst hier 2 Stufen.



**Abb. 14** > Bewertung des Geschiebehaushalts von Alp, Sihl und Limmat im IST-Zustand und im realistischerweise erreichbaren Zustand (mit Massnahmen) sowie resultierendes Aufwertungspotenzial.



---

---

**Beispiel Gewässersystem Alp – Sihl – Limmat:**

*In Abb. 14 ist die Beurteilung des Geschiebehaushalts im IST-Zustand, im realistischere erreichbaren Zustand sowie das daraus resultierende Aufwertungspotenzial bezüglich Geschiebe dargestellt. Es zeigt sich, dass mit den vorgesehenen Massnahmen mehrheitlich ein guter bis sehr guter Zustand (Signalfarben grün und blau) erreicht werden kann. Das Aufwertungspotenzial bezüglich Geschiebe erreicht 1–3 Stufen.*

---

### 3.10 Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen

In Schritt 12 werden Angaben zur Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen und über die Abstimmung der Massnahmen im Einzugsgebiet erarbeitet. Dabei werden auch Überlegungen zur Verhältnismässigkeit der Massnahmen gemacht.

#### 3.10.1 Randbedingungen

Gewässerabschnitte mit einer wesentlichen Beeinträchtigung sollen saniert werden. Die Massnahmen richten sich nach:

- a) dem Grad der Beeinträchtigung des Gewässers;
- b) dem ökologischen Potenzial;
- c) der Verhältnismässigkeit des Aufwandes;
- d) den Interessen des Hochwasserschutzes;
- e) den energiepolitischen Zielen zur Förderung erneuerbarer Energien.

> zu a)

An einem Gewässer, wo der Geschiebehaushalt stark verändert ist und ein grosses Aufwertungspotential vorliegt, haben Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts i.d.R. eine grosse Bedeutung.

> zu b)

Bei hohem ökologischem Potenzial, das heisst, wenn das Zielgewässer im aufgewerteten Zustand eine grosse ökologische Bedeutung hat und diese Aufwertung massgeblich vom Geschiebehaushalt abhängig ist, haben Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts eine hohe Priorität.

> zu c)

Der Aufwand zur Umsetzung der Massnahmen soll verhältnismässig sein. Die Verhältnismässigkeit berücksichtigt einerseits die Kosten für die Sanierungsmassnahmen und andererseits das Aufwertungspotenzial, respektive die Wirkung der Massnahmen.

In einem separaten Modul «Finanzierung Sanierung Wasserkraft» (BAFU, in Arbeit) werden Kriterien zur Bewertung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen sowie Finanzierungsfragen dargelegt.

**Beispiel 1: Sanierung des Geschiebehauhalts einer grossen Flusstauhaltung oder eines Stausees.** Der Geschiebehauhalt kann durch Staupegelabsenkungen bei Hochwasserabfluss saniert werden. Weil jedoch die Geschiebeablagerungen in der Stauhaltung rasch kolmatieren (Abdeckung mit Feinsedimenten) ist das Aufwertungspotenzial sehr klein. Eine Sanierung dieser gestauten Fliessgewässerstrecke ist i.d.R. nicht verhältnismässig<sup>13</sup>.

**Beispiel 2: Sanierung einer kurzen Fliessgewässerstrecke<sup>14</sup>, zum Beispiel zwischen zwei grossen Flusstauhaltungen, die nicht geschiebedurchgängig sind.** Mit Massnahmen kann der Geschiebehauhalt der kurzen Fliessgewässerstrecke in einen guten Zustand überführt werden. Weil aber nur eine kurze Strecke profitiert und der transportierte Kies im untenliegenden Stauwurzelbereich zu unerwünschten Sohlenuflandungen führen kann, ist die Massnahme in diesem Ausmass nicht verhältnismässig. Die Massnahme wird solange angepasst, bis sie verhältnismässig ist. Dabei wird akzeptiert, dass die erforderliche Geschiebeführung gemäss Schritt 6 nicht erreicht wird (resp. kein guter Zustand erreicht wird).

> zu d)

Die Interessen des Hochwasserschutzes sind sowohl bezüglich Erosion als auch bezüglich Auflandung zu berücksichtigen.

Bei Gewässern, deren Sohle sich eintieft, kann durch die Sanierung des Geschiebehauhalts die Erosionstendenz abgeschwächt oder verhindert werden.

Wird einem Gewässer durch Sanierungsmassnahmen wieder verstärkt Geschiebe zugeführt, so kann es zu Sohlenuflandungen kommen, welche die Hochwassersicherheit beeinträchtigen. Aus diesem Grund sind alle Sanierungsmassnahmen bezüglich ihrer Auswirkungen auf den Hochwasserschutz zu prüfen. Falls der Hochwasserschutz beeinträchtigt wird, sind entweder die Sanierungsmassnahmen zu redimensionieren oder es sind Hochwasserschutzmassnahmen zu planen, mit welchen das entstehende Defizit behoben werden kann.

Bei Wasserkraftwerken mit Flusstauhaltungen, wo das Geschiebe nicht durchtransportiert werden kann, wird alles vom Oberwasser zugeführte Geschiebe im Stauwurzelbereich abgelagert. Dies kann mittel- bis langfristig zu Hochwasserschutzproblemen führen. In diesem Fall ist der Kies wieder zu entnehmen, wobei das Material für Kieszugaben wieder verwendet werden kann.

In Phase 1 erfolgt, soweit möglich, eine qualitative Abschätzung der Auswirkungen der Sanierungsmassnahmen auf den Hochwasserschutz.

In Phase 2 werden im Rahmen der Erarbeitung von Geschiebehauhaltsstudien die flussbaulichen Nachweise erbracht und allfällige Begleitmassnahmen detailliert geplant.

> zu e)

Die Sanierungsmassnahmen dürfen die Nutzung erneuerbarer Energien nicht verunmöglichen oder unverhältnismässig einschränken.

<sup>13</sup> Staupegelabsenkungen können aber verhältnismässig sein, um den Geschiebehauhalt der unterliegenden Fliessgewässerstrecke zu sanieren.

<sup>14</sup> Als kurz gilt beispielsweise eine Fliessgewässerstrecke, deren Länge weniger als das 20-fache der Gewässerbreite beträgt.

Weil der Geschiebehaushalt eines Fließgewässers ein zusammenhängendes System darstellt, müssen die Massnahmen im Einzugsgebiet abgestimmt werden. Oft sind Massnahmen im oberen Einzugsgebiet nötig, um den Geschiebehaushalt in den grossen Talgewässern im unteren Einzugsgebiet zu sanieren. Es muss daher darauf geachtet werden, dass die Sanierungsmassnahmen an Anlagen im oberliegenden Einzugsgebiet zu einem ausreichenden Geschiebeeintrag in das unterliegende Einzugsgebiet führen.

**Abstimmung von Massnahmen  
im Fließgewässersystem**

In diesem Schritt werden auch allenfalls erforderliche Begleitmassnahmen, insbesondere für den Hochwasserschutz und den Grundwasserhaushalt, welche durch die Sanierungsmassnahmen entstehen können, aufgelistet und in die Abstimmung und Machbarkeitsüberlegungen einbezogen.

In den nachfolgenden Kapiteln sind mögliche Sanierungsmassnahmen aufgeführt. Die Listen sind als nicht abschliessend zu betrachten.

**Mögliche  
Sanierungsmassnahmen**

### 3.10.2 Massnahmen bei Wasserkraftwerken

In der nachstehenden Tabelle sind mögliche Sanierungsmassnahmen bei Wasserkraftwerken aufgeführt. Bei der Massnahmenevaluation ist zu berücksichtigen, dass bei Wasserkraftwerken das Geschiebe soweit möglich durch die Anlage durchgeleitet werden soll.

<b>Fluss- und Ausleitkraftwerke</b>	
Bauliche Massnahmen	Umbau des Stauwehrs, so dass das Geschiebe bei Hochwasser durchtransportiert werden kann
	Bau eines Geschiebeumleitbauwerks (Stollen, Gerinne)
Betriebliche Massnahmen	Absenken des Oberwasserpegels, bis das Geschiebe bei Hochwasserabfluss durch die Stauhaltung und das Stauwehr flussabwärts transportiert wird. Für die Ökologie schädliche Trübeschwälle sind zu vermeiden
	Stauhaltung verlanden lassen oder aktiv auffüllen, bis das Geschiebe durch das Wehr ins Unterwasser transportiert wird
	Kieszugabe im Unterwasser der Stauanlage
	Generierung künstlicher Hochwasser zur Reaktivierung des Geschiebetriebs in Ausleitstrecken
<b>Grosse Stauanlagen (Jahres-, Wochen- und Tagesspeicher)</b>	
Bauliche Massnahmen	Bau eines Geschiebeumleitbauwerks (Stollen, Gerinne)
	Bauliche Massnahmen an den Grundablässen
Betriebliche Massnahmen	Regelmässige Entleerung und Spülung, Spülvorschriften sind zu definieren und gewässerökologische Aspekte zu berücksichtigen
	Kiesentnahme im Stauwurzelbereich, Transport und Rückgabe im Unterwasser der Stauanlage
	Künstliche Hochwasser aus den Speicherseen zur Reaktivierung des Geschiebetriebs im Unterwasser

**3.10.3 Massnahmen bei Geschiebesammlern**

In der nachstehenden Tabelle sind mögliche bauliche und betriebliche Sanierungsmassnahmen bei Geschiebesammlern aufgeführt.

<b>Geschiebesammler</b>	
Bauliche Massnahmen	Umbau des Sammlers, so dass ein Teil des Geschiebes flussabwärts weiter transportiert werden kann
	Rückbau des Sammlers (Konflikt mit Hochwasserschutz prüfen)
Betriebliche Massnahmen	Reduzierte Bewirtschaftung des Sammlers (zeitweises Überlaufen des Sammlers, dann wieder Räumung) oder vollständige Einstellung der Entnahmen (Konflikt mit Hochwasserschutz prüfen)
	Kiesentnahme aus dem Sammler und Rückgabe im Unterwasser an geeigneter Stelle

**3.10.4 Massnahmen bei Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser**

Bei Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser ist abzuklären, ob die Entnahme zu einer signifikanten Absenkung des Wasserspiegels bei den bezüglich Hochwasserschutz relevanten Ereignissen führt.

Falls die Kiesentnahmen nur dem lokalen Hochwasserschutz dienen (z. B. Ufer lokal zu tief oder Schutzdefizit bei Brücke), sollten bauliche Hochwasserschutzmassnahmen in Betracht gezogen werden, so dass die Entnahmen eingestellt werden können. Bis zur Umsetzung von Hochwasserschutzmassnahmen können betriebliche Massnahmen sinnvoll sein.

Falls mit den Entnahmen Sohlenauflandungen über eine lange Strecke verhindert werden, so besteht auf dieser Strecke kein Geschiebedefizit. Falls weiter flussabwärts eine Gewässerstrecke mit Geschiebedefizit anschliesst (ohne dass Massnahmen an allfälligen Zuflüssen möglich sind), sind betriebliche Massnahmen (Entnahme und Rückgabe von Material) in Betracht zu ziehen.

<b>Kiesentnahmen zum Schutz vor Hochwasser</b>	
Bauliche Massnahmen	Planen und Ausführen von Hochwasserschutzmassnahmen in den Gewässerabschnitten, bei welchen infolge von reduzierten Kiesentnahmen mit Schutzdefiziten zu rechnen ist. Anschliessend Einstellung der Entnahmen
	Erhöhen des Gefälles durch Entfernen von Schwellen
Betriebliche Massnahmen	Entfernen der mehrjährigen Vegetation auf der Kiesbank (inkl. Wurzelwerk), so dass die Bank nicht weiter auflandet und Geschiebe bei Hochwasserabfluss besser mobilisiert wird
	Umlagerung des Geschiebes, so dass es besser abtransportiert wird
	Entnahme und Rückgabe des Kieses an geeigneter Stelle

### 3.10.5 Massnahmen bei Kiesentnahmen zu kommerziellen Zwecken

Bei Kiesentnahmen aus kommerziellen Zwecken sind folgende bauliche und betriebliche Massnahmen denkbar:

#### Kiesentnahmen zu kommerziellen Zwecken

Bauliche Massnahmen	Um- oder Rückbau der Entnahmeeinrichtungen
Betriebliche Massnahmen	Reduktion bis Einstellung der Entnahmen

### 3.10.6 Massnahmen bei Gewässerverbauungen

Bei Gewässerverbauungen sind folgende bauliche und betriebliche Massnahmen denkbar:

#### «normale» Gewässerverbauungen (ohne Wildbachverbauungen und historische Umleitungen)

Bauliche Massnahmen	Rückbau des Uferschutzes und Zulassen von Erosionen Rückbau von Querverbauungen
Betriebliche Massnahmen	Kieszugabe an geeigneter Stelle

#### Wildbachverbauungen

Bauliche Massnahmen	Teilweiser und/oder schrittweiser Rückbau der Verbauungen
Betriebliche Massnahmen	Kiesentnahmen und Rückgaben an geeigneter Stelle

#### Historische Flussumleitungen in Seen

Bauliche Massnahmen	Keine
Betriebliche Massnahmen	Im Einzelfall ist abzuklären, ob eine beschränkte Kieszugabe nach dem Seeausfluss aus gewässerökologischer Sicht sinnvoll ist. Weil Seeausflüsse auch bei Hochwasserabfluss keine Trübung aufweisen, ist die Zugabe von ausgesiebttem Kies in Betracht zu ziehen.  Beispiel: Linthkanal flussabwärts Walensee

### 3.10.7 Massnahme Kieszugaben

Falls an einer sanierungspflichtigen Anlage Massnahmen zur Durchleitung des Geschiebes nicht machbar oder nicht verhältnismässig sind, so stellen Kieszugaben oft die einzige mögliche Massnahme zur Sanierung des Geschiebehaushalts im Unterwasser der Anlage dar.

Massnahmen bei langen und ausgeräumten Fliessgewässern:

Bei langen Fliessgewässern stellt der Geschiebehaushalt ein träges System dar. Wurde die Geschiebezufuhr mit diversen Eingriffen schrittweise reduziert, so dauerte die zunehmende Ausräumung des Gerinnes oft viele Jahre bis Jahrzehnte. Mit der Sanierung des Geschiebehaushalts wird wieder Geschiebe in das Fliessgewässer eingetragen. Je nach Ort und Umfang der Sanierungsmassnahmen ist von einer raschen oder einer

stark verzögerten Sanierung des Geschiebehaushalts auszugehen. Aus diesen Gründen kann es von grossem gewässerökologischem Nutzen sein, in einer Anfangsphase an weiteren Stellen zusätzlich Kies zuzuführen. Nach Erreichen des neuen Gleichgewichtszustandes können die zusätzlichen Zugabestellen wieder aufgehoben werden.

Bei der Planung von Massnahmen zur Kieszugabe sind nachfolgende Aspekte zu berücksichtigen:

Aspekt	Möglichkeiten und Kriterien
Herkunft Kies	Der Kies kann aus Geschiebesammlern, einem Fliessgewässer (z. B. Stauwurzelbereich Flusstauhaltung) oder einer Kiesgrube/Kieswerk stammen.
Zusammensetzung Material	Sowohl bezüglich Korngrössen als auch bezüglich Lithologie entsprechend dem natürlich vorkommenden Geschiebe.
Erneuerung Kiesschüttung	Die Kiesschüttung ist in Abhängigkeit von Hochwasserereignissen, resp. der Abfolge von Nass- und Trockenjahren, regelmässig zu erneuern.

### 3.10.8 Längenprofil der Geschiebefracht

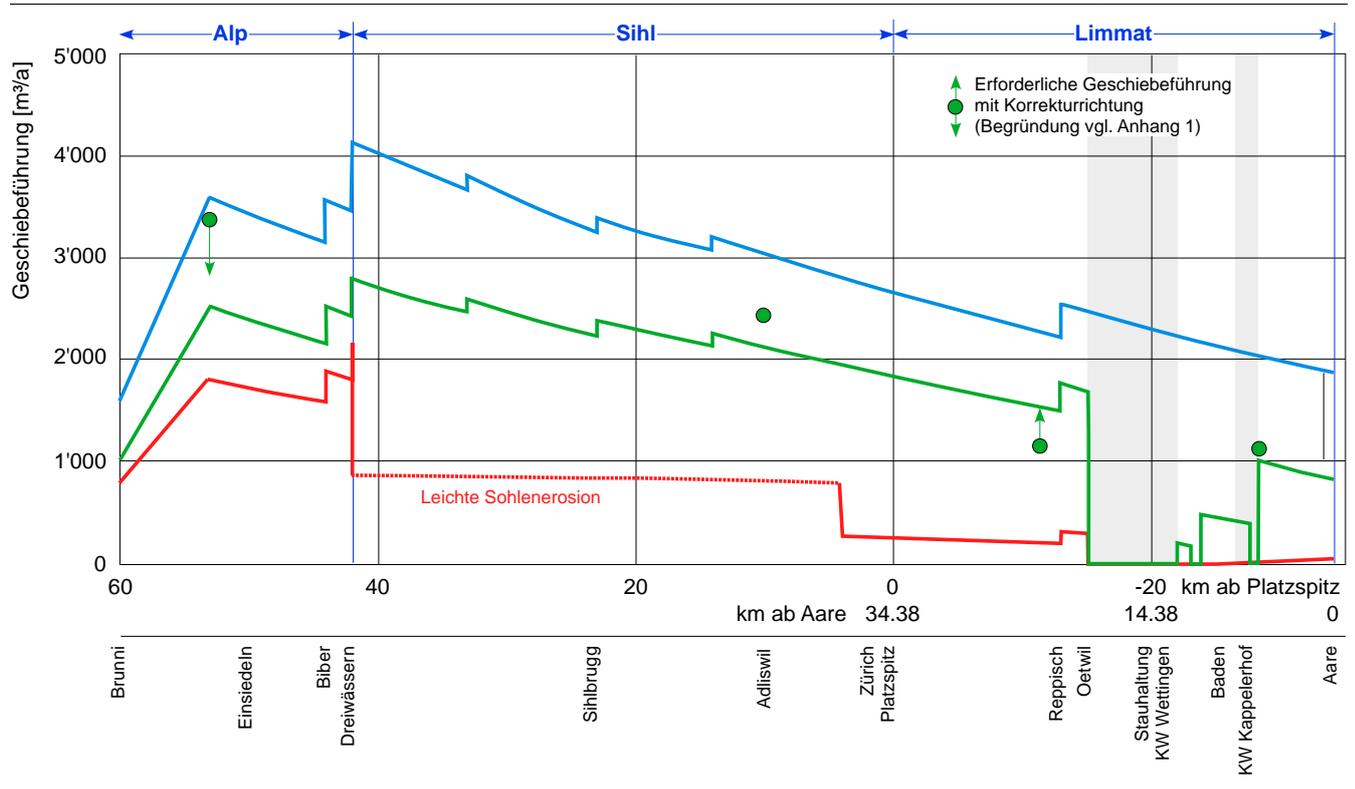
Falls die Grundbewertung durchgeführt wurde, kann die Wirkung der Massnahmen im Längenprofil der Geschiebefracht durch Vergleich mit der erforderlichen Geschiebeführung gemäss Schritt 6 verifiziert werden. Damit kann aufgezeigt werden, in welchen Abschnitten ein guter Zustand erreicht werden kann und in welchen Abschnitten dies aufgrund der Verhältnismässigkeit nicht möglich ist.

#### **Beispiel Geschiebehaushalt Sihl – Limmat (Abb. 15):**

*Am Gewässersystem Sihl – Limmat werden vom Planungsbüro insgesamt 19 Massnahmen zur Umsetzung empfohlen. Die mit diesen Massnahmen resultierende Geschiebefracht liegt im Bereich der erforderlichen Geschiebeführung (teilweise unter- und teilweise oberhalb). Zwischen den Stauhaltungen der Kraftwerke Wettingen und Kappelerhof wird aus Gründen der Verhältnismässigkeit der Geschiebehaushalt verbessert, aber nicht in einen guten Zustand überführt. Der Geschiebehaushalt der Stauhaltungen der Kraftwerke Wettingen und Kappelerhof wird nicht saniert (kein Aufwertungspotenzial).*

**Abb. 15** > Längenprofil von Alp, Sihl und Limmat mit der transportierten Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand (blau), im Istzustand (rot) sowie bei Umsetzung der Sanierungsmassnahmen (grün)

Eingezeichnet ist zudem die erforderliche Geschiebefracht in ausgewählten Abschnitten gemäss Schritt 6 (grüne Punkte).



### 3.11 Abstimmung mit anderen Massnahmen

Die Abstimmung mit anderen Massnahmen (Revitalisierung, Sanierungen Restwasser, Schwall/Sunk und Fischwanderung) erfolgt gemäss Anhang 4a Ziffer 3 Absatz 2 Buchstabe b GSchV spätestens bei der Erarbeitung der beschlossenen Planung. Es kann aber sinnvoll sein, bereits bei der Erarbeitung des Zwischenberichts auf die Abstimmung mit anderen Massnahmen hinzuweisen.

Von besonderer Bedeutung sind Synergien mit Revitalisierungsmassnahmen. Bei einem stark verbauten Gewässer kommen allfällige Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts nur dann zur vollen Wirkung, wenn das Gewässer (zumindest abschnittsweise) revitalisiert wird. Dasselbe gilt auch für Revitalisierungen, wo nur dann der aquatische Lebensraum nicht wesentlich beeinträchtigt ist, wenn auch die Geschiebeführung ausreichend (nicht wesentlich verändert) ist.

Die kombinierte Wirkung von Massnahmen der zwei Einflussfaktoren Revitalisierung und Geschiebehaushalt kann anhand der Abb. 16 aufgezeigt und bewertet werden. Die Position eines Gewässerabschnitts erfolgt aufgrund der Beurteilungen von Ökomorphologie und Geschiebehaushalt im Istzustand<sup>15</sup>. Durch Revitalisierungsmassnahmen verschiebt sich die Position in der Vertikalen und mit Sanierungsmassnahmen betreffend Geschiebehaushalt in der Horizontalen. **Das Ziel von Aufwertungsmassnahmen**

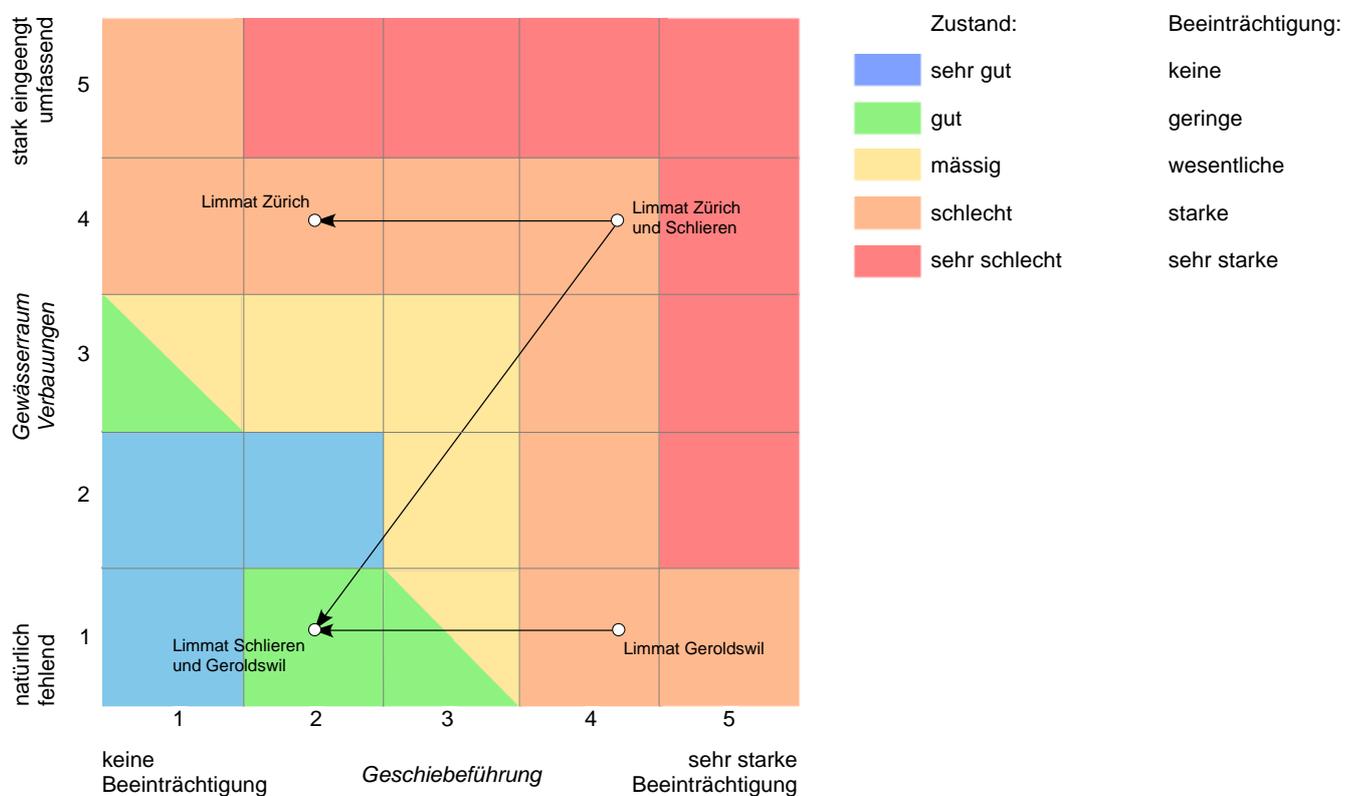
<sup>15</sup> Die kombinierte Wirkung von Ökomorphologie und Geschiebehaushalt charakterisiert die Morphologie des Gewässers.

besteht darin, dass durch die kombinierte Wirkung von Revitalisierungsmassnahmen und Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts soweit möglich ein guter bis sehr guter Zustand (Signalfarben grün und blau) erreicht wird.

Die Abstimmung mit anderen Sanierungsmassnahmen (Sanierung Restwasser, Schwall/Sunk, Fischwanderung) kann in ähnlicher Weise erfolgen.

**Abb. 16** > Diagramm zur kombinierten Beurteilung der Ökomorphologie (Gewässerraum, Verbauungen) und der Geschiebeführung

Bei den diagonal unterteilten Quadraten wird im Einzelfall entschieden, ob die obere oder die untere Stufe gerechtfertigt ist.



**Beispiel (zu Abb. 16):**

Die Limmat in Schlieren kann durch Aufweitung (Revitalisierung) und den vorgesehenen Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts von einem schlechten in einen guten Zustand überführt werden.

Bei der Limmat in Zürich kann mit den gleichen Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts wegen fehlenden Revitalisierungsmöglichkeiten nur eine Verbesserung um eine Stufe erreicht werden.

Bei der bereits renaturierten Limmat bei Geroldswil kann durch die Sanierung des Geschiebehaushalts allein ein guter Zustand erreicht werden<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Unter Nichtbeachtung des zu sanierenden Restwasserabflusses.

## > Anhang

### A1 Beispiele zur Bestimmung der erforderlichen Geschiebefracht

Das in Kapitel 3.6 erläuterte Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht wurde von den zuständigen kantonalen Behörden in den nachfolgend aufgeführten Fließgewässerabschnitten bereits angewandt. Sie können deshalb als Beispiel dienen.

In den Abbildungen 17–26 sind die kartierten Bankflächen dargestellt und deren planimetrierte Flächen aufgelistet. In Tab. 2 sind die durchschnittlichen Kiesbankflächen, das zu ersetzende Kiesbankvolumen, die Korrekturfaktoren und die erforderliche Geschiebefracht angegeben.

- Alp: Vor und nach der Einmündung des Butzitobelbachs.  
Grundlage: Siegfried-Atlas.  
Geschiebefracht wird tendenziell überschätzt, da zum Zeitpunkt der Kartenerstellung viele Wildbachverbauungen in den Zuflüssen noch nicht erstellt waren.
- Sihl: Bei Adliswil.  
Grundlage: Wild-Karte des Kantons Zürich (ca. 1845).  
Seit dem Bau des Sihlsees werden die Hochwasserabflüsse reduziert. D.h. dass im Istzustand eine tendenziell kleinere Geschiebefracht zur Entwicklung vergleichbarer Kiesbänke ausreichend ist.
- Limmat: Abschnitt Schlieren – Dietikon:  
Grundlage: Wild-Karte des Kantons Zürich (ca. 1845).  
Geschiebefracht wird tendenziell unterschätzt, da zum Zeitpunkt der Kartenerstellung die Bildung von Kiesbänken durch Verbauungen bereits eingeschränkt war.
- Limmat: Abschnitt Baden – Turgi (Talmäander):  
Grundlage: LK 1:25 000.  
Kiesbänke werden aufgrund der Morphologie (Gleithänge, Gerinnebreite), von Begehungen und der Auswertung von Querprofilen festgelegt.
- Aare: Abschnitt Olten – Gösgen (drei unterschiedliche Zustände):  
Zustand 1 (Grundlage Siegfried-Karte): Unbeeinflusster Zustand  
Zustand 2 (Grundlage LK 1:25 000): Mit Kraftwerk Olten-Gösgen. Die Aare wurde zur Restwasserstrecke.  
Zustand 3 (Grundlage Projektpläne Hochwasserschutz- und Renaturierungsprojekt): Die Aare wird aufgeweitet und durch Seitengerinne ergänzt.  
Das Beispiel zeigt, dass das Verfahren auf unterschiedliche Randbedingungen entsprechend reagiert.

Alpenrhein: Abschnitt Mastrils:

Grundlage: Luftbild Jahr 2000.

Die einzige naturnahe Strecke erlaubt nur die Kartierung von 8 Bänken.

Hochrhein: Abschnitt Rekingen – Rietheim:

Grundlage: Hochrheinpläne mit Höhenlinien.

Die kartierten Bankflächen umfassen diejenigen Strukturen, die bei einem mittleren Märzabfluss Fliesstiefen von weniger als 2,3 m aufweisen (Anforderung Laichplatz Äsche).

**Tab. 2 > Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht für ausgewählte Gewässerstrecken**

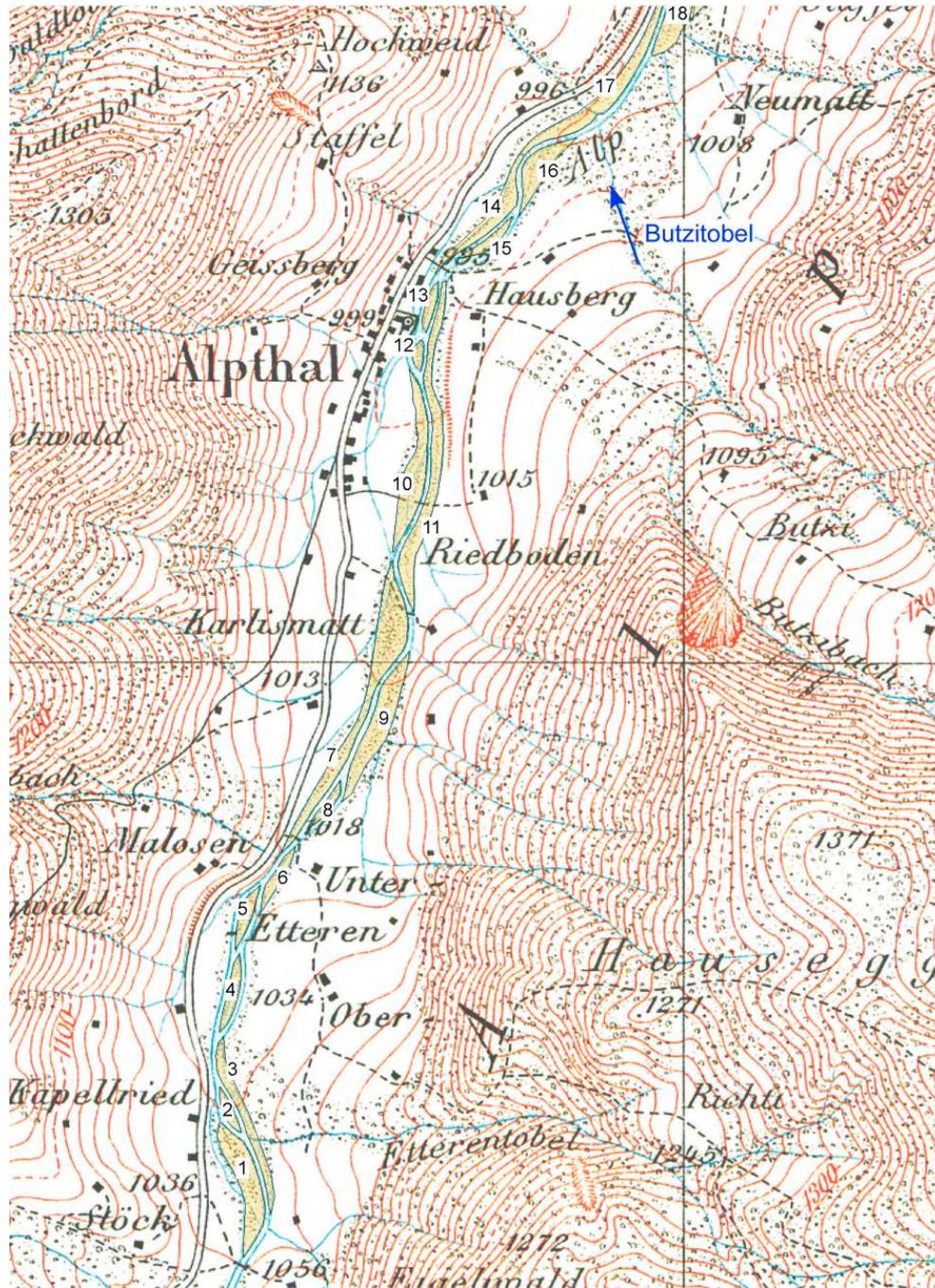
Die Kartengrundlagen sind in den Bildern A1–A10 zu finden.

M: Morphologie; TK: Transportkapazität; Tr: Trübung.

Gewässerabschnitt	Ø Bank- fläche	Ø Vol. oberste Schicht	Korrektur- faktoren			Erforderliche Geschiebefracht (gerundet)
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	M	TK	Tr	
Alpvor Butzitobel	4 100	1 240	2,0	1,0	1,0	2 500
Alp nach Butzitobel	5 600	1 680	2,0	1,0	1,0	3 400
Sihl Adliswil	4 600	1 400	1,75	1,0	1,0	2 450
Limmat Schlieren – Dietikon	3 800	1 140	2,0	1,0	0,5	1 140
Limmat Baden – Turgi	4 930	1 500	1,0	1,5	0,5	1 100
Aare Olten – Gösgen (1)	17 900	5 370	1,75	1,0	0,75	7 000
Aare Olten – Gösgen (2)	7 100	2 130	1,75	1,0	0,75	2 800
Aare Olten – Gösgen (3)	7 800	2 340	1,75	1,0	0,75	3 100
Rhein Mastrils	41 900	12 600	2,5	1,0	1,0	31 000
Rhein Zurzach	19 600	5 900	1,5	1,0	0,8	7 000

Abb. 17 > Alp vor Mündung Butzitobel mit den auf der Siegfriedkarte (erste Ausgabe 1890) eingezeichneten Kiesbänken

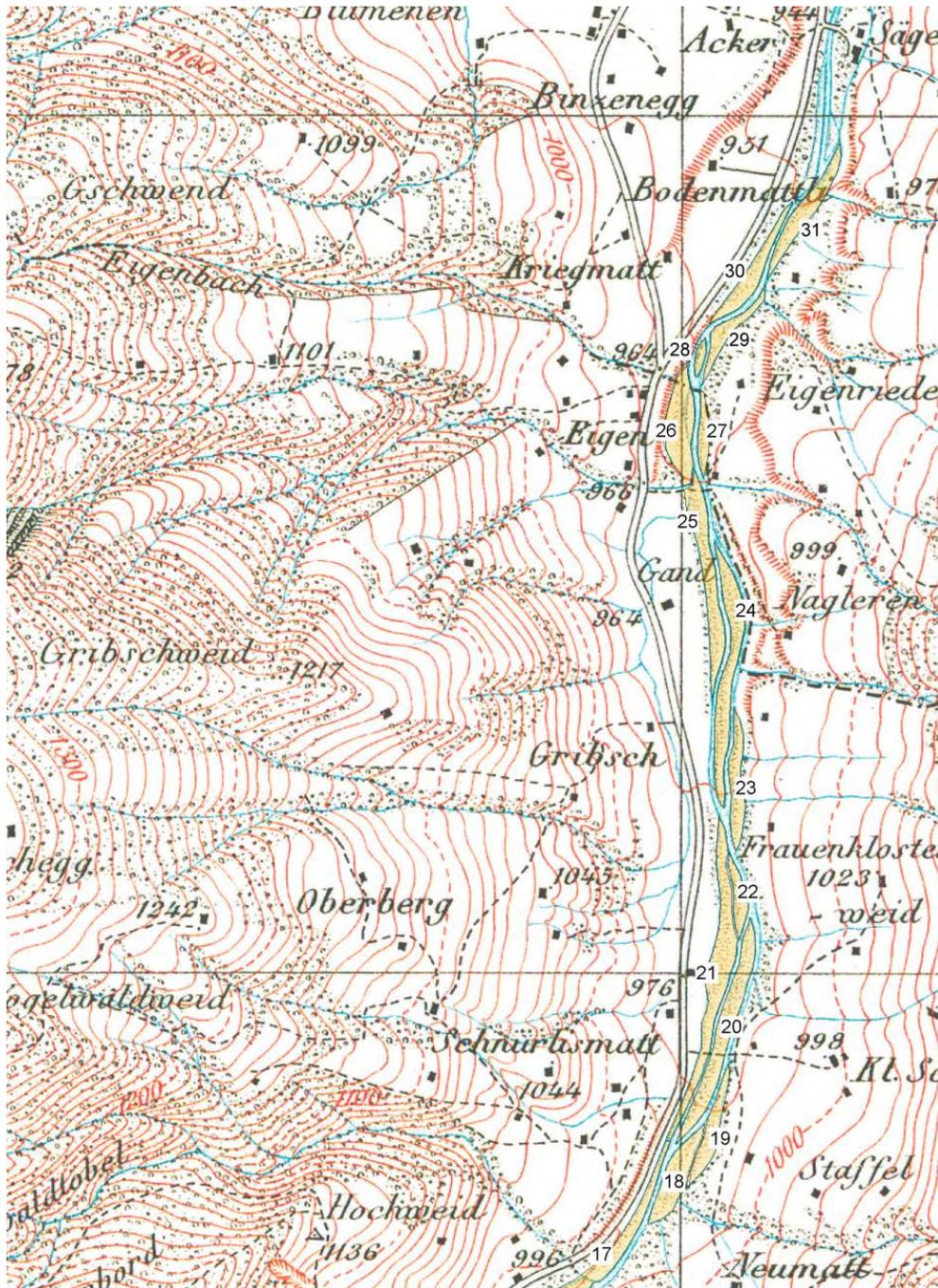
Massstab 1 : 25 000.



KB Nr.	Fläche [m2]
1	7150
2	1080
3	4430
4	2020
5	1660
6	1680
7	12240
8	1060
9	7180
10	6850
11	9470
12	690
13	1080
14	4310
15	1360
16	3900

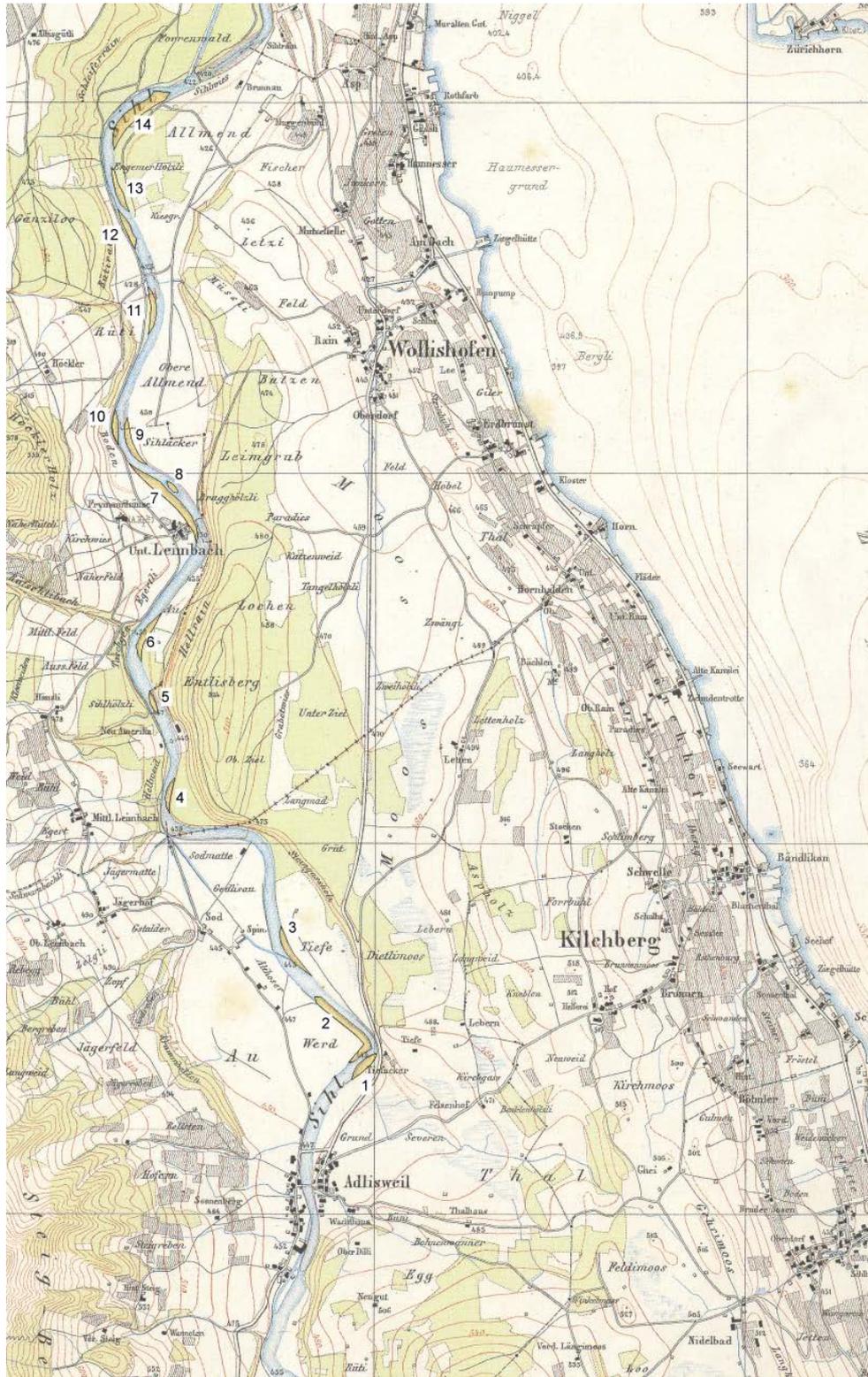
Abb. 18 > Alp nach Mündung Butzitobel mit den auf der Siegfriedkarte (erste Ausgabe 1890) eingezeichneten Kiesbänken

Massstab 1 : 25 000.



KB Nr.	Fläche [m <sup>2</sup> ]
17	7570
18	5520
19	3830
20	9260
21	11420
22	2380
23	4330
24	9280
25	8280
26	6870
27	1910
28	820
29	2910
30	4460
31	5200

**Abb. 19** > Sihl bei Adliswil – Leimbach mit den auf der Wild-Karte (ca. 1850) eingezeichneten Kiesbänken  
 Massstab 1 : 25 000.



KB Nr.	Fläche [m2]
1	3438
2	9813
3	4125
4	1938
5	1500
6	4063
7	10875
8	1000
9	4000
10	2313
11	3313
12	2875
13	3375
14	12250

Abb. 20 &gt; Limmat bei Dietikon mit den auf der Wild-Karte (ca. 1850) eingezeichneten Kiesbänken

Massstab 1 : 25 000.

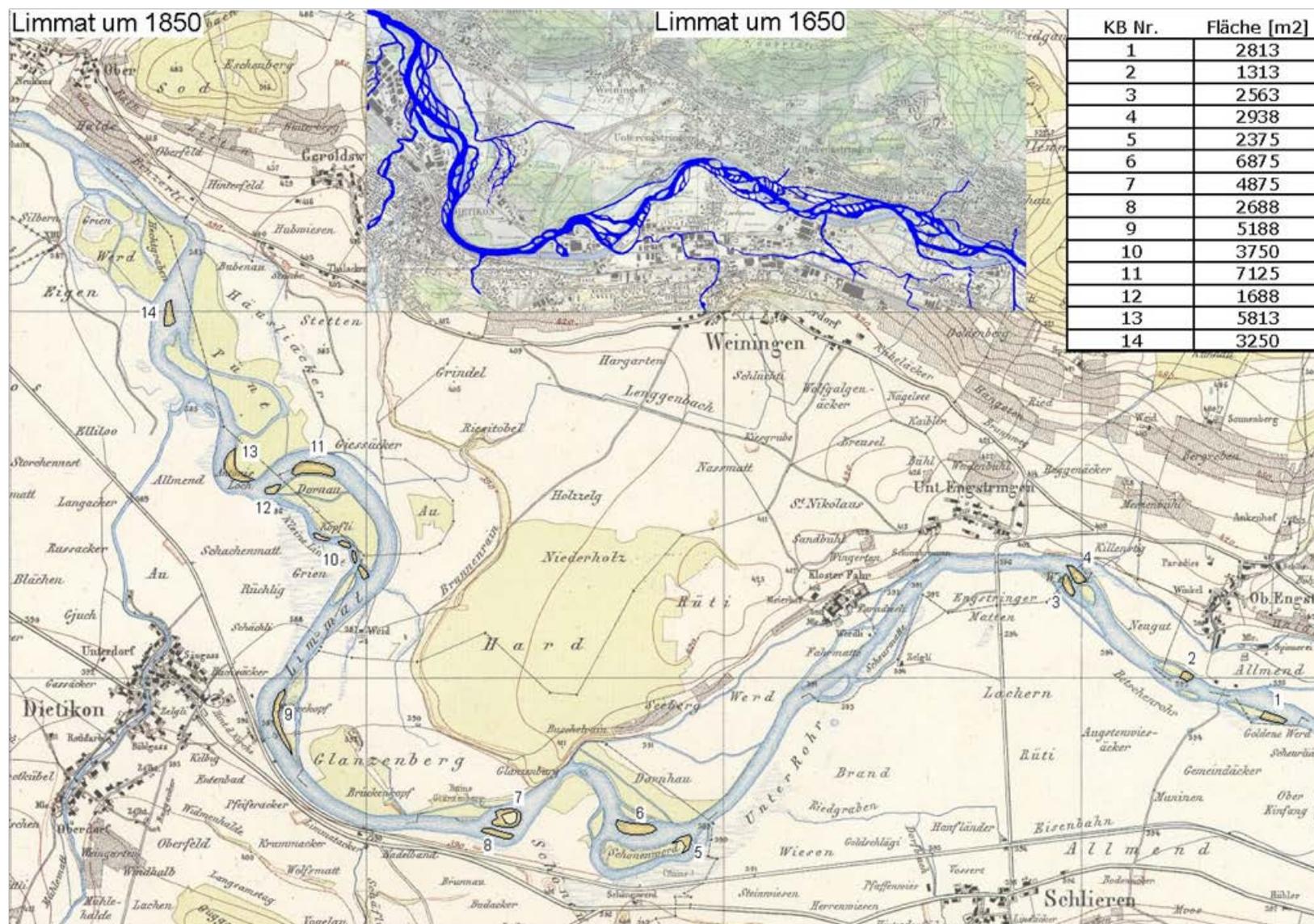


Abb. 21 > Limmat Baden – Aare mit potenziellen Kiesbänken

Massstab 1 : 25 000.

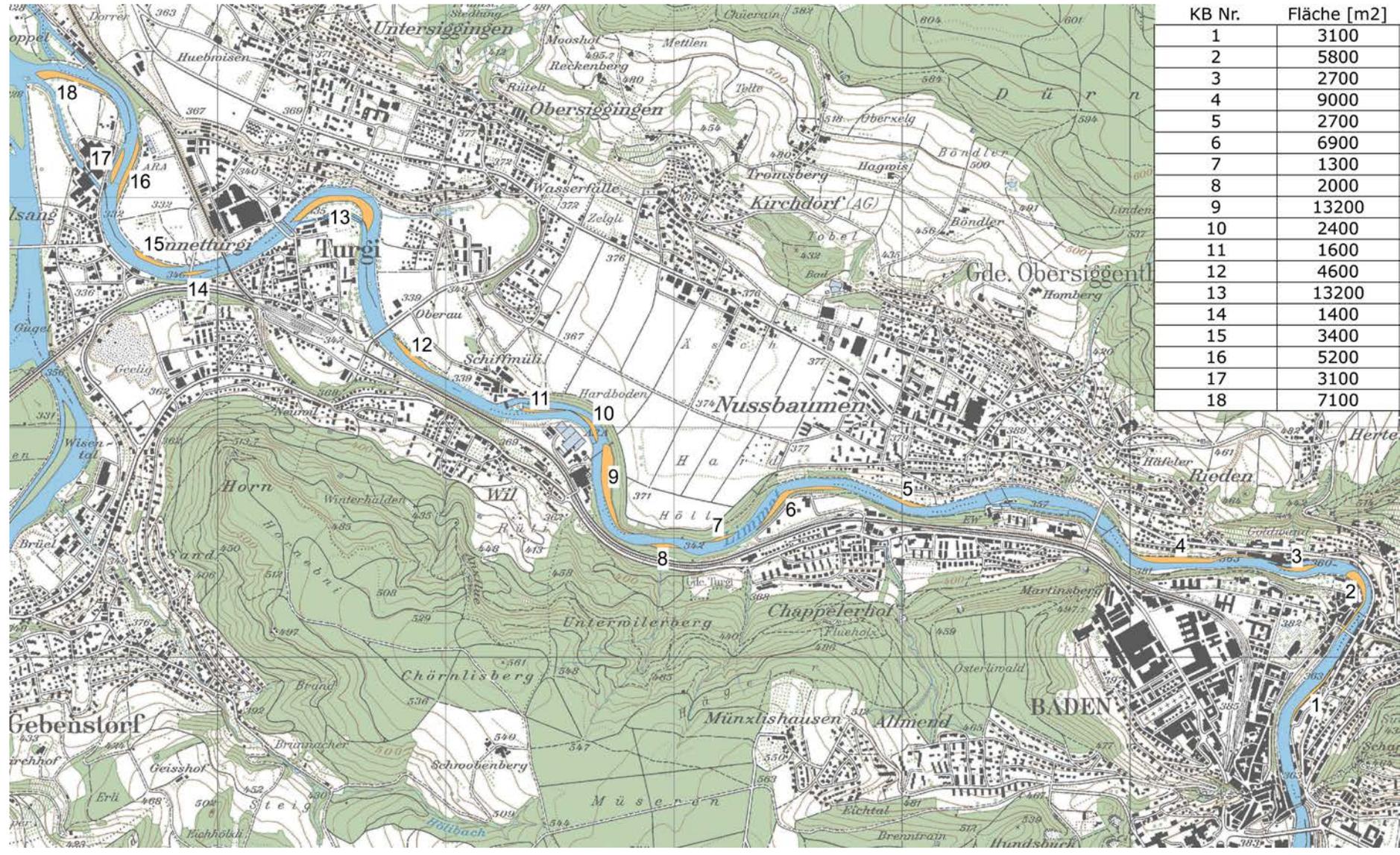


Abb. 22 &gt; Aare Winznau – Niedergösgen mit den auf der Siegfriedkarte eingezeichneten Kiesbänken (Erstausgabe 1878)

Massstab 1 : 20000.

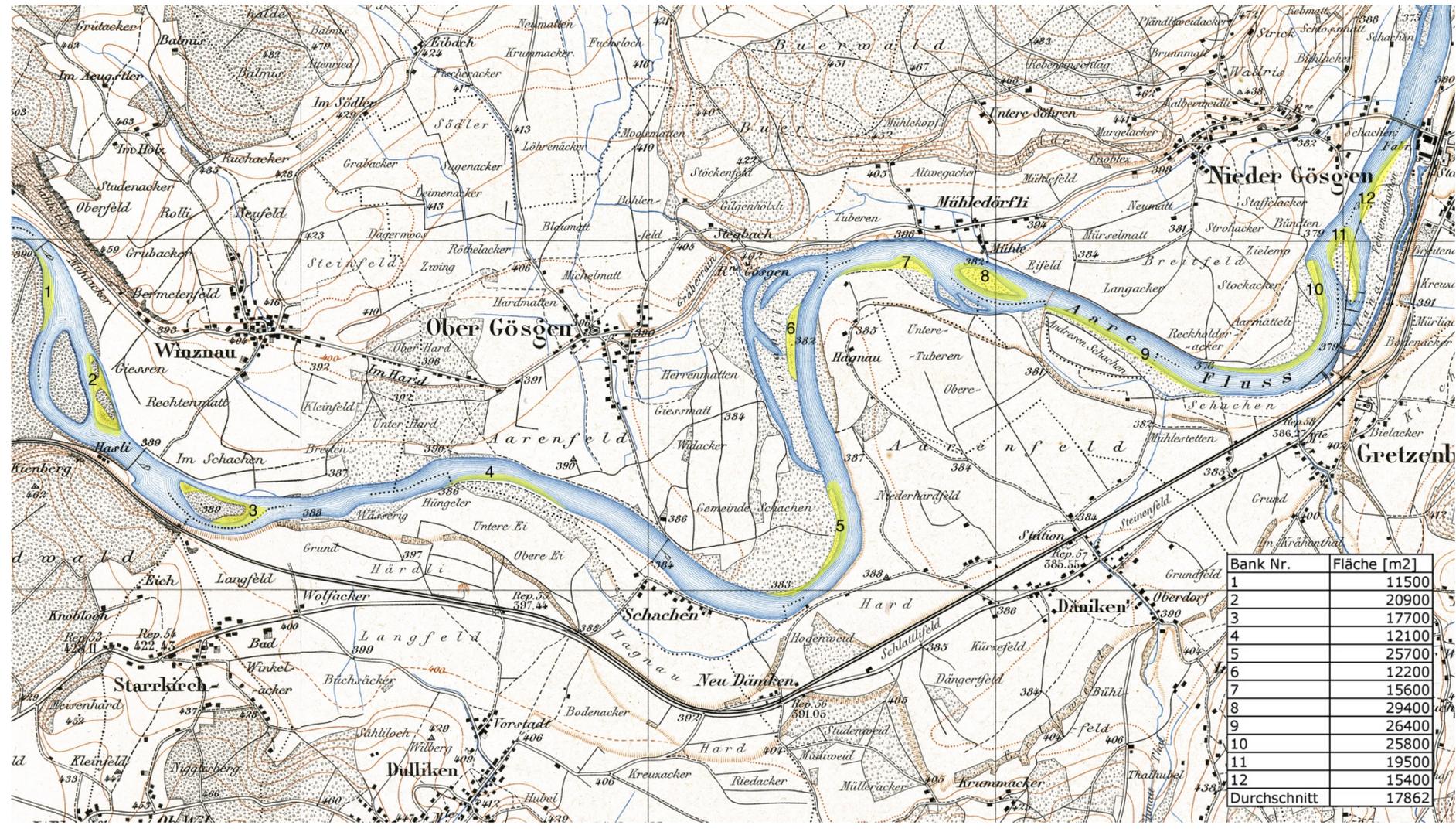
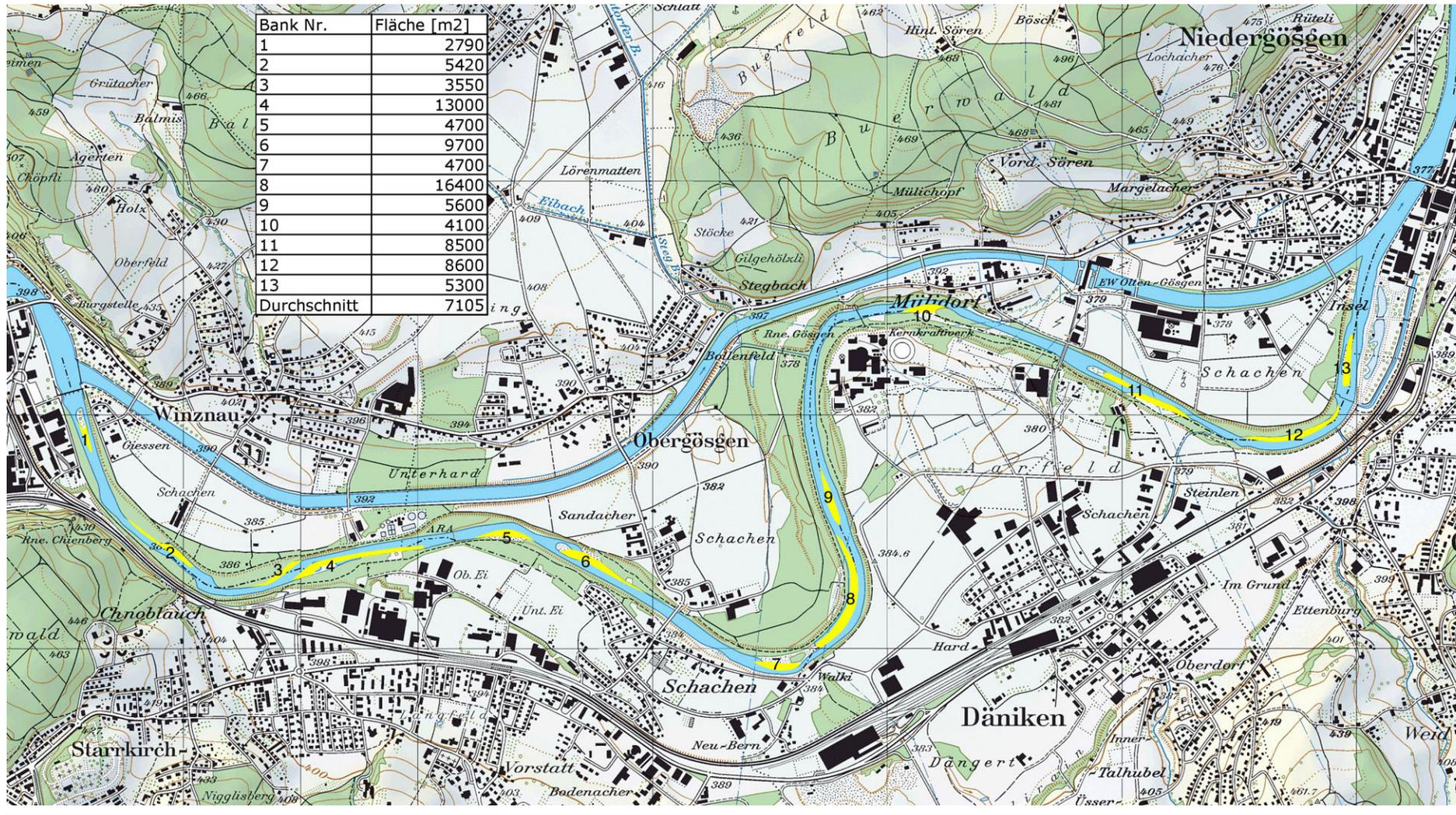


Abb. 23 > Aare Winznau – Niedergösgen. Istzustand mit kartierten Kiesbänken

Massstab 1 : 20000.



**Abb. 24 > Aare Winznau – Niedergösgen. Hochwasserschutzprojekt mit potenziellen Kiesbänken**

Massstab 1 : 20000.

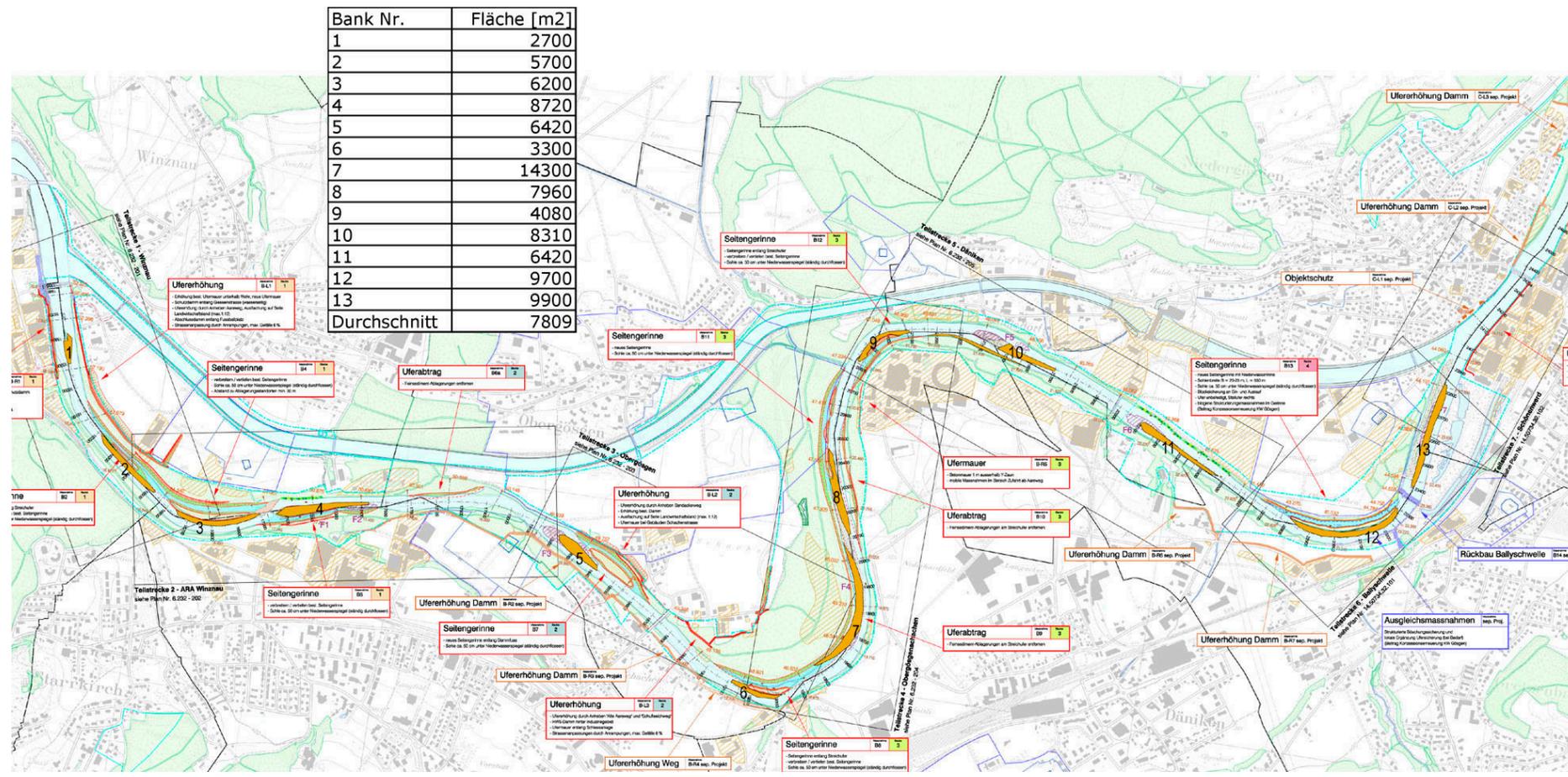


Abb. 25 > Alpenrhein Mastrils mit kartierten Kiesbänken (ohne Berücksichtigung Bewuchs), Zustand 2000

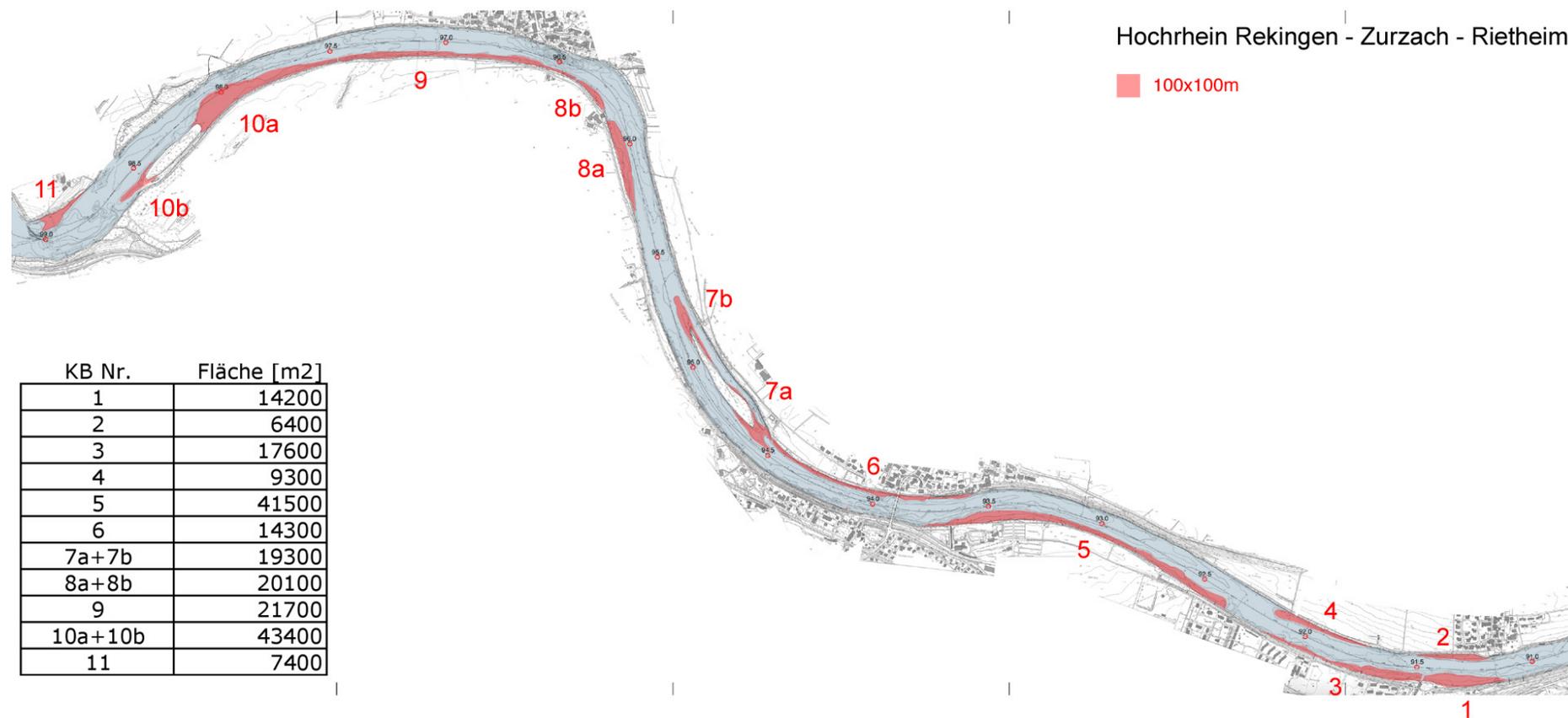
Massstab 1 : 20 000.



KB Nr.	Fläche [m2]
1	48217
2	22375
3	59567
4	47396
5	23887
6	63342
7	20779
8	49832

**Abb. 26 > Rhein Rekingen – Zurzach – Rietheim mit potenziellen Kiesbänken**

Auswertung der Höhenlinienkarte. Massstab 1 : 25 000.



## A2 Minimalanforderungen für die kantonale Planung

### A2-1 Minimalanforderung für den Zwischenbericht bis Ende 2013

Inhalt Zwischenbericht gemäss GSchV	Vom Kanton einzureichende Unterlagen
a. Bezeichnung der Gewässerabschnitte, bei denen die einheimischen Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume, der Grundwasserhaushalt oder der Hochwasserschutz durch einen veränderten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt ist	Karte mit Angabe der Gewässerstrecken, die durch einen veränderten Geschiebehaushalt wesentlich beeinträchtigt sind mit Angabe, was beeinträchtigt ist (1. Tiere, Pflanzen und Lebensräume; 2. Grundwasserhaushalt; 3. Hochwasserschutz) Bezeichnung aller Zielgewässer
b. Eine Beurteilung des ökologischen Potenzials der wesentlich beeinträchtigten Gewässerabschnitte und des Grads der Beeinträchtigung	Eine Beurteilung / Klassierung des ökologischen Potenzials nach Art. 33a GSchV Einteilung des Grads der Beeinträchtigung aufgrund der Zustandsklassen «schlecht», «unbefriedigend», «mässig».
c. Eine Liste aller Anlagen, welche die wesentliche Beeinträchtigung der Gewässerabschnitte nach Buchstabe a verursachen	Auflistung der Anlagen, welche die wesentliche Beeinträchtigung verursachen mit begründeter Ursache der Beeinträchtigung
d. Eine Liste der Anlagen, deren Inhaber voraussichtlich Sanierungsmassnahmen treffen müssen, mit Angaben über die Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen und über die Abstimmung dieser Massnahmen im Einzugsgebiet	Liste der Anlagen Angaben zur Machbarkeit von Sanierungsmassnahmen (bauliche und betriebliche Anpassungen, Auswirkungen auf Dritte und Umwelt, Kosten) Angaben zur Abstimmung der Massnahmen im Einzugsgebiet
Datenaufbereitung gemäss minimalem Geodatenmodell	

### A2-2 Minimalanforderung für die beschlossene Planung bis Ende 2014

Inhalt Schlussbericht gemäss GSchV	Vom Kanton einzureichende Unterlagen
a. Eine Liste der Anlagen, deren Inhaber Massnahmen zur Beseitigung von wesentlichen Beeinträchtigungen der einheimischen Tiere und Pflanzen sowie von deren Lebensräumen, des Grundwasserhaushaltes oder des Hochwasserschutzes durch einen veränderten Geschiebehaushalt treffen müssen und die Fristen, innert welcher die Massnahmen geplant und umgesetzt werden müssen	Definitive, bereinigte Liste mit den Angaben aus dem Zwischenbericht Angaben zu den Planungs- und Umsetzungsfristen aller Massnahmen
b. Angaben darüber, wie bei der Sanierung des Geschiebehaushalts andere Massnahmen zum Schutz der natürlichen Lebensräume und zum Schutz vor Hochwasser berücksichtigt werden	Angaben zur Abstimmung mit den Planungen in den Bereichen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revitalisierung der Gewässer</li> <li>• Schwall/Sunk</li> <li>• Fischgängigkeit</li> <li>• Hochwasserschutz</li> </ul>
c. für Anlagen, bei denen aufgrund von besonderen Verhältnissen noch nicht festgelegt werden kann, ob sie Sanierungsmassnahmen treffen müssen: eine Frist, innert welcher der Kanton festlegt, ob und gegebenenfalls bis wann Sanierungsmassnahmen geplant und umgesetzt werden müssen	Nachvollziehbare Begründung der Inanspruchnahme dieser Ausnahmeklausel, Frist, innert welcher der Kanton festlegt, ob und gegebenenfalls welche Sanierungsmassnahmen bis wann geplant und umgesetzt werden müssen
Datenaufbereitung gemäss minimalem Geodatenmodell	

## > Literatur

- [1] Bundesamt für Umwelt 2011: Erläuternder Bericht. A) Parlamentarische Initiative Schutz und Nutzung der Gewässer (07.492) – Änderung der Gewässerschutz-, Wasserbau-, Energie- und Fischereiverordnung. B) Versickerung von Abwasser – Änderung der Gewässerschutzverordnung. C) Anpassung der Fischnamen – Änderung der Fischereiverordnung.
- [2] Bundesamt für Umwelt (Version für die Anhörung, Stand 14.6.2011): Revitalisierung von Fließgewässern. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer.
- [3] Flussbau AG SAH 2011: Geschiebehauhalt Einzugsgebiet Sihl – Limmat. Sanierungsbericht. Im Auftrag der Kantone Schwyz, Zug, Zürich und Aargau.
- [4] Flussbau AG SAH 2010: Geschiebehauhaltsstudie Sihl – Limmat. Im Auftrag der Baudirektion des Kantons Zürich, des Elektrizitätswerks der Stadt Zürich, des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau und der Limmatkraftwerke AG, Baden.
- [5] Flussbau AG SAH 2009: Kriterien / Anforderungen Geschiebehauhalt. Auftrag im Rahmen der Arbeiten zur Parlamentarischen Initiative «Schutz und Nutzung der Gewässer». Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.
- [6] Schälchli U., M. Breitenstein, A. Kirchofer 2010: Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehauhalts der Aare – die kieslaichenden Fische freut's. Wasser Energie Luft 102/3: 209–213.
- [7] Schälchli, Abegg + Hunzinger, Hunziker, Zarn & Partner 2007: Reaktivierung des Geschiebehauhalts in Schweizer Fließgewässern. Massnahmen und Kosten. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.
- [8] Schälchli, Abegg + Hunzinger, Hunziker, Zarn & Partner 2005: Geschiebe- und Schwebstoffproblematik in Schweizer Fließgewässern. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt.
- [9] Ahmari H., Ferreira Da Silva A.M. 2011: Regions of bars, meandering and braiding in da Silva and Yalins plan, Journal of Hydraulic Research, 49:6, 718–727.
- [10] Peter A., Scheidegger C. 2012: Erfolgskontrolle bei Revitalisierungen. In: Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. BAFU, Bern. Merkblatt 8.
- [11] Schälchli, Abegg + Hunzinger 2002: Innere Kolmation. Methoden zur Erkennung und Bewertung. Im Auftrag der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG).
- [12] Schälchli U. 1993: Die Kolmation von Fließgewässersohlen: Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Mitteilung Nr. 124 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.
- [13] Bezzola G.R. 2012: Flussbau – Vorlesungsmanuskript Fassung FS 2012, Professur für Wasserbau, Eidg. Technische Hochschule Zürich ETH. Zürich.

# > Verzeichnisse

## Abbildungen

<b>Abb. 1</b> Übersicht Vollzugshilfe «Renaturierung der Gewässer»	10	<b>Abb. 13</b> Grad der Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes im IST-Zustand sowie Aufzeigen des Aufwertungspotenzials bezüglich Geschiebe	48
<b>Abb. 2</b> Beeinflussung des Geschiebehaushalts in untersuchten Schweizer Fließgewässern	12	<b>Abb. 14</b> Bewertung des Geschiebehaushalts von Alp, Sihl und Limmat im IST-Zustand und im realistischerweise erreichbaren Zustand (mit Massnahmen) sowie resultierendes Aufwertungspotenzial.	48
<b>Abb. 3</b> Ablauf bei Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts	17	<b>Abb. 15</b> Längenprofil von Alp, Sihl und Limmat mit der transportierten Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand (blau), im Istzustand (rot) sowie bei Umsetzung der Sanierungsmassnahmen (grün)	55
<b>Abb. 4</b> Phase 1, strategische Planung – Ablaufschema Teil 1	19	<b>Abb. 16</b> Diagramm zur kombinierten Beurteilung der Ökomorphologie (Gewässerraum, Verbauungen) und der Geschiebeführung	56
<b>Abb. 5</b> Phase 1, strategische Planung – Ablaufschema Teil 2	20	<b>Abb. 17</b> Alp vor Mündung Butzitobel mit den auf der Siegfriedkarte (erste Ausgabe 1890) eingezeichneten Kiesbänken	59
<b>Abb. 6</b> Phase 2, Detailplanung – Ablaufschema	24	<b>Abb. 18</b> Alp nach Mündung Butzitobel mit den auf der Siegfriedkarte (erste Ausgabe 1890) eingezeichneten Kiesbänken	60
<b>Abb. 7</b> Ausscheidung der Zielgewässer (rot markiert) aufgrund von Indikatoren zur ökologischen Bedeutung im naturnahen Zustand	27	<b>Abb. 19</b> Sihl bei Adliswil – Leimbach mit den auf der Wild-Karte (ca. 1850) eingezeichneten Kiesbänken	61
<b>Abb. 8</b> Schematische Darstellung des Geschiebetransports und der Bankerneuerung in Gewässern mit Verzweigungen, alternierenden Bänken und Mäandern	41	<b>Abb. 20</b> Limmat bei Dietikon mit den auf der Wild-Karte (ca. 1850) eingezeichneten Kiesbänken	62
<b>Abb. 9</b> Diagramm zur Abschätzung des Korrekturfaktors Trübung flussabwärts von Seeausflüssen	42	<b>Abb. 21</b> Limmat Baden – Aare mit potenziellen Kiesbänken	63
<b>Abb. 10</b> Längenprofil Alp, Sihl und Limmat mit der transportierten Geschiebefracht im unbeeinflussten Zustand (blau) und im Istzustand (rot) sowie der erforderlichen Geschiebefracht in ausgewählten Abschnitten gemäss Schritt 6 (grüne Punkte)	45	<b>Abb. 22</b> Aare Winznau – Niedergösgen mit den auf der Siegfriedkarte eingezeichneten Kiesbänken (Erstausgabe 1878)	64
<b>Abb. 11</b> Flussdiagramm zur Priorisierung sanierungsbedürftiger Gewässer	46	<b>Abb. 23</b> Aare Winznau – Niedergösgen. Istzustand mit kartierten Kiesbänken	65
<b>Abb. 12</b> Schematische Darstellung des ökologischen Potenzials und des Aufwertungspotenzials bei nicht naturnahen Gewässern	47	<b>Abb. 24</b> Aare Winznau – Niedergösgen. Hochwasserschutzprojekt mit potenziellen Kiesbänken	66
		<b>Abb. 25</b> Alpenrhein Mastrils mit kartierten Kiesbänken (ohne Berücksichtigung Bewuchs), Zustand 2000	67
		<b>Abb. 26</b> Rhein Rekingen – Zurzach – Rietheim mit potenziellen Kiesbänken	68

---

**Tabellen**

---

<b>Tab. 1</b> Ablauf Detailplanung, Schritte 18–20	25
<b>Tab. 2</b> Ermittlung der erforderlichen Geschiebefracht für ausgewählte Gewässerstrecken	58

# > Glossar

## **Abrieb**

Verkleinerung des Geschiebes infolge Abschleiß beim Transport

## **Anlagen**

Anlagen i.S.v. Art. 42a GSchV betreffen insbesondere Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler und Gewässerverbauungen (inkl. Hangverbau)

## **Aufwertungspotenzial**

Ökologische Zustandsdifferenz zwischen dem IST-Zustand und dem SOLL-Zustand, der mit verhältnismässigem Aufwand erreicht werden kann.

## **Fließgewässersystem**

Einem Einzugsgebiet zugehöriges, interagierendes Gewässernetz.

## **Geschiebe**

Feststoffe mit einem Durchmesser > ca. 2mm, die mit dem Abfluss rollend, gleitend oder springend über die Sohle transportiert werden

## **Geschiebeaufkommen**

Geschiebevolumen, das im Einzugsgebiet zur Mobilisierung zur Verfügung steht. Das Geschiebeaufkommen wird bezüglich einer Dauer (z. B. pro Jahr) oder für ein Hochwasser mit bestimmter Wiederkehrperiode angegeben

## **Geschiebelieferung**

Geschiebevolumen, das während einer bestimmten Dauer aus einem Einzugsgebiet in den Vorfluter transportiert wird. Die Geschiebelieferung wird in [m<sup>3</sup>/Zeit] angegeben

## **Geschiebefracht (auch Geschiebeführung)**

Das in einem Gewässerabschnitt (resp. in einem Querprofil) transportierte Geschiebevolumen pro Zeit.

## **Geschiebehaushalt (GHH)**

Ausmass und Veränderung der Geschiebeführung eines Gewässerabschnitts in Raum und Zeit unter Berücksichtigung variabler Einträge, Auflandungen und Erosionen.

## **Geschiebetrieb**

Prozess des Transports von Geschiebe in einem Gewässer

## **Geschiebetransportkapazität**

Das in einem Gewässerabschnitt (resp. in einem Querprofil) bei einem bestimmten Abfluss transportierbare Geschiebevolumen pro Zeit

## **Grad der Beeinträchtigung (bzgl. Geschiebe)**

Abweichung der mittleren jährlichen Geschiebefracht im IST-Zustand von der natürlichen mittleren jährlichen Geschiebefracht

## **GS**

Geschiebesammler

## **Kolmation**

Vorgänge der Selbstdichtung der Gewässersohle durch Feinsedimente. Reduktion des Porenvolumens und Verfestigung des Sohlenmaterials mit temporärer oder dauerhafter Abnahme der Durchlässigkeit des Gewässerbetts, was den freien Austausch zwischen Grundwasser und Fließgewässer behindert.

## **KW**

Kraftwerk

## **Lithologie**

Bezeichnung der Gesteinseigenschaften von Sedimentgesteinen (Gefüge, Schichtung/Bankung, ...)

## **Morphologische Dynamik**

Stetige strukturbildende Erneuerung von Geschiebeablagerungen durch das Fließgewässer unter Ausbildung von locker gelagerten Geschiebebänken und anderen Strukturen.

## **Ökologisches Potenzial**

Ökologische Bedeutung eines nicht naturnahen Gewässers in einem gedachten Referenzzustand, in dem die anthropogenen Beeinträchtigungen soweit beseitigt sind, als dies mit verhältnismässigen Kosten möglich ist. Bei einem naturnahen Gewässer entspricht das ökologische Potenzial der ökologischen Bedeutung dieses Gewässers in seinem aktuellen Zustand.

## **Revitalisierung**

Umsetzung von baulichen Massnahmen an einem verbauten, überdeckten oder eingedolten, oberirdischen Gewässer zur Wiederherstellung seiner natürlichen Funktionen

## **Schlüsselstrecken**

Gewässerabschnitt mit Einstellung eines Ausgleichsgefälles. Die Strecken finden sich oft in Mündungsbereich von Seitenbächen in ihre Vorfluter

## **Schwebstoffe**

Feinere Sedimente, welche in turbulenten Strömungen wegen ihrer kleinen Sinkgeschwindigkeit von der Sohle abgehoben und über eine grössere Distanz schwebend transportiert werden.

## **Talgewässer**

Vorfluter in den Talebenen des Einzugsgebiets

## **Unbeeinflusster Zustand (= naturnaher Zustand)**

Zustand unter Berücksichtigung von Wildbachverbauungen und Gewässerverbauungen, die die Geschiebeführung im Gewässersystem nicht massgebend beeinträchtigen

## **Vorfluter**

Gewässer, das den Abfluss eines anderen Gewässers aufnimmt

## **Wesentliche Beeinträchtigung**

Nachteilige Veränderung der morphologischen Strukturen oder Dynamik durch Anlagen wie Wasserkraftwerke, Kiesentnahmen, Geschiebesammler oder Wildbach- und Gewässerverbauungen

---

**WKW (KW)**

Wasserkraftwerk (Kraftwerk)

**Zielgewässer**

Gewässerabschnitte, welche durch geschieberelevante Anlagen beeinflusst sind und im naturnahen Zustand eine hohe ökologische Bedeutung aufweisen.