



Stand: 15.03.2024; Version 1.06

Steckbrief Indikator-Set 1

Habitatvielfalt



- Indikatoren:**
- 1.1 Sohlenstruktur (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 36)
 - 1.2 Uferstruktur (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 45)
 - 1.3 Wassertiefe (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 17)
 - 1.4 Fließgeschwindigkeit (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 16)
 - 1.5 Unterstandsangebot (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 11)
 - 1.6 Substrat (nach Woolsey et al. 2005, Nr. 35 sowie Hunzinger et al. 2018)

Impressum

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

Autoren der Originalsteckbriefe (2005): Lukas
Hunzinger (Flussbau AG), Armin Peter (Eawag), Steffen
Schweizer (KWO)

Fachliche Begleitung für Aktualisierung (2019/2022):
Beigezogene Experten: Lukas Hunzinger (Flussbau AG),
Steffen Schweizer (KWO), Pascal Vonlanthen
(Aquabios),
Begleitgruppe national: Ulrika Åberg (Eawag), Marco
Baumann (TG), Simone Baumgartner (BAFU), Anna
Belser (BAFU), Nanina Blank (AG), Arielle Cordonier
(GE), Roger Dürrenmatt (SO), Claudia Eisenring (TG),
Martin Huber-Gysi (BAFU), Lukas Hunzinger (Flussbau
AG), Manuela Krähenbühl (ZH), Vinzenz Maurer (BE),
Nathalie Menetrey (VD), Erik Olbrecht (GR), Eva
Schager (NW), Lucie Sprecher (Eawag), Gregor Thomas
(BAFU), Pascal Vonlanthen (Aquabios), Heiko Wehse
(Hunziker Betatech), Christine Weber (Eawag), Hansjürg
Wüthrich (BE)

Zitierung: Bundesamt für Umwelt (Hrsg.), 2019:
Indikator-Set 1 – Habitatvielfalt. In: Wirkungskontrolle
Revitalisierung – Gemeinsam lernen für die Zukunft.
Bern. Steckbrief 1, V1.06.

Redaktion: Christine Weber, Lucie Sprecher (Eawag)

Lektorat: Evi Binderheim (Sponsolim Umweltconsulting)

Illustrationen: Laurence Rickett (Firstbrand), Eliane
Scharmin, Christine Weber (Eawag)

Titelbild: Vinzenz Maurer (BE), Laurence Rickett
(Firstbrand)

PDF-Download:

<https://www.bafu.admin.ch/wirkungskontrolle-revit>

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in Französisch, Italienisch und
English verfügbar.

© BAFU 2019

Dieses Indikator-Set ist Bestandteil der schweizweiten Wirkungskontrolle STANDARD und muss zusammen mit der Praxisdokumentation «Wirkungskontrolle Revitalisierung: Lernen für die Zukunft» (BAFU 2019) angewendet werden. Die im Indikator-Set enthaltenen Indikatoren stammen aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Woolsey et al. 2005; Modul-Stufen-Konzept) und wurden für die Praxisdokumentation z.T. aktualisiert resp. angepasst. Eine Übersicht über die wichtigsten Änderungen findet sich in Merkblatt 7.

Prinzip

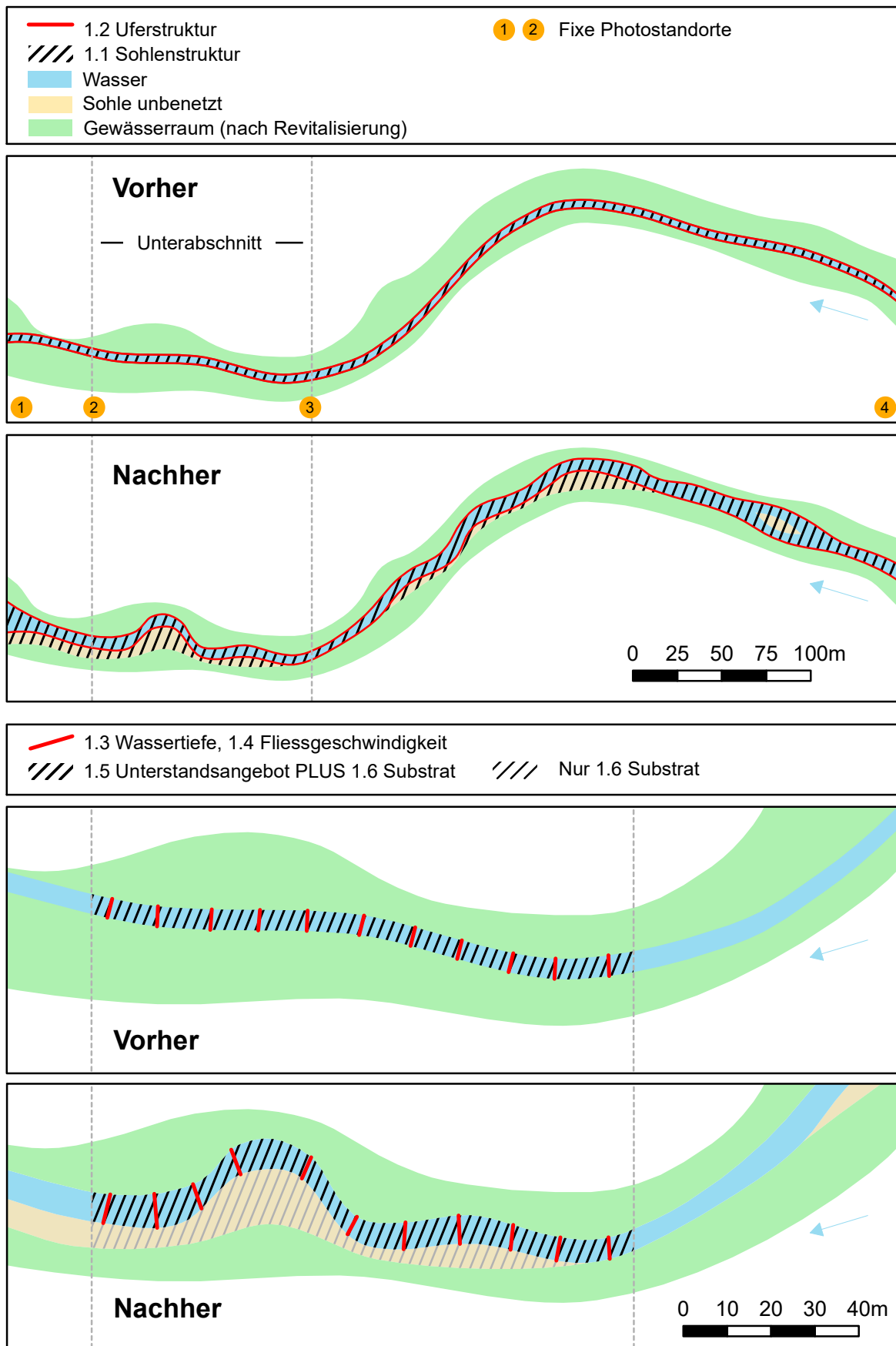
Ein Fließgewässerabschnitt umfasst ein vielfältiges Mosaik an Lebensräumen im Wasser und an Land. Diese Habitate werden durch abiotische Prozesse geformt wie Hochwasser oder Geschiebetransport, aber auch durch biologische Aktivität wie Pflanzenwachstum oder den Biber. Je nach Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe oder Zusammensetzung des Sohlsubstrats nutzen unterschiedliche Lebewesen die Habitate. Mit Indikator-Set 1 wird erfasst, inwiefern sich die Vielfalt an Habitaten durch die Revitalisierung verändert hat; es bildet damit die Grundlage für die Erhebung und Interpretation der biologischen Indikator-Sets. Indikator-Set 1 berücksichtigt die morphologischen Strukturen auf der Sohle und am Ufer, die daraus resultierenden hydraulischen Bedingungen (Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit) sowie die Zusammensetzung und Mobilität des Substrats. Ein Teil der Indikatoren wird entlang des gesamten Revitalisierungsabschnitts erhoben, der andere Teil wird in einem ausgewählten Unterabschnitt bestimmt (siehe auch Merkblatt 8 im Praxisleitfaden).



Mit diesem Symbol werden Tipps und Tricks von Nutzer:innen geteilt.


Messgrößen	<p>Folgende Messgrößen werden über den gesamten Revitalisierungsabschnitt erhoben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sohlenstruktur: Vorkommen und Fläche von 9 Strukturtypen • Uferstruktur: Länge des Ufers mit unterschiedlicher Linienführung, Beschaffenheit und Neigung <p>Folgende Messgrößen werden in einem ausgewählten Unterabschnitt bestimmt, in welchem auch die biologischen Indikator-Sets erhoben werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fließgeschwindigkeit: Verteilung entlang von mindestens 10 Querprofilen • Wassertiefe: Verteilung und Maximum entlang von mindestens 10 Querprofilen • Unterstandsangebot: Vorkommen und Fläche [m²] von 13 Unterstandstypen • Substrat: Flächenanteil des Substrats mit unterschiedlicher Beschaffenheit und Mobilisierbarkeit
Anwendbarkeit	<p>Indikator-Set 1 ist für alle Projekte vorgegeben, für die eine Wirkungskontrolle durchgeführt wird. Es eignet sich insbesondere für watbare Gewässer, kann aber, mit gewissen Anpassungen (z.B. Messungen vom Boot aus), auch in grossen Gewässern erhoben werden.</p>
Besonderheiten	<p>Die Erhebung von Set 1 ist zeitlich möglichst eng mit den biologischen Erhebungen abzustimmen (siehe auch Zeitpunkt weiter unten). Dadurch wird eine direkte Gegenüberstellung Abiotik – Biotik möglich.</p> <p>Die Zuordnung von Struktur- und Unterstandstypen ist nicht immer eindeutig und erfordert Erfahrung des Beobachters. Verschiedene ungeübte Beobachter können zu signifikant unterschiedlichen Ergebnissen gelangen.</p> <p>Mit den hier beschriebenen Erhebungen lassen sich auch weitere Indikatoren zur Habitatvielfalt berechnen, so z.B. der IAM (Indice d'attractivité morphodynamique; Vonlanthen et al. 2018) oder der HMID (Hydromorphologischer Index der Diversität; Gostner & Schleiss 2012).</p>
Erhebungsort	<p>Revitalisierungsabschnitt und Unterabschnitt (siehe Abb. 1.1)</p> <p>Die Erhebungen erstrecken sich über die gesamte Breite der Sohle, d.h. auf den Bereich zwischen linkem und rechtem Böschungsfuss, der bei Hochwasser regelmässig mobilisiert wird und entsprechend frei ist von mehrjähriger Vegetation.</p>
Zeitpunkt	<p>Vom methodischen Gesichtspunkt her zu beachten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Günstige Abflussbedingungen, d.h. mittlere Niederwasserführung wie z.B. im Spätsommer und Herbst für Gewässer in tieferen Lagen (Q200 bis Q300), gute Sichttiefe • Die Vor- und Nachher-Erhebungen sollen bei vergleichbaren Abflussverhältnissen durchgeführt werden. • Keine Aufnahmen direkt nach starker Hochwasserführung, d.h. warten bis sich repräsentative morphologisch-strukturelle Bedingungen wieder eingestellt haben (z.B. Makrophytenbewuchs) • Falls Makrophyten im Gewässer vorkommen, die aus Unterhaltsgründen gemäht werden, soll die Erhebung vor der Mahd durchgeführt werden.
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Übersichts- und Detailkarte (z.B. hochaufgelöste Orthophotos), Messband, Messstab, Strömungsmesser, Wathose. • Boot (bei tieferen Flüssen zur Messung von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit)



Abbildung 1.1: Erhebungsort der Indikatoren aus Indikatorset 1.



Erhebung

Die Erhebung erfolgt zweistufig: Erst werden mit einer Kartierung über den gesamten Revitalisierungsabschnitt Sohlen- und Uferstruktur erfasst; anschliessend erfolgt in einem ausgewählten Unterabschnitt die Erhebung von Fliessgeschwindigkeit, Wassertiefe, Unterstandsangebot und Substrat. Die Lage des Unterabschnitts bleibt vor und nach der Revitalisierung gleich, d.h. die Nachher-Erhebungen werden am gleichen Ort gemacht (Merkblatt 8).

Schritt	Beschreibung	Indikator
Vorbereitung Kartierung gesamter Revitalisierungsabschnitt	<ul style="list-style-type: none"> Erstellen einer Übersichtskarte (z.B. detaillierter Lageplan, Karte, Skizze, aktuelles Luftbild via Drohnenbefliegung), die den gesamten Revitalisierungsabschnitt abbildet und auf der sich die Sohlenstrukturen und die Uferstrukturen eintragen lassen (mindestens Massstab 1:1'000). Die Übersichtskarte muss für die Nachher-Erhebungen u.U. grundsätzlich überarbeitet resp. neu erstellt werden, je nach Grad der Veränderung im Laufe der Revitalisierung. <p> Für eine digitale Kartierung, z.B. mittels QField, siehe Tipps auf Seite 7.</p>	
Kartierung Sohlenstrukturen (Revitalisierungsabschnitt)	<ul style="list-style-type: none"> Ablaufen des gesamten Revitalisierungsabschnitts. Identifizierung der Sohlenstrukturen (Tabelle 1.1) über die gesamte Sohlenbreite (siehe Erhebungsort im Kapitel «Prinzip»), d.h. inkl. unbenetzte Bereiche wie z.B. offene Kies- oder Sandbänke (Abb. 1.1). Einzeichnen der Position und Ausdehnung der Sohlenstrukturen (Fläche, Form) in der Übersichtskarte. Minimale Fläche einer Sohlenstruktur für grosse Gewässer 3-5 m², für mittlere Gewässer 1-3m², für kleine Gewässer 0.5-1m² (halbe bis ganze Sohlenbreite). Für grössere Gewässer ist eine Kartierung unter Zuhilfenahme eines aktuellen Luftbilds am effizientesten. Temporäre Strukturen, die im Rahmen der Freizeitnutzung entstanden sind (z.B. Steindämme oder -haufen, Badebecken) werden nicht berücksichtigt, d.h. es wird die Sohlenstruktur kartiert, welche ohne sie bestünde (in der Regel Flachwasser). Blockrampen werden je nach Bauart unterschiedlich kartiert: <ul style="list-style-type: none"> Geschlossene Blockrampen = Sohle verbaut (0) Strukturierte aufgelöste Blockrampe = Abfolge Stufe (8) - Becken (9). Achtung: In der Bewertung werden für den gesamten Revitalisierungsabschnitt nur 1 Stufe und ein Becken berücksichtigt, damit die Dichte an Strukturen nicht künstlich erhöht wird. Unstrukturierte aufgelöste Blockrampe = Schnelle (5) 	1.1
Kartierung Uferstrukturen (Revitalisierungsabschnitt)	<ul style="list-style-type: none"> Parallel zur Kartierung der Sohlenstrukturen: Kartieren des Verlaufs der Uferlinie (= Grenzlinie zwischen Wasser und Land). Zu beachten: Die Uferlinie verläuft nicht zwingend direkt am Böschungsfuss. Auch die Uferlinie von Seitenarmen oder Hinterwassern ist einzubeziehen. Vom Hauptgerinne abgekoppelte, meist temporäre Wasserflächen werden nur berücksichtigt, wenn sie im regelmässig umgelagerten Bereich der Sohle liegen (siehe Erhebungsort im Kapitel «Prinzip»). Charakterisierung der Uferstrukturen anhand der drei Attribute Linienführung (= Verzahnung Wasser-Land), Beschaffenheit, Neigung (Tabelle 1.2) und Festhalten ihrer Position und Ausdehnung (Länge) in der Übersichtskarte. Minimale Länge einer Uferstruktur: mindestens 1m in kleinen Gewässern, 3m in mittleren Gewässern, 5m in grossen Gewässern. 	1.2
Photodokumentation des Revitalisierungsabschnitts	<ul style="list-style-type: none"> Gleichzeitig zur Kartierung von Sohlen- und Uferstruktur wird an 4 fixen Standorten je eine Photo flussauf- und flussabwärts gemacht, von einem der beiden Ufer aus (Abb. 1.1). Die Aufnahme eines Luftbilds (Orthomosaik) mittels Drohne wird für die Photodokumentation empfohlen, aber nicht verlangt. 	

<p>Vorbereitung Kartierung Unterabschnitt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der zu erwartenden Veränderungen durch die Revitalisierung wird ein für das Revitalisierungsprojekt charakteristischer Unterabschnitt ausgewählt (Merkblatt 8). • Die Länge des Unterabschnitts soll ca. 12-mal die Sohlenbreite nach der Revitalisierung umfassen (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzte Bereiche) und mindestens 100m und maximal 200m betragen (Merkblatt 8). • Ist der Revitalisierungsabschnitt kürzer als 100m, dann wird der gesamte Revitalisierungsabschnitt untersucht. • Für den Unterabschnitt wird eine Detailkarte erstellt. Je nach Länge des Revitalisierungsprojekts müssen der Kartenausschnitt- resp. massstab gegenüber der Übersichtskarte angepasst werden. <p> Für eine digitale Kartierung, z.B. mittels QField, siehe Tipps auf Seite 7.</p>	
<p>Messungen entlang der Querprofile (Unterabschnitt)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme von mindestens 10 Querprofilen in \pm regelmässigen Abständen entlang des Unterabschnitts, d.h. ca. alle 10m, senkrecht zur Flussachse. Berücksichtigung dazwischenliegender Besonderheiten (z.B. lokale Verengung des Gerinnes). Die exakte Position jedes Querprofils wird in der Detailkarte eingetragen. <p> Es bewährt sich, den Unterabschnitt und die Lage der Querprofile vor dem Start der Ehebungen im Feld abzustecken, z.B. mittels Stöcken. Die Lage der Querprofile kann so bereits vorgängig in der Detailkarte eingezeichnet werden. Dies erleichtert auch das Einzeichnen des Unterstandsangebots und Substrats (Indikatoren 1.5 und 1.6).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messen der Wassertiefe und der Fliessgeschwindigkeit an mindestens 10 Punkten entlang des Querprofils, alle 0.2 m bis 1 m, in gleichmässigem Abstand. Können aufgrund geringer benetzter Breite (< 2 m) weniger als 10 Punkte gemessen werden, sollte eine grössere Anzahl an Querprofilen beprobt werden. Insgesamt müssen zwischen 150-200 Punkte gemessen werden. • Wassertiefe [m]: Auf cm genau, d.h. mit 2 Kommastellen (x.xx m) • Fliessgeschwindigkeit [m/s]: in 40 % der Wassertiefe, d.h. 40 % über der Flusssohle. Auf cm genau, d.h. mit 2 Kommastellen (x.xx m/s). • Messen der benetzten Breite. • Bestimmung der benetzten Fläche (= Länge des untersuchten Abschnitts x mittlere benetzte Breite) 	<p>1.3, 1.4</p>
<p>Kartierung Unterstandsangebot (Unterabschnitt)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kartierung aller Unterstände gemäss Tabelle 1.4. Die Fläche jedes Unterstands wird auf der Detailkarte eingezeichnet und einem Unterstandstyp zugewiesen. • Entscheid, ob kartieren oder nicht: Sich die Frage stellen, ob sich ein Fisch von 25-30cm Länge darin/ darunter verstecken kann. Wenn ja -> Kartieren. • Kann ein Unterstand zwei oder mehr Typen zugewiesen werden, wird die Fläche nur dem dominanten Typ zugeordnet. 	<p>1.5</p>
<p>Kartierung Substrat (Unterabschnitt)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Charakterisierung des Substrats anhand seiner Beschaffenheit sowie Mobilisierbarkeit (Tabelle 1.3). Ausnahme: In Seeausflüssen, Moorbächen und Giessen wird natürlicherweise kein Kies mobilisiert. Entsprechend kann dort auf die Erhebung und Bewertung der Mobilisierbarkeit verzichtet werden. Die Beschaffenheit des Substrats wird aber dennoch erhoben. • Einzeichnen von Flächen mit in sich einheitlicher Beschaffenheit und Mobilisierbarkeit in der Detailkarte. Minimale Fläche für die Substratkartierung: für grosse Gewässer 3-5 m², für mittlere Gewässer 1-3m², für kleine Gewässer 0.5-1m². • Fakultativ (zur Berechnung des IAM notwendig) kann die Verfestigung der Sohle pro Fläche einheitlichen Substrats mittels Stiefelprobe qualitativ festgehalten werden (Schälchli 2002): Aufwand und Kraft, die nötig sind, um mit dem Fuss die Deckschicht aufzulockern. 3 Kategorien – einfach (keine-geringe Verfestigung), mittel (mittlere Verfestigung), hoch (starke Verfestigung). 	<p>1.6</p>

- Bei Versinterung:
 - Beschaffenheit: Wenn kein Interstitial/ Porenraum vorhanden ist, dann als Fels (7) kartieren. Wenn es Zwischenräume hat, dann als Blöcke (6).
 - Mobilisierbarkeit: Die Sohle ist bei Versinterung nicht mehr mobilisierbar, also ähnlich wie eine Deckschicht -> keine Mobilisation (5), unabhängig davon, ob Beschaffenheit als Fels oder Blöcke angegeben.

Digitalisierung von
Übersichts- und
Detailkarte (im Feld
kartierte Daten)

- Digitalisierung der Erhebungsdaten mittels GIS, unter Berücksichtigung der Vorgaben im Datenmodell (Download unter «Hilfsmittel» auf der BAFU-Website; dort findet sich auch ein GIS-Beispiel-Datensatz)
- Anlegen von 2 Shapefiles für den Revitalisierungsabschnitt (Namensgebung siehe «Anfallende Daten» weiter unten):
 1. Polygon-Shapefile für die 9 Sohlenstrukturen
 2. Linien-Shapefile Uferstruktur mit Linienführung, Beschaffenheit und Neigung
- Anlegen von 3 Shapefiles für den Unterabschnitt
 1. Punkte-Shapefile für Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit entlang der Querprofile
 2. Polygon-Shapefile für die 13 Unterstandstypen
 3. Polygon-Shapefile Substrat anhand der Beschaffenheit und Mobilisierbarkeit



Für die Digitalisierung der im Feld kartierten Daten empfiehlt sich folgender Ablauf:

1. Optional: Georeferenzierung Drohnenaufnahme.
Zuhilfenahme von Swisstopo Luftbildern -> seit 1.3.2021 gratis
beziehbar: <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/images/ortho/swissimage10.html>
 2. Platzieren der Querprofile.
 3. Einlesen der Daten zu den Querprofilen (Anleitung unter
«Hilfsmittel» auf der BAFU-Website).
 4. Zeichnen der Uferlinie und unterteilen in Abschnitte je nach
Uferstruktur.
Im Unterabschnitt an Querprofilen orientieren und auf Präzision
achten.
 5. Zeichnen der Sohlenfläche und unterteilen in Teilflächen je nach
Sohlenstruktur.
Die Sohlenfläche geht über die Uferlinie hinaus, wenn Bänke
vorhanden sind, sonst Uferlinie als Grenze.
 6. Zeichnen des Talwegs.
Die Länge des Talwegs wird verwendet, um die mittlere Breite
der Gewässersohle (= Sohlenfläche / Länge Talweg) und daraus
die Einheitslänge zu bestimmen.
 7. Zeichnen von Unterstandsangebot (Unterabschnitt).
Können über die Uferlinie ragen (Bsp. Steinbuhnen, unterspülte
Ufer).
 8. Zeichnen vom Substrat (Unterabschnitt).
Geht über die Uferlinie hinaus, wenn Kiesbänke vorhanden sind,
sonst Uferlinie als Grenze.
- Anforderungen an die Qualität der abzugebenden GIS Daten:
 - Alle Linien müssen gekoppelt sein, ausser am Streckenanfang und
– ende.
 - Es dürfen keine Selbstüberschneidungen oder doppelte Knoten
vorliegen.
 - Polygone müssen mindestens drei Knoten umfassen.
 - Polygone desselben Shapefiles dürfen sich nicht gegenseitig
überlappen.
 - Polygone der Sohlenstruktur resp. des Substrats dürfen keine
Lücken zwischen einander aufweisen.

Eine Topologieprüfung/ Geometrieprüfung erlaubt es, diese Fehlerquellen zu identifizieren.

 In QGIS bietet sich dazu das Plugin *Geometrien prüfen/ Geometry Checker* an.

https://docs.qgis.org/3.34/de/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_geometry_checker.html

Folgende Grundsätze und Einstellungen werden empfohlen:

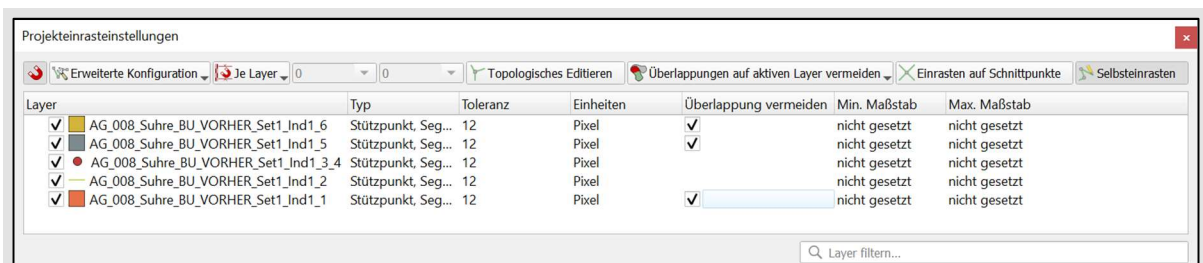
- Separate Geometrieprüfungen für jeden Layer im Geometrien prüfen Plugin ausführen
- Einstellungen:
 - Punkte:
 - Topologieprüfungen → Doppelte Objekte prüfen
 - Linien:
 - Geometriegültigkeit → Selbstüberschneidungen
 - Geometriegültigkeit → Doppelte Knoten
 - Geometriegültigkeit → Eigenverbindungen
 - Polygone:
 - Geometriegültigkeit → Selbstüberschneidungen
 - Geometriegültigkeit → Doppelte Knoten
 - Geometriegültigkeit → Eigenverbindungen
 - Geometriegültigkeit → Polygon mit weniger als 3 Punkten
 - Geometrieigenschaften → Polygone und Multipolygone dürfen keine Löcher enthalten
 - Geometriebedingungen → Minimale Polygonfläche: *0.2 Karteneinheiten²*
 - Geometriebedingungen → Keine Splitterpolygone: *Maximale Dünneheit 20*
 - Topologieprüfungen → Objekte in anderen Objekten prüfen
 - Topologieprüfungen → Überlappungen kleiner als prüfen: *10 Karteneinheiten²*
 - Topologieprüfungen → Lücken kleiner als prüfen: *10 Karteneinheiten²*

Digitale Kartierung im Feld



Vor der Feldarbeit

- Projekteinstellungen (Snapping) im QGIS Projekt auswählen:
 - Projekt → *Einrastoptionen* → *Erweiterte Konfiguration*
 - Folgenden Einstellungen wählen:
 - Einrasten einschalten
 - Topologisches Editieren aktivieren
 - Überlappungen auf aktiven Layer vermeiden
 - Einrasten auf Schnittpunkte aktivieren
 - Layer: Alle
 - Typ: *Stützpunkt* und *Segment* für alle Layer
 - Toleranz: 12
 - Einheiten: Pixel
 - *Überlappung vermeiden* für Polygone wählen



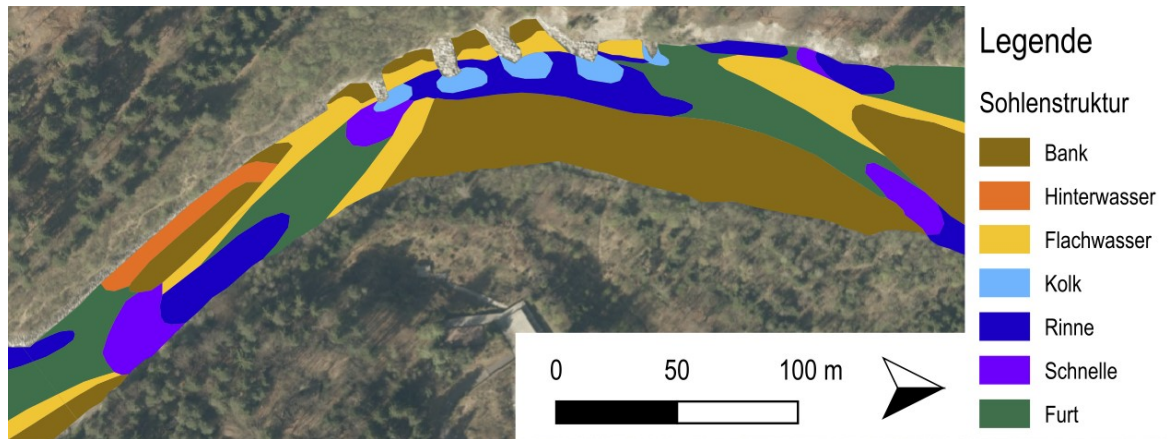
Während der Feldarbeit

- NICHT die Freihand-Digitalisierungsfunktion in QField verwenden
- Zum Zeichnen nicht über den Massstab 1:100 hinein zoomen
- Hinweis: Mit diesen Einrasteeinstellungen ist es möglich, über bestehende Polygone in dem aktiven Layer zu zeichnen, ohne dass überlappende Objekte entstehen.

Tabelle 1.1: Sohlenstrukturen, die in Indikator 1.1 entlang des Revitalisierungsabschnitts kartiert werden, inkl. Beispielphotos von der Kander (Kt. BE) sowie von einer Stufen-Becken-Sequenz (Bilder: Flussbau AG).

Nr.	Struktur	Beschrieb
1	Bank	lokale Sedimentablagerung, bei Niederwasser nicht überströmt, in der Flussmitte oder entlang des Ufers
2	Kolk	lokale Erosionsform in der Sohle, durch Sekundärströmungen und/ oder Wirbel gebildet
3	Rinne*	lang gezogener, tiefer und langsam durchflossener Gerinneabschnitt. Benetzte Breite klein im Verhältnis zur Abflusstiefe (<10-12).
4	Furt*	breiter, flacher und langsam durchflossener Gerinneabschnitt mit geringem Längsgefälle. Benetzte Breite grösser im Verhältnis zur Abflusstiefe (>10-12).
5	Schnelle*	steiler, rasch durchflossener Gerinneabschnitt mit hohem Längsgefälle
6	Hinterwasser	benetzter, bei Niedrigwasser nicht durchströmter Bereich («Sackgasse»)
7	Flachwasser	schwach durchströmte Zone entlang des Ufers oder entlang einer Kiesbank
8	Stufe**	natürlicher oder künstlicher Absturz mit anschliessendem Becken. Die Stufe beginnt im Oberwasser dort, wo der Abfluss auf den Absturz hin beschleunigt ist und endet, wo der Strahl ins Unterwasser eintaucht. Daran schliesst dann das Becken an
9	Becken**	grösseres Kolkloch im Anschluss an eine Stufe
0	Sohle verbaut	Lokale Verbauung der Sohle (z.B. Sohlenpflasterung), die nicht als Stufe kartiert wird

* Rinne, Furt und Schnelle bilden zusammen eine Sequenz. Sie ist typisch für flachere Fliessgewässer (Gefälle < 3 %).
 ** Stufen-Becken-Sequenzen sind natürliche Formen in steilen Gewässern (Gefälle > 1 %), erscheinen durch künstliche Schwellen aber auch in flacheren Fliessgewässern.



Bank (1)



Kolk (2)



Rinne (3)



Furt (4)



Schnelle (5)



Hinterwasser (6)



Flachwasser (7)



Stufe (8) – Becken (9)



Tabelle 1.2: Drei Attribute der Uferstruktur, die in Indikator 1.2 entlang des Revitalisierungsabschnitts kartiert werden. Beispielphotos zu den Ausprägungen von Linienführung, Beschaffenheit und Neigung (Bilder: Flussbau AG).

Attribut	Nr.	Ausprägung
Linienführung	1	Linear
	2	konvex: Kap, das Ufer ragt zum Wasser hin
	3	konkav: Bucht, das Wasser ragt zum Ufer hin
Beschaffenheit	1	Verbauung durchlässig (raue Ufer): z.B. Lebendverbau, Natursteine locker, Holz
	2	Verbauung undurchlässig (glatte Ufer): z.B. Natursteine dicht, Mauer, Betongitter
	3	Lockermaterial (inkl. Gras)
	4	Wurzelwerk
	5	Fels
Neigung	1	flach ($\leq 1:2$)
	2	steil ($> 1:2$)

durchlaessig verbaut, steil



undurchlaessig verbaut, steil



Fels, steil



undurchlaessig verbaut, steil, linear



konvex



konkav



Lockermaterial, flach



Lockermaterial, steil



Wurzelwerk, steil



Lockermaterial, steil



Tabelle 1.3: Die zwei Attribute des Substrats (Indikator 1.6). Das Attribut «Mobilisierbarkeit» entspricht dem Parameter «Substrattyp» aus der Vollzugshilfe Geschiebesanierung (Hunzinger et al. 2018; Bilder Flussbau AG).

Attribut	Nr.	Ausprägung	
Beschaffenheit	1	Silt/ Schluff/ Feinsedimente	<0.2 mm
	2	Sand	0.2-2 mm
	3	Kies	2-16 mm
	4	Steine	16-64 mm
	5	Grosse Steine	64-250 mm
	6	Blöcke	> 250 mm
	7	Fels	undurchlässig
	8	Organisches Material	z.B. Gräser, Schilf, Wurzeln, Äste, Totholz, usw.
	9	Künstliches Substrat	z.B. Verbauung der Sohle
Mobilisierbarkeit	1	Schwebstoffablagerungen	Sand, Silt
	2	Feingeschiebe	Feinere Anteile des regelmässig transportieren Geschiebes (*)
	3	Grobgeschiebe	Größere Anteile des regelmässig transportieren Geschiebes (*)
	4	Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt	Zwischen den grossen Körnern des Sohlenmaterials sind Körner des Geschiebes abgelagert (*)
	5	Grobes Sohlenmaterial	Grosse Körner des Sohlenmaterials dominieren. Sie sind oft dachziegelartig gelagert (*)

(*) Nicht täuschen lassen von den Korngrössen auf den unten aufgeführten Fotos - die Korngrössen für die Mobilisierbarkeit sind je nach Gewässer unterschiedlich und entsprechend gewässerspezifisch zu bestimmen.

Schwebstoffablagerungen



Feingeschiebe



Grobgeschiebe



Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt



Grobes Sohlenmaterial



Tabelle 1.4: Unterstandstypen, die in Indikator 1.5 im Unterabschnitt kartiert werden.

Nr.	Unterstandstyp
1	untergetauchte Steine oder Blöcke
2	nicht untergetauchte Steine oder Blöcke (auch Flächen hinter Felsen)
3	kleine organische Partikel (mobil, wie kleine Äste, Ansammlungen von Blättern, Gras)
4	mittlere organische Partikel (relativ immobil, z. B. feine Wurzeln, Bryophyten 5-20 cm Durchmesser)
5	grosse Äste im Wasser, grosse Wurzeln (von stehenden Bäumen am Gewässer)
6	Baumstämme (liegend)
7	Baumstümpfe oder ganze Wurzelteller (liegend)
8	überhängende Vegetation (tot oder lebend, bis max. 50 cm über der Wasseroberfläche)
9	unterspülte Ufer
10	Unterwasserpflanzen, Schwimmpflanzen
11	überhängendes Gras und Schilf
12	turbulente Wasserzonen
13	Kolke (verschiedene Kolkentypen werden zusammengefasst)

Bewertung

Die unten aufgeführten Bewertungsansätze basieren auf jenen der Originalpublikationen der Indikatoren (Woolsey et al. 2005; Hunzinger et al. 2018). Sie dienen als Orientierung und werden in den kommenden Jahren überarbeitet, basierend auf den gemachten Erfahrungen im Rahmen der Wirkungskontrolle STANDARD und VERTIEFT. Auf der BAFU-Website findet sich unter «Hilfsmittel» eine Auswertungsdatei. Darin sind verschiedene Schritte der Auswertung und Bewertung der Daten erklärt und automatisiert.

Indikator	Beschreibung
1.1 Sohlenstruktur	<p>Es wird die Anzahl Strukturen je Strukturtyp und die gesamte Anzahl Strukturen pro Einheitslänge bestimmt (z.B. 2 Kolke, 1 Bank, 1 Rinne). Dazu wird der Revitalisierungsabschnitt in Abschnitte unterteilt, die je eine Einheitslänge lang sind (Einheitslängenabschnitt). Ist die Revitalisierungstrecke länger als ein ganzzahliges Vielfaches der Einheitslänge, verbleibt ein Restabschnitt, der ebenfalls ausgewertet wird. Eine Struktur wird dann gezählt, wenn sie innerhalb eines Einheitslängenabschnitts nicht an eine andere Struktur desselben Typs anschliesst. Strukturtyp 0 (verbaute Sohle) wird von den Berechnungen ausgenommen, d.h. nicht mitgezählt. Erstreckt sich eine Struktur über die Grenze zwischen zwei Einheitslängenabschnitten, muss fallweise entschieden werden, ob die Struktur in beiden Abschnitten gezählt wird oder nur in dem Abschnitt, in welchem der grössere Teil der Struktur liegt. Für den Entscheid zu berücksichtigende Kriterien sind beispielsweise die Grösse des kleineren Teils der Struktur oder der Einfluss auf die Bewertung (Repräsentativität der Bewertung für den Einheitslängenabschnitt). Als Einheitslänge wird eine Länge von 12-mal der Sohlenbreite (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzte Bereiche) definiert. Dies entspricht der mittleren Wellenlänge von alternierenden Bänken bzw. Mäandern. Die dimensionslosen, standardisierten Werte werden für jeden Einheitslängenabschnitt und für den Restabschnitt nach folgenden Kriterien bestimmt:</p>

Bewertungsklassen	standardisierter Wert
Nur ein Strukturtyp vorhanden	0
Der Strukturtyp Rinne dominiert. Weitere Strukturtypen kommen mit vereinzelt, räumlich isolierten Strukturen vor.	0.25
4 oder mehr Strukturtypen sind vorhanden mit einer Dichte von 4-8 Strukturen pro Einheitslänge. Falls der Strukturtyp Rinne dominiert, bilden die Strukturen der übrigen Strukturtypen lokal ein vielfältiges Muster.	0.5
Alle Strukturtypen einer Rinnen-Furt-Schnellen- oder einer natürlichen oder naturnah gestalteten Stufen-Becken-Sequenz vorhanden mit einer Dichte von 8-11 Strukturen dieser Sequenz pro Einheitslänge	0.75
Alle Strukturtypen einer Rinnen-Furt-Schnellen- oder einer natürlichen oder naturnah gestalteten Stufen-Becken-Sequenz vorhanden mit einer Dichte von 12 Strukturen oder mehr dieser Sequenz pro Einheitslänge	1

Für die Bewertung auf Ebene des Revitalisierungsabschnitts werden die Bewertungen aus den Einheitslängenabschnitten gemäss ihrer Länge gewichtet gemittelt. Es resultiert ein Wert zwischen 0 und 1.

1.2 Uferstruktur Für die Bewertung werden zwei Parameter berechnet - einer für den Anteil der Uferlinie mit Längsverbau (Parameter Längsverbauung A_{Verb}) und einer für den Teil der Uferlinie ohne Längsverbauung (Parameter Strukturelemente $A_{Struktur}$). Analog zum Vorgehen in Indikator 1.1 erfolgt die Bewertung für beide Parameter auf Ebene der Einheitslängenabschnitte und anschliessender Bildung des gewichteten Mittels (siehe Beschrieb zur Bewertung von Indikator 1.1):

- Parameter Längsverbauung (A_{Verb}):**
 Uferlinie linear verbaut (Uferstrukturtypen 111, 112, 121, 122)
 -> Linienführung = linear
 -> Beschaffenheit = Verbauung durchlässig oder undurchlässig

$$A_{Verb} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{L_{Verbau\ undurchlässig\ linear} + 0.5 L_{Verbau\ durchlässig\ linear}}{L_{Ufer}} \right)$$

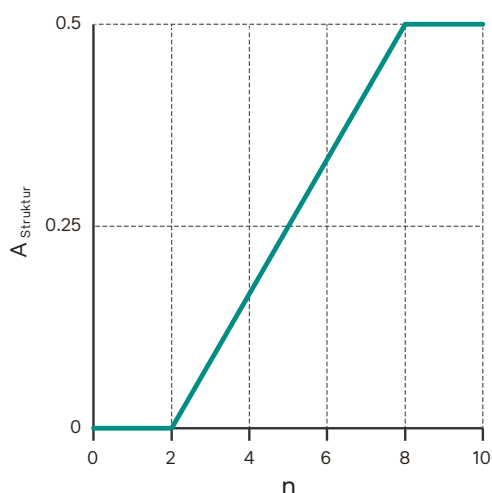
Für A_{Verb} resultieren standardisierte Werte zwischen 0 (beidseitig glatt/ undurchlässig verbaut) und 0.5 (ohne Längsverbau).

- Parameter Strukturelemente ($A_{Struktur}$):**
 Uferlinie unverbaut -> Beschaffenheit = Lockermaterial, Wurzelwerk, Fels
 UND Uferlinie konvex oder konkav verbaut -> Beschaffenheit = Verbauung durchlässig oder undurchlässig

Für die Uferlinie ohne Längsverbauung (d.h. für alle Strukturtypen AUSSER 111, 112, 121 und 122) wird die Anzahl vorkommender Strukturtypen pro Einheitslänge bestimmt (n). Die Strukturtypen ergeben sich aus der Kombination der drei Attribute der Uferstrukturen. Die Werte n werden anhand von Abbildung 1.2 standardisiert.

n	$A_{Struktur}$
< 2	0
$2 \leq n \leq 8$	$(n - 2) * \left(\frac{1}{12}\right)$
> 8	0.5

Abbildung 1.2: Berechnung des Parameters Strukturelemente (A_{Struktur}) auf Basis der Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge (n).



1.3 Wassertiefe

Zur Bewertung der Verteilung der maximalen Abflusstiefen wird der Variationskoeffizient der maximalen Wassertiefen berechnet:

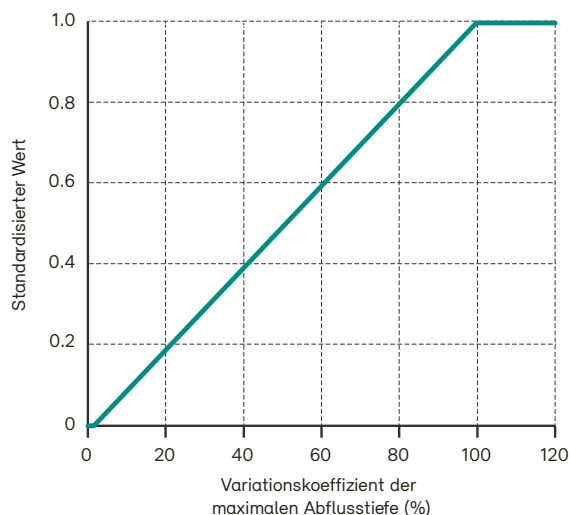
$$VC_{max. Wassertiefe} = \frac{\sigma_{max. Wassertiefe}}{\mu_{max. Wassertiefe}} \times 100 [\%]$$

$\sigma_{max. Wassertiefe}$ = Standardabweichung der gemessenen maximalen Wassertiefen

$\mu_{max. Wassertiefe}$ = Mittelwert der gemessenen maximalen Wassertiefen

Für die Standardisierung entspricht ein Variationskoeffizient von 0 % dem 0-Wert. Ein Variationskoeffizient von ≥ 100 % entspricht dem 1-Wert. Dazwischen verläuft die Wertefunktion linear (Abbildung 1.3)

Abbildung 1.3: Standardisierung der Resultate von Indikator 1.3. Wassertiefe



1.4 Fließgeschwindigkeit

Zur Bewertung der Verteilung der Fließgeschwindigkeiten wird der Variationskoeffizient berechnet; in die Formel gehen alle gemessenen Fließgeschwindigkeiten gleichwertig ein:

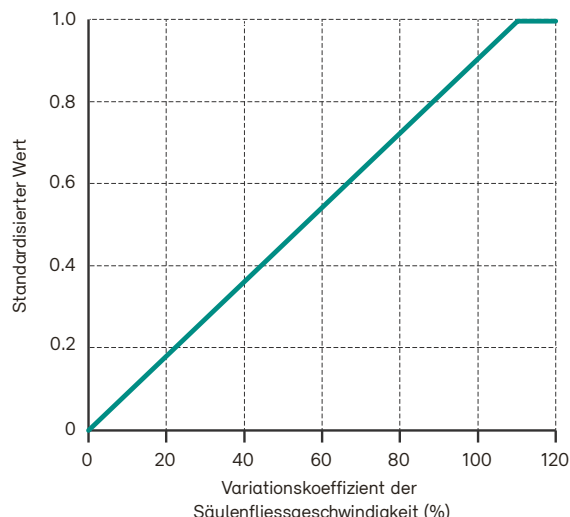
$$VC_{Fließgeschwindigkeit} = \frac{\sigma_{Fließgeschwindigkeit}}{\mu_{Fließgeschwindigkeit}} \times 100 [\%]$$

$\sigma_{Fließgeschwindigkeit}$ = Standardabweichung der gemessenen Fließgeschwindigkeiten

$\mu_{Fließgeschwindigkeit}$ = Mittelwert der gemessenen Fließgeschwindigkeiten

Für die Standardisierung entspricht ein Variationskoeffizient von 0 % dem 0-Wert. Ein Variationskoeffizient von ≥ 110 % entspricht dem 1-Wert. Dazwischen verläuft die Wertefunktion linear (Abbildung 1.4).

Abbildung 1.4: Standardisierung der Resultate von Indikator 1.4 Fließgeschwindigkeit



1.5 Unterstandsangebot

Für jeden der 13 Unterstandstypen wird die Gesamtfläche berechnet. Anschliessend bestimmt man das Unterstandsangebots an der gesamten benetzten Fläche (= «aktuelles Unterstandsangebot» zum Zeitpunkt Vorher oder Nachher1 oder Nachher2).

Darauf schätzt man das gewässertypspezifische Unterstandangebot ab (Referenzzustand). Zur Zeit passiert dieser Schritt noch anhand von Expertenwissen (Berücksichtigung Gewässertyp, Kenntnis aus Referenzgewässern, allenfalls durch Zuhilfenahme von bekannten Referenzstrecken im Gewässer) . Schliesslich wird das aktuelle Unterstandangebot mit dem gewässertypspezifischen Unterstandangebot verglichen.

$$\text{Anteil am Referenzzustand [\%]} = \frac{\text{Aktuelles Unterstandsangebot [\%]}}{\text{Gewässertypspezifisches Unterstandsangebot [\%]}} \times 100$$

Dieses Verhältnis beschreibt die Nähe zum Referenzzustand und kann mit der nachfolgenden Matrix bewertet bzw. standardisiert werden. Dabei wird die Abweichung von den Referenzbedingungen bewertet (d.h. 100% minus Anteil am Referenzzustand [%]). Entsprechend wird nicht jede Zunahme des Unterstandsangebots automatisch als Verbesserung eingestuft.

	Bewertungspunkte				
	0	0.25	0.5	0.75	1
Abweichung vom Referenzzustand (%)	sehr starke Abweichung (> 80 %)	Starke Abweichung (50 - 80 %)	deutliche Abweichung (30 - 50 %)	geringfügige Abweichung (10 - 30 %)	Keine Abweichung (<10 %)

1.6 Substrat

Die Bewertung des Attributs «Mobilisierbarkeit» basiert auf dem Vorgehen, das in der Vollzugshilfe Geschiebesanierung für den Parameter Substrattyp beschrieben ist. Der standardisierte Wert für die Wirkungskontrolle Revitalisierung (zwischen 0 und 1) kann der nachfolgenden Auflistung entnommen werden. «Substrattyp» entspricht dem in Indikator-Set 1 definierten Attribut Mobilisierbarkeit.
 Für das Attribut «Beschaffenheit» steht eine Bewertung zurzeit noch aus. Es stellt aber eine wichtige Grösse für die Beprobung und Interpretation der biologischen Indikatoren dar.

1	Geschiebeablagerungen dominieren. Keine oder wenig grobe, abgeplästerte Bereiche. Eher wenig Feinsedimente	
0.75	Ausgeglichene Verteilung aller Klassen.	
0.5	Mehrheitlich grobes, mit Geschiebe durchsetztes Substrat. Bereichsweise Geschiebeablagerungen.	
0.25	Vorwiegend grobes und abgeplästertes Sohlenmaterial, teilweise mit Geschiebe durchsetzt. Kleine Flächen mit Geschiebeablagerungen.	
0	Vorwiegend grobes und abgeplästertes Sohlenmaterial, lokal auch mit etwas Geschiebe durchsetzt.	
0	Vorwiegend grobes und abgeplästertes Sohlenmaterial, mit grossflächigen Feinsedimentablagerungen. (-> Diese Verteilung findet man beispielsweise in Restwasserstrecken, bei welchen der Hochwasserabfluss unnatürlich schnell zurück geht oder welche von Stauraumspülungen beeinflusst sind)	
0	Kiessohle mit Feinsedimentablagerungen überdeckt. (-> Diese Verteilung findet man beispielsweise in Flachstrecken von kleinen Gewässern mit intensiv landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet oder an der Stauwurzel einer Stauhaltung)	

Zeitaufwand

Tabelle 1.5: Zusammenfassung des Zeitaufwands in Personenstunden für die Erhebung und Bewertung von Indikator-Set 1. Genereller Aufwand (z.B. Anfahrt) ist nicht einbezogen. Eine grobe Kostenschätzung findet sich in Tabelle 2.1 in Merkblatt 2.

Arbeitsschritt	Spezialisten		Helfer	
	Personen	Dauer pro Person (h)	Personen	Dauer pro Person (h)
Vorbereitung Feldaufnahmen (ohne Drohnenaufnahmen)	1	2		
Kartierung Sohlen- und Uferstruktur im Feld pro km	1	5-10		
Digitalisierung Sohlen- und Uferstruktur pro km			1	5-8
Erhebung Unterabschnitt	1	5-10	1-2	5-10
Datenaufbereitung Unterabschnitt			1	8-16
Auswertung	1	4-8		
Total Personenstunden (h)		16-30		18-44

Bemerkungen: -

Weitere Informationen

- Anfallende Daten
- Eingabeformular Indikator-Set 1: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_V#.xls»
 - Shapefiles, unter Berücksichtigung der Vorgaben im Datenmodell (Download unter «Hilfsmittel» auf der BAFU-Website)
 - Sohlenstruktur als Polygon-Shapefile: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_Ind1_1.shp»
 - Uferstruktur Linien-Shapefile: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_Ind1_2.shp»
 - Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit entlang der Querprofile als Punkte-Shapefile: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_Ind1_3_4.shp»
 - Unterstandstypen Polygon-Shapefile: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_Ind1_5.shp»
 - Substrat als Polygon-Shapefile: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_Ind1_6.shp»
 - Photos der 4 fixen Photostandorte: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_1up.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_1down.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_2up.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_2down.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_3up.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_3down.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_4up.jpeg; KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_4down.jpeg»
 - Allfälliges Luftbild mittels Drohne zur Dokumentation des Revitalisierungsabschnitts: «KT_ProCode_ERHEBUNG_Set1_air.jpeg»
- Abkürzungen die zu ersetzen sind (siehe Merkblatt 5)
- KT = Name des Kantons, in zwei Buchstaben (z.B. BE)
 - ProCode = Projektcode
 - ERHEBUNG = Gibt den Erhebungszeitpunkt an. Zu ersetzen mit VORHER, NACHHER1, NACHHER2 oder VERTIEFT
 - V# = Versionsnummer des Eingabeformulars

Beilagen Das Feldprotokoll, Eingabeformular sowie weitere Hilfsmittel (z.B. Auswertungsdatei, Geodatenmodell, GIS-Beispiel-Datensatz) finden sich unter: <https://www.bafu.admin.ch/wirkungskontrolle-revit>

Änderungsverzeichnis

Relevante Änderungen seit der letzten Version sind grün markiert.

Datum (mm/yy)	Version	Änderung	Verantwortung
4/2020	1.02	Korrektur Schreibfehler, kleine begriffliche Anpassungen	Eawag
4/2020	1.02	Kleine graphische Anpassungen	Eawag
4/2020	1.02	Präzisierungen Erhebung <ul style="list-style-type: none"> • Tabelle 1.1 (Beschrieb Rinne, Furt, Hinterwasser, Stufe) • Tabelle 1.2 (Beschrieb konvex, konkav, Lockermaterial) • Umgang mit Sohlenstrukturen aus der Freizeitnutzung 	Eawag
4/2020	1.02	Präzisierung Bewertung <ul style="list-style-type: none"> • Indikator 1.1 Sohlenstruktur (Zählen der Strukturen) 	Eawag
4/2020	1.02	Ergänzung Photodokumentation unter anfallende Daten	Eawag
1/2021	1.03	Präzisierung Erhebung: <ul style="list-style-type: none"> • Erwünschte Genauigkeit Messung Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit • Minimale Flächen/ Längen bei Kartierungen in mittleren Gewässern. • Vorgängiges Markieren zur erleichterten Orientierung Uferstruktur wird auch an Seitenarmen erhoben 	Eawag
1/2021	1.03	Bewertung Indikator 1.2 Uferstruktur (Parameter AStruktur): <ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung Uferlinie konvex oder konkav verbaut Anpassung Berechnung und Abbildung	Eawag
7/2021	1.04	Kleine graphische Anpassungen	Eawag
7/2021	1.04	Erhebung Indikator 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung Strukturtyp 0 (Sohle verbaut) 	Eawag
7/2021	1.04	Bewertung Indikator 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Präzisierung der Bewertungsklassen • Präzisierung des Einbezugs der Einheitslängen 	Eawag
7/2021	1.04	Bewertung Indikator 1.2: <ul style="list-style-type: none"> • Präzisierung des Einbezugs der Einheitslängen 	Eawag
7/2021	1.04	Bewertung Indikator 1.5: <ul style="list-style-type: none"> • Minimale Punktzahl in der Bewertung = 0 (und nicht 0.1) • Anpassung Terminologie («standorttypisch» ersetzt durch «gewässertypspezifisch») • Präzisierung des Begriffs «Abweichung Referenzzustand» 	Eawag
7/2021	1.04	Verweis auf Datenmodell zur Erstellung der Shapefiles	Eawag
1/2023	1.05	Digitalisierung der Daten: Beschrieb des schrittweisen Vorgehens	Eawag
1/2023	1.05	Ergänzung von Tipps und Tricks für die Erhebung (gekennzeichnet mit dem Symbol 📌)	Eawag
1/2023	1.05	Verschiedene Kleinigkeiten (z.B. Verständlichkeit Formulierungen angepasst, Erwähnung von Auswertungsdatei und GIS-Beispieldatensatz)	Eawag
1/2023	1.05	Erhebungsort: Präzisierung des Begriffs Sohle	Eawag

1/2023	1.05	Indikator 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Erhebung/ Bewertung: Präzisierung Umgang mit Blockrampen 	Eawag
1/2023	1.05	Indikator 1.2: <ul style="list-style-type: none"> • Erhebung: Präzisierung Umgang mit abgekoppelten Wasserkörpern 	Eawag
1/2023	1.05	Indikator 1.6: <ul style="list-style-type: none"> • Erhebung: Präzisierung Umgang mit Versinterung • Erhebung/ Bewertung Mobilisierbarkeit: Präzisierung Vorgehen in Moorbächen, Seeausflüssen und Giessen • Bewertung Mobilisierbarkeit: Ergänzung der Auflistung um zwei weitere Verteilungen der Substrattypen 	Eawag
3/2024	1.06	Tipps zu Topologieprüfung/ Geometrieprüfung in QGIS	Eawag
3/2024	1.06	Tipps zu digitaler Kartierung in QField	Eawag