



Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme
Wehr Biberist bis Aare

Erfolgskontrolle

Erhebung 1. Projektzustand



10.12.2024

Änderungsnachweis

Version	Datum	Bezeichnung der Änderungen	Verteiler
1	12.07.2024	1. Entwurf	AfU
2	10.12.2024	Definitiver Bericht	AfU

Genehmigt / geprüft

Adresse Auftraggeber

Amt für Umwelt des Kantons Solothurn
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn

Kontaktperson: Gabriel Zenklusen

Telefon: +41 (0)32 627 24 58
Mail: gabriel.zenklusen@bd.so.ch

Adresse Auftragnehmer

INGE M^E
c/o IC Infraconsult AG
Kasernenstrasse 27
3013 Bern

Kontaktperson: Denise Lang

Telefon: +41 (0)31 359 24 35
Mail: denise.lang@infraconsult.ch

Autor*innen:

IC Infraconsult AG:	Denise Lang, Daniela Zumstein
Fischwerk GmbH:	Lena Ninck, Nicolas Achermann, Silvan Rossbacher, Werner Dönni
Hunziker, Zarn und Partner AG:	Katrin Gambal, Roni Hunziker, Marco Lang
Impuls AG:	Daniela Schmocker, Nadja Nyffenegger, Michèle Grindat, Sandra Heller

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	EINLEITUNG	11
3	ÜBERFLUTUNGSDYNAMIK	19
4	UFERLINIE	25
5	GESCHIEBEHAUSHALT	30
6	WASSEITEMPERATUR	38
7	WASSERTIEFE UND FLIESSGESCHWINDIGKEIT	43
8	SOHLENSTRUKTUR	57
9	DYNAMIK DER SOHLENSTRUKTUR	78
10	UFERSTRUKTUR	84
11	DYNAMIK DER UFERSTRUKTUR	99
12	LAICHHABITAT BACHFORELLE/ÄSCHE	106
13	MOSAIK AUENFORMATIONEN	119
14	LANDSCHAFTSSTRUKTURMASSE	130
15	FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION	146
16	AUENTYPISCHE PFLANZENARTEN	148
17	BESTANDSERHEBUNG FISCHE	155
18	VORKOMMEN AMPHIBIEN	171
19	GESAMTDISKUSSION	181
20	LITERATURVERZEICHNIS	189

Anhang

Anhang A	Bestimmungstabelle Mesohabitate
Anhang B	Laichhabitate Bachforelle/Äsche
Anhang C	Fotografische Dokumentation
Anhang D	Auentypische Pflanzenarten
Anhang E	Bestandeserhebung Fische
Anhang F	Amphibienerfassung

1 Zusammenfassung

Konzept

Durch das «Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Emme» wurden Massnahmen in und an der Emme realisiert.

Das Erfolgskontrollenkonzept (Infraconsult, Impuls und Fischwerk, 2014) definiert, wie die Zielerfüllung der Entwicklungsziele auf Ebene Prozesse, Lebensräume und Arten dokumentiert werden. Die Erfolgskontrolle basiert auf einem «Vorher-nachher-Vergleich» durch 13 Indikatoren.

Entlang des Projektperimeters wurden 5 Untersuchungsgebiete von je ca. 300 m Länge ausgeschieden. Die Breite der Untersuchungsstrecken umfasst neben der Gerinnesohle das potenzielle Auengebiet.

Die Erfolgskontrolle umfasst die Erhebung der drei Zustände Ausgangszustand, erster Projektzustand sowie zweiter Projektzustand. Der vorliegende Bericht «1. Projektzustand» betrifft den Zustand im Jahr 2023/2024, also 4 Jahre nach Bauende 2019/2020. Die Aufnahme des Ausgangszustands in den Jahren 2014/2015 ist im Bericht (IC Infraconsult; Fischwerk; Impuls; HZP, 2015) dokumentiert. Der 2. Projektzustand ist nicht Teil dieses Berichtes, er ist im Jahr 2033 zu erheben.

Überflutungs- dynamik

Der Überflutungsdynamik-Wert ist im Nachher-Zustand in den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik deutlich besser als im Vorher-Zustand, im Abschnitt Emmenschachen geringfügig besser.

In den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik kann sich durch die maschinellen Aufweitungen aus Sicht Überflutungsdynamik eine dynamische Aue entwickeln. Bei steigendem Abfluss wird der benetzte Bereich rasch grösser.

Im Abschnitt Emmenschachen wurde das Gerinne bisher nur wenig aufgeweitet. Der benetzte Bereich ist daher bei Hochwasser nicht deutlich grösser als bei mittlerem Abfluss. Die Uferböschungen sind steil und ungesichert, sodass sie sich in Zukunft eigendynamisch entwickeln können. Weitere Erkenntnisse wird eine zweite Erhebung des Projektzustandes bringen.

Uferlinie

Bei der Auswertung des Indikators „Uferlinie“ zeigte sich in allen drei Strecken eine leichte Verbesserung gegenüber dem Vorher-Zustand. Insbesondere die lokale Strukturierung und Linienführung des Gerinnes sorgt für eine etwas längere Uferlinie bei Mittelwasser gegenüber dem Vorher-Zustand 2015.

In den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik hat sich die Emme in den anstehenden Felsen eingegraben. Der Bereich des mittleren Abflusses ist hier vordefiniert, weshalb die Uferlinie stark dem Ausgangszustand ähnelt.

Im Emmenschachen bildete sich durch die Verbreiterung des Gerinnes eine strukturierte Sohle aus. Bei mittlerem Abfluss teilt sich die Emme meist auf zwei durchflossene und sich verlagernde Arme auf und bildet Kiesinseln in der

Gerinnemitte. Aus diesem Grund ist die Uferlinie deutlich länger als im Vorher-Zustand.

Geschiebehaushalt

In den letzten Jahren wurden sowohl im Berner als auch im Solothurner Teil der Emme mehrere Gerinneaufweitungen realisiert. Diese reduzieren vorübergehend den Geschiebetransport flussabwärts. Die Geschiebezufuhr in den Solothurner Abschnitt ist jedoch genügend gross, um nach Abschluss aller morphologischen Umlagerungen einen Gleichgewichtstransport zu ermöglichen. In der Projektstrecke selbst landete die Sohle infolge der Verbreiterung des Gerinnes bereits auf und es bildete sich im Hauptgerinne eine strukturierte Sohle aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft weitere Umlagerungen und Seitenerosionsprozesse stattfinden werden. Im Hauptgerinne und in den Aufweitungen Rüti und Emmenschachen wurde ein grosses Potenzial geschaffen. Schlussfolgerungen über die Seitenerosionsprozesse oder die Sohlendynamik sind jedoch erst mit der nächsten Aufnahme möglich.

Wassertemperatur

Das Temperaturregime der Revitalisierungsstrecke wird gegenüber dem erwarteten Zustand als «wesentlich verändert» eingestuft. Der Grund hierfür sind häufige Überschreitungen des normalen Temperaturbereichs sowie der Temperaturschwellenwerten für die Leitart Äsche. Im Sommerhalbjahr erhöhte sich die Wassertemperatur entlang der Revitalisierungsstrecke. In Hitzeperioden betrug diese Erwärmung bis zu 3 °C.

Gegenüber 2014 zeigten sich einige Unterschiede, die aber eher auf die klimatisch unterschiedlichen Jahre als auf die unterschiedlichen Projektzustände zurückgeführt werden.

Wassertiefe und Fliess- geschwindigkeit

Wassertiefe und die Fliessgeschwindigkeit haben durch das Projekt an Variabilität gewonnen. Im Vorher-Zustand fallen die standardisierten Werte mehrheitlich geringer als im Nachher-Zustand aus. Auch durch die zusätzliche flächige Auswertung des HMD zeigt sich in den revitalisierten Abschnitten immer eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Vorher-Zustand.

Grund für die schlechtere Bewertung des Vorher-Zustands ist das kanalisierte Gerinne der Emme mit einem ausgeprägten Hauptgerinne und einer meist sehr monotonen, strukturlosen Sohle. Unter diesen Bedingungen können sich keine variablen Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten ausbilden. Sie treten nur bei unnatürlichen Strukturen wie Schwellen oder Rampen auf. Demgegenüber sind in den revitalisierten Strecken mehr morphologische Strukturen und Strukturelemente vorhanden, die lokal hohe Wassertiefen (Kolke) und Bereiche mit besonders geringen Fliessgeschwindigkeiten bis hin zu stehendem Wasser generieren. Das Mosaik aus Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit ist vielfältig und auch die laterale Variabilität ist hoch.

<i>Sohlenstruktur</i>	Gegenüber dem Ausgangszustand verbesserte sich die Bewertung der Strecke Emmenschachen um eine Klasse, diejenige der Strecke Schwarzweg blieb unverändert während die Bewertung der Strecke Papierfabrik sich um eine Klasse verschlechterte. Obwohl die drei untersuchten Strecken heterogene Sohlenstrukturen aufwiesen, ist die Bewertung maximal mittelmässig (standardisierter Wert 0.5 für Emmenschachen und Schwarzweg; 0.25 für Papierfabrik; Maximum = 1).
<i>Dynamik der Sohlenstruktur</i>	Im Ausgangszustand wiesen die Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg eine geringe Dynamik der Sohlenstruktur auf. Lediglich in 21 % der benetzten Fläche veränderte sich der Sohlenstrukturtyp zwischen den Jahren 2011 und 2014. Dies wird mit dem standardisierten Wert von 0.27 respektive 0.29 bewertet (Maximum = 1). Die grösste Dynamik fand in der Strecke Papierfabrik statt. Hier veränderte sich der Sohlenstrukturtyp auf 49 % der Fläche, was einem standardisierten Wert von 0.99 entspricht.
<i>Uferstruktur</i>	Die Uferstruktur wird in allen drei Strecken sehr gut bewertet (standardisierter Wert zwischen 0.88 und 0.99; Maximum = 1). Für die Strecke Schwarzweg bedeutet dies eine klare Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand. Alle sieben in den Steckbriefen (Woolsey, S. et al., 2005) aufgeführten Uferstrukturtypen kommen vor. Flachufer, Steilufer und Fels dominieren. Die Uferlinie in der Strecke Emmenschachen ist gänzlich ohne Verbauung. Maximal 7 % der Uferlinie der beiden anderen Strecken weisen eine raue Verbauung (lockerer Blocksatz) auf. Einzig in der Strecke Schwarzweg sind die Ufer noch auf maximal 8 % glatt verbaut.
<i>Dynamik der Uferstruktur</i>	Alle drei Strecken weisen im Ausgangszustand eine sehr grosse Dynamik der Uferstruktur auf. In allen drei Strecken kamen Verschiebungen der Uferlinie vor, welche grösser als der Mindestwert von 3 m waren. In der Strecke Emmenschachen kamen gar Verschiebungen von über 20 m vor. Zudem gab es in allen drei Untersuchungsstrecken Uferabschnitte ohne Verschiebung, bei welchen sich aber der Uferstrukturtyp änderte. Alle drei Strecken erhielten die maximale Bewertung von 1.
<i>Laichhabitat Bachforelle/Äsche</i>	Bachforellen finden in allen drei Strecken ausgedehnte, als Laichhabitat optimale bzw. geeignete Flächen vor. Als Laichhabitat für Äschen eignet sich vor allem die Strecke Emmenschachen. In allen Strecken nehmen die als Laichhabitat geeigneten Flächen mit höherem Abfluss zu. Gemäss dem angewandten Bewertungsmassstab sind alle drei Untersuchungsstrecken bezüglich dem Laichhabitat der Bachforelle bei beiden Abflüssen als «optimal» bzw. «geeignet» zu bewerten. Das Laichhabitat der

Äsche hingegen wird in den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik bei mindestens einem der beiden Abflüsse nur als «bedingt geeignet» eingestuft.

*Mosaik
Auenformationen*

2014 dominierte in beiden untersuchten Strecken der Habitattyp "Hartholzaue". Weitere Habitattypen, welche auf einen vielfältigen und dynamischen Auen-Lebensraum hinweisen, waren nur rudimentär vorhanden.

Im Emmenschachen zeigt sich durch das Auftreten aller sieben Auenformationen im Jahr 2023 (2013: 4 Habitattypen) eine höhere Vielfalt der Auenformationen gemessen am Shannon-Index. Der Anteil Pionierformationen hat sich aber in diesem Zeitraum kaum verändert hat (standardisierter Wert 2014 und 2023 bei 0.00), weshalb die Untersuchungsstrecken aber nicht als naturnaher eingestuft werden.

Auf der Untersuchungsstrecke Schwarzweg zeigt die deutliche Zunahme an Pionierformationen im Zustand 2023 verglichen zum Ausgangszustand 2014 (2014: 6 %, 2023: 59 %), dass der der Abschnitt zunehmend einem naturnahen Auenlebensraum entspricht. Die Vielfalt der Auenformationen hat während dieser Zeit aber nur geringfügig zugenommen.

*Landschafts-
strukturmasse*

In der Untersuchungsstrecke Emmenschachen wurden die Lebensräume vielfältiger, jedoch sind die Veränderung im Vergleich zur Ausgangserhebung wenig auffällig und der Lebensraum ist durch die dominierende Hartholzaue nach wie vor eher homogen. Hingegen zeigen sich deutliche Veränderungen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg. Durch die neugeschaffene Dynamik wurde der Lebensraum deutlich vielfältiger und strukturreicher.

*Fotographische
Dokumentation*

Die fotografischen Erhebungen des 1. Projektzustandes konnten mit denjenigen des Ausgangszustandes verglichen werden. Bei der Betrachtung der Fotopaare fällt auf, dass die Emme im 1. Projektzustand deutlich mehr Platz hat. Folglich hat die relative benetzte Breite abgenommen. Auch fliesst die Emme weniger monoton als noch im Ausgangszustand. Strukturen im Gerinne sind jedoch immer noch selten erkennbar.

*Auentypische
Pflanzenarten*

Im Vergleich zur Ausgangslage konnten die Zielarten Silber-Weide (*Salix alba*) und Lavendel-Weide (*Salix elaeagnos*) über alle untersuchten Abschnitte gesehen zunehmen.

Am Schwarzweg und bei der Papierfabrik hat sich zudem eine interessante Artenzusammensetzung bestehend aus einer feuchten Pioniervegetation (Nanocyperion) entwickelt. Tendenziell wächst diese Übersarungsfläche wieder zu und entwickelt sich in Richtung Weichholzaue. Die Entwicklung der Übersarungsflächen wird insbesondere bei der 2. Folgerhebung Aufschlüsse geben.

*Bestandserhebung
Fische*

Es wurden 11 Arten gefangen, die - mit Ausnahme des Steinbeissers und des Stichlings - standorttypisch sind. Im Gegensatz zum Ausgangszustand wurden neu Schneider und Gründling nachgewiesen. Weitere standorttypische Arten fehlen immer noch, wie die Äsche, das Bachneunauge und die Nase.

Die Gesamtbewertung der Fische des Abschnittes Derendingen verbesserte sich gegenüber dem Ausgangszustand um eine Klasse auf „mässig“. Sogar um zwei Klassen verbesserte sich der Abschnitt Luterbach, welcher nun ebenfalls mit „mässig“ bewertet wird. Die Verbesserung kommt in beiden Abschnitten daher, dass sich die Parameter Artenspektrum, Individuendichte und Biomassendichte verbesserten, während der Parameter Dominanzverhältnisse unverändert „sehr gut“ blieb. Auffällig ist zudem der geringe Anteil der Bachforellen an der Gesamtfischdichte.

*Vorkommen
Amphibien*

Durch das Projekt konnte die Wasserfläche der Stehgewässer von 0.7 auf 1.7 ha vergrössert werden, zusätzlich zu 6 bestehenden wurden 16 neue Amphibiengewässer geschaffen. Dies führte generell zu einer erhöhten Individuenzahl bei fast allen Arten, wobei wie 2012 die fünf Arten Fadenmolch, Bergmolch, Erdkröte, Grasfrosch, Seefrosch und Grünfrosch nachgewiesen wurden. Die Anzahl der Fadenmolche und Grün-/Wasserfrösche ist dabei (vor allem bei den Grün-/Wasserfröschen stark) angestiegen.

Im Bach konnte wie bereits 2012 Laich des Grasfroschs nachgewiesen werden. Im 2023 zusätzlich Grün-/Wasserfrösche. Der Altlauf war im Vergleich zu 2012 artenärmer, dafür wurde im 2023 der Fadenmolch neu nachgewiesen. Im Kleinweiher konnten die gleichen Arten wie 2012 nachgewiesen werden, allerdings abgesehen vom Grün-/Wasserfrosch und Grasfröschen in kleinerer Anzahl.

Die Erdkröten im Altlauf konnten im 2023 nicht mehr nachgewiesen werden. Am Kleinweiher und im neu erstellten Weiher M35b konnten sie dafür im 2023 nachgewiesen werden.

Gesamtbewertung

Der Ausgangszustand der Emme 2012 wurde als mittel beeinträchtigtes Gewässer mit Defiziten insbesondere bei den terrestrischen Lebensräumen beschrieben.

Nach Beendigung der Bauarbeiten zeigt sich im 1. Projektzustand mindestens auf Teilabschnitten eine Zunahme am Mosaik an Auenvegetationen, der Anzahl auftretender Amphibien, der Variabilität an Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Eine Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand zeigt sich ausserdem in den Indikatoren Uferlinie und der Bestandserhebungen an Fischen. Uferstruktur, Dynamik der Uferstruktur und Laichhabitat für Bachforellen weisen bereits im Vorher-Zustand eine gute Qualität auf. Defizite bestehen mindestens teilweise bei den Indikatoren Wassertemperatur, Sohlenstruktur und Dynamik der Sohlenstruktur, Laichhabitat für Äschen. Bei den Indikatoren Überflutungsdynamik, Geschiebehalt, Wassertemperatur, Dynamik der

Sohlenstruktur, Dynamik der Uferstruktur ist eine (abschliessende) Beurteilung erst nach der Erhebung eines 2. Projektzustands möglich.

2 Einleitung

2.1 Konzept

*Hochwasserschutz-
und Revitalisierungs-
projekt Emme*

Im Rahmen des «Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Emme» wurden vielfältige Massnahmen in und an der Emme realisiert. Zwischen dem Wehr in Biberist und der Einmündung der Emme in die Aare erfolgten neben den Aspekten des Hochwasserschutzes und der Erholungsnutzung auch eine Revitalisierung und damit eine ökologische Aufwertung des Gewässerraums. Die Umsetzung der Massnahmen fand in den Jahren 2018 bis 2020 statt.

Das im Jahr 2012 erstellte Leitbild (Hunziker, R., Dönni, W., Kaufmann, G.) legt Entwicklungsziele fest. Das Erfolgskontrollenkonzept (Infraconsult, Impuls und Fischwerk, 2014) definiert die Dokumentation dieser Ziele. Die darin festgelegten Indikatoren messen die Veränderungen basierend auf einem «Vorher-Nachher-Vergleich». Die Erhebung des Ausgangszustands fand im Jahr 2014 statt. Die Ergebnisse sind im Bericht «Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme, Wehr Biberist bis Aare, Erfolgskontrolle, Erhebung Ausgangszustand» von 2015 festgehalten.

*Erhebung 1.
Projektzustand*

Gemäss Erfolgskontrollenkonzept hat die Erhebung des 1. Projektzustandes ca. 5 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten und nach den ersten geschriebewirksamen Hochwassern zu erfolgen. Die Bauarbeiten sind abgeschlossen, und mit den bisherigen Hochwassern sind diese Bedingungen erfüllt. Die Erhebung des 1. Projektzustandes war somit im Jahr 2023 angezeigt.

Für die Erhebungen des 1. Projektzustandes wurde das Indikatorenset gemäss Erfolgskontrollenkonzept leicht modifiziert. Die Anpassungen standen im Zusammenhang mit dem neu vorliegenden Handbuch des BAFU zur Wirkungskontrolle Revitalisierung (BAFU, 2019), wo gewisse Indikatoren geändert (z. B. HMID) oder gestrichen wurden. Diese Änderungen bedingten teilweise auch eine Neuauswertung der 2014 und 2015 erhobenen Daten. Die Basiserhebungen für das numerisch-hydraulische 2D-Modell sowie die terrestrische Lebensraumkartierung wurden analog zur Erhebung des Ausgangszustandes erarbeitet.

Indikatoren

Die folgenden 16 Indikatoren wurden festgelegt und erhoben:

Indikator	Vorher-Untersuchung: Erhebung Ausgangszustand 2014-2015	Nachher-Untersuchung: 1. Erhebung Projektzustand 2023-2024
Überflutungsdynamik	x	x
Uferlinie		x
Geschiebehalt	x	x
Wassertemperatur	x	x
Hydromorphologischer Index der Diversität (HMID)	x	
Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit		x
Sohlenstruktur	x	x
Dynamik Sohlenstruktur	x	
Uferstruktur	x	x
Dynamik Uferstruktur	x	
Laichhabitat Bachforelle/Äsche	x	x
Mosaik Auenformationen	x	x
Landschaftsstrukturmasse	x	x
Fotografische Dokumentation	x	x
Auentypische Pflanzenarten	x	x
Bestandeserhebung Fische	x	x
Vorkommen Amphibien	x	x

Tabelle 1 Untersuchte Indikatoren der ersten zwei Zeitzustände.

Aufnahme-Intervalle Untersuchungs- strecken

Die Untersuchungsstrecken wurden von den Erhebungen des Ausgangszustandes übernommen, wobei kleine Änderungen wegen der zwischenzeitlichen Umgestaltung der Ufer nötig waren. Es sind primär fünf Untersuchungsstrecken, die ca. 300 m lang sind. Deren Breite umfasst neben der Gerinnesohle das potenzielle Auengebiet (im Mittel jährlich mindestens einmal überflutet). Einige der Gewässer für die Amphibienerhebung liegen ausserhalb dieser Strecken.

Die Untersuchungsgebiete sind in Abbildung 1 dargestellt.

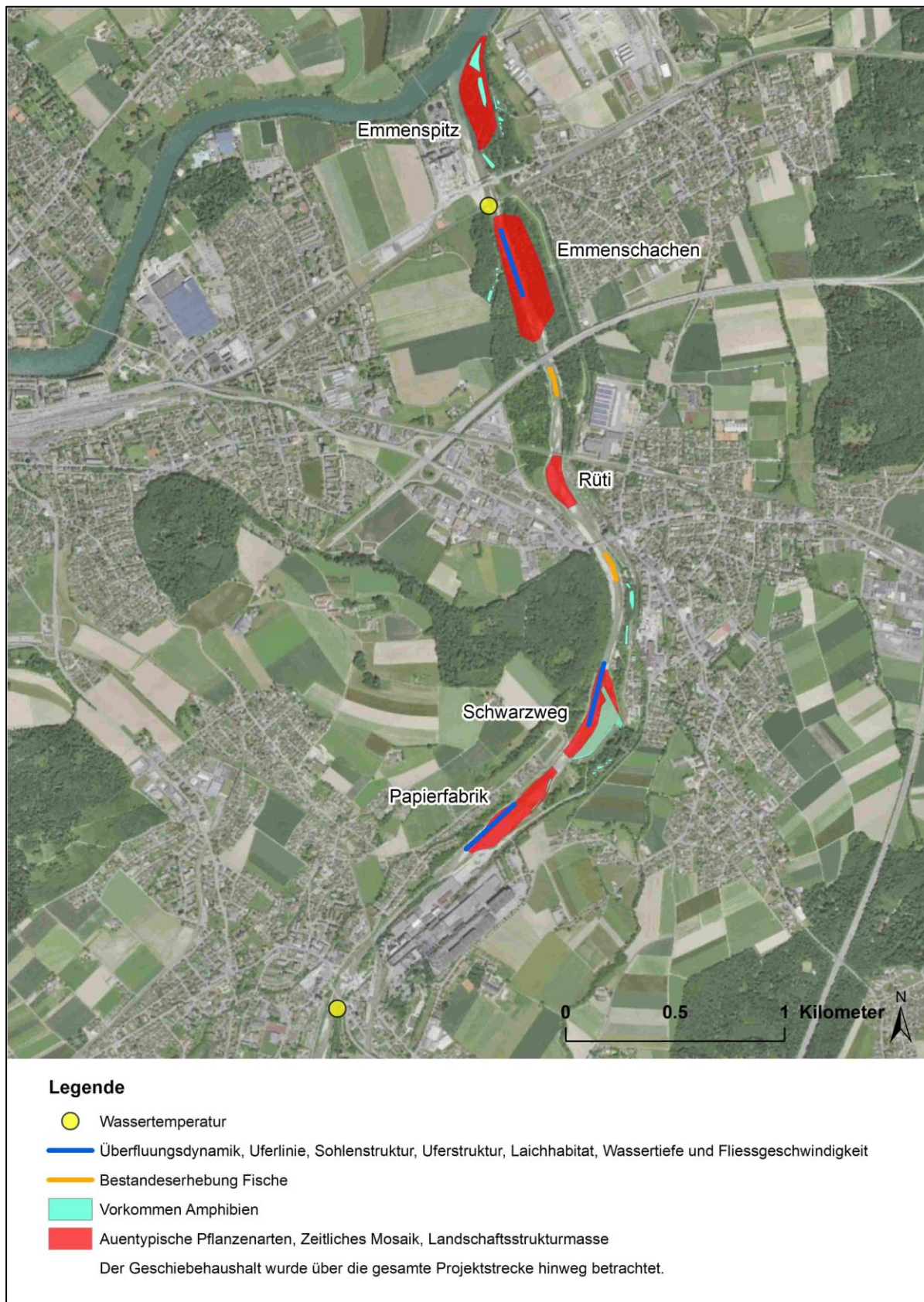


Abbildung 1 Lage der Untersuchungsstrecken für die Erhebung Projektzustand

Anzahl Erhebungen

Tabelle 2 zeigt die verwendeten Indikatoren, in Beziehung gesetzt mit den Untersuchungsstrecken und Erhebungszeitpunkten. Eine Aufnahme entspricht der Untersuchung auf einer bestimmten Untersuchungsstrecke zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Anzahl Erhebungen pro Indikator ergeben sich somit aus der Anzahl der Untersuchungsstrecken und der Anzahl untersuchter Zustände (Jahreszeit oder Abfluss).

	Untersuchungsgebiet					Erhebungszeitpunkt						
Indikatoren	Emmenspitz	Emmenschachen	Rüti	Schwarzweg	Papierfabrik	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Nieder-/Restwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Überflutungsdynamik		•		•	•						•	•
Uferlinie		•		•	•						•	
Geschiebehaushalt	•	•	•	•	•					•	•	•
Wassertemperatur		•			•	ganzjährig						
Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit		•		•	•				•	•		
Sohlenstruktur		•		•	•					•	•	
Dynamik der Sohlenstruktur		•		•	•					•		
Uferstruktur		•		•	•					•	•	
Dynamik der Uferstruktur		•		•	•					•		
Laichhabitat Bachforelle /Äsche		•		•	•					•		
Mosaik Auenformationen		•		•			•					
Landschaftsstrukturmasse		•		•			•					
Fotografische Dokumentation	•	•		•	•		•	•		•		•
Auentypische Pflanzenart	•	•	•	•	•		•					
Bestandserhebung Fische		•	•					•		•		
Vorkommen Amphibien	•	•		•	•	•	•					

Tabelle 2 Die Tabelle zeigt für die Erhebung des 1. Projektzustandes, in welchen Untersuchungsstrecken welche Indikatoren zu welchen Erhebungszeitpunkten erhoben wurden

Zeitpunkt Erhebungen

Die gesamte Erfolgskontrolle umfasst die Erhebung von drei Zeit-Zuständen:

Ausgangszustand (2014/2015):

Erhebung des Zustandes vor Beginn der Bauarbeiten; vgl. dazu Bericht Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme, Wehr Biberist bis Aare, Erfolgskontrolle, Erhebung Ausgangszustand; 08/2015.

1. Aufnahme des Projektzustandes 2023 (Wirkungskontrolle/Validierung):

ca. 5 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten und nach den ersten geschiebewirksamen Hochwassern, vorliegender Bericht.

2. Aufnahme des Projektzustandes (Wirkungskontrolle/Validierung)

ca. 10 Jahre nach der 1. Aufnahme des Projektzustandes.

Für die Indikatoren Dynamik der Uferstruktur sowie Dynamik der Sohlenstruktur wurde zudem ein zusätzlicher Zeit-Zustand erhoben:

2. Ausgangszustand (2011):

vorliegender Bericht

2.2 Basiserhebungen

Einige Indikatoren basieren auf der gleichen Datenbasis wie andere Indikatoren. Die erforderlichen Daten können in diesen Fällen in nur einer Feldkartierung erhoben werden. Daraus ergeben sich die in Tabelle 3 aufgezeigten Synergien.

Datenbasis	Indikator	Bemerkungen
Hochauflösendes hydraulisches 2D-Modell	Überflutungsfläche und Uferlinie	Unterschiedliche Auswertung derselben Datenbasis
	Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit	
	Laichhabitat Bachforelle/Äsche	Zusätzlich Substratkartierung
Habitattypen-kartierung	Sohlenstruktur	Gleichzeitige Feldkartierung
	Landschaftsstrukturmasse	Gleichzeitige Feldkartierung
	MosaikAuenformationen	Nur 1 Aufnahme Projektzustand

Tabelle 3 Die Tabelle zeigt, auf welche gemeinsame Datenbasis sich die Auswertungen gewisser Indikatoren stützen

2.2.1 Numerisch hydraulische 2D-Modelle

Numerische Simulationen haben den entscheidenden Vorteil, dass verschiedene Indikatoren ohne aufwändige Feldarbeiten für verschiedene Abflussmengen erfasst werden können (Requena, P., von Pfuhlstein, M., 2011).

Beim Einsatz eines 2D-Strömungsmodells wird die Untersuchungsstrecke zuerst detailliert vermessen. Basierend auf der aufgenommenen Gerinnegeometrie wird anschliessend ein Geländemodell erstellt, welches seinerseits die Basis für das hydraulische 2D-Strömungsmodell bildet. Mit dem Modell können dann für unterschiedliche Abflüsse die mittleren Fliessgeschwindigkeiten (tiefengemittelt) und die Wassertiefen berechnet werden.

Da einige Indikatoren neu auf Grundlage der Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019) ausgewertet wurden, mussten Aus- und Bewertungen des Vorher-Zustands mit neuen Methoden wiederholt werden. Aus diesem Grund wurde in den Strecken Emmenschachen, Schwarzweg und Papierfabrik das vorhandene Modell des Vorher- Zustands (2015) nochmals verwendet. Dieses basierte auf Grundlage einer detaillierten Gerinnevermessung mit dem GPS.

Für die Nachher-Erhebung wurde das Modell der drei Strecken Emmenschachen, Schwarzweg und Papierfabrik auf Grundlage einer Drohnenbefliegung der Firma W+H¹ aufgebaut, bei welcher sowohl ein georeferenziertes Orthofoto als auch eine Punktwolke mit Geländehöhen aufgenommen wurde. Der Flug wurde im Februar 2023 ohne Belaubung, bei guter Sicht und geringem und klarem Abfluss durchgeführt, um die Nachbearbeitung zu vereinfachen. Aufgrund der Lichtbrechung im Wasser erscheint die Gerinnetiefe in der Drohnenvermessung unter Wasser flacher, die Sohlenlage wird also überschätzt (Woodget, 2014). Deshalb wurde die Sohlenlage mit einem Korrekturverfahren neu berechnet und zusätzlich mit terrestrisch (d.h. mit GPS) vermessen Daten ergänzt. Das Ergebnis ist ein feinmaschiges Modell mit kleinen Knotenabständen von ca. 20 cm und maximalen Dreiecksflächen von rund 0.03 m². Mit dieser Auflösung können die vorhanden grösseren Steine und Strukturen sehr gut abgebildet werden.

2.2.2 Habitattypenkartierung

Im Feld werden die aquatischen Habitate (Mesohabitate) und die terrestrischen Habitate (Auenformationen) kartiert.

¹ Die Befliegung fand am 21.02.2023 bei einem Abfluss von ca. 8 m³/s an der Station Wiler+Werkkanal statt. Die Auflösung beträgt 2 cm.

Mesohabitate sind Flächen, die bezüglich Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substratzusammensetzung in sich einheitlich sind (z. B. Schnelle, Riffel, Flachwasser, Kolk usw.). Die minimale Ausdehnung eines Mesohabitats beträgt in der grössten linearen Dimension (Länge, Breite, Diagonale) mindestens die mittlere Wasserspiegelbreite. Die Bestimmung erfolgt nach einem Vorschlag der American Fisheries Society (Arend K. K., 1999). In Anhang A befindet sich die entsprechende Bestimmungstabelle.

Die Kartierung der Auenformationen umfasst den Habitattyp resp. die Auenformation, den Grad der Bodenbedeckung und die Höhe der Vegetation. Die im Steckbrief aufgelisteten Habitattypen wurden übernommen.

2.3 Bewertung

Der vorliegende Bericht gibt die Ergebnisse aus der Erhebung des ersten Projektzustands wieder. Die Auswertung der Indikatoren basierte dabei einerseits auf dem Handbuch des BAFU zur Wirkungskontrolle Revitalisierung (BAFU, 2019). Ziel der darin beschriebenen Methodik ist eine standardisierte Bewertung von Revitalisierungsmassnahmen in einem schweizweit einheitlichen Gerüst. Um die Indikatoren vergleichen zu können, wird jeweils der sogenannte «Standardisierte Wert» berechnet. Dieser liegt zwischen 0 (schlecht) und 1 (gut). Andererseits gibt es auch Indikatoren, die nach dem EAWAG-Handbuch (Woolsey, S. et al., 2005) ausgewertet wurden, da die Erhebung des Ausgangszustandes nicht nachträglich in die neuen Klassen umgewandelt werden konnte.

Da die Vorher-Erhebungen 2014/2015 noch nicht auf diesem Handbuch basierten, wurde der Vorher-Zustand (wo möglich) nochmals mit der neuen Bewertungsmethode ausgewertet, um die verschiedenen Zeitstände vergleichen zu können (in diesem Fall Vorher- und 1. Projekt-Zustand).

Eine Standardisierung war für die folgenden Indikatoren möglich:

- Überflutungsdynamik
- Uferlinie
- Geschiebehaushalt
- Wassertemperatur
- Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit
- Sohlenstruktur
- Uferstruktur
- Mosaik Auenformationen
- Landschaftsstrukturmasse
- Auentypische Pflanzenarten
- Bestandserhebung Fische
- Vorkommen Amphibien

Bei einzelnen Indikatoren muss die Aufnahme des 2. Projektzustandes abgewartet werden, um einen standardisierten Wert gemäss Handbuch (BAFU, 2019)

berechnen zu können, bzw. es ist keine standardisierte Bewertung vorgesehen (fotografische Dokumentation). Folgende Indikatoren werden im vorliegenden Bericht deshalb qualitativ bewertet:

- Dynamik der Sohlenstruktur
- Dynamik der Uferstruktur
- Laichhabitat Bachforelle/Äsche
- Fotografische Dokumentation

Zielüberprüfung

Nach der 1. und 2. Aufnahme des Projektzustandes wird überprüft, ob die Revitalisierungsmassnahmen die gewünschte physikalische Wirkung auf Prozesse und Lebensräume sowie die erhofften Reaktionen auf die Arten erzielen.

Weiteres Vorgehen

Nach der 2. Aufnahme des Projektzustandes erfolgt eine Gesamtschau zum ökologischen Erfolg der umgesetzten Massnahmen. Falls der ökologische Erfolg sich nicht im gewünschten Masse einstellt, müssen die Ursachen gefunden werden. Erst dann können adäquate „Verbesserungs“-Massnahmen diskutiert werden.

Anhand der Ergebnisse der 1. Aufnahmen des Projektzustandes zeichnen sich bereits gewisse Hinweise ab, diese werden in Kapitel 19 beschrieben.

2.4 Veränderungen im Projektperimeter

Seit den Aufnahmen des Ausgangszustand in den Jahren 2014 und 2015 haben sich verschiedenen Veränderungen im Projektperimeter ergeben:

Massnahmen

Die baulichen Massnahmen im Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt untere Emme wurden in den Jahren 2018 bis 2020 umgesetzt. Dafür wurden verschiedenste Massnahmen entlang der Emme zwischen dem Wehr in Biberist und der Einmündung in die Aare auf knapp 5 Kilometern Flusslauf realisiert. Es sind Massnahmen wie Gerinneaufweitungen durch Uferabtrag, Sohlenstrukturierungen oder Initialisierung einer eigendynamischen Aufweitung.

Auch wurden Massnahmen zur Verbesserung der Fischgängigkeit wie die Umgestaltung von Schwellen in Riegel-Becken-Rampen sowie terrestrische Massnahmen wie Stillgewässer für Amphibien oder Kleinstrukturen (Wurzelstockhaufen, Steinhaufen) umgesetzt.

Seit Bauabschluss sind bereits mehrere grössere und geschiebewirksame Hochwasser aufgetreten.

3 Überflutungsdynamik

3.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019): Steckbrief Indikator-Set 3, Indikator 3.1 Überflutungsdynamik
<i>Definition</i>	Bestimmung der Überflutungsfläche bei einem 2-jährlichen Hochwasserereignis HQ ₂ vor und nach der Revitalisierung und Vergleich mit der potenziellen Überflutungsfläche gemäss Referenzzustand
<i>Begründung</i>	Die laterale Vernetzung zwischen Gewässer und Umland ist ein wichtiger ökologischer Schlüsselprozess. Bei Hochwasser werden angrenzende Gebiete überschwemmt und Nährstoffe, Organismen, Holz und Kies verfrachtet. Natürliche Gewässer sind sehr stark mit dem Umland vernetzt. Bei anthropogen beeinflussten Gewässern sind diese Verbindungen mehr oder weniger beschränkt. Der Indikator bestimmt die Qualität der Vernetzung im Vergleich mit dem Referenzzustand, insbesondere durch Überschwemmungen des Umlands.

3.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Methodik</i>	Die Vorgehensweise beim Indikator Überflutungsdynamik entspricht weitgehend den Vorgaben der Praxisdokumentation (BAFU, 2019). <u>Erhebung Vorher- und Nachher-Zustand:</u> Es wurde die benetzte Fläche bei mittlerem Abfluss MQ ($6.2 \text{ m}^3/\text{s}^2$) und bei einem zweijährlichen Hochwasser HQ₂ ($252 \text{ m}^3/\text{s}^3$) mithilfe von 2D-Modellen ermittelt. Die Differenz der beiden Flächen entspricht der Überflutungsfläche. Diese Überflutungsfläche wurde sowohl für den Vorher-Zustand als auch für den Nachher-Zustand modelliert (Kapitel 2.2.1) und berechnet. <u>Erhebung Referenzzustand:</u> Zur Ermittlung der potenziellen Überflutungsfläche im Referenzzustand wurden historische Karten von 1825⁴ verwendet. Es wurde angenommen, dass der in der Karte sichtbare blaue Wasserkörper bei mittlerem Abfluss MQ benetzt ist. Für die Bestimmung der Überflutungsfläche bei einem 2-jährlichen Hochwasser wurden die offenen, unbewachsenen Kiesflächen
-----------------	--

² Mittlerer Jahresabfluss der Messstation Wiler ($19.2 \text{ m}^3/\text{s}$) minus Ausbauwassermenge Kraftwerk Biberist ($13 \text{ m}^3/\text{s}$)

³ HQ₂ an der Totalstation Emme-Wiler, Limpachmündung (0155): $264 \text{ m}^3/\text{s}$ abzüglich $12 \text{ m}^3/\text{s}$ Ausbauwassermenge des Kraftwerks = $252 \text{ m}^3/\text{s}$

⁴ Plan der Gebrüder Schwaller von 1825 aus dem Staatsarchiv des Kantons Solothurn.

herangezogen, welche infolge der regelmässig auftretenden Hochwasser von Vegetation frei bleiben.

Erhebungen für den
Vorher- und
Nachher-Zustand

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niedermasser	Mittelmasser	Hochwasser
Emmensachsen						•	•
Schwarzweg						•	•
Papierfabrik						•	•

Auswertung

Die Auswertung und Beurteilung der Daten erfolgte anhand der Praxisdokumentation (BAFU, 2019). Dabei wird der Anteil der potenziellen Überflutungsfläche anhand einer Funktion in den standardisierten Wert umgerechnet.

3.3 Resultate

Strecke	Überflutungsfläche [m ²] Vorher (2015)	Überflutungsfläche [m ²] Nachher (2023)	Überflutungsfläche [m ²] Referenz (1825)	Standardisierter Wert Vorher zu Referenz	Standardisierter Wert Nachher zu Referenz
Emmen- sachsen	2'460	3'200	34'150	0.15	0.19
Schwarz- weg	3'730	16'870	34'100	0.20	0.73
Papier- fabrik	2'620	14'050	27'990	0.19	0.74

Tabelle 4 Standardisierte Werte für den Indikator Überflutungsdynamik im Vergleich zwischen Vorher-Zustand, Nachher-Zustand und Referenzzustand.

Vorher-Zustand

Im Vorher-Zustand entsprach die Überflutungsfläche in allen Abschnitten ca. 10 % der potenziellen Überflutungsfläche (Referenzzustand). Somit ergeben sich standardisierte Werte für 2015 von 0.15 bis 0.20.

Nachher-Zustand

Durch die Aufweitungen konnte die Überflutungsfläche insbesondere in den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik deutlich vergrössert werden. Sie umfasst heute (Nachher-Zustand 2023) in diesen beiden Abschnitten eine etwa 5-mal grössere Fläche als noch 2015 und etwa die Hälfte der Fläche im Referenzzustand. Im Abschnitt Emmenschachen nahm die Überflutungsfläche nur geringfügig zu (ca. 30 %) und erreicht damit auch nur einen Bruchteil (ca. 10 %) der Überflutungsfläche im Referenzzustand. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass mit zunehmender Seitenerosion die Überflutungsflächen grösser werden.

Im Nachher-Zustand sind die standardisierten Werte in den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik mit 0.73 bzw. 0.74 deutlich besser, in Emmenschachen mit 0.19 geringfügig besser als im Vorher-Zustand.

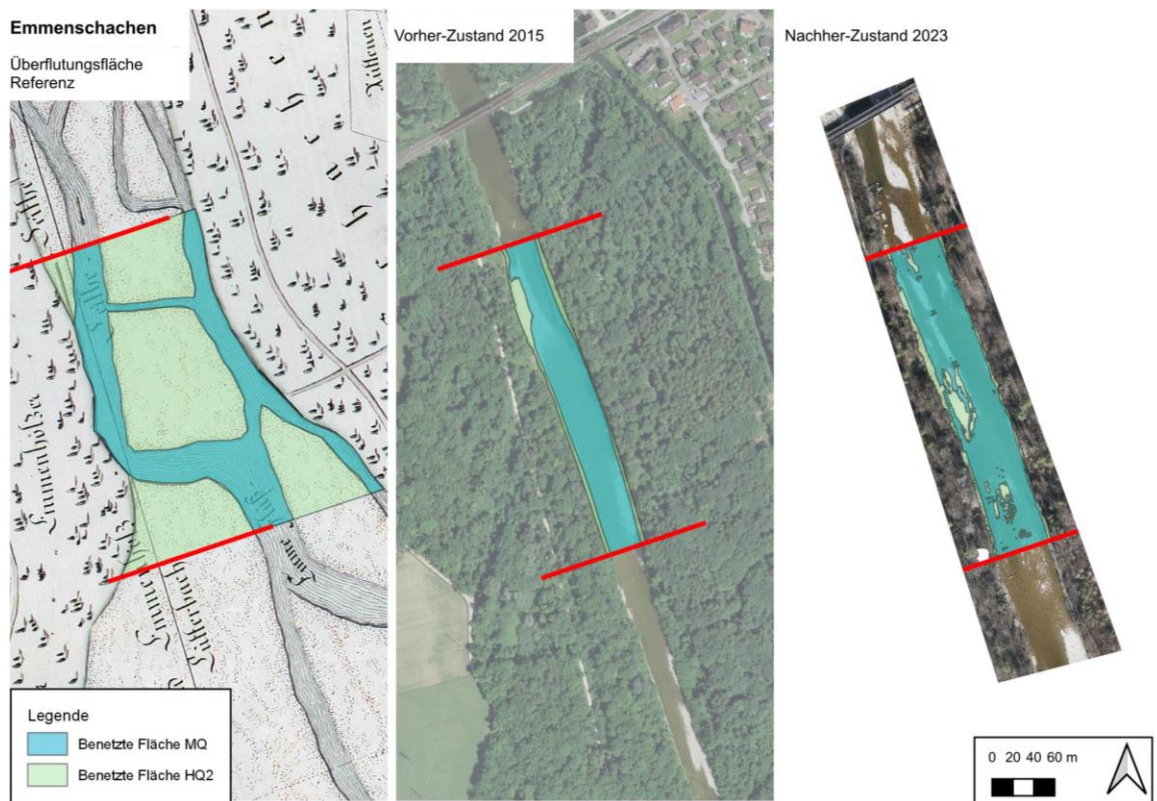


Abbildung 2 Benetzte Flächen bei MQ bzw. HQ2 im Abschnitt Emmenschachen im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

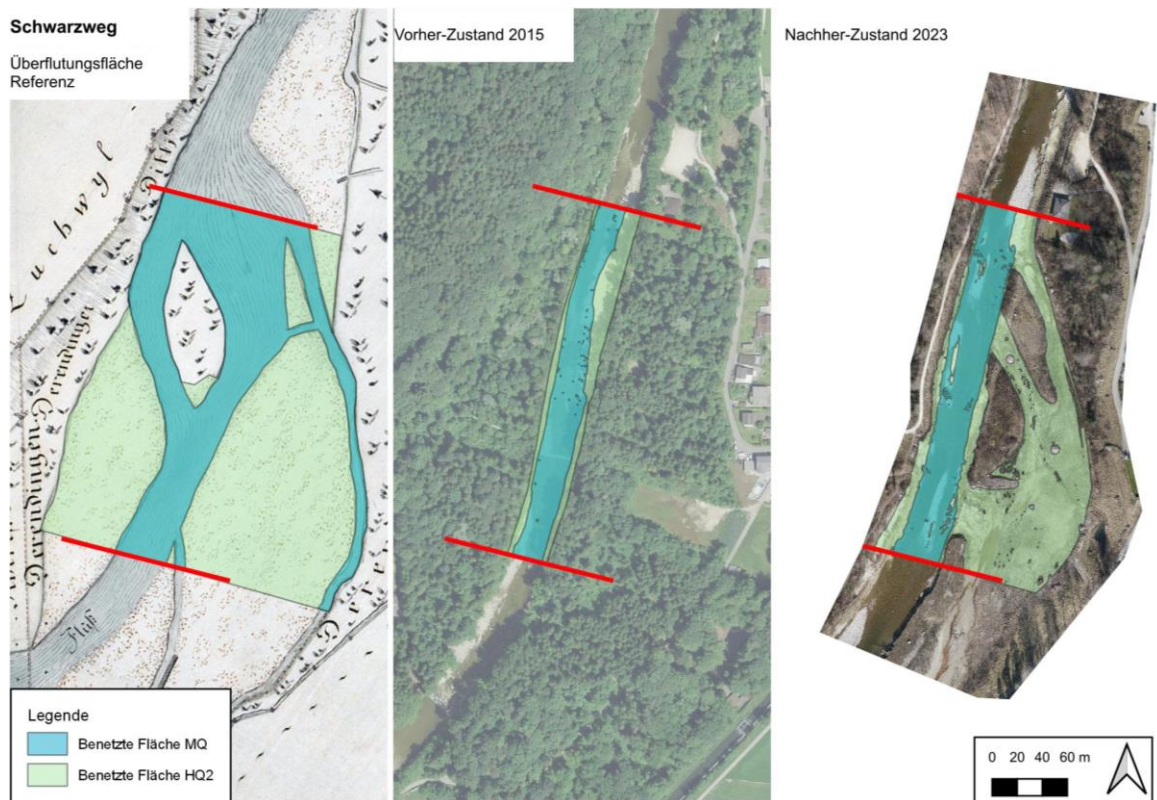


Abbildung 3 Benetzte Flächen bei MQ bzw. HQ2 im Abschnitt Schwarzweg im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

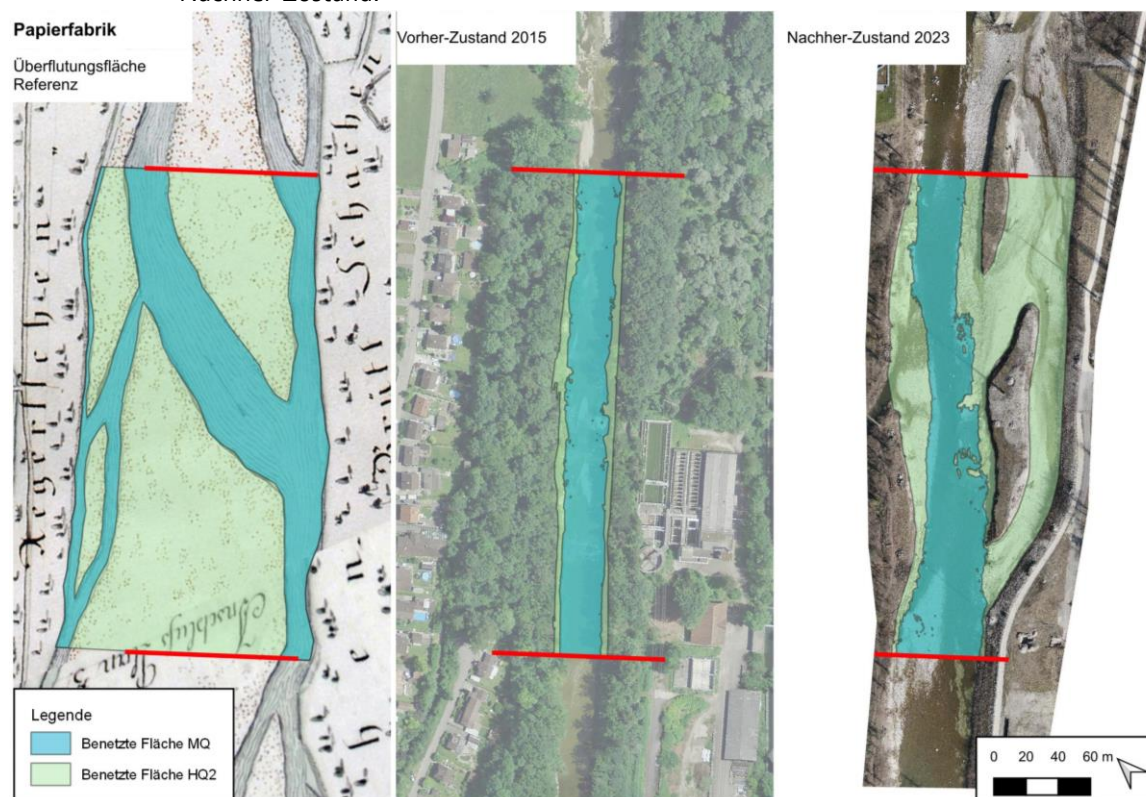


Abbildung 4 Benetzte Flächen bei MQ bzw. HQ2 im Abschnitt Papierfabrik im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

3.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Die historischen Karten zeigen einen heute kaum mehr zu erreichenden Zustand. Die Emme floss mit einem Hauptstrom und Nebenarmen durch ein breites Kiesbett, umrahmt von wirtschaftlich genutzten Wäldern. Heute begrenzen Bebauung, Infrastrukturen und Nutzungen die Fläche, welche wir dem Gewässer zur Verfügung stellen können.

Vor der Revitalisierung (2015) ist in allen drei Abschnitten der gestreckte, kanalartige Lauf zu erkennen. Bei höheren Abflüssen (HQ₂) wuchs die benetzte Fläche nur unbedeutend an, da die Böschungen steil waren.

Im Abschnitt Emmenschachen (Abbildung 2) wurde die Emme rechtsseitig maschinell auf eine Breite von ca. 35 m aufgeweitet. An beiden Ufern wurden die Sicherungen entfernt, um eine eigendynamische Aufweitung möglich zu machen. Bisher (2023) erfolgten noch keine grösseren Erosionsprozesse. Das Gerinne ist noch verhältnismässig schmal, weshalb bereits bei geringen Abflüssen eine breite Fläche benetzt ist. Aus diesem Grund ist der benetzte Bereich bei Hochwasser nicht deutlich grösser als bei mittlerem Abfluss. Diese Verhältnisse resultieren in einer schlechteren Bewertung des Indikators als in den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik.

Dort wurden grössere maschinelle Aufweitungen durchgeführt (Abbildung 3 und Abbildung 4). Diese Aufweitungen sind ab jährlich mehrmals wiederkehrenden Abflüssen (Papierfabrik ab Q₄₀, Schwarzweg ab Q₉) durchströmt (Kissling & Zbinden AG, IUB Engineering, 2015). Hier kann sich eine dynamische Aue entwickeln. Die Uferböschungen der Aufweitungen sind teilweise gesichert (begrünter Blocksatz oder BMU). Da der Hauptstrom der Emme mehrheitlich im anstehenden Felsen verläuft, ist nicht davon auszugehen, dass sich der Lauf grossräumig, beispielsweise in die Überflutungsflächen hinein, verlagert. Entsprechend hat sich der benetzte Bereich bei mittlerem Abfluss nicht stark verändert. Er ist nur etwas breiter geworden. Bei steigendem Abfluss wird der benetzte Bereich aber rasch grösser, weil die Emme in die grossen Überflutungsflächen ausuferst. Dies zeigen die Flächen bei einem 2-jährlichen Hochwasser.

3.5 Kurzdiskussion

Der Grund für die geringen Indikator-Werte im Vorher-Zustand ist das kanalisierte Gerinne der Emme mit einem ausgeprägten Hauptgerinne und hoch liegenden Vorländern. Unter diesen Bedingungen uferste das Wasser erst bei sehr grossen Abflüssen ins Vorland aus und die Überflutungsflächen sind bei kleinen Hochwassern nicht viel grösser als bei Mittelwasser.

Nach der Realisierung des Projektes wirken sich Abflussveränderungen stärker auf die Ausdehnung des Wasserkörpers aus. Die seitliche Vernetzung konnte

gegenüber dem Vorher-Zustand in den Aufweitungen Schwarzweg und Papierfabrik deutlich verbessert werden. Dies ist auf die maschinell durchgeführte Vergrösserung der Überflutungsfläche zurückzuführen. Mit den Jahren wird sich zeigen, ob die Emme die Kraft besitzt, die Überschwemmungsflächen zumindest teilweise von Bäumen und Sträuchern freizuhalten, und ob sich eine typische Weich- oder Hartholzaue einstellen wird.

Im Abschnitt Emmenschachen liegt der Fokus auf einer eigendynamischen Entwicklung. Da bisher keine wesentlichen Erosionsprozesse erfolgt sind, ist das Gerinnebett in diesem Abschnitt nach wie vor „schmal“ im Vergleich zu den maschinell aufgeweiteten Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik. Die Qualität der Vernetzung sollte deshalb nochmals erhoben werden, sobald grössere Abflüsse einen deutlichen Uferabtrag verursacht haben. Aufgrund der eigendynamischen Entwicklung ist in diesem Abschnitt mehr Geduld notwendig.

4 Uferlinie

4.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019): Steckbrief Indikator-Set 3, Indikator 3.2 Uferlinie
<i>Definition</i>	Bestimmung der Uferlinie bei mittlerem Abfluss (MQ) vor und nach der Revitalisierung und Vergleich mit der potenziellen Uferlinie gemäss Referenzzustand.
<i>Begründung</i>	Die laterale Vernetzung zwischen Gewässer und Umland ist ein wichtiger ökologischer Schlüsselprozess. Dabei geht es einerseits um die Durchgängigkeit für Organismen, andererseits auch für Nährstoffe etc. Natürliche Gewässer sind sehr stark mit dem Umland vernetzt, nicht nur durch Überflutungen bei Hochwasser, sondern auch entlang der Uferlinie. Bei anthropogen beeinflussten Gewässern sind diese Verbindungen mehr oder weniger beschränkt. Der Indikator bestimmt die Qualität der Vernetzung im Vergleich mit dem Referenzzustand. Im Gegensatz zum Indikator Überflutungsdynamik wird hier vor allem die seitliche Vernetzung bei tieferen Wasserständen betrachtet.

4.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Methodik</i>	Die Vorgehensweise beim Indikator Uferlinie entspricht weitgehend den Vorgaben der Praxisdokumentation (BAFU, 2019). <u>Erhebung Vorher- und Nachher-Zustand:</u> Es wurde die Uferlinie in allen drei Abschnitten bei mittlerem Abfluss MQ (6.2 m³/s ⁵) mithilfe von 2D-Modellen (Kapitel 2.2.1) ermittelt. Ausserdem wurde die Länge des Talwegs in QGIS bestimmt. Damit wurde das Verhältnis aus Uferlinie zu Talweg berechnet, welches mindestens 2 beträgt (geradliniges Gerinne). <u>Erhebung Referenzzustand:</u> Die Uferlinie bei Mittelwasser im Referenzzustand wurde, wie bereits in Kapitel 3.2 beschrieben, entlang des blau eingefärbten Wasserkörpers der historischen Karte von 1825⁶ abgegriffen. Für die Bewertung wird die aktuelle Uferlinie derjenigen unter historischen Bedingungen gegenübergestellt. Der standardisierte Wert wird wie folgt berechnet. Er entspricht dem Anteil der Uferlänge an der Referenz:
-----------------	--

⁵ Mittlerer Jahresabfluss der Messstation Wiler (19.2 m³/s) minus Ausbauwassermenge Kraftwerk Biberist (13 m³/s)

⁶ Plan der Gebrüder Schwaller von 1825 aus dem Staatsarchiv des Kantons Solothurn.

Erhebungen für den
Vorher- und
Nachher-Zustand

$\frac{\text{Aktuelle Uferlinie (km/km)} - 2}{\text{Historische Uferlinie (km/km)} - 2}$

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen						•	
Schwarzweg						•	
Papierfabrik						•	

Auswertung

Die Auswertung und Beurteilung der Daten erfolgte anhand der Praxisdokumentation (BAFU, 2019).

4.3 Resultate

Strecke		Vorher (2015)	Nachher (2023)	Referenz (1825)	Standardisierter Wert Vorher zu Referenz	Standardisierter Wert Nachher zu Referenz
Emmen- schachen	Uferlinie	640 m	1'050 m	1'670 m		
	Talweg	310 m	330 m	380 m	0.02	0.51
	Verhältnis	2.05	3.23	4.40		
Schwarz- weg	Uferlinie	590 m	760 m	1'610 m		
	Talweg	290 m	290 m	330 m	0.01	0.21
	Verhältnis	2.03	2.60	4.89		
Papierfabrik	Uferlinie	630 m	710 m	1'950 m		
	Talweg	300 m	310 m	330 m	0.03	0.08
	Verhältnis	2.11	2.31	5.89		

Tabelle 5 Länge der Uferlinie und des Talwegs und Verhältnis im Vorher-, Nachher- und Referenzzustand. Resultierende standardisierte Werte für den Indikator Uferlinie.

Vorher-Zustand

Die Uferlinie im Vorher-Zustand war in allen Abschnitten nur etwas mehr als doppelt so lang wie der Talweg, was auf den gestreckten Lauf ohne nennenswerte Variabilität der Uferlinie oder von Kiesbänken zurückzuführen ist. Dies resultiert in einem schlechten standardisierten Wert in allen drei Abschnitten (0.01-0.03).

Nachher-Zustand

Der Talweg in den drei Abschnitten änderte sich zwischen Vorher- und Nachher-Zustand nur geringfügig, was daran liegt, dass das Hauptgerinne im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes nicht verlagert wurde. Die Uferlinie ist hingegen in allen Abschnitten länger geworden, insbesondere im Abschnitt Emmenschachen. Aus diesem Grund erreicht der standardisierte Wert für den Nachher-Zustand hier 0.51, gefolgt vom Abschnitt Schwarzweg mit 0.21. Der standardisierte Wert im Abschnitt Papierfabrik mit 0.08 ist nur geringfügig besser als im Vorher-Zustand (0.03).

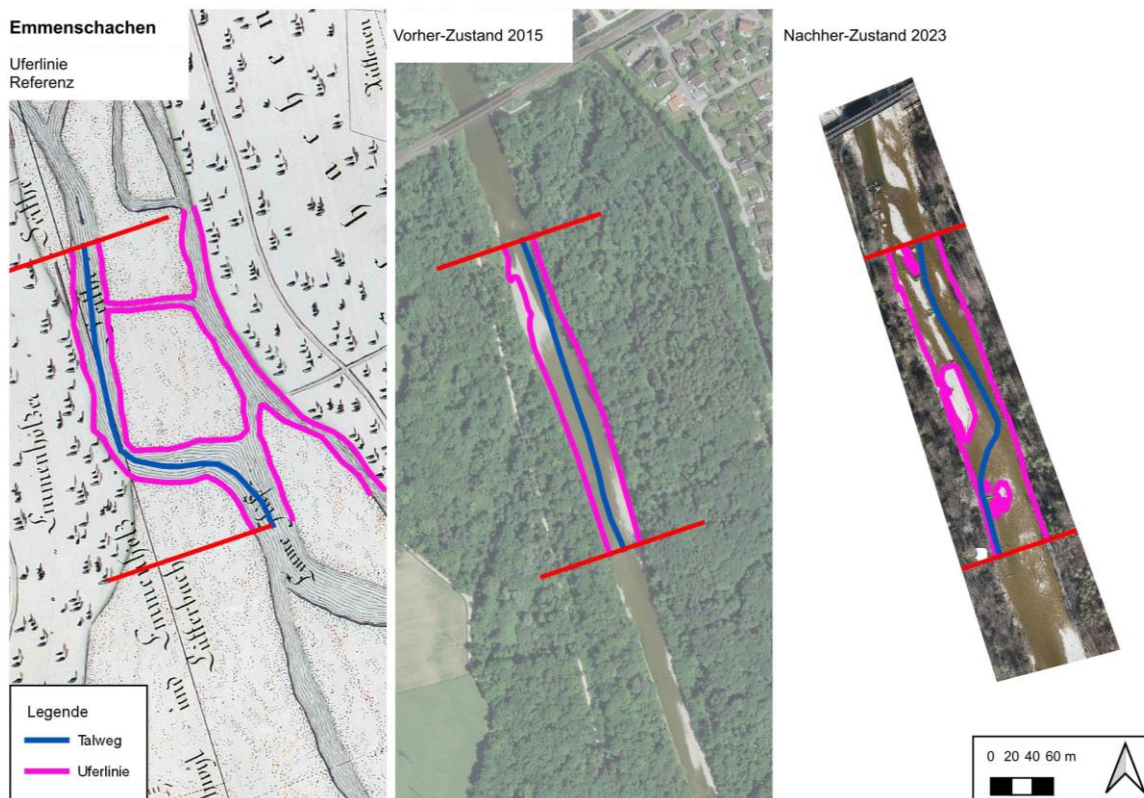


Abbildung 5 Uferlinie und Talweg bei MQ im Abschnitt Emmenschachen im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

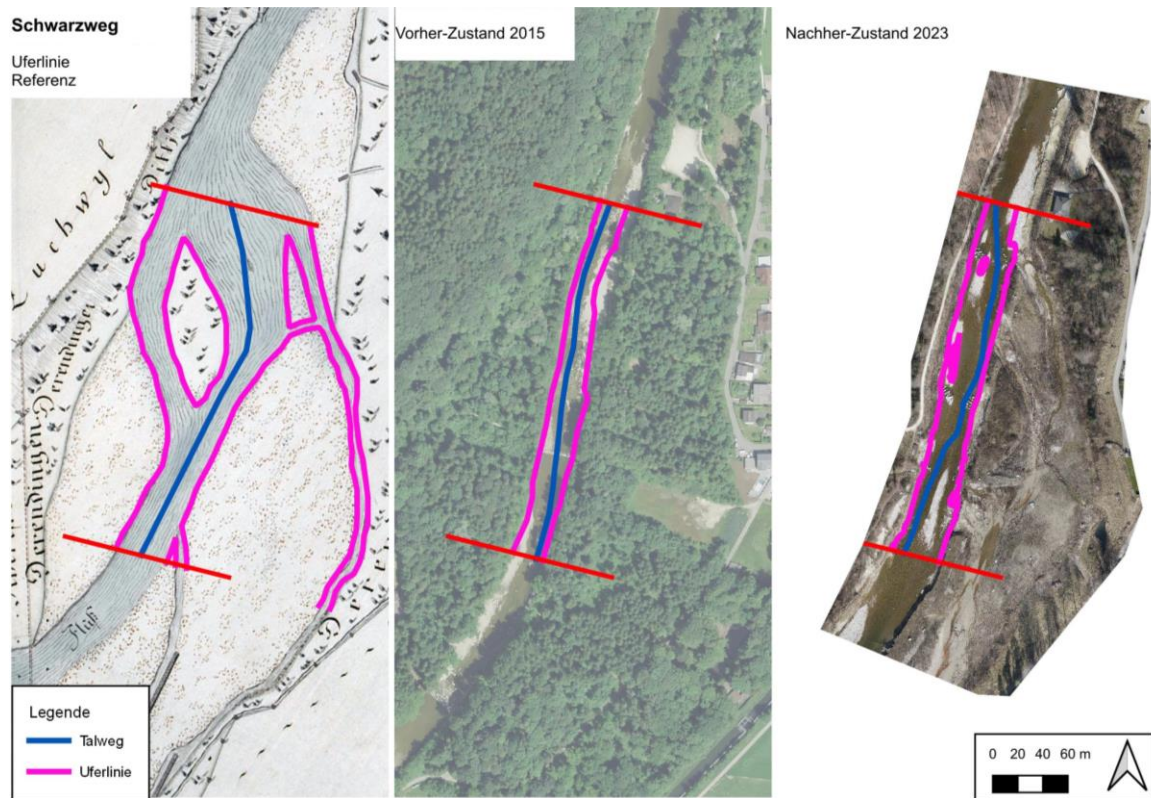


Abbildung 6 Uferlinie und Talweg bei MQ im Abschnitt Schwarzweg im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

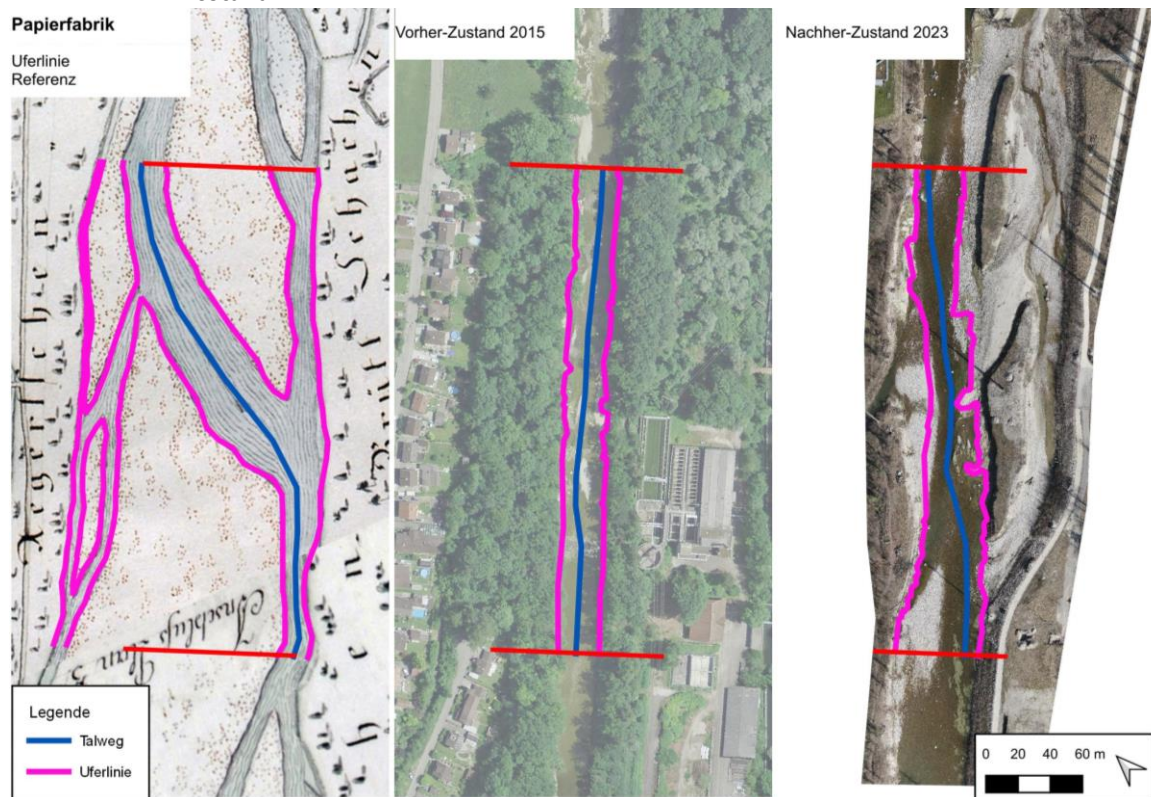


Abbildung 7 Uferlinie und Talweg bei MQ im Abschnitt Papierfabrik im Referenz-, Vorher- und Nachher-Zustand.

4.4 Vergleich mit Referenzzustand

Gemäss der historischen Karten wies die Emme im 19. Jahrhundert ein breites verzweigtes Kiesbett auf. Entsprechend hoch ist das Verhältnis aus Uferlinie zu Talweg. Der kanalartige Lauf im Vorher-Zustand hingegen stellt das mögliche Minimum an Uferlinie dar.

Der Abschnitt Emmenschachen ähnelt im Nachher-Zustand am ehesten der historischen Referenz. Durch die Verbreiterung des Gerinnes bildete sich eine strukturierte Sohle aus. Neben den mittigen Kiesinseln entstanden meist zwei durchflossene Arme, welche sich im Lauf der letzten Jahre sogar verlagerten. Bei mittlerem Abfluss ragen die Bänke heraus, weshalb die Uferlinie deutlich länger ist als im Vorher-Zustand.

In den anderen beiden Abschnitten hat sich die Emme in den anstehenden Felsen eingegraben. Durch diese Eintiefung ist der Bereich des mittleren Abflusses vordefiniert. Es sind keine Laufveränderungen wie im Emmenschachen mehr möglich. Deshalb unterscheidet sich die Uferlinie nicht sehr stark zum Vorher-Zustand. Lediglich die durchgeführten Massnahmen wie der Bau von Bühnen, Rampen, ingenieurb biologischen Strukturierungen und kleine Kiesbänke sorgen für mehr Länge in der Uferlinie.

4.5 Kurzdiskussion

Durch die Aufweitung der Emme wurden die Möglichkeiten für eine strukturreichere Sohle geschaffen. Die Auswertung des Indikators Uferlinie ergibt, dass die Verhältnisse gegenüber dem Vorher-Zustand besser geworden sind, aber dass der Referenzzustand nicht erreicht werden wird, auch in Zukunft nicht. Weil die Abschnitte Emmenschachen, Schwarzweg und Papierfabrik Restwasserstrecken sind, ist der Referenzzustand aber auch nicht ein geeignetes Mass für die Beurteilung. Eine Aufteilung der Emme in mehrere Arme wie im Referenzzustand hätte den Nachteil, dass die Abflusstiefen und Fliessgeschwindigkeiten gerade in den trockenen Perioden noch geringer würden, was aus gewässerökologischer Sicht unerwünscht wäre.

5 Geschiebehaushalt

5.1 Beschrieb

Grundlage Handbuch EAWAG, Steckbriefnr. 12, Geschiebe: Geschiebehaushalt (Woolsey, S. et al., 2005). Da dieser Indikator schon im Ausgangszustand beurteilt wurde, wird er auch für die vorliegende Beurteilung des Geschiebehaushaltes verwendet.

Definition Qualitative Beschreibung des Geschiebehaushaltes

Begründung Sedimentation, Umlagerung und Erosion von Geschiebe (Korngrösse > 1 cm) sind die treibenden Kräfte eines Fließgewässers. Sie sind für die Entstehung einer Vielzahl von Lebensräumen verantwortlich.

Der Geschiebeeintrag in die Projektstrecke muss darum genügend gross sein, und der Geschiebehaushalt muss sich in einem Gleichgewichtszustand oder sogar in einem leichten Auflandungszustand befinden. In einem solchen Zustand ist mit Sohlenstrukturen und einem vielfältigen Sohlensubstrat zu rechnen.

5.2 Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten Auswertung der BAFU-Querprofile (Neuvermessung alle 10 Jahre)

Vorgehen Beurteilung, ob ein Erosions- oder Auflandungszustand vorhanden ist. Bisherige Aufnahmen von BAFU-Querprofilen sind aus den Jahren 1928, 1970, 1979, 1984, 1992, 2004, 2006, 2013 und 2021 vorhanden.

Auswertung Qualitative Beurteilung des Geschiebehaushaltes, des Geschiebetransports, der Geschiebeumlagerung und der Seitenerosionsprozesse aufgrund von gemessenen Längen- und Querprofilen. Auswertung der vorhandenen Berichte zum Geschiebehaushalt der Emme.

Die Bewertung des Geschiebeaufkommens im Einzugsgebiet erfolgt durch den Wert $A_{\text{Einzugsgebiet}}$ (A_{EZG}). Dieser Wert beurteilt, wie stark das Geschiebeaufkommen im Einzugsgebiet beeinflusst ist. Bei einer geringen Beeinflussung beträgt der Wert 0.5, bei einem stark reduzierten Aufkommen 0.0 (Woolsey, S. et al.).

Zur Bewertung der morphologischen Prozesse werden gemäss (Woolsey, S. et al.) folgende 5 Prozesse beurteilt und mit dem Parameter $A_{\text{Projektstrecke}}$ (A_{PS}) bewertet:

1. Durchgängigkeit: Ist die Durchgängigkeit des Geschiebes gewährleistet ($A_{\text{PS}} = 0.0$ bis 0.1)?
2. Seitenerosionsprozesse: Sind Seitenerosionsprozesse oder Gerinneverlagerungen möglich ($A_{\text{PS}} = 0.0$ bis 0.2)?
3. Geschiebeumlagerung: Besteht die Tendenz zu Ablagerungen oder Umlagerungen ($A_{\text{PS}} = 0.0$ bis 0.2)?

4. Sohlenerosion: Besteht die Tendenz zu Sohlenerosion ($A_{PS} = 0.0$ bis -0.2)?
5. Defizite im Unterwasser: Führen Ablagerungen in der Projektstrecke zu einem Geschiebedefizit im Unterwasser ($A_{PS} = 0.0$ bis -0.2)?

5.3 Resultate

Geschichte

Im Rahmen der Korrektur gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Emme begradigt und ihr Gerinne eingengt. Dies führte zu einer Zunahme der Transportkapazität und als Folge davon zu einer Eintiefung der Sohle. Zahlreiche Kiesentnahmen entlang des Flusslaufs verschärften die Situation. Zwar waren die Erosionen anfänglich erwünscht, um die Hochwassersicherheit zu erhöhen, schon bald nach der Korrektur zeigten sich jedoch die Nachteile in Form von unterspülten Brückenwiderlagern und Uferverbauungen. Mit dem Bau von Schwellen wurde versucht, der Eintiefungstendenz entgegenzuwirken. Unterdessen ist der Lauf der Emme mit ca. 80 Schwellen (Eggiwil bis Aare) massiv verbaut.

In der Studie Emme 2050 (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich (VAW) und das Geographische Institut der Universität Bern (GIUB), 1987) wurde die Erosionsproblematik untersucht. Die im Jahr 1987 abgeschlossene Studie zeigte, dass die Erosionsprozesse zwar am Abklingen sind, dass aber auch in Zukunft mit weiteren Erosionen zu rechnen ist. Aufgrund dieser Prognose wurde die Kiesentnahmestelle Utzenstorf, das letzte Kieswerk an der Emme, 1994 stillgelegt.

In der Periode von 1928 bis 1940 befand sich die Emme im Solothurner Abschnitt noch in einem Auflandungszustand. Grund für die Auflandungen im Unterlauf war der grosse Geschiebeeintrag wegen starker Erosionen im Oberlauf. Erst nachdem der Oberlauf durch den Bau von Schwellen immer mehr stabilisiert wurde und der Geschiebeeintrag nachliess, begann sich die Emme auch im Unterlauf einzutiefen. Im Solothurner Abschnitt war dies ab 1940 der Fall. Anschliessend erodierte die Emme anhaltend bis in die 80er Jahre und grub ihr Bett immer tiefer ein. Durch den Bau von Schwellen und Rampen wurde versucht, die Sohle zu stabilisieren.

Geschiebehauhalt in den letzten Jahrzehnten

In der Periode von 1982 bis 2004 befand sich die Emme im Abschnitt Emmenmatt (Kanton Bern) bis Utzenstorf noch in einem Erosionszustand, im Solothurner Abschnitt wurden hingegen leichte Auflandungen festgestellt (Abbildung 8).

Die berechnete mittlere jährliche Geschiebefracht betrug an der Mündung in die Aare rund $12'800 \text{ m}^3/\text{Jahr}$. Diese Menge passt gut mit der im Kiessammler Emmenspitz festgelegten Entnahmemenge von rund $13'100 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ zusammen. Die grossen Hochwasser in den Jahren 2005 und 2007 bewirkten eine markante Zunahme des Geschiebetriebes. So wurde im Zeitraum von 2005 bis Ende 2007 im

Durchschnitt mehr als die doppelte Menge (ca. 30'000 m³/Jahr) aus dem Kiessammler Emmenspitz entnommen.

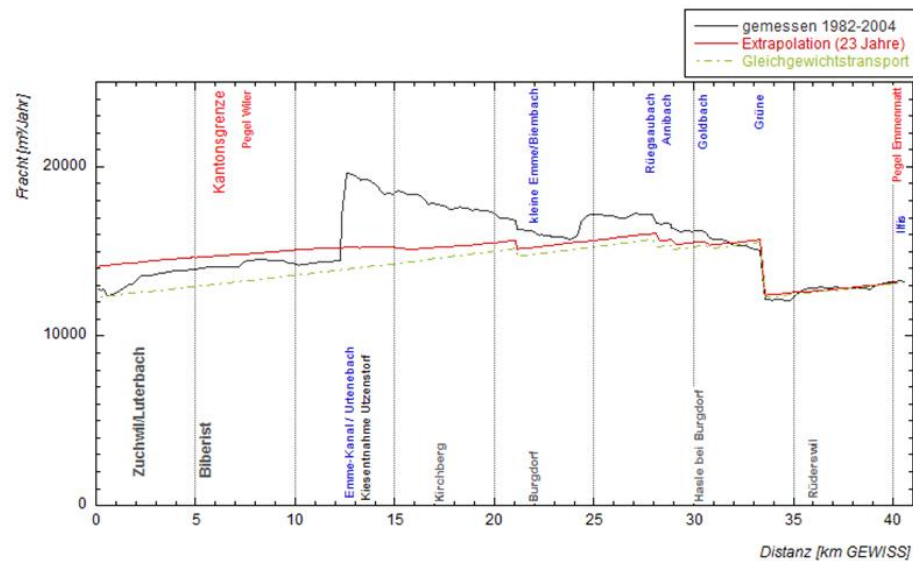


Abbildung 8 Mittlere jährliche Geschiebefrachten⁷ in der Periode 1982-2004 und in Zukunft (Extrapolation) bei gleich bleibender Geschiebezufuhr.

Bewertung
Geschiebe-
aufkommen

Wegen der Einengung der Emme einerseits und der Sohlenstabilisierungsmassnahmen im Einzugsgebiet und in der Emme andererseits ist der Geschiebehaushalt anthropogen massiv beeinflusst. Die Geschiebezufuhr in die Projektstrecke ist jedoch so gross, dass sie den ökologischen Anforderungen genügt. Das Geschiebeaufkommen im IST-Zustand wird darum wie im unbeeinflussten Zustand bewertet.

5.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Der Vergleich der Querprofile aus den Jahren 2013 (vor Massnahmen) und 2021 (nach Massnahmen) zeigt, dass die Emme abschnittsweise massiv verbreitert wurde (Abbildung 10). Da die Aufweitung maschinell erfolgte, können aus der Sohlenveränderungen aber noch keine definitiven Schlussfolgerungen über die Seitenerosionsprozesse oder die Sohlendynamik gezogen werden. Dies ist erst mit der nächsten Aufnahme möglich. Die gemessenen Auflandungen im Hauptgerinne (Abbildung 9), welche eine Folge der abschnittweisen Verbreiterungen sind, sowie

⁷ Das Transportdiagramm stellt den Verlauf der Geschiebeführung entlang einer betrachteten Strecke dar. Eine leicht fallende Kurve entspricht einem Geschiebegleichgewicht unter Berücksichtigung des Geschiebeabtriebs. Ein sprunghafter Anstieg deutet auf den Geschiebeeintrag eines Zubringers hin, ein sprunghafter Abfall auf eine Geschiebeentnahme. Eine Sohlenerosion wird durch einen mehr oder weniger starken Anstieg der Kurve beschrieben, während ein Abfall auf eine Auflandung hindeutet.

die grossen Gerinnebreiten in den Aufweitungen Papierfabrik, Schwarzweg, Rütli und Emmenschachen lassen aber schon jetzt darauf schliessen, dass ein grosses Potenzial für dynamische Prozesse (Geschiebeumlagerungen und Seitenerosionsprozesse) geschaffen wurde.

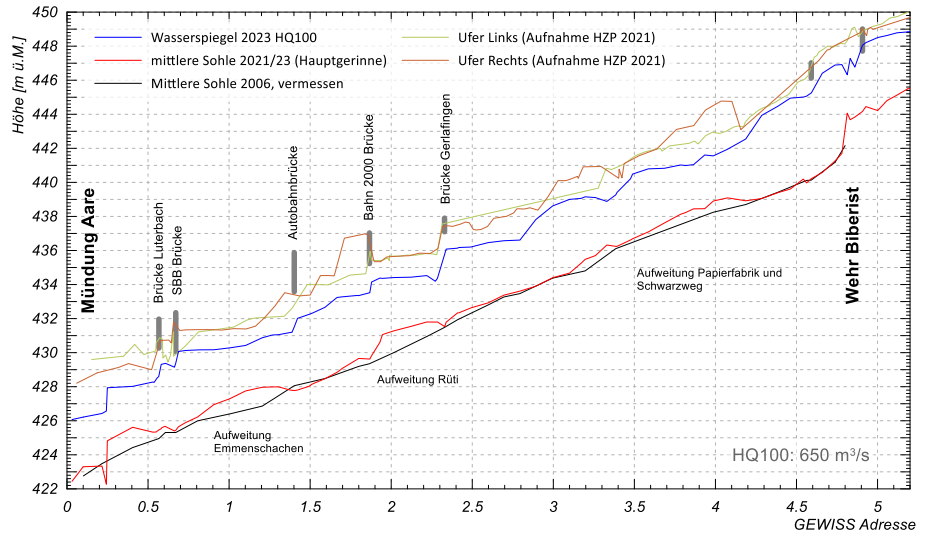
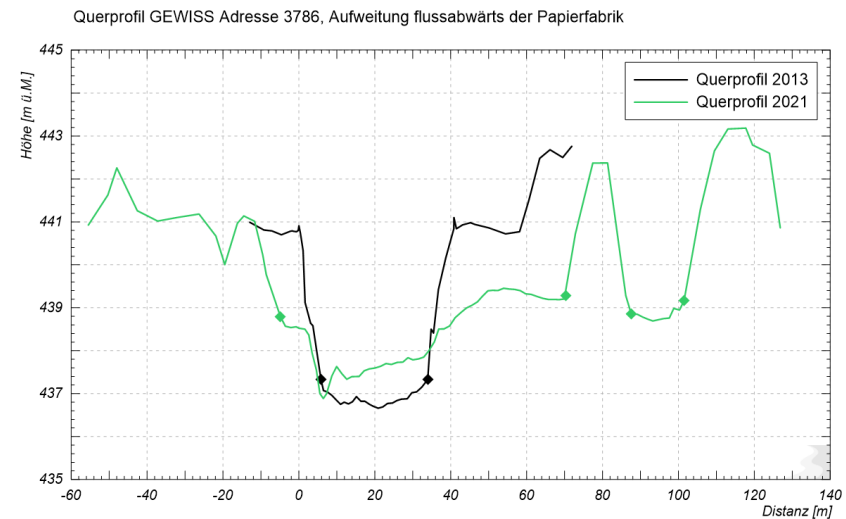
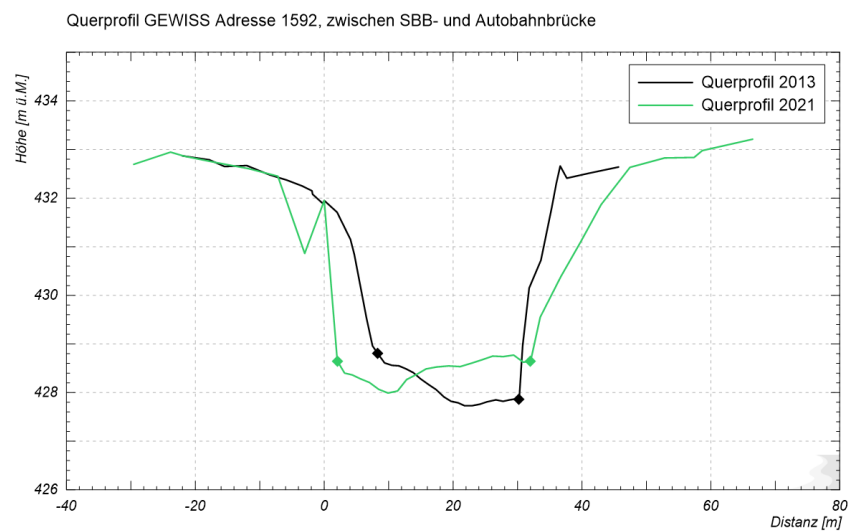
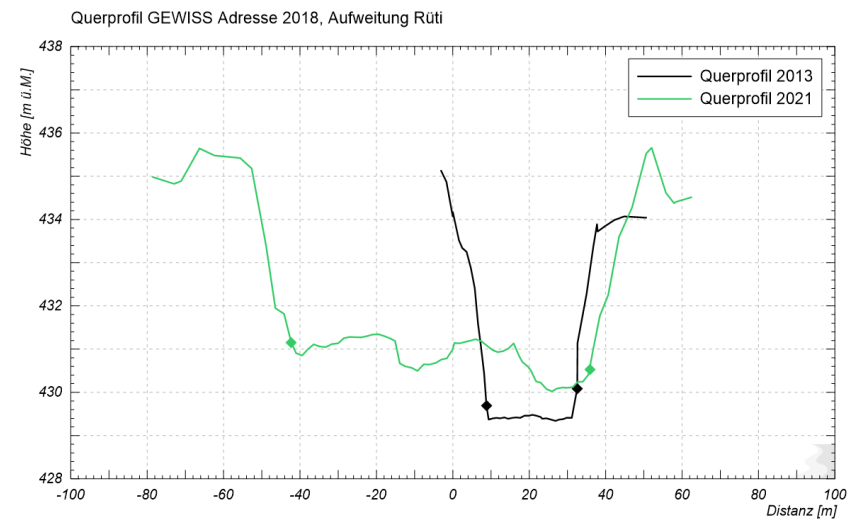
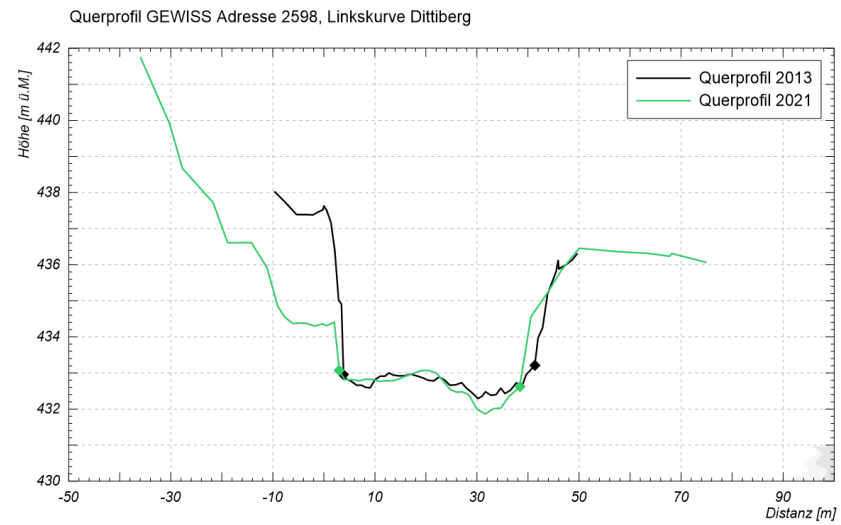


Abbildung 9 Längsprofil zwischen Biberist und der Mündung der Emme in die Aare





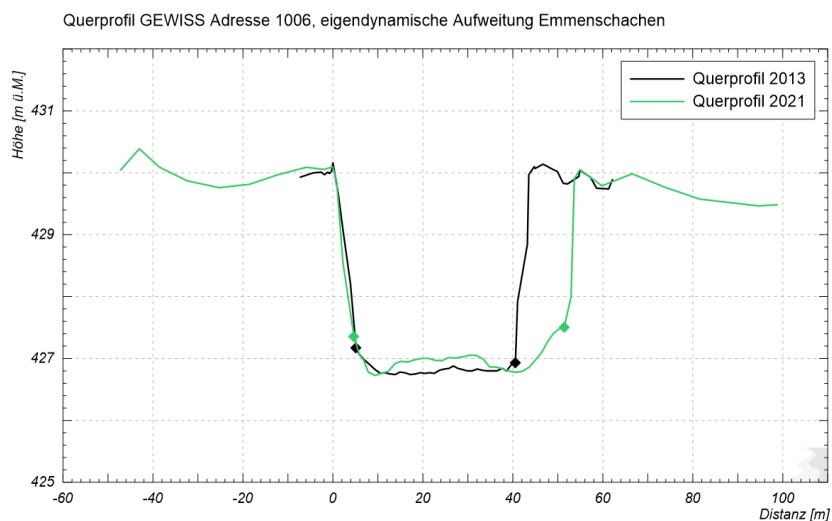


Abbildung 10 Veränderung der Gerinnegeometrie an 5 Standorten

5.5 Kurzdiskussion

AEZG Wert

Im näheren Einzugsgebiet, zwischen Kirchberg und der Kantonsgrenze BE/SO, wurden seit 2013 zwei Aufweitungen realisiert (Kirchberg-Alchenflüh und Aemmeschachen bei Utzenstorf). Diese Aufweitungen führten gemäss den Querprofilaufnahmen des BAFU⁸ von 2013 bis 2021 zu einer Reduktion des Geschiebetransports flussabwärts und zu einer geringeren Geschiebezufuhr in den Solothurner Abschnitt⁹. Nach Abschluss der Umlagerungsprozesse in den Aufweitungen wird der Durchtransport aber wieder gewährleistet sein. Der AEZG Wert wird darum mit 0.5 bewertet.

Durchgängigkeit

Das Wehr Biberist ist für das Geschiebe durchgängig. Ein temporärer Rückhalt flussaufwärts des Wehres bei Niederwasser ist möglich, bei Hochwasser wird das Material jedoch wieder mobilisiert und durchtransportiert. Der A_{PS} Wert für die Durchgängigkeit beträgt darum 0.1.

Seitenerosionsprozesse

In den Aufweitungen Papierfabrik und Schwarzweg sind die Inseln zwischen dem Hauptgerinne und den tief liegenden Überflutungsflächen nicht befestigt und können erodiert werden. Im Emmeschachen sind die Ufer nicht gesichert und unterliegen eigendynamischen Erosionsprozessen. Wegen der sich bildenden Sohlenstrukturen und der daraus folgenden Querströmungen darf in Zukunft tendenziell mit einer Intensivierung der Seitenerosionsprozesse, vor allem im

⁸ Analyse der Veränderung der mittleren Sohle

⁹ In der Auswertung der Sohlenveränderungen ist die Geschiebezufuhr aus Seitenerosionsprozessen nicht berücksichtigt

Emmenschachen, gerechnet werden. Diese Prozesse können aber nur abschnittsweise erfolgen, der A_{PS} Seitenerosionsprozesse beträgt darum 0.1.

*Geschiebe-
umlagerung*

Die Analyse der Sohlenveränderungen zwischen 2013 und 2021 zeigt, dass in den Aufweitungen die Sohle auflandet und sich die Sohle strukturiert. Diese morphologischen Prozesse sind in der Mehrheit der Abschnitte vorhanden (Abbildung 11). Zwar ist damit zu rechnen, dass in den grossen Aufweitungen Papierfabrik und Schwarzweg, welche nur selten überflutet werden, eine dichte Vegetation aufkommt, welche die morphologischen Umlagerungsprozesse stark begrenzt, im Hauptgerinne und in den Aufweitungen Rüti und Emmenschachen ist jedoch mit intensiven Umlagerungsprozessen zu rechnen. Der A_{PS} Geschiebeumlagerungen wird darum mit dem Maximum = 0.2 bewertet.

*Bewertung
Geschiebehaushalt*

Insgesamt wird die Geschiebehaushaltsbewertung aus der Summe der Bewertungen des Geschiebeaufkommens und der Projektstrecke berechnet. Für das Jahr 2015 betrug der standardisierte Wert für den Geschiebehaushalt 0.6. Infolge der Massnahmen hat dieser auf 0.9 zugenommen.

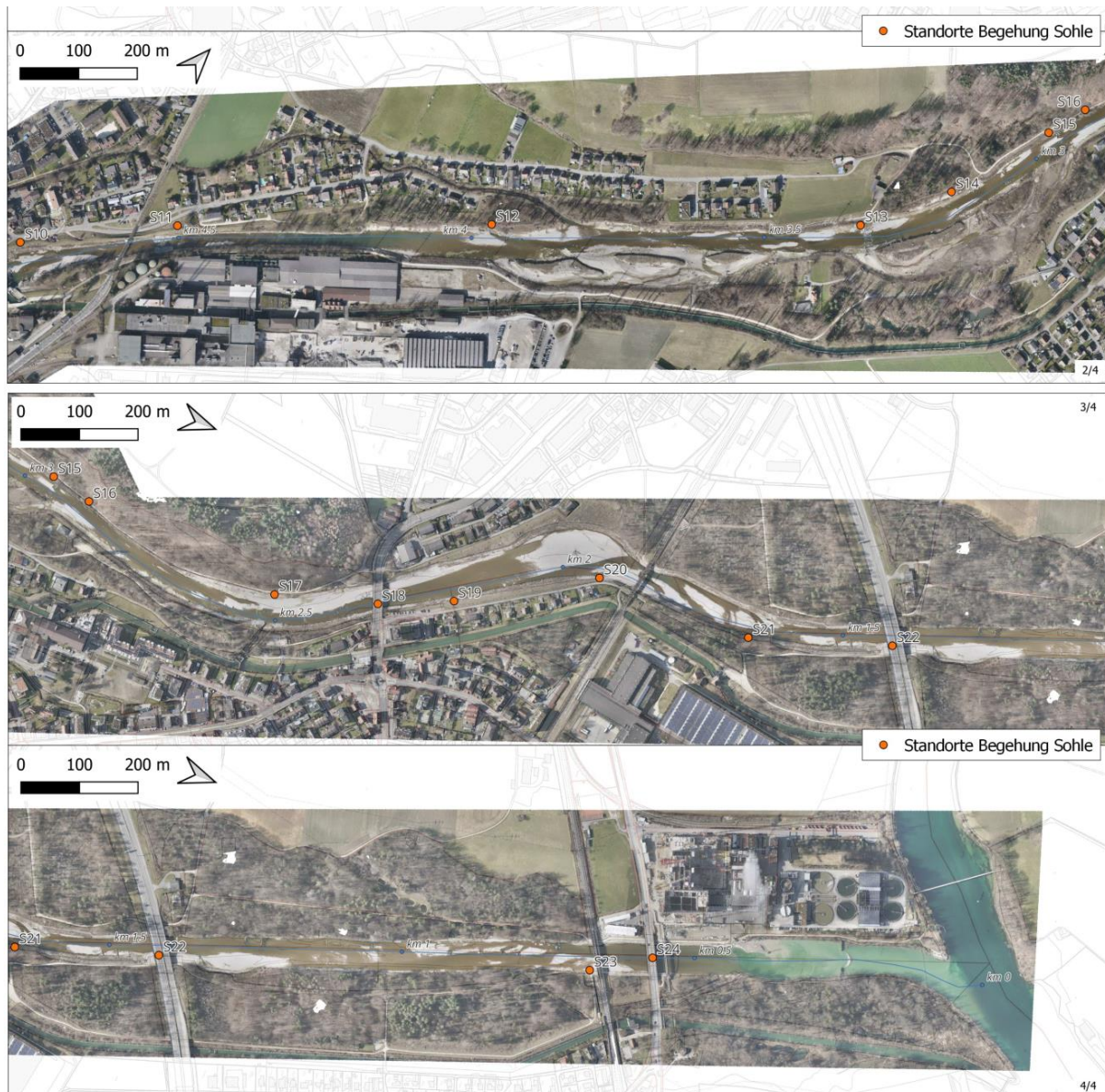


Abbildung 11 Strukturierung der Sohle nach den Massnahmen (Luftbilder gemäss SOGIS im Feb. 2023)

Bewertung Projektstrecke

Die Projektstrecke wird wie folgt bewertet:

Bewertungsparameter	Vor Massnahmen (2015)	Nach Massnahmen (2023)
A _{EZG} Wert	0.5	0.5
A _{PS} Durchgängigkeit	0.1	0.1
A _{PS} Seitenerosionsprozesse	0.0	0.1
A _{PS} Geschiebeumlagerungen	0.0	0.2
A _{PS} Sohlenerosion	0.0	0.0
A _{PS} Defizit im Unterwasser	0.0	0.0
Standardisierter Wert	0.6	0.9

6 Wassertemperatur

6.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 11 «Spezifische Ziele». Auswertung nach (Dübendorfer et al., 2011) (Guthruf, 2002)
<i>Definition</i>	Räumliche und zeitliche Entwicklung der Wassertemperatur, mit einem Schwerpunkt auf der sommerlichen Schönwetter- und Niederwasserperiode.
<i>Begründung</i>	Die Wassertemperatur ist eine der Schlüsselgrössen aquatischer Ökosysteme. Sie bestimmt die Zusammensetzung und Verteilung der aquatischen Organismen sowie die Geschwindigkeit, mit der fundamentale Prozesse ablaufen. In vielen natürlichen Gewässern variiert die Wassertemperatur räumlich und zeitlich, z. B. bedingt durch aufstossendes Grundwasser, Beschattung und Zuflüsse. Ökologischen Aufwertungen von Flüssen wird prinzipiell eine «kühlende» Wirkung zugeschrieben (bessere Beschattung, verstärkter Austausch mit dem Grundwasser, bessere Vernetzung mit den Auengewässern). Das Angebot und die Erreichbarkeit von thermischen Refugien für Fische und andere Organismen verbessern sich. Dem steht aber ein erhöhter Anteil an nackten Kiesflächen gegenüber. Sie erwärmen sich im Sommer stark und «produzieren» daher bei Regen warmes Wasser. Die Wassertemperatur kann in der Emme für Fische kritische Werte erreichen.

6.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Zeitreihen der Wassertemperatur an 3 Stellen entlang der Restwasserstrecke
<i>Vorgehen</i>	Ganzjährige Messung der Wassertemperatur mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten. Betreuung und Auslesung der Temperaturlogger durch die Hydrometrie des Amtes für Umweltschutz SO.
<i>Erhebungen</i>	<i>Standort Biberist</i> Dauer: 14.5.2023 – 13.5.2024 Koordinaten: 2'609'518 / 1'225'494 Uferseite: links <i>Standort Luterbach (Emmenschachen)</i> Dauer: 14.5.2023 – 13.5.2024 Koordinaten: 2'610'209 / 1'229'160 Uferseite: links Die Standorte beider Logger sind nicht identisch mit denen von 2014. Sie mussten wegen der Umgestaltung der Ufer anders platziert werden. Sie wurden jedoch so gewählt, dass sie vergleichbar mit denjenigen von 2014 sind. Der Temperaturlogger am dritten Standort bei Derendingen (Schwarzweg) ging verloren, weshalb für diesen Standort keine Daten vorliegen.

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Standort Biberist	•	•	•	•			
Standort Derendingen (Schwarzweg)	–	–	–	–			
Standort Luterbach (Emmenschachen)	•	•	•	•			

Auswertung

Die Emme gehört limnologisch zum Hyporhithral, dessen Leitart die Äsche ist. Die Bewertung des Temperaturregimes orientiert sich an Normwerten für diesen Gewässertyp und diese Fischart. Für die entsprechenden Auswertungen wurde die Excel-Anwendung des sistierten Moduls «Temperatur des Modulstufenkonzeptes» verwendet.

Folgende Auswertungen wurden durchgeführt:

1. Normalbereich: Bewertung der Natürlichkeit der Temperaturverhältnisse anhand der Abweichungen von einer für den Gewässertyp charakteristischen Sollkurve. Datenbasis Tagesmittelwerte.
2. Temperaturschwellenwerte: Vergleich mit spezifischen Grenzwerten für zwei ökologisch sensitive Zeitfenster der Äsche (Tabelle 6): Entwicklungszeit der Eier und Schlupfzeit der Larven sowie Entwicklungszeit der Larven und der Jungfische (0⁺-Fische). Datenbasis Tagesextremwerte (Maxima und Minima).

Zeitfenster	von Tag	bis Tag	OSS [°C]	Tol _{OSS} [Anz.]	OL [°C]	Tol _{OL} [Anz.]
ZF 1	91	120	14	6	16	3
ZF 2	121	270	24	15	26	0
Zeitfenster	von Tag	bis Tag	USS [°C]	Tol _{USS} [Anz.]	UL [°C]	Tol _{UL} [Anz.]
ZF 1	91	120	5	6	3	3
ZF 2	121	270	8	30	4	8

Tabelle 6 Temperaturansprüche an die Tagesmaximal- und Tagesminimaltemperatur der Äsche (Dübendorfer et al., 2011).

OSS = Obere Schadensschwellentemperatur

OL = Obere Letaltemperatur

USS = Untere Schadensschwellentemperatur

UL = Untere Letaltemperatur

Tol = Anzahl tolerierbare Tage mit Über- bzw. Unterschreitung

6.3 Resultate

Die Tagesmittelwerte von Biberist zeigten 3 Unterschreitungen und 60 Überschreitungen des normalen Temperaturbereichs für das Hyporhithral. In Luterbach waren es ebenfalls 3 Unterschreitungen, aber 94 Überschreitungen. Zusätzlich gab es an beiden Standorten je 3 Überschreitungen der oberen Schwankungsgrenze. Die Abweichungen von der Sollkurve waren somit erheblich, in Luterbach zudem deutlich ausgeprägter als in Biberist (Abbildung 12).

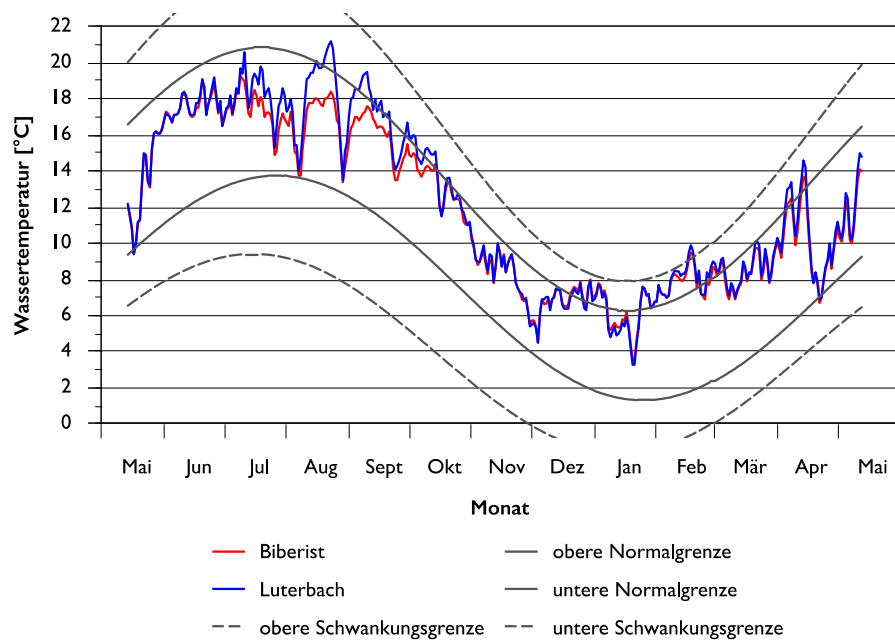


Abbildung 12 Verlauf der Wassertemperatur (Tagesmittelwerte) an den Standorten Biberist und Luterbach vom April 2023 bis Mai 2024. Definition der oberen Normalgrenze: über die Referenzstationen gemittelte 95 % -Quantile der Tagesmaximaltemperaturen. Abgrenzung des Schwankungsbereichs zum Extrembereich: Umhüllende aller 95 %-Quantile der Tagesmaximaltemperaturen (Maximum über alle Referenzstationen).

Betrachtet man die Temperaturschwellenwerte zeigt sich ein ähnliches Bild. In Biberist lagen 6, in Luterbach 9 Tagesmaxima über dem Schadensschwellenwert von 14 °C während der sensiblen Phase im April (Entwicklungszeit der Äscheneier). In Luterbach lagen zudem während des zweiten sensitiven Zeitfensters im Sommer 3 Tagesmaxima über dem Schwellenwert von 24 °C. Zusätzlich lagen in Biberist ein, in Luterbach 3 Tagesmaximalwerte über dem als Letaltemperatur geltenden Wert von 16 °C während der sensiblen Phase im April.

6.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Ein Vergleich der Wassertemperatur im kanalisiertem Zustand (2014) mit der im revitalisierten Zustand (2002/24) ist nur sehr bedingt möglich. Allfällige Veränderungen aufgrund der Umgestaltung des Gerinnes werden durch die klimatisch unterschiedlichen Jahre überlagert. Der April 2014 war wärmer, der von 2023 kühler als im langjährigen Durchschnitt. Der Sommer 2014 hingegen war kühler, der von 2023 wärmer als im Mittel zu erwarten war.

Somit überrascht es nicht, dass 2023 mehr Überschreitungen des normalen Temperaturbereichs festgestellt wurden als 2014. In Biberist waren es plus 40 %, in Luterbach plus 260 %. Hinsichtlich der Anzahl Überschreitungen der oberen Temperaturschwellenwerte zeigt sich ein differenzierteres Bild: Im Jahr 2023 wurde gegenüber 2014 ein Plus von 200 % in Biberist, aber ein Minus von 8 % in Luterbach verzeichnet.

Die 2023 besseren Bedingungen hinsichtlich der Maximaltemperaturen in Luterbach zeigen sich auch im Vergleich der Anzahl Tagesmaxima über der Letaltemperatur im April. Während dies 2014 an 5 Tagen der Fall war, lagen 2023 nur 3 Tagesmaxima darüber.

6.5 Kurzdiskussion

Für die Messstelle Derendingen lagen wegen des Verlusts des Loggers keine Daten vor.

Entlang der Untersuchungsstrecke ist bei Niederwasser (Restwasser) prinzipiell eine Erhöhung der Wassertemperatur im Sommer und eine Absenkung im Winter zu erwarten. Diese Annahme wurde bereits in einer früheren Untersuchung an der Emme bestätigt (Guthruf. J., 2002). Die nun erhobenen Messwerte bekräftigen diesen Befund für das Sommerhalbjahr. Die Exfiltration von Grundwasser oberhalb der Felsrippe bei Derendingen (Stelle Biberist) vermag offenbar den Anstieg der Wassertemperatur (vgl. Juli – Oktober in Abbildung 12) nicht zu verhindern. Eine deutliche Abkühlung im Winter konnte hingegen nicht beobachtet werden.

Die festgestellten Über- und Unterschreitungen der Tagesmittelwerte vom erwarteten **Normalbereichs** werden als eine Abweichung von den natürlichen Temperaturverhältnissen angesehen. Insbesondere die Überschreitungen gelten bei häufigem Auftreten als ökologisch relevant. Die vielen Abweichungen von der Sollkurve führen in der fünfstufigen Klassierung für beide Stellen zu einer Einstufung in die Klasse 3 („wesentlich verändert“; Tabelle 7). Gegenüber den Daten von 2014 verändert sich damit für den Standort Biberist nichts. Für Luterbach hingegen resultierte damals eine bessere Grundbewertung («wenig verändert»).

Zur Feinjustierung der Bewertung wird ermittelt, ob und wie viele der acht **Temperaturschwellenwerte** für die Äsche (Tabelle 6) öfter als gemäss der art- und

periodenspezifischen Anzahl tolerierbarer Tage über- resp. unterschritten werden. Die Grundbewertung wird um eine Klasse bzw. zwei Klassen erhöht, falls 2–3 bzw. > 3 Schwellenwerte überschritten werden.

Für die Stelle Biberist wird wie bereits für die Daten 2014 kein Temperaturschwellenwert überschritten. Folglich erfolgt keine Korrektur der Grundbewertung. Beim Standort Luterbach wurde für 2023/24 lediglich ein Schwellenwert, für 2014 aber zwei Schwellenwerte überschritten. Demnach wurde die Grundbewertung für die damaligen Daten um einen Punkt nach unten korrigiert. Somit resultierte für beide Messreihen und für beide Standorte ein Wert von 3, was einer Zustandsklasse von „wesentlich verändert“ entspricht.

Messstelle	2014			2023/24		
	Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse	Grundbewertung	Korrekturfaktor	Zustandsklasse
Biberist	3	+0	3	3	+0	3
Derendingen	Loggerverlust			Datenlücke		
Luterbach	2	+1	3	3	+0	3

Tabelle 7 Bewertung der Natürlichkeit der Wassertemperatur gemäss MSK Temperatur (Dübendorfer et al., 2011).

Das Temperaturregime im Untersuchungsperimeter der Emme gilt demnach als „wesentlich verändert“. Diese Aussage ist aber gemäss dem Modul Temperatur des Modulstufenkonzeptes (Dübendorfer et al., 2011) als „provisorisch“ zu werten, da eine Zeitreihe von mindestens 5 Jahren für verlässliche Aussagen verlangt wird. Die Bewertung wird aber gestützt durch den Befund, dass Kaltwasserarten im Fischbestand weitgehend fehlen (Kap. 17).

Das Jahr 2023 war nach 2022 über die gesamte Schweiz betrachtet das zweitwärmste seit Messbeginn (MeteoSchweiz, 2024). Nach einem Frühling mit Lufttemperaturen im Bereich der Norm, brachten Juli und August Hitzewellen. Aber auch September und Oktober zeigten Rekordtemperaturen. Insofern kann der Jahresgang 2023/24 in der Emme als überdurchschnittlich warm eingestuft werden – im Gegensatz zu dem von 2014, der zu kühl war.

7 Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit

7.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikator 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fliessgeschwindigkeit Berechnung des HMID (Hydromorphologischer Index der Diversität) (Gostner, W., Schleiss, A., 2011)
<i>Definition</i>	Bestimmung der hydraulischen Bedingungen (Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit bei günstige Abflussbedingungen, d.h. mittlere Niederwasserführung wie z.B. im Spätsommer und Herbst für Gewässer in tieferen Lagen (Q200 bis Q300).
<i>Begründung</i>	Die Variabilität der Abflusstiefen und Fliessgeschwindigkeiten ist ein geeigneter Parameter zur Beurteilung der Morphologie resp. der Sohlenstrukturen. Zudem charakterisiert sie die räumliche Verteilung unterschiedlicher Lebensräume, insbesondere für Adult- und Jungfische.

7.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Methodik</i>	Als Grundlage für die Auswertung wurde ein hydraulisches Strömungsmodell erstellt. Dieses basiert auf einem Geländemodell mit korrigierter Sohlentopografie, welche 2015 auf der Grundlage von Gerinnevermessungen mit dem GPS erstellt wurde, 2023 durch die Befliegung mit einer Drohne. Das Geländemodell 2023 wurde durch die Firma W+H AG generiert. Für die Modellierung wurde sowohl im Vorher- als auch im Nachher-Zustand der Restwasserabfluss im Winter von 1.8 m³/s verwendet ¹⁰. Das Ergebnis der hydraulischen Simulationen ist eine Raster-Datei pro Zeitpunkt (2015 und 2023) mit einer Auflösung von 50x50 cm mit Informationen zu Geländehöhe, Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe an jedem Pixel. Die Modellierung bietet also den Vorteil einer flächenhaften Erfassung der Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Einziger Nachteil sind die Ungenauigkeiten in tiefen Bereichen (Kolke) und Weisswasserbereichen. Dort werden die Fliesstiefen unterschätzt und entsprechen nicht den vor Ort abgeschätzten Tiefen. Ansonsten ist die flächenhafte Modellierung der Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten sehr genau.
<i>Ermittlung HMID</i>	Beim Vorher-Zustand 2015 wurde der HMID (Hydromorphologische Index der Diversität) ausgewertet. Dieser wurde mittlerweile vom Indikator 1.3 und 1.4 der Praxisdokumentation abgelöst. Da die Ergebnisse der standardisierten Bewertung gemäss der Praxisdoku aus unserer Sicht nicht die tatsächlichen Bedingungen

¹⁰ Die Restwassermengen von 0.6 bis 1 m³/s wurden 2013 erhöht und betragen seither 1.8 m³/s von September bis April und 2.3 m³/s von Mai bis August.

widerspiegeln (siehe unten), wurde zusätzlich der HMID für den Nachher-Zustand berechnet. Wegen der Verwendung der ganzen Punktwolke des Modells, fallen bei der Analyse des HMID einzelne Ungenauigkeiten (Kolke) nicht ins Gewicht.

In den HMID gehen alle Werte (Rasterzellen des 2d-Modells 50x50 cm, siehe oben) innerhalb des benetzten Bereichs ein. Der HMID wird mit folgender Formel für die Gesamtstrecke der einzelnen Abschnitte berechnet:

$$HMID_{Abschnitt} = \prod_i V(i) = V(v) \cdot V(t) = \left(1 + \frac{\sigma_v}{\mu_v}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{\sigma_t}{\mu_t}\right)^2$$

Ermittlung standardisierter Wert

Zusätzlich zum HMID wurden Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen des Vorher- und des Nachher-Zustands gem. der Methodik der Praxisdokumentation ausgewertet. Der Vorteil gegenüber dem HMID ist eine getrennte Bewertung der Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Entgegen der Methodik laut Praxisdoku wurden keine Querprofile vor Ort aufgenommen, sondern die Daten aus dem hydraulischen 2D-Strömungsmodell extrahiert.

Pro Abschnitt wurden 19-20 Querprofile definiert und mit einem Punktabstand von 1 m die Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen herausgelesen.

Die Wassertiefe wird anhand der maximalen Wassertiefe pro Querprofil ausgewertet. In die Berechnung gehen in diesem Fall also lediglich 19-20 Werte (da 19-20 Querprofile) ein. Der Quotient aus Standardabweichung und Mittelwert der maximalen Wassertiefe ergibt den standardisierten Wert. Dieser reagiert extrem sensitiv auf Ausreisser. Wird in einem der 19-20 Querprofile die maximale Wassertiefe von 0.8 (Modell) auf 1.6m (vor Ort gemessen) angepasst verändert sich der standardisierte Wert der Wassertiefe von 0.32 auf 0.54.

Wegen der Unsicherheiten des Modells in der Erfassung der Kolkiefen und der beschriebenen Sensitivität des Parameters der Wassertiefe wurde entschieden, zusätzlich den Indikator HMID auszuwerten (siehe oben).

Die Fliessgeschwindigkeit wird mithilfe des Quotienten aus Standardabweichung und Mittelwert aller Messpunkte aller Querprofile ausgewertet. Der standardisierte Wert wird anhand einer Funktion bestimmt (BAFU, 2019).

Erhebungen für den
Vorher- und
Nachher-Zustand

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen				•	•		
Schwarzweg				•	•		
Papierfabrik				•	•		

7.3 Resultate und Vergleich mit dem Vorher-Zustand

7.3.1 Emmenschachen

Vorher-Zustand

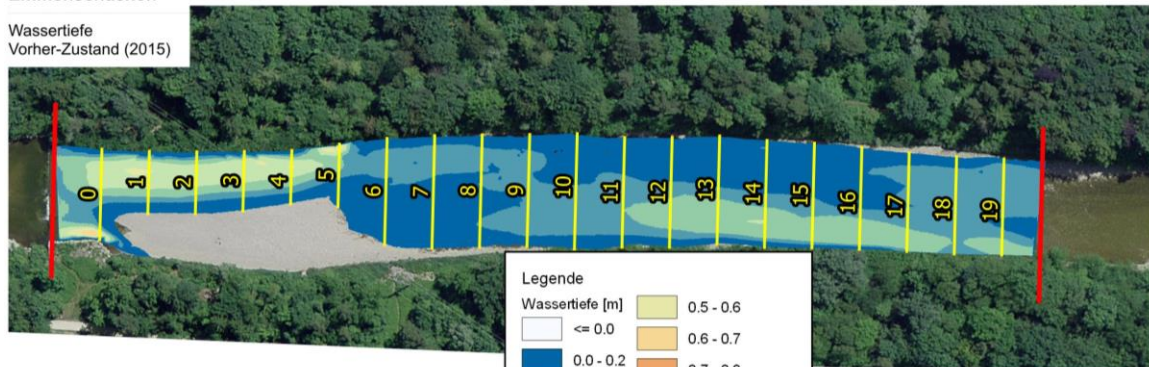
Der Abschnitt wies im Vorher-Zustand 2015 auf den ersten 200 m ein sehr monotones Gerinne auf. Die Sohle war quasi eben mit minimal ausgeprägtem Talweg. Im Gerinne befanden sich fast keine grossen Steine oder andere Elemente (z. B. Wurzelstöcke), welche die regelmässige Strömung störten. Bereits bei kleinen Abflüssen war die ganze Sohle benetzt. Auf den letzten 100 m änderten sich die morphologischen Verhältnisse aufgrund einer linksseitigen Kiesbank. Der Abfluss konzentrierte sich entlang der rechten Böschung und sorgte dort für erhöhte Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Am Ende der Strecke befand sich eine Schwelle. Entsprechend verhielt sich die Wassertiefe. Diese war auf den ersten 200m sehr homogen. Entlang der Kiesbank waren dann etwas erhöhte Wassertiefen von ca. 60cm vorhanden. Die Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten zeigten insgesamt ein recht einfaches Muster. Auch lateral, also quer zur Fliessrichtung gesehen, war wenig Variabilität vorhanden. Die mittlere benetzte Breite betrug 2015 ca. 30 m.

Nachher-Zustand

Im Rahmen der Massnahmen wurde das Gerinne wesentlich aufgeweitet. Die mittlere benetzte Breite liegt heute bei etwa 39 m und ist damit fast 10 m breiter als 2015. Es gibt ausgeprägte Flachwasserzonen. Entlang der steilen, teils unterspülten Ufer stellen sich teilweise hohe Wassertiefen über 1.5 m ein. Auf der gesamten Untersuchungsstrecke sind strömungsbeeinflussende Elemente vorhanden, welche lokal höhere Wassertiefen bis zu 1 m (Kolke) ermöglichen. In den Kolken sind besonders geringe Fliessgeschwindigkeiten bis hin zu stehendem Wasser vorhanden. Das Mosaik aus Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit ist vielfältig und auch die laterale Variabilität ist hoch

Emmenschachen

Wassertiefe
Vorher-Zustand (2015)



Wassertiefe
Nachher-Zustand (2023)

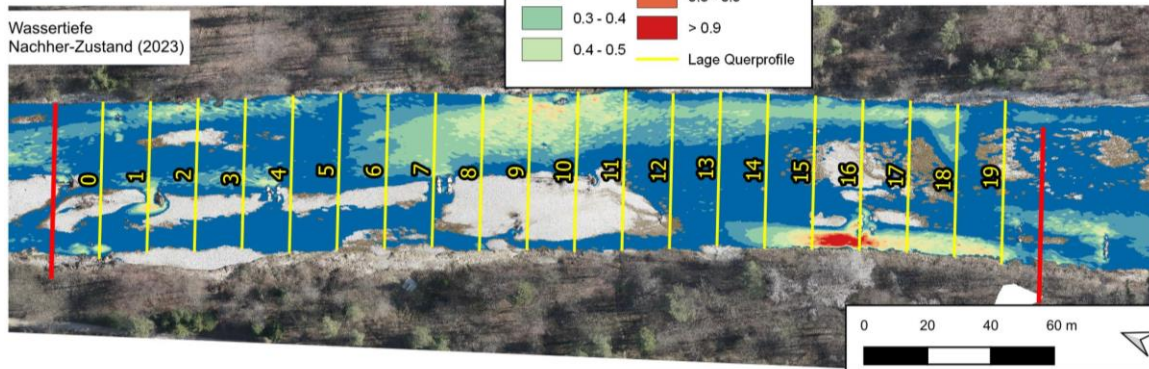
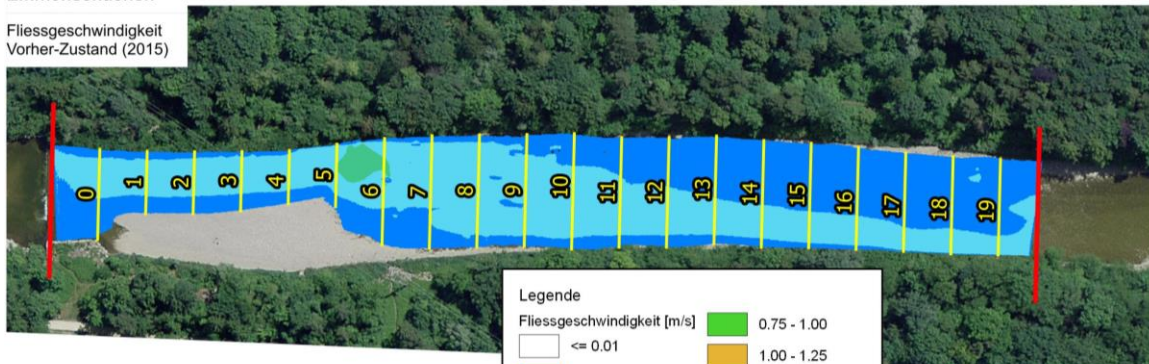


Abbildung 13: Wassertiefen bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ im Unterabschnitt Emmenschachen im Vorher- und Nachher-Zustand. Fliessrichtung von rechts nach links

Emmenschachen

Flie遡geschwindigkeit
Vorher-Zustand (2015)



Flie遡geschwindigkeit
Nachher-Zustand (2023)

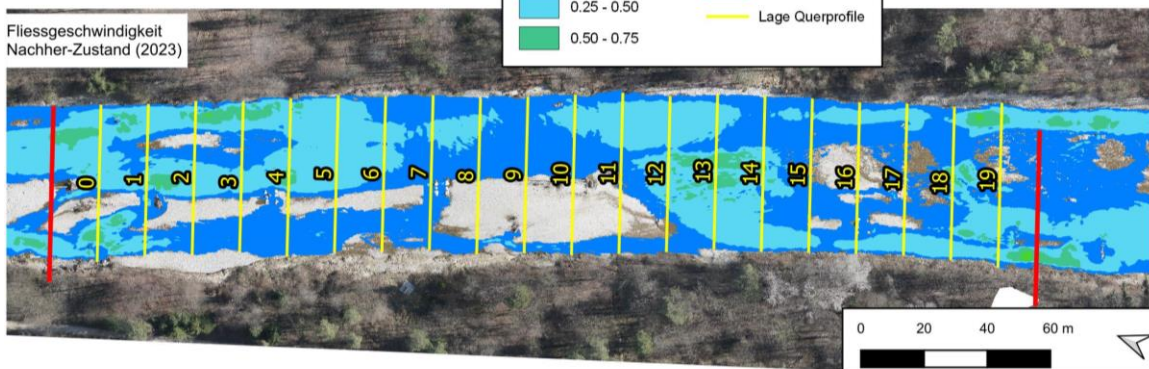


Abbildung 14: Flie遡geschwindigkeiten bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ im Unterabschnitt Emmenschachen im Vorher- und Nachher-Zustand. Fliessrichtung von rechts nach links.

Vergleich

Ergebnisse HMID und standardisierte Bewertung

Emmeschachen	Wasser- tiefe	Fließ- geschwindigkeit	HMID	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2015)	0.28	0.30	4.2	29.6
Nachher (2023)	0.42	0.49	7.8	38.4

Tabelle 8 HMID und standardisierte Werte für 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fließgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt Emmeschachen.

HMID

Im Vorher-Zustand wird in der Untersuchungsstrecke Emmeschachen ein sehr tiefer HMID von 4.2 erreicht. Der tiefe Wert widerspiegelt den optischen Eindruck dieser sehr monotonen, strukturlosen Sohle. Bereits bei kleinen Abflüssen ist die ganze Sohle benetzt. Im Nachher-Zustand nimmt der HMID deutlich zu und es ergeben sich mehr Fließwege aufgrund einer strukturierteren Sohle sowie von grossen Steinen oder anderen Elementen (z. B. Wurzelstöcken), welche die regelmässige Strömung stören.

Wassertiefe

Die Wassertiefen waren 2015 zwischen den Querprofilen 1 und 7 deutlich grösser als 2023 (vgl. Abbildung 15). Dies könnte mit der Schwelle sowie mit der benetzten Breite zu tun haben, welche im Nachher-Zustand knapp 10 m breiter ist als im Vorher-Zustand und in geringeren Fliesstiefen resultiert. Das Mosaik der Wassertiefen ist 2023 aber deutlich diverser als 2015 und damit ist die Variabilität sowohl in Längs- als auch in Querrichtung deutlich grösser. Der standardisierte Wert im Nachher-Zustand ist entsprechend höher (0.42) als im Vorher-Zustand (0.28) (vgl. Tabelle 8).

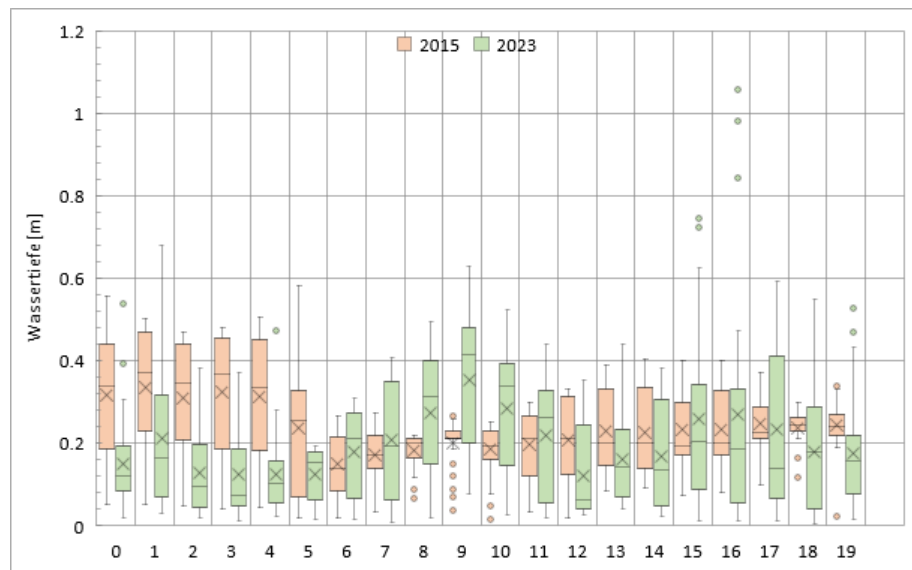


Abbildung 15: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Emmeschachen

Fließgeschwindigkeit

Die Fließgeschwindigkeiten waren im Vorher-Zustand 2015 ausgeglichener als im Nachher-Zustand 2023. Im Vorher-Zustand 2015 gab es in den einzelnen Querprofilen keine grosse Variabilität. Im Nachher-Zustand 2023 ist die Variabilität sowohl in Längs- als auch Querrichtung deutlich grösser (vgl. Abbildung 16). Der standardisierte Wert im Nachher-Zustand ist entsprechend höher (0.49) als im Vorher-Zustand (0.30), was auf das vielfältigere Strömungsmuster 2023 zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 8).

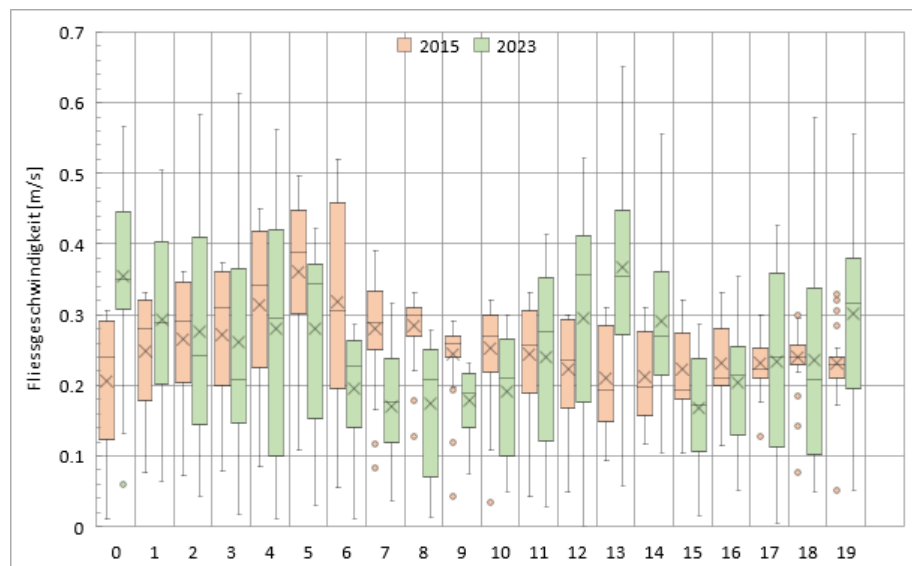


Abbildung 16: Boxplots der Fließgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Emmeschachen

7.3.2 Schwarzweg

Vorher-Zustand

Die Untersuchungsstrecke Schwarzweg befindet sich am Ende einer Linkskurve. Im oberen Teil der Untersuchungsstrecke wurde die Sohle im Vorher-Zustand 2015 von einer kleinen Schwelle gestützt. Diese beeinflusste die Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Flussaufwärts dieser Schwelle verlief der Talweg rechtsufrig entlang einer Mauer. Die Fliessgeschwindigkeiten wurden durch die Schwelle nur wenig beeinflusst, die Wassertiefen mehr. Flussabwärts der Schwelle befand sich auf der rechten Seite eine ausgeprägte Kiesbank, sodass der Talweg die Flussseite wechselte. Die Verengung verursachte eine Beschleunigung mit erhöhten Fliessgeschwindigkeiten.

Nachher-Zustand

Im Nachher-Zustand ist die benetzte Breite im Mittel um 4-5 Meter grösser. Auf der gesamten Untersuchungsstrecke sind Störsteine angeordnet, die lokal hohe Wassertiefen von über 1 m und strömungsberuhigte Zonen verursachen. Der Hauptstrom wechselt mehrmals die Seite und die Fliessgeschwindigkeiten sind sowohl im Querprofil als auch in Längsrichtung sehr heterogen.

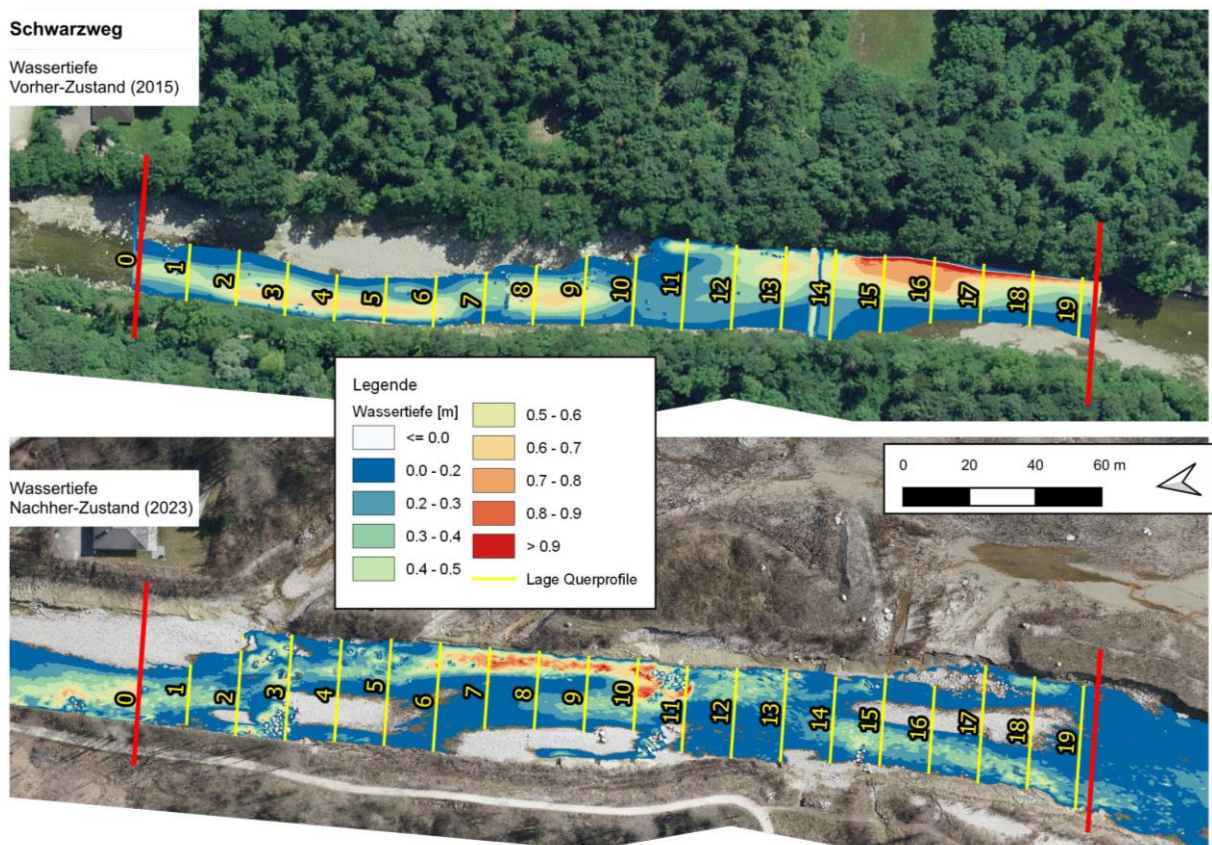


Abbildung 17: Wassertiefen bei 1.8 m³/s im Unterabschnitt Schwarzweg im Vorher- und Nachher-Zustand. Fliessrichtung von rechts nach links.

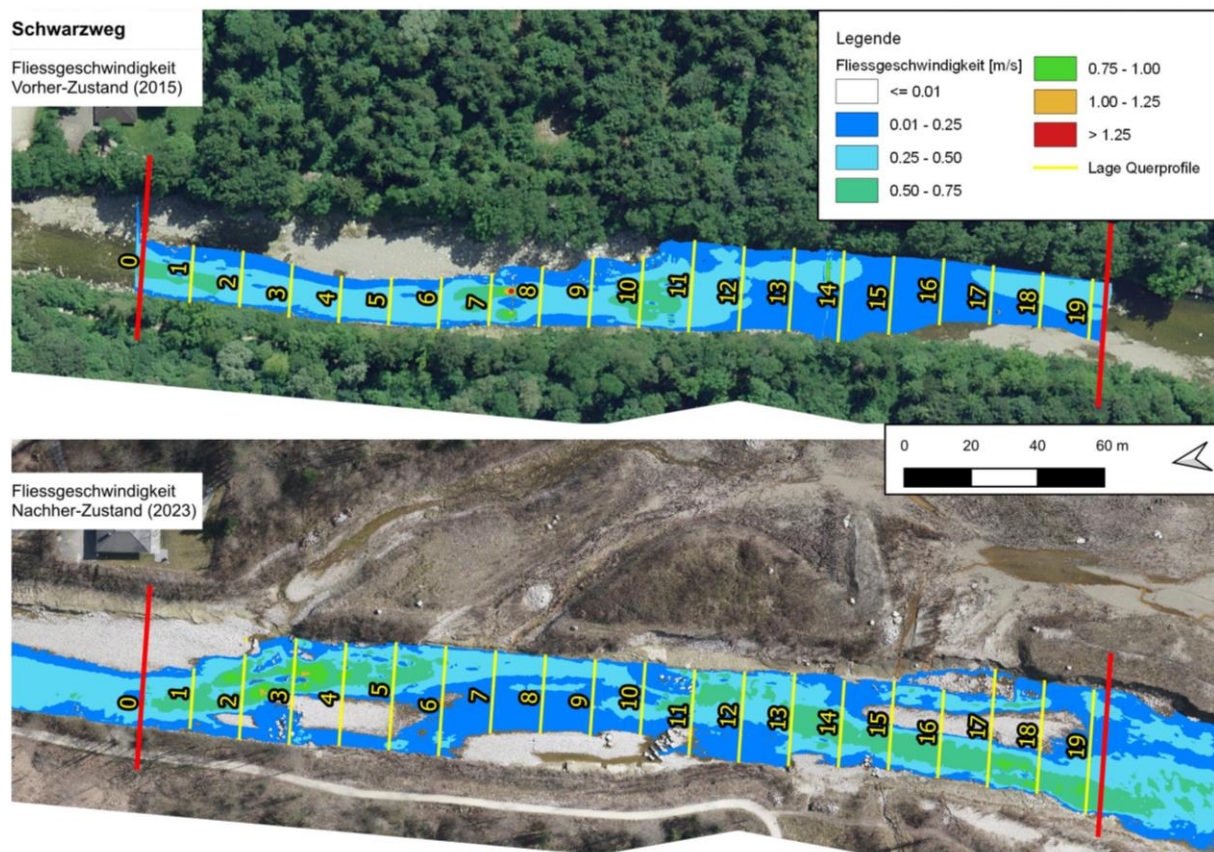


Abbildung 18: Fließgeschwindigkeiten bei 1.8 m³/s im Unterabschnitt Schwarzweg im Vorher- und Nachher-Zustand. Fließrichtung von rechts nach links

Vergleich

Ergebnisse HMID und standardisierte Bewertung

Schwarzweg	Wasser- tiefe	Fließ- geschwindigkeit	HMID	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2015)	0.46	0.49	6.5	18.8
Nachher (2023)	0.34	0.55	8.7	23.2

Tabelle 9 HMID und Standardisierte Werte für 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fließgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt Schwarzweg.

HMID

Der verhältnismässig hohe HMID der Untersuchungsstrecke Schwarzweg im Vorher-Zustand resultiert aus zwei ausgeprägten Kiesbänken. Insgesamt waren die morphologischen Strukturen aber gering. Der HMID im Nachher-Zustand ist gegenüber dem Vorher-Zustand zwar nur geringfügig höher, die Strukturen und das Strömungsmuster sind jedoch deutlich vielfältiger. Bei grösseren Abflüssen mit zusätzlicher Durchströmung der Aufweitung würde der HMID gegenüber dem Vorher-Zustand deutlich zunehmen.

Wassertiefe

Der standardisierte Wert zeigt eine Verschlechterung (vgl. Tabelle 9). Dies ist auf die Art der Berechnung des Wertes sowie auf die Reduktion der Daten auf einzelne Querprofile zurückzuführen (vgl. Abbildung 19).

Aus unserer Sicht spiegeln die Werte in diesem Fall nicht die Realität wider. Im Gegensatz zu 2015 zeigt sich 2023 ein deutlich diverseres Muster. Die Diversität mit grösseren Kolken hinter Störsteinen usw. kann durch die Reduktion auf einzelne Querprofile nicht erfasst werden. Durch die flächige Auswertung des HMID zeigt sich aber im Nachher-Zustand 2023 die Verbesserung (vgl. Tabelle 9).

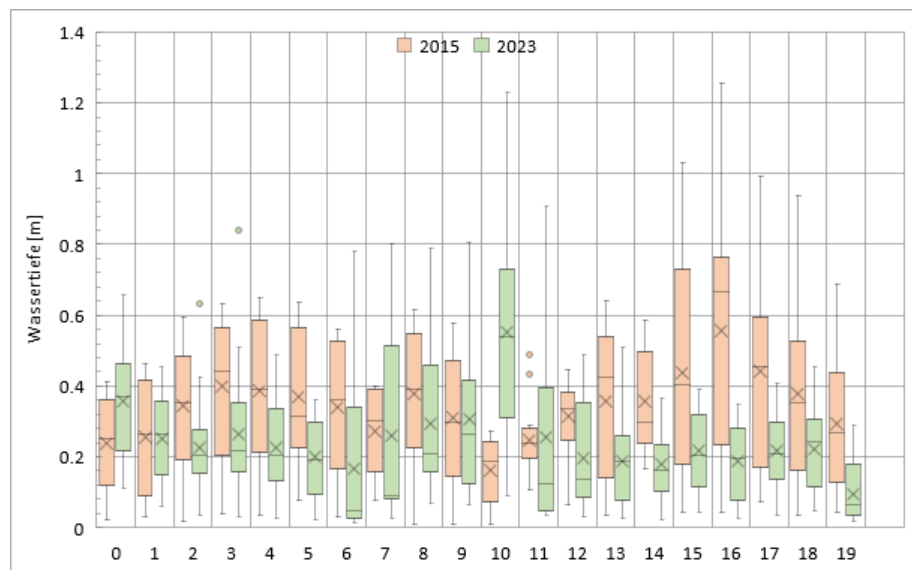


Abbildung 19: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Schwarzweg.

Fliessgeschwindigkeit

Die Bewertung der Fliessgeschwindigkeit anhand des standardisierten Wertes ergibt fast keinen Unterschied zwischen 2015 und 2023 (vgl. Tabelle 9), obwohl im Nachher-Zustand 2023 die Variabilität sowohl in Längs- als auch Querrichtung deutlich grösser ist (vgl. Abbildung 20).

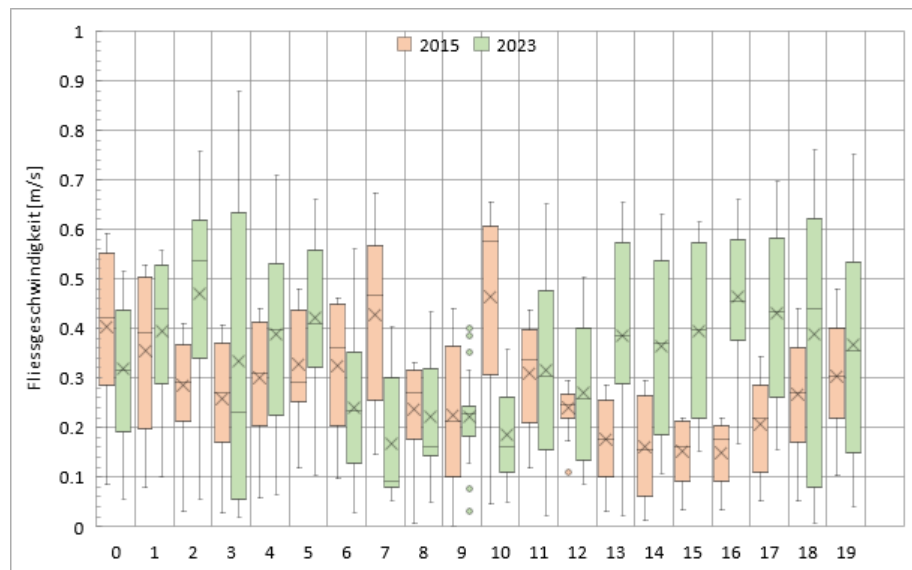


Abbildung 20: Boxplots der Fließgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fließrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Schwarzweg.

7.3.3 Papierfabrik

In der Untersuchungsstrecke Papierfabrik verursachte die Rampe (QP15-16) eine gewisse Variabilität der Strömung. Die Abschnitte oberhalb und unterhalb der Rampe wiesen hingegen mehr oder weniger monotone Fließstrukturen auf. Auch die benetzte Breite war sehr homogen. Unterhalb der Rampe bildeten weggespülte Blöcke der Ufersicherung wenige Strukturen in der Sohle.

Nachher-Zustand

Im Nachher-Zustand nimmt die benetzte Breite im Mittel um 2 Meter ab. Jedoch nimmt die Variabilität der benetzten Breite sowie der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten etwas zu. Durch die zahlreichen Kiesbänke ergeben sich Flachwasser- und auch Hinterwasserzonen. Durch die Uferstrukturen ergeben sich lokal erhöhte Wassertiefen über 1 m und strömungsberuhigte Zonen. Im Bereich des Querprofils 15 wurden gegenüber den Wassertiefen der Modellierung (Abbildung 21) vor Ort Wassertiefen über 1.5 m gemessen.

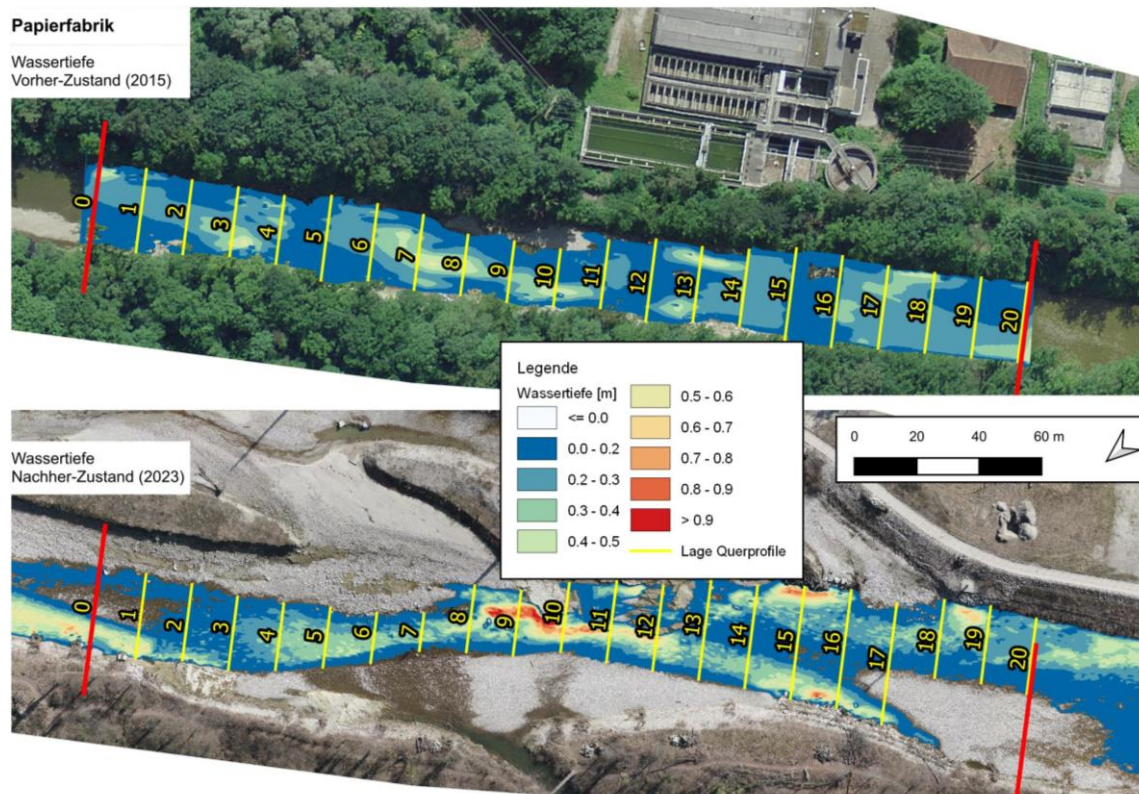


Abbildung 21: Wassertiefen bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ im Unterabschnitt Papierfabrik im Vorher- und Nachher-Zustand. Fliessrichtung von rechts nach links.

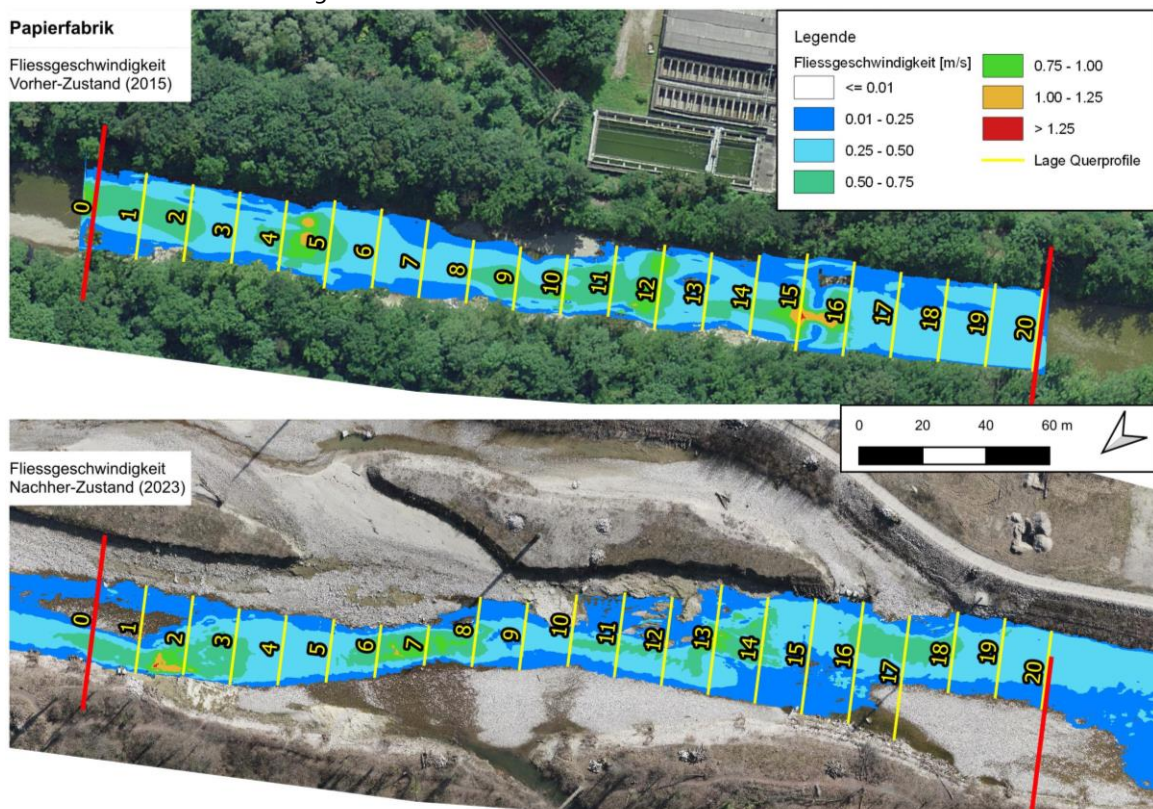


Abbildung 22: Fließgeschwindigkeiten bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ im Unterabschnitt Papierfabrik im Vorher- und Nachher-Zustand. Fliessrichtung von rechts nach links

Vergleich

Ergebnisse HMID und standardisierte Bewertung

Tabelle 10 HMID und Standardisierte Werte für 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fließgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt Papierfabrik.

Papierfabrik	Wasser- tiefe	Fließ- geschwindigkeit	HMID	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2015)	0.26	0.54	5.5	24.3
Nachher (2023)	0.31	0.59	7.8	22.8

HMID

Im Vorher-Zustand wird der HMID durch abgespülte Blöcke aus dem Uferschutz beeinflusst. Flussaufwärts der Rampe befand sich der Uferschutz 2015 in einem guten Zustand, flussabwärts der Rampe wurden jedoch viele Blöcke des Uferschutzes weggespült. Diese bildeten in der Sohle neue Strukturen, welche sich auch im Wert des HMID widerspiegeln. Der HMID-Wert für die ganze Strecke beträgt im Vorher-Zustand 5.5, im Nachher-Zustand infolge der Strukturierung der Sohle mit Kiesbänken und Kolken 7.8. Bei steigenden Abflüssen mit zusätzlicher Durchströmung der Aufweitung würde der HMID gegenüber dem Vorher-Zustand nochmals deutlich ansteigen.

Wassertiefe

Die Bewertung der Wassertiefe anhand des standardisierten Wertes ergibt fast keinen Unterschied zwischen 2015 und 2023 (vgl. Tabelle 10). Im Vorher-Zustand 2015 war die maximale Wassertiefe im Bereich der Rampen sehr gering, hingegen im Staubereiche verhältnismässig hoch. Die Standardabweichung, welche bei der Bewertung ausschlaggebend ist, ist somit sehr hoch und führt zu einer vergleichsweise guten Bewertung des Vorher-Zustandes (vgl. Abbildung 23). Es wird lediglich die maximale Wassertiefe pro Querprofil ausgewertet. Wird für den Nachher-Zustand 2023 als maximale Wassertiefe statt den modellierten 0.8m die vor Ort abgeschätzten 1.6m verwendet, steigt der standardisierte Wert von 0.31 auf 0.54. Dies zeigt die Sensitivität dieses Parameters deutlich auf.

Tatsächlich ist 2023 aber ein deutlich diverseres Muster mit verschiedenen Fliesstiefen und -wegen vorhanden. Dies zeigt auch der erhöhte HMID (vgl. Tabelle 10). Aus diesem Grund kommen wir zum Schluss, dass die Variabilität der Wassertiefe im Abschnitt Papierfabrik durch die durchgeführten Massnahmen deutlich verbessert werden konnte.

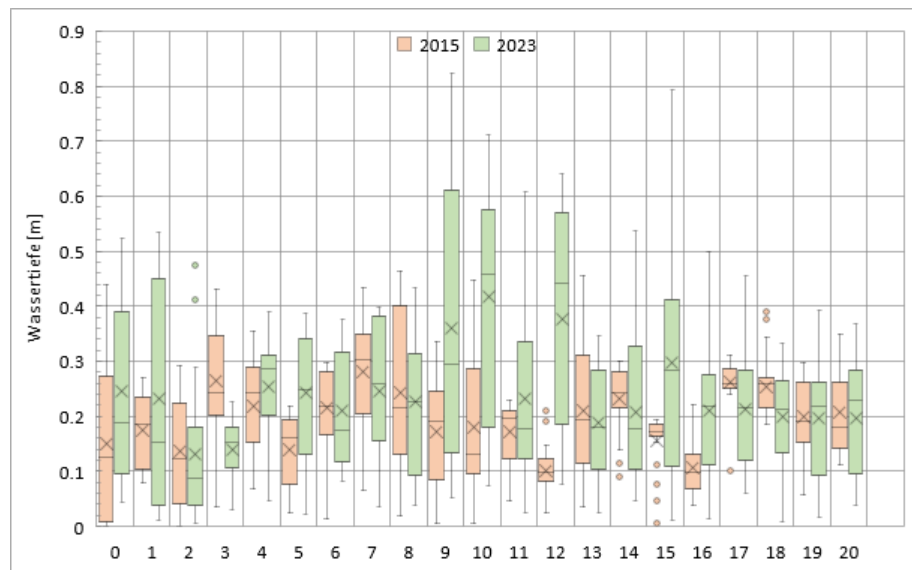


Abbildung 23: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Papierfabrik.

Fliessgeschwindigkeit

Die Bewertung der Fliessgeschwindigkeit anhand des standardisierten Wertes ergibt fast keinen Unterschied zwischen 2015 und 2023 (vgl. Tabelle 10). Sowohl im Vorher-Zustand als auch im Nachher-Zustand ergeben sich variable Fliessgeschwindigkeiten (vgl. Abbildung 24).

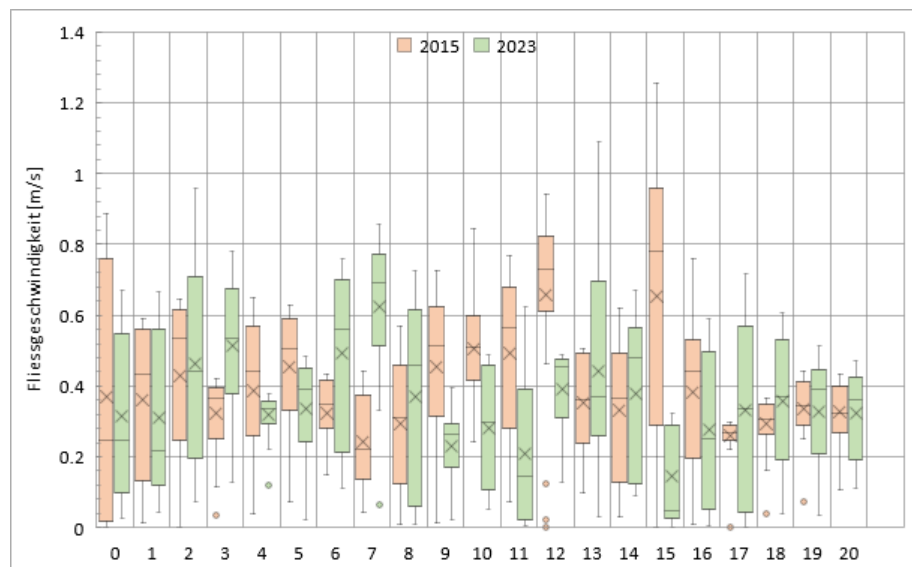


Abbildung 24: Boxplots der Fließgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von rechts nach links im Unterabschnitt Papierfabrik.

7.4 Kurzdiskussion

Im Vorher-Zustand fallen die standardisierten Werte mehrheitlich geringer als im Nachher-Zustand aus, jedoch sind die Differenzen teils sehr gering. Grund für die geringen Unterschiede ist die Berechnungsmethode des standardisierten Wertes der Wassertiefe. Dieser Wert reagiert extrem sensitiv auf einzelne Werte, da nur die maximalen Wassertiefen der 19-20 Querprofile (also insgesamt nur 19-20 Werte) in die Berechnung einfließen. Werden Kolkiefen nicht richtig erfasst oder liegen die Querprofile neben dem Kolk, ergibt dies einen komplett anderen standardisierten Wert. Um den gesamten Abschnitt flächig beurteilen zu können, wurde daher zusätzlich der HMID ausgewertet. Dieser zeigt in den revitalisierten Abschnitten immer eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Vorher-Zustand.

Grund für die schlechtere Bewertung des Vorher-Zustands ist das kanalisierte Gerinne der Emme mit einem ausgeprägten Hauptgerinne und einer meist sehr monotonen, strukturlosen Sohle. Unter diesen Bedingungen können sich keine variablen Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten ausbilden. Sie treten nur bei unnatürlichen Strukturen wie Schwellen oder Rampen auf.

Demgegenüber sind in den revitalisierten Strecken mehr Strukturelemente vorhanden, die lokal hohe Wassertiefen (Kolke) und Bereiche mit besonders geringen Fliessgeschwindigkeiten bis hin zu stehendem Wasser generieren. Die Auswertung erfolgte bei Niedrigwasser, weshalb nicht das ganze Gerinne durchströmt ist und die benetzte Breite in den Abschnitten Schwarzweg und Papierfabrik nur minimal zunimmt. Bei höheren Abflüssen wären die Differenzen des HMID gegenüber dem Vorher-Zustand deutlich grösser, da die Aufweitungen dann auch durchströmt würden. Im Vorher-Zustand sinken hingegen die Werte des HMID bei steigendem Abfluss (der Wert bei einem Abfluss von $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ist rund ein Viertel tiefer als bei einem Abfluss von $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Insgesamt zeigt der Indikator Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit 2023 eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Zustand 2015.

8 Sohlenstruktur

8.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 1 «Habitatvielfalt», Indikator 1.1 Sohlenstruktur
<i>Definition</i>	Quantitative Verteilung der Mesohabitate resp. Sohlenstrukturen. Sohlenstrukturen sind Flächen, die bezüglich Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substratzusammensetzung in sich einheitlich sind (z. B. Schnelle, Rinne, Flachwasser, Kolk usw.).
<i>Begründung</i>	Ein naturnahes Fliessgewässer besteht aufgrund unterschiedlicher hydraulischer Bedingungen aus verschiedenen Sohlenformen und somit auch aus verschiedenen Habitatstrukturen. Die Vielfalt, die Grösse, die Form und die räumliche Verteilung dieser Habitate bestimmen massgeblich die Artenzusammensetzung und Häufigkeit der aquatischen Flora und Fauna. Die Ausbildung dieser Sohlenstrukturen ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Entwicklungsziele.

8.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Lage und Fläche der einzelnen Sohlenstrukturen
<i>Vorgehen</i>	Im Gegensatz zu den im Indikatorbeschrieb aufgeführten Sohlenstrukturen werden die räumlich feiner aufgelösten Mesohabitate kartiert (siehe Anhang A). Die minimale Ausdehnung einer als Mesohabitat zu kartierenden Fläche beträgt in der grössten linearen Dimension (Länge, Breite, Diagonale) etwa die mittlere Wasserspiegelbreite. Entlang der Ufer sind die kartierten Flächen aber oft kleiner, um der kleinräumigen Uferstruktur gerecht zu werden. Die verwendete Typologie der Mesohabitate erfolgte in Anlehnung an einen Vorschlag der American Fisheries Society (Arend K. K., 1999). Für die Auswertung wurden die Mesohabitate dem entsprechenden Sohlenstrukturtyp zugeordnet (Tabelle 17). Die Kartierung erfolgte im Feld. Für einzelne Flächen wurden anschliessend Korrekturen anhand des Luftbildes vorgenommen, hauptsächlich zur Bereinigung von GPS-Ungenauigkeiten. Die Bedingungen waren an allen Erhebungsdaten genügend gut bis optimal (klares Wasser bis leicht trüb bei erhöhtem Abfluss, teilweise stark windig, teilweise leichter Regen). Bei der Erhebung bei erhöhtem Abfluss erfolgte die Kartierung der tieferen Bereiche aus Sicherheitsgründen auf Distanz. Die Kartierung bei erhöhtem Abfluss in der Strecke Emmenschachen musste auf Grund der einsetzender Dämmerung unvollständig abgebrochen werden. Da der entsprechende Abfluss nur selten erwischt werden kann, konnte die Erhebung nicht an einem anderen Tag vervollständigt werden. Zur Verortung der Mesohabitatflächen wurde ein submetergenaues GPS verwendet. Die

Erhebungen

Emmenschachen

6.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s

3.11.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 13.0 m³/s

Koordinaten unten: 2'610'244 / 1'229'045 oben: 2'610'349 / 1'228'750

Länge: 327 m

Schwarzweg

7.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s

3.11.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 13.6 m³/s

Koordinaten unten: 2'610'724 / 1'227'083 oben: 2'610'641 / 1'226'795

Länge: 299 m

Papierfabrik

23.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s (respektive geringfügig höherer Abfluss)

30.8.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 4.6 m³/s

Koordinaten unten: 2'610'330 / 1'226'448 oben: 2'610'094 / 1'226'236

Länge: 325 m

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen					•	•	
Schwarzweg					•	•	
Papierfabrik					•	•	

¹¹ Im Gegensatz zur Auswertung des Ausgangszustandes wurde diesmal auf eine Verifizierung der Feldkartierung mit den Ergebnissen der 2D-Simulation verzichtet. Da das Gerinne im 1. Projektzustand begehbar war, konnte im Feld eine bessere Einschätzung gemacht werden, so dass die Verifizierung nicht mehr nötig ist.

Auswertung

Indikator Nr. 1.1: Anzahl Strukturen pro Einheitslänge. Standardisierung auf Werte zwischen 0 und 1. Details vgl. (BAFU, 2019).

Die Bewertung nach Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» (BAFU, 2019) erfolgt auf Basis der Erhebung bei Restwasserabfluss. Auf Grund der Aufweitungen ist die Gerinnesohlenbreite (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzter Bereiche) im Projektzustand deutlich grösser als diejenige im Ausgangszustand. Folglich resultiert auch eine grössere Einheitslänge. Damit beim Vergleich mit dem Ausgangszustand Aussagen zur Veränderung der Sohlenstrukturen gemacht werden können, muss für beide Zustände dieselbe Einheitslänge verwendet werden. Für den Vergleich mit dem Ausgangszustand wurde die für den ersten Projektzustand bei erhöhtem Abfluss berechnete Einheitslänge auch für den Restwasserabfluss sowie für den Ausgangszustand verwendet. Aus diesem Grund wurde die Bewertung des Ausgangszustandes neu gemacht. Die Vorgaben zu den Bewertungsklassen in (BAFU, 2019) wurden präzisiert. Die Bewertungskriterien sind in Tabelle 23 ersichtlich¹².

Zur Berechnung der mittleren Gerinnesohlenbreite (inkl. unbenetzte Bereiche) wurden auf der Basis der kartierten Flächen 13 Querprofile pro Untersuchungsstrecke im GIS vermessen.

Anpassungen Daten Ausgangszustand

Im Ausgangszustand wurden isolierte Gewässerflächen dem Mesohabitat «Tümpel» zugeordnet. Da Tümpel aber gemäss Definition ausserhalb des Gerinnes liegen und in der Emme alle diese Flächen innerhalb des Gerinnes lagen, wurden sie nachträglich zu «Nebengerinne» umgeändert.

8.3 Resultate

8.3.1 Ausgangszustand

Durch die Änderung aller Flächen mit dem Typ «Tümpel» zu «Nebengerinne» ergaben sich Änderungen in den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik.

Die Bewertung des Ausgangszustandes wurde unter Verwendung derselben Einheitslänge wie im 1. Projektzustand und derselben Bewertungsklassen neu berechnet (Tabelle 11; Tabelle 12; Tabelle 13; Tabelle 14; Tabelle 15; Tabelle 16). Auf die Gesamtbewertung der Strecken nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» hat die Neuberechnung keinen Einfluss.

¹² Eine Nachfrage bei den Autoren des Indikator-Steckbriefes Habitatvielfalt bezüglich 1., welcher Zustand für die Berechnung der Einheitslänge verwendet werden soll und 2. zur Präzisierung der Bewertungskriterien blieb unbeantwortet.

Emmenschachen

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m ³ /s				Abfluss 8.7 m ³ /s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lauf	Schnelle	1	1.9	52	0.5	2	3.8	958	8.8
Furt	Furt	1	1.9	9247	85.5	1	1.9	9340	86.1
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Felsgleite	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	2	3.8	347	3.2	1	1.9	154	1.4
Hinterwasser	Hinterwasser	1	1.9	11	0.1	0	0.0	0	0.0
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	1	1.9	100	0.9	1	1.9	41	0.4
Mündungskolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	4	7.5	1058	9.8	1	1.9	360	3.3
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		10	18.8	10814	100	6	11.3	10852	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	34
Länge Untersuchungsstrecke [m]	316
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)	593

Tabelle 11 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Ausgangszustand (2014 / 2015). EL = Einheitslänge¹³.

¹³ Die Tabelle "Infraconsult, Fischwerk, Impuls und Hunziker, Zarn & Partner (2015). Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme. Wehr Biberist bis Aare. Erfolgskontrolle. Erhebung Ausgangszustand. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn." beinhaltet falsche Werte.

	1.8 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	0.0
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	6
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	nein
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	0-3
Anzahl Schnelle / EL	1.9
Anzahl Furt / EL	1.9
Anzahl Rinne / EL	0.0
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.25

Tabelle 12 Kennwerte für die Strecke Emmenschachen für den Ausgangszustand (2014 / 2015), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

Schwarzweg

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m³/s				Abfluss 8.7 m³/s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	1	0.0	22	0.3
Schnelle	Schnelle	3	0.0	547	6.8	3	0.0	562	7.1
Lauf	Schnelle	8	0.0	2300	28.7	4	0.0	3684	46.5
Furt	Furt	4	0.0	1597	20.0	4	0.0	1823	23.0
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	2	0.0	584	7.3	0	0.0	0	0.0
Felsgleite	Rinne	1	0.0	144	1.8	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	6	0.0	620	7.7	6	0.0	316	4.0
Hinterwasser	Hinterwasser	1	0.0	38	0.5	1	0.0	51	0.6
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	3	0.0	66	0.8	4	0.0	67	0.8
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	1	0.0	21	0.3	0	0.0	0	0.0
Mündungskolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Bank unbewachsen	Bank	2	0.0	2085	26.1	2	0.0	1393	17.6
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		31	0.0	8002	100	25	0.0	7919	100
Kennwerte									
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]		27							
Länge Untersuchungsstrecke [m]		293							
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)		399							

Tabelle 13 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg im Ausgangszustand (2014 / 2015). EL = Einheitslänge

	1.8 m ³ /s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	7.3
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	7
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	nein
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8
Anzahl Schnelle / EL	14.6
Anzahl Furt / EL	5.3
Anzahl Rinne / EL	4.0
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.5

Tabelle 14 Kennwerte für die Strecke Schwarzweg für den Ausgangszustand (2014 / 2015), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

Papierfabrik

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m ³ /s				Abfluss 8.7 m ³ /s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	1	0.0	144	1.7	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	2	0.0	402	4.8	1	0.0	317	3.6
Lauf	Schnelle	2	0.0	159	1.9	3	0.0	878	10.0
Furt	Furt	3	0.0	1565	18.8	1	0.0	5888	67.2
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	4	0.0	2666	32.1	2	0.0	1574	18.0

Felsgleite	Rinne	1	0.0	860	10.3	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	8	0.0	719	8.6	1	0.0	22	0.3
Hinterwasser	Hinterwasser	1	0.0	19	0.2	1	0.0	60	0.7
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	1	0.0	37	0.4	0	0.0	0	0.0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	3	0.0	358	4.3	1	0.0	27	0.3
Mündungskolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	13	0.0	1383	16.6	0	0.0	0	0.0
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		39	0.0	8312	100	10	0.0	8766	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	26
Länge Untersuchungsstrecke [m]	326
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)	517

Tabelle 15 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik im Ausgangszustand (2014 / 2015). EL = Einheitslänge

	1.8 m ³ /s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	33.8
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	7
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8
Anzahl Schnelle / EL	6.3
Anzahl Furt / EL	4.7
Anzahl Rinne / EL	9.4
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.5

Tabelle 16 Kennwerte für die Strecke Papierfabrik für den Ausgangszustand (2014 / 2015), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

8.3.2 Projektzustand 1

Emmenschachen

Insgesamt konnten 8 unterschiedliche Mesohabitate festgestellt werden, die sich auf 7 Sohlenstrukturen verteilen (vgl. Tabelle 17). 2 der gemäss Steckbrief zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen fehlen (Stufe und Becken). Die einzelnen Typen kommen teils in grossen Häufigkeiten vor (vgl. Abbildung 26). Am meisten einzelne Flächen kommen vom Typ «Bank unbewachsen» vor. Betrachtet man die Flächenanteile, so dominiert in der Untersuchungsstrecke bei Restwasserabfluss der Typ Furt mit einem Flächenanteil von 50 %. Weiter kommen Gleite, Bank unbewachsen und Flachwasser mit einem Flächenanteil von > 10 % vor. Bei erhöhtem Abfluss konnte nicht die gesamte Fläche erhoben werden.

Bei beiden untersuchten Abflüssen sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden und kommen als aufeinander folgende Sequenz vor, allerdings nie über die gesamte Gewässerbreite (Abbildung 25). Im Querprofil kann die zu erwartende typische Abfolge von Mesohabitaten (Kiesbank (trocken)-Flachwasser-Furt-Lauf-Furt-Flachwasser-Kiesbank) beobachtet werden.

Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheiden sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen beträchtlich, da zwischen den beiden Erhebungen Geschiebeumlagerungen stattgefunden haben. Bei beiden Abflüssen kamen grosse trockene Kiesbänke in der Gerinnemitte vor.

Insgesamt wird dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» der Wert 0.5 zugeordnet (Tabelle 18 auf Seite 66).

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m³/s				Abfluss 13.0 m³/s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0.0	4	7.4	601	3.8
Lauf	Schnelle	4	7.4	543	3.5	2	3.7	6986	43.8
Furt	Furt	6	11.1	7636	49.5	4	7.4	1251	7.8
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	3	5.6	2380	15.4	2	3.7	254	1.6
Felsgleite	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	7	13.0	2199	14.3	6	11.1	1180	7.4
Hinterwasser	Hinterwasser	6	11.1	359	2.3	3	5.6	269	1.7
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	3	5.6	30	0.2	0	0.0	0	0.0

Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	3	5.6	62	0.4
Mündungskolk	Kolk	1	1.9	47	0.3	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	14	25.9	2229	14.5	11	20.4	2522	15.8
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
<i>Nicht erhoben</i>	-	-	-	-	-	2	-	2825	17.7
Summe		44	81.5	15423	100	37	68.6	15949	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	49
Länge Untersuchungsstrecke [m]	320
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	593

Tabelle 17 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im 1. Projektzustand (2023). EL = Einheitslänge

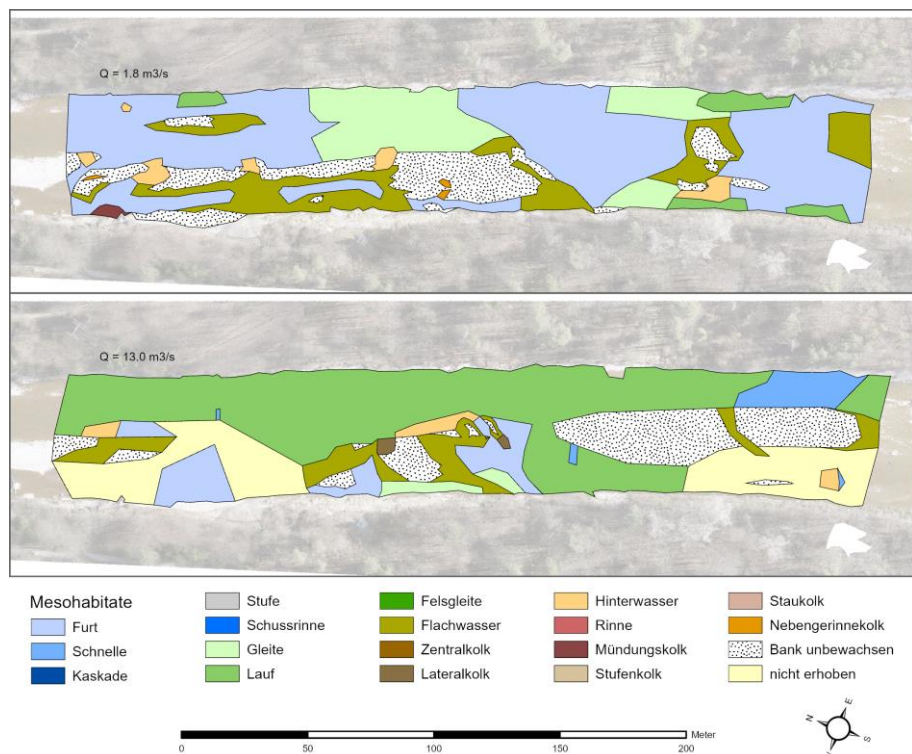


Abbildung 25 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen am 6.3.2023 (Abfluss 1.8 m³/s; oben) und am 3.11.2023 (Abfluss 13.0 m³/s; unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H)

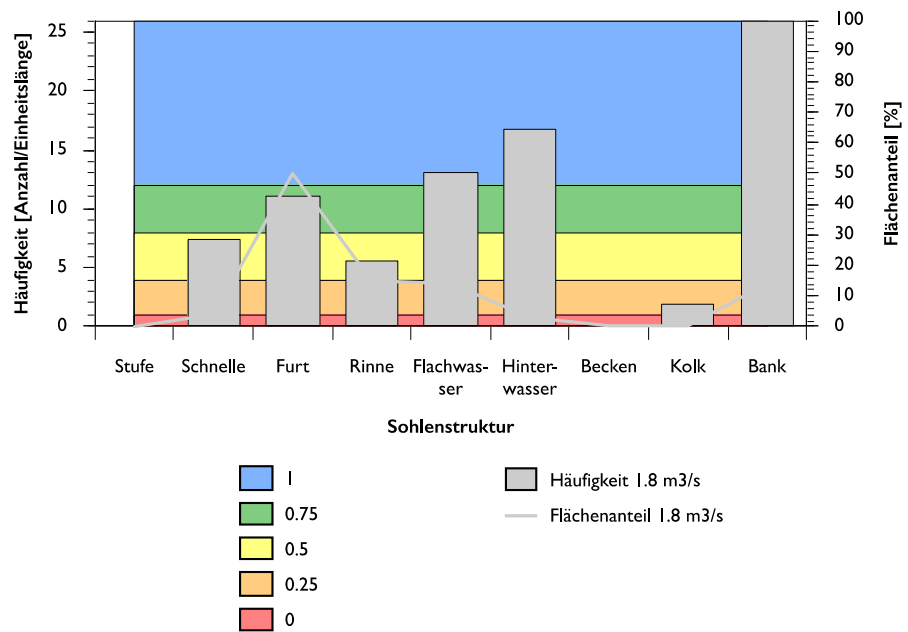


Abbildung 26 Häufigkeit sowie Flächenanteil der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen bei minimalem Restwasserabfluss. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

	1.8 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	15.4
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	7
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8
Anzahl Schnelle / EL	7.4
Anzahl Furt / EL	11.1
Anzahl Rinne / EL	5.6
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.5

Tabelle 18 Kennwerte für die Strecke Emmenschachen für den 1. Projektzustand, welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

Schwarzweg

Es konnten 8 (Restwasserabfluss) resp. 7 (erhöhter Abfluss) unterschiedliche Mesohabitate festgestellt werden. Sie entsprechen 6 der gemäss Steckbrief zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen (vgl. Tabelle 19). 3 Strukturtypen fehlen (Stufe, Becken und Kolk). Die einzelnen Typen kommen insbesondere bei Restwasserabfluss teils in grosser Anzahl vor (vgl. Abbildung 28). Bei Restwasserabfluss kommen Hinterwasser, Flachwasser und Kiesbänke mit 17 bis 18 % am häufigsten vor. Bei erhöhtem Abfluss dominiert der Typ Schnelle.

Bei Restwasserabfluss sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden und kommen als aufeinander folgende Sequenz vor (Abbildung 27). Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheidet sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen deutlich. Der Anteil trockener Kiesbänke nimmt von 1.8 m³/s auf 13.6 m³/s von 18 auf 2 % ab. Dadurch vergrössert sich die benetzte Fläche.

Insgesamt wird dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» der Wert 0.5 zugeordnet (Tabelle 20 auf Seite 69).

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m ³ /s				Abfluss 13.6 m ³ /s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m ²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	2	2.7	135	1.4	10	13.3	1933	19.5
Lauf	Schnelle	3	4.0	681	7.3	1	1.3	6944	70.2
Furt	Furt	4	5.3	5154	55.1	6	8.0	558	5.6
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	4	5.3	447	4.8	0	0.0	0	0.0
Felsgleite	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	13	17.3	693	7.4	5	6.7	143	1.4
Hinterwasser	Hinterwasser	12	16.0	374	4.0	6	8.0	68	0.7
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	2	2.7	142	1.5	0	0.0	0	0.0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	2	2.7	9	0.1
Mündungskolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	13	17.3	1729	18.5	2	2.7	239	2.4
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		53	70.5	9355	100	32	42.6	9893	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	33
Länge Untersuchungsstrecke [m]	300
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	399

Tabelle 19 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg im 1. Projektzustand (2023). EL = Einheitslänge

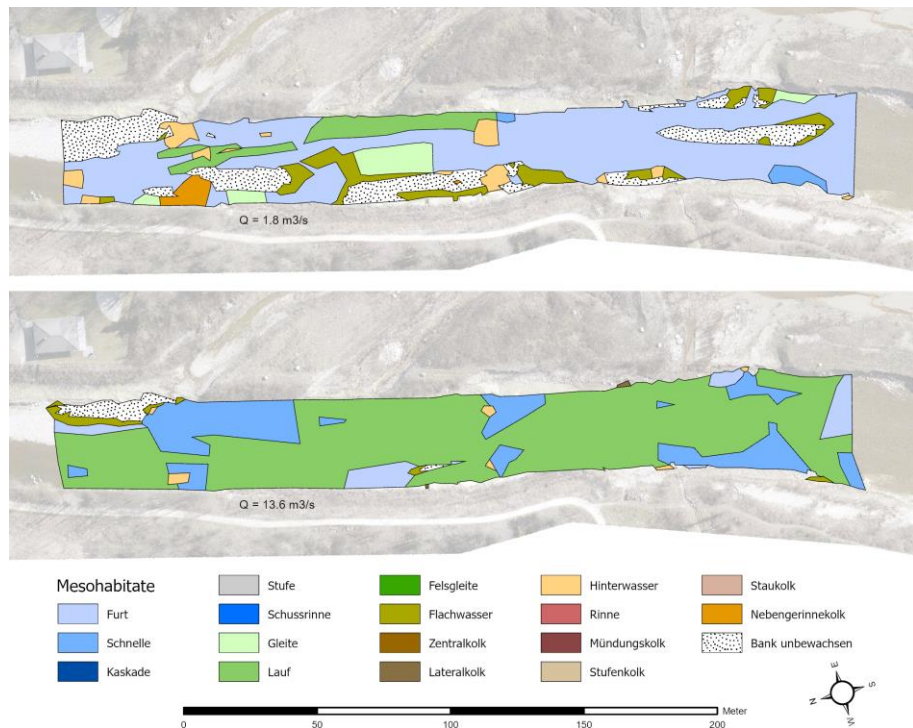


Abbildung 27 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg am 7.3.2023 (Abfluss 1.8 m³/s; oben) und am 3.11.2023 (Abfluss 13.6 m³/s; unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H)

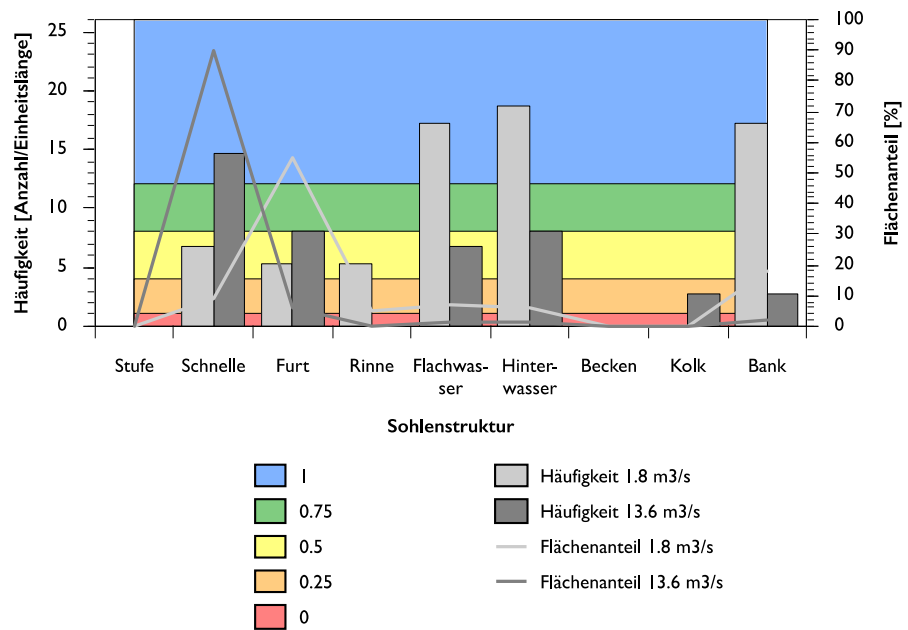


Abbildung 28 Häufigkeiten sowie Flächenanteile der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

	1.8 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	4.8
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	6
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8
Anzahl Schnelle / EL	6.7
Anzahl Furt / EL	5.3
Anzahl Rinne / EL	5.3
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.5

Tabelle 20 Kennwerte für die Strecke Schwarzweg für den 1. Projektzustand, welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

Papierfabrik

Es wurden 9 (Restwasserabfluss) resp. 10 (erhöhter Abfluss) unterschiedliche Mesohabitate festgestellt. Sie entsprechen 8 der gemäss Steckbrief zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen. Einzig der Typ Stufe fehlt (vgl. Tabelle 21). Die einzelnen Typen kommen teils in grosser Anzahl vor (vgl. Abbildung 30). Bei Restwasserabfluss dominiert der Typ Furt mit 46 %. Daneben kommen Bänke mit 30 % häufig vor. Auch bei erhöhtem Abfluss dominiert der Typ Furt mit 33 %. Daneben kommen der Typ Kiesbank, Schnelle und Flachwasser mit > 10 % Flächenanteil vor.

Die Emme zeigt im Längsprofil Ansätze einer Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz, wobei alle drei Typen vorkommen, der Typ Rinne jedoch nur selten (vgl. Abbildung 29). Der anstehende Fels verhindert möglicherweise eine Schnellen- bzw. Furt-Kolk-Sequenz, die eigentlich eher dem natürlichen Gefälle entsprechen würde. Die zu erwartende typische Abfolge von Mesohabitaten im Querprofil (Kiesbank (trocken)-Flachwasser-Furt-Lauf-Furt-Flachwasser-Kiesbank) zeigt sich nur ansatzweise.

Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheidet sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen (Restwasserabfluss und erhöhtem Abfluss) weniger stark als in den beiden anderen Untersuchungsstrecken, wobei zu berücksichtigen ist, dass bei der Strecke Emmenschachen und Schwarzweg die Kartierung bei einem deutlich höheren erhöhten Abfluss stattfand.

Insgesamt wird dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» der Wert 0.25 zugeordnet (Tabelle 22 auf Seite 72).

Mesohabitat (Arend K. K., 1999)	Sohlenstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)	Abfluss 1.8 m³/s				Abfluss 4.6 m³/s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]	Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0.0	2	3.1	1072	7.6
Lauf	Schnelle	4	6.3	825	5.8	5	7.8	1734	12.4
Furt	Furt	5	7.8	6571	45.9	3	4.7	4567	32.6
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	2	3.1	224	1.6	1	1.6	74	0.5
Felsgleite	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	9	14.1	1227	8.6	7	11.0	1478	10.5
Hinterwasser	Hinterwasser	4	6.3	327	2.3	4	6.3	268	1.9
Nebengerinnenkolk	Hinterwasser	7	11.0	194	1.4	8	12.5	570	4.1

Stufenkolk	Becken	1	1.6	70	0.5	1	1.6	72	0.5
Lateralkolk	Kolk	3	4.7	535	3.7	2	3.1	68	0.5
Mündungskolk	Kolk	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	12	18.8	4353	30.4	7	11.0	4124	29.4
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		47	73.6	14326	100	40	62.7	14025	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	43
Länge Untersuchungsstrecke [m]	330
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	517

Tabelle 21 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik im 1. Projektzustand (2023). EL = Einheitslänge

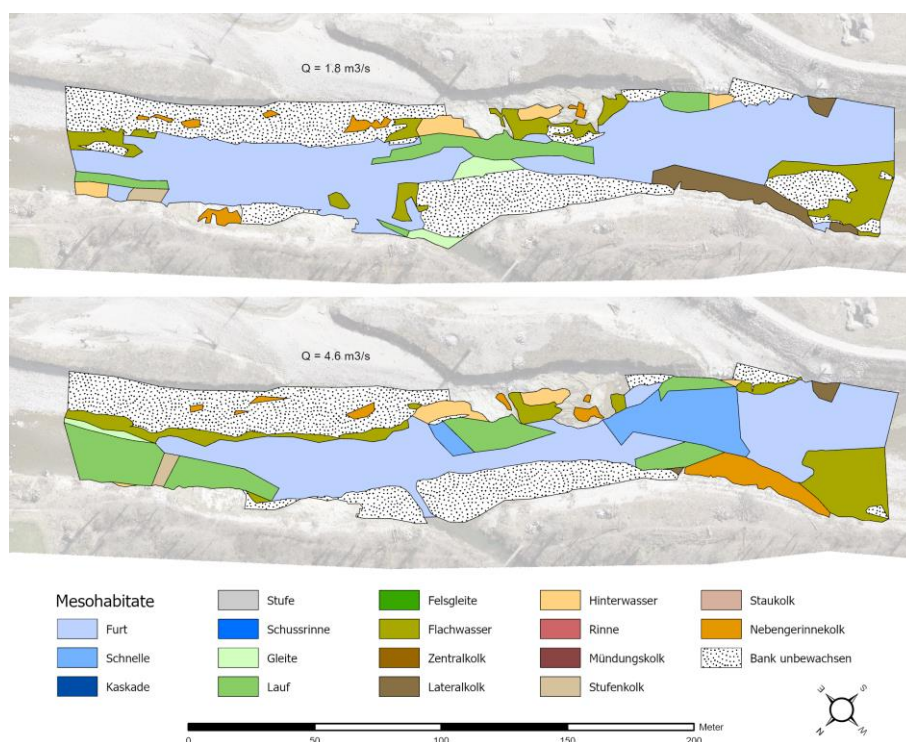


Abbildung 29 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik am 23.3.2023 (Abfluss 1.8 m³/s; oben) und am 30.8.2023 (Abfluss 4.6 m³/s; unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H). In der Mitte der Strecke bestand das rechte Ufer aus Fels. Trockene Felsflächen wurden – im Gegensatz zu trockenen Kiesbänken - nicht als Mesohabitat erfasst und erscheint daher als Lücke in der Abbildung.

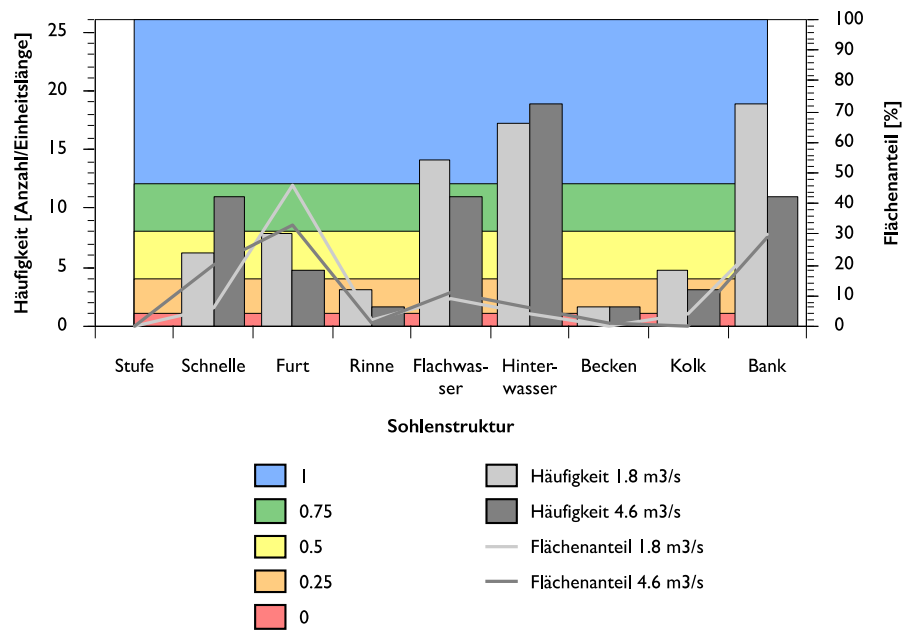


Abbildung 30 Häufigkeiten sowie Flächenanteile der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

	1.8 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	1.6
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	8
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	0-3
Anzahl Schnelle / EL	6.3
Anzahl Furt / EL	7.8
Anzahl Rinne / EL	3.1
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	0.25

Tabelle 22 Kennwerte für die Strecke Papierfabrik für den 1. Projektzustand, welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

8.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» entwickelte sich in den drei Strecken unterschiedlich (vgl. Tabelle 23).

Bewertungsklasse	Standardisierter Wert	Emmensachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Beschreibung				
Nur ein Strukturtyp vorhanden	0			
Der Strukturtyp Rinne dominiert. Weitere Strukturtypen kommen mit vereinzelt, räumlich isolierten Strukturen vor.	0.25	X (2014)		X (2023)
4 oder mehr Strukturtypen sind vorhanden mit einer Dichte von 4-8 Strukturen einer Rinnen-Furt-Schnellen- oder einer natürlichen oder naturnah gestalteten Stufen-Becken-Sequenz pro Einheitslänge. Falls der Strukturtyp Rinne dominiert, bilden die Strukturen der übrigen Strukturtypen lokal ein vielfältiges Muster.	0.5	X (2023)	X (2014 und 2023)	X (2014)
Der Strukturtyp Rinne dominiert nicht. 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			
Der Strukturtyp Rinne dominiert nicht. 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			

Tabelle 23 Bewertungsklassen und Zuordnung der standardisierten Werte nach (BAFU, 2019) für die untersuchten Strecken im Ausgangszustand (2014) sowie im 1. Projektzustand (2023).

Emmenschachen

Die Bewertung des Indikators 1.1 «Sohlenstruktur» verbesserte sich in der Strecke Emmenschachen um eine Klasse (Tabelle 23). Während im Ausgangszustand fast die gesamte Strecke dem Typ Furt zugeordnet wurde, bestand die Strecke im 1. Projektzustand aus einem Mosaik vieler verschiedener kleiner Mesohabitatflächen. Zudem kamen neu Typen vor, welche im Ausgangszustand noch fehlten (Abbildung 31).

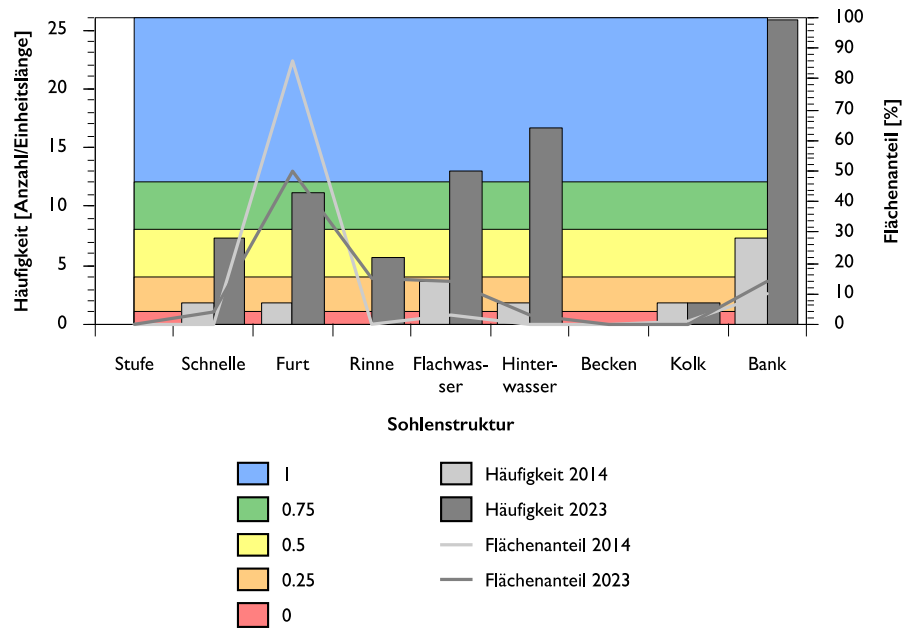


Abbildung 31 Häufigkeiten sowie Flächenanteile der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen bei Restwasserabfluss (1.8 m³/s) im Ausgangszustand und im 1. Projektzustand. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

Schwarzweg

Die Bewertung der Strecke Schwarzweg änderte sich nicht, obwohl sich die Häufigkeit gewisser Sohlenstrukturen änderte (Abbildung 32). Schon im Ausgangszustand wurde hier ein standardisierter Wert von 0.5 erreicht, was einer mittleren Bewertung entspricht.

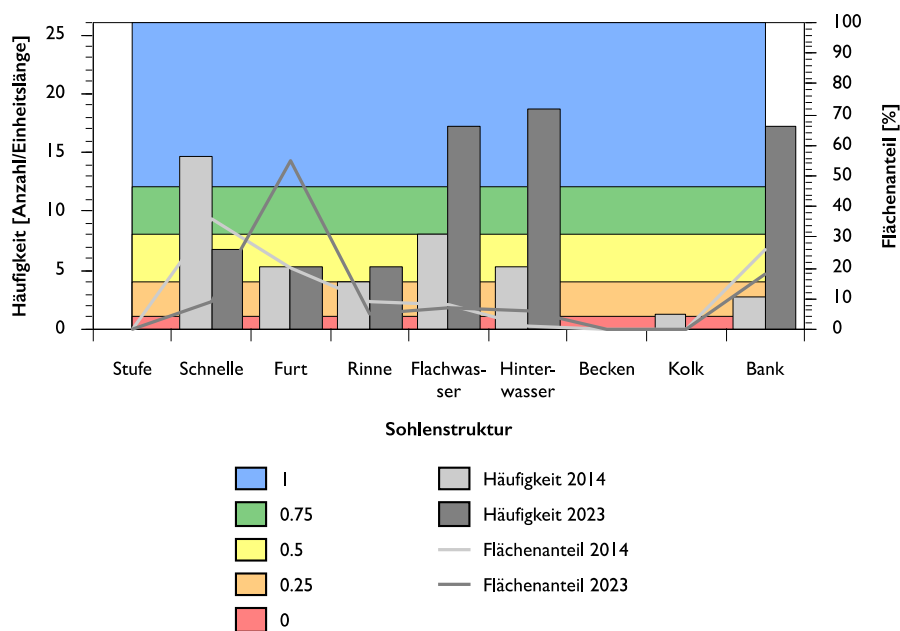


Abbildung 32 Häufigkeiten sowie Flächenanteile der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg bei Restwasserabfluss ($1.8 \text{ m}^3/\text{s}$) im Ausgangszustand und im 1. Projektzustand. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

Papierfabrik

Im Vergleich zum Ausgangszustand verschlechterte sich die Bewertung der Strecke Papierfabrik um eine Klasse, da die Sohlenstruktur «Rinne» im 1. Projektzustand nur noch mit einer Dichte von 3 Strukturen pro Einheitslänge vorkam (Abbildung 33).

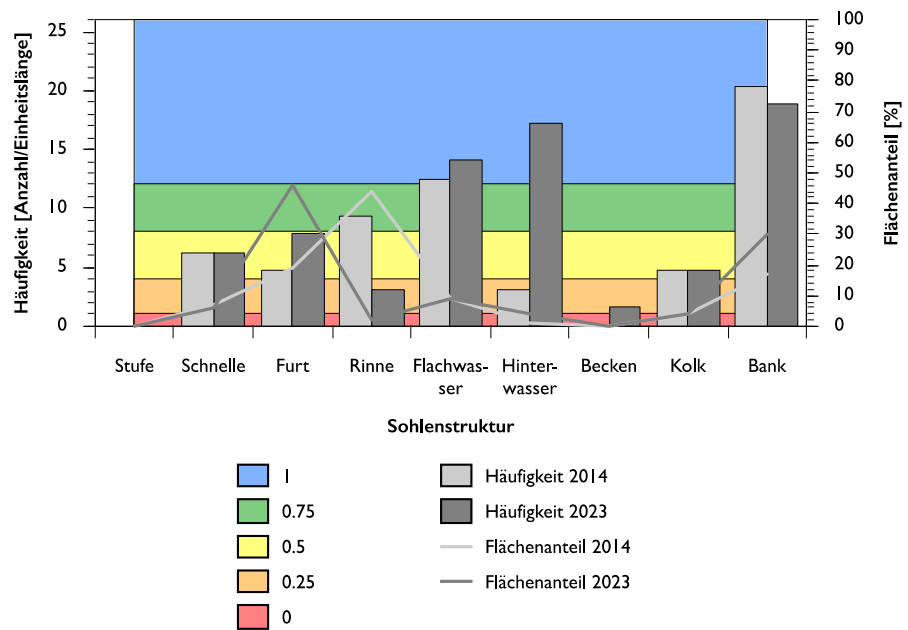


Abbildung 33 Häufigkeiten sowie Flächenanteile der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik bei Restwasserabfluss ($1.8 \text{ m}^3/\text{s}$) im Ausgangszustand und im 1. Projektzustand. Im Hintergrund farblich dargestellt sind die standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah), welche sich auf die Häufigkeit der Sohlenstrukturen beziehen.

8.5 Kurzdiskussion

Alle drei untersuchten Strecken wiesen heterogene Sohlenstrukturen auf. Mit höherem Abfluss verändern sich bei allen Strecken die Sohlenstrukturtypen. Es kommen aber in allen Strecken auch bei erhöhtem Abfluss vielfältige Strukturtypen vor. Die häufig vertretenen unbewachsenen Bänke und deren teilweise grosse Verschiebung zwischen der Erhebung bei minimalem Restwasserabfluss im März 2023 und der Erhebung bei erhöhtem Abfluss im August / November 2023 zeugen von einer grossen Geschiebedynamik. Dadurch ist auch die Gewässersohle nur selten stark kolmatiert. Trotzdem enthält die Gewässersohle oftmals einen hohen Anteil an Feinsedimenten.

Bei Restwasserabfluss dominiert in allen drei Strecken die Sohlenstruktur «Furt». Daneben kommen aber 5 bis 7 weitere Typen vor. Der Strukturtyp «Rinne» dominierte in keiner der drei Strecken. Daher basiert die Bewertung auf der Dichte der drei Typen «Rinne», «Furt» und «Schnelle». Für die Strecken Emmenschachen und Schwarzweg wird dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» der Wert 0.5 zugeordnet, für die Strecke Papierfabrik der Wert 0.25. Gegenüber dem Ausgangszustand verbessert sich die Bewertung der Strecke Emmenschachen, diejenige der Strecke Schwarzweg bleibt unverändert und diejenige der Strecke Papierfabrik verschlechtert sich. Für eine bessere Bewertung müsste die Dichte der drei

erwähnten Strukturen noch höher liegen, was durch mehr Strukturen im Gerinne erzeugt werden könnte. In der Strecke Papierfabrik befand sich im Ausgangszustand eine Blockrampe. Unterhalb dieser wies die Strecke sehr heterogene Sohlenstrukturen auf. Durch die Aufhebung der Rampe verteilt sich die Steigung auf eine grössere Strecke, wodurch ein Grossteil der Strecke als Furt fliesst. Dadurch verschlechterte sich die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur».

Sohlenstrukturen – respektive Mesohabitate - bilden unterschiedliche Lebensräume für die Fische. Übergangsbereiche von tieferen Bereichen (z.B. Kolke, Rinnen, Hinterwasser) zu Furten bilden typische Laichhabitate der Kieslaicher. Insbesondere Furten sind reichlich vorhanden und weisen in der Strecke Emmenschachen auch ein geeignetes Laichsubstrat auf (vgl. Kapitel 12). In den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik weist nur ein kleiner Teil der Furten geeignetes Laichsubstrat auf. Analog zum Ausgangszustand fehlen die typischen Kieslaicher weitgehend. Dies dürfte auf die zu hohen Wassertemperaturen im Sommer (vor allem für die Äsche), auf das geringe Angebot an potenziellem Laichhabitat in den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik, aber auch auf den Mangel an ausgeprägten Kolken und Unterständen (z. B. für die Bachforelle) zurückzuführen sein.

Die Flachwasserzonen sind ausgezeichnete Habitate für Jungfische. In den Strecken Emmenschachen und Papierfabrik sind selbst bei erhöhtem Abfluss immer noch reichlich Flachwasserzonen vorhanden. Der hohe Flächenanteil seichter Mesohabitate (Furten, Gleiten, Flachwasser) liefert ideale Lebensräume für Kleinfischarten. So sind Elritzen und Schmerlen denn auch – wie im Ausgangszustand - die häufigsten Fischarten.

Kritik

Die Bewertungsmethodik fokussiert sehr stark auf die drei Sohlenstrukturtypen Rinne, Furt und Schnelle und deren Dichte in der Untersuchungsstrecke. Sofern der Typ Rinne nicht dominiert, ergibt sich die Bewertung des Indikators 1.1 «Sohlenstruktur» aus der Dichte dieser drei Sohlenstrukturtypen, wobei der Typ mit der geringsten Dichte die Bewertung bestimmt. Die Vielfalt der übrigen Sohlenstrukturtypen sowie die räumliche Anordnung der Typen in der Untersuchungsstrecke werden nicht in die Bewertung einbezogen.

Ausblick

Da die Bewertung des Indikators 1.1 «Sohlenstruktur» nur auf dem Restwasserabfluss basiert, wird für die Erhebung des 2. Projektzustandes empfohlen, auf die Erhebung des erhöhten Abflusses zu verzichten. Zudem ist es sehr schwierig, einen Mittelwasserabfluss im Feld zu erwischen.

9 Dynamik der Sohlenstruktur

9.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 2 «Dynamik», Indikator 2.1 Dynamik Sohlenstruktur.
<i>Definition</i>	Veränderung der Sohlenstrukturen mit der Zeit. Sohlenstrukturen sind Flächen, die bezüglich Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substratzusammensetzung in sich einheitlich sind (z. B. Schnelle, Rinne, Flachwasser, Kolk usw.).
<i>Begründung</i>	In natürlichen Fliessgewässern bewirken Hochwasser, dass die Sohle umgelagert wird und sich die morphologischen Strukturen verändern. Der Indikator zeigt die Dynamik des Gewässers.

9.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Lage und Fläche der einzelnen Sohlenstrukturen im 2. Ausgangszustand
<i>Vorgehen</i>	Der Indikator beschreibt die Veränderung der Sohlenstrukturen zwischen zwei zeitlich versetzten Aufnahmen. Zum einen wird der Ausgangszustand vor der Revitalisierung (AZ1) mit einem Zustand 5 bis 10 Jahre zuvor (AZ2) verglichen. Zum anderen wird der 1. Projektzustand (PZ1) mit dem 2. Projektzustand (PZ2) verglichen.
<i>Erhebung AZ2</i>	Als 2. Ausgangszustand wurde der Frühling 2011 festgelegt. Somit liegen zwar nur 3.5 Jahre zwischen dem 1. und dem 2. Ausgangszustand. Dafür ist ein Luftbild in genügend guter Auflösung vorhanden, welches bei Restwasserabfluss erhoben wurde. Das Orthofoto des Kantons Solothurn weist eine Pixelgrösse von 12.5 cm und eine Lagegenauigkeit von 1-2 Pixel auf und basiert auf Flügen am 24.3.2011, 8.4.2011 und 9.4.2011. Zwischen Frühling 2011 (2. Ausgangszustand) und Winter 2014 (1. Ausgangszustand) fanden drei Hochwasser statt, welche das HQ2 überschritten (am 1.6.2013 mit einem Maximum von 390 m³/s bei der Messstation Limpachmündug, nur Hauptstation; 24.7.2014 mit 419 m³/s; 11.8.2014 mit 315 m³/s). Das Hochwasser vom 24.7.2014 hat in etwa eine Wiederkehrperiode von 10 Jahren. Basierend auf dem Orthofoto von 2011 wurde die Sohlenstruktur für 2011 erfasst. Hierbei diente die Sohlenstruktur-erhebung von 2014 (1. Ausgangszustand) als Grundlage. Im Zweifelsfall wurde die Struktur von 2014 übernommen. Die Wassertiefe konnte auf dem Luftbild kaum erkannt werden. Daher ist die Zuordnung von Sohlenstrukturen, welche auf der Wassertiefe beruhen, schwierig. Das Luftbild war insbesondere für die Strecke Papierfabrik nur mit Mühe interpretierbar, da Uferbäume Schatten auf das Gewässer warfen. Zudem war das Gewässer auf Grund von Baumkronen über der Wasserfläche teilweise nicht sichtbar. In den Strecken Schwarzweg und Emmenschachen kamen deutlich

weniger Schatten und Baumkronen über der Wasserfläche vor. Die Zuordnung der Sohlenstrukturtypen für 2011 ist aus diesen Gründen mit Unsicherheiten behaftet, insbesondere für die Strecke Papierfabrik.

Daten AZ₁

Für den 1. Ausgangszustand wurden die im Kapitel 8 (Sohlenstruktur) beschriebenen und erhobenen Daten verwendet.

Erhebungen für den Ausgangszustand

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen					•		
Schwarzweg					•		
Papierfabrik					•		

Auswertung

Indikator Nr. 2.1: Verschnitt der Sohlenstrukturen zweier zeitlich versetzter Aufnahmen. Standardisierung auf Werte zwischen 0 und 1. Details vgl. (BAFU, 2019). Die Methodik wie die Sohlenstrukturen der zwei zeitlich versetzten Aufnahmen verschnitten werden, ist dem Anwender überlassen. Nachfolgend wird das in diesem Fall verwendete Vorgehen beschrieben.

Für den Ausgangszustand (Vergleich AZ₁-AZ₂) sowie den Projektzustand (Vergleich PZ₁-PZ₂) wird je ein standardisierter Wert für die Dynamik der Sohlenstruktur berechnet. Ist der standardisierte Wert im Projektzustand höher, so hat die Dynamik im Gewässer zugenommen. Dies kann jedoch erst nach der Erhebung des 2. Projektzustandes berechnet werden.

Betrachtet wird die gesamte Gerinnefläche (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzter Bereiche). Zur Ermittlung jener Flächen, in welchen zu den beiden Zeitpunkten unterschiedliche Sohlenstrukturen betrachtet wurden, wird ein grafischer Verschnitt der beiden Zustände gemacht. Es wird somit die exakt gleiche geografische Lage verglichen. Flächen mit unterschiedlichen Sohlenstrukturen werden identifiziert und die Summe dieser Flächen berechnet. Als «gesamte Fläche der Sohle» wird diejenige Fläche definiert, auf welcher in beiden Zuständen Sohlenstrukturen erhoben wurden. Dies spielt dann eine Rolle, wenn sich das Gerinne verändert.

Wie im Indikator vorgesehen, wird die Gesamtfläche mit einer Veränderung der Sohlenstruktur durch die gesamte Fläche der Sohle geteilt. Dies ergibt einen Wert (p), der gemäss der Vorgabe standardisiert werden kann. Beim Vergleich des standardisierten Wertes des Ausgangszustandes und des Projektzustandes muss

die Grösse der zwischen den Aufnahmen stattgefundenen Hochwasser berücksichtigt werden.

9.3 Resultate

9.3.1 Ausgangszustand

Emmenschachen

In der Strecke Emmenschachen wurde auf 21 % der Fläche eine Veränderung der Sohlenstruktur festgestellt (vgl. Abbildung 34). Die Verteilung der Sohlenstrukturtypen änderte sich kaum zwischen den beiden Ausgangszuständen. Der Typ «Furt» dominiert in beiden Jahren. Gewisse Veränderungen ergaben sich in den Kiesbänken. Für den Indikator «Dynamik Sohlenstruktur» resultiert ein standardisierter Wert von 0.27 (vgl. Tabelle 24).

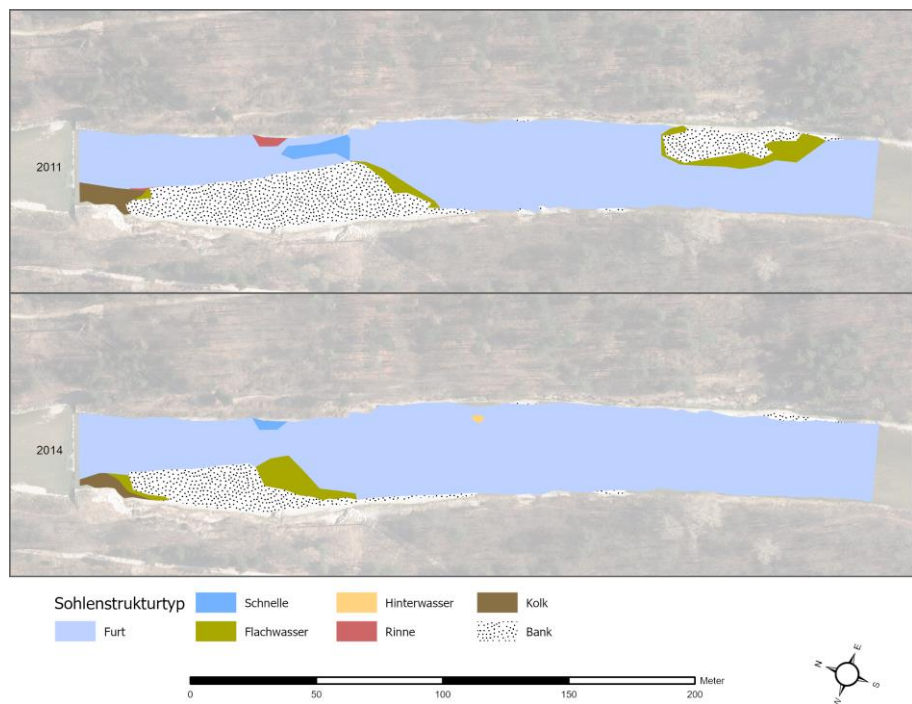


Abbildung 34 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Emmenschachen. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Schwarzweg

Obwohl die Strecke Schwarzweg ein vielfältigeres Muster der Sohlenstrukturtypen aufwies als die Strecke Emmenschachen, wurde auch in dieser Strecke auf 21 % der Fläche eine Veränderung der Sohlenstruktur festgestellt (vgl. Abbildung 35). In beiden Ausgangszuständen kamen grundsätzlich dieselben Sohlenstrukturtypen vor. Lokal gab es Verschiebungen und kleinere Veränderungen. Für den Indikator «Dynamik Sohlenstruktur» resultiert ein standardisierter Wert von 0.29 (vgl. Tabelle 24).

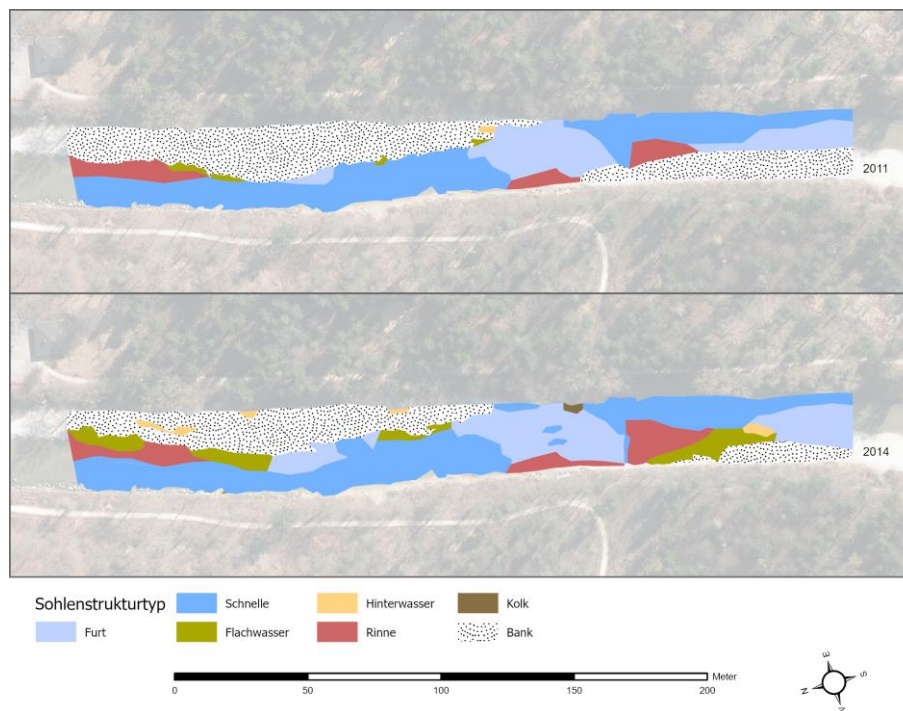


Abbildung 35 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Schwarzweg. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Papierfabrik

Im 2. Ausgangszustand (2011) wurde der unterste Drittel dieser Strecke dem Typ Rinne zugeordnet. Die Zuweisung ist allerdings auf Grund des schwer erkennbaren Luftbildes mit grossen Unsicherheiten behaftet. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass analog zum 1. Ausgangszustand der Sohlenstrukturtyp «Furt» dort vorkam. Da dies auf die Bewertung einen grossen Einfluss hat, wird zusätzlich angegeben wie die Bewertung wäre, wenn dieser Fläche der Typ «Furt» zugewiesen worden wäre.

In der Strecke Papierfabrik wurde auf 49 % der Fläche eine Veränderung der Sohlenstruktur festgestellt (31 % mit «Furt» anstatt «Rinne»; vgl. Abbildung 36). Viele Kiesbänke waren verschoben¹⁴. Zudem gab es viele Veränderungen in den kleinräumigen Sohlenstrukturen. Für den Indikator «Dynamik Sohlenstruktur» resultiert ein standardisierter Wert von 0.99 (0.52 mit «Furt» anstatt «Rinne»; vgl. Tabelle 24).

¹⁴ Die Tabelle 10uf dem schwer erkennbaren Luftbild am besten erkennbar waren.

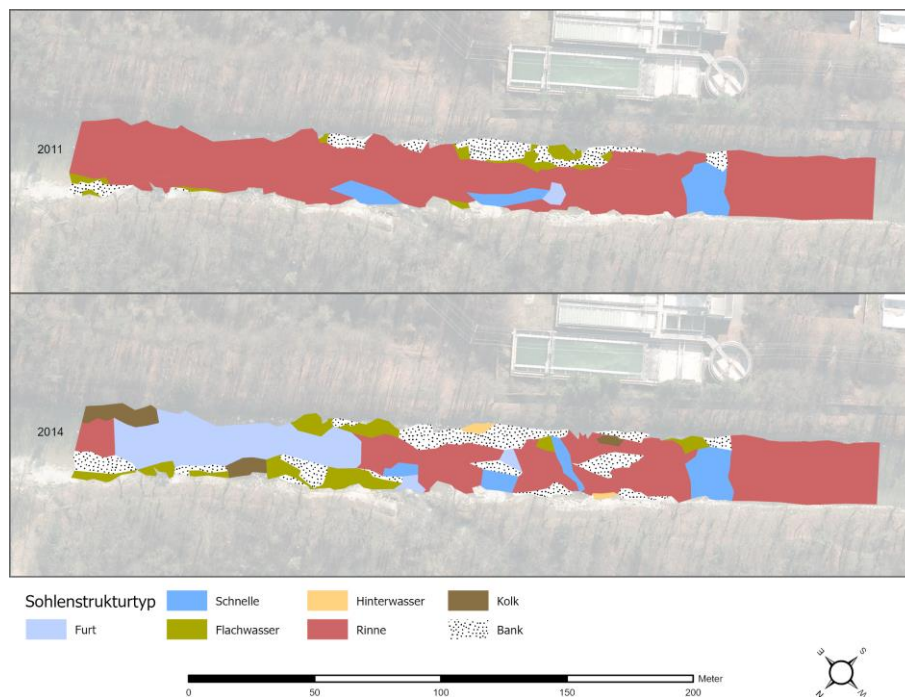


Abbildung 36 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Papierfabrik. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Bewertung

Bewertungsparameter	Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Summe der Flächen mit Veränderung [m²]	2232	1708	3937
Summe der Flächen ohne Veränderung [m²]	8413	6246	4016
P = Fläche mit Veränderung / Gesamtfläche	0.21	0.21	0.49
Standardisierter Wert	0.27	0.29	0.99

Tabelle 24 Bewertung des Indikators 2.1 «Dynamik Sohlenstruktur». Würde der unterste Abschnitt der Strecke Papierfabrik dem Typ «Furt» anstatt «Rinne» zugeordnet, so wären es 2'462 m² mit Veränderung, 5'491 m² ohne Veränderung, p = 0.31 und standardisierter Wert von 0.52.

9.3.2 Projektzustand 1

Erst nachdem die Daten zum 2. Projektzustand vorliegen, kann die Veränderung zwischen 1. und 2. Projektzustand berechnet werden.

9.4 Vergleich Ausgangszustand mit Projektzustand

Da der Projektzustand noch nicht ausgewertet werden kann, ist auch noch kein Vergleich zum Ausgangszustand möglich.

9.5 Kurzdiskussion

In allen drei Strecken bzw. in deren nahem Umfeld gab es im Ausgangszustand Querverbauungen, welche vermutlich einer noch grösseren Veränderung der Sohlenstrukturen entgegenwirkten. Im Ausgangszustand wiesen die Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg eine geringe Dynamik der Sohlenstruktur auf. Die Strecke Papierfabrik wies eine mittlere bis grosse Dynamik auf. Da die Erhebung des 2. Ausgangszustandes mit grosser Unsicherheit verbunden ist, ist möglicherweise ein Teil dieser angeblicher Dynamik auf Erfassungsfehler zurückzuführen. Andererseits wurden in der Strecke Papierfabrik im 1. Ausgangszustand viele kleinräumige Sohlenstrukturen erfasst, welche sich mit Hochwasser rasch verändern können.

Kritik

Der Indikator unterscheidet nicht, ob sich ein Sohlenstrukturtyp räumlich verschoben hat oder ob gänzlich andere Typen vorkommen.

10 Uferstruktur

10.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Eawag Steckbrief Nr. 45, Ufer: Uferstruktur (Woolsey, S. et al., 2005)
<i>Definition</i>	Verteilung der Uferstrukturen
<i>Begründung</i>	Die Uferlinie bildet die Schnittstelle zwischen dem aquatischen und dem terrestrischen Raum. Als Grenzbiotop bietet ein natürliches Ufer vielen spezialisierten Arten einen Lebensraum. Die Veränderung der Uferstruktur charakterisiert die Morphodynamik des Gewässers.

10.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Art, Länge und Lage der Uferstrukturtypen sowie Anteil der Längsverbauung bei mittlerem Abfluss.
<i>Vorgehen</i>	Es erfolgten zwei Erhebungen, einmal bei minimalem Restwasserabfluss und einmal bei einem erhöhten Abfluss. Die Uferlinie wurde im Feld mit einem submetergenauen GPS vermessen. Die Erfassungsgenauigkeit betrug je nach Standort 50-150 cm. Sie wurde durch die Mittelwertbildung von jeweils 3 Messwerten zusätzlich erhöht. Da bei erhöhtem Abfluss auf Grund der eingeschränkten Begehbarkeit teilweise aus Distanz kartiert wurde, erfolgten anschliessend Korrekturen anhand des Luftbildes. Gleichzeitig mit der Erhebung der Uferstrukturtypen erfolgte die Kartierung der Sohlenstrukturen. Bei vollständig von Wasser umgebenen Kiesbänken (Kiesinseln) sowie bei vom Gerinne getrennten landseitigen Wasserflächen wurde keine Uferlinie erhoben.
<i>Erhebung</i>	<i>Emmenschachen</i> 6.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m ³ /s 3.11.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 13.0 m ³ /s Koordinaten unten: 2'610'244 / 1'229'045 oben: 2'610'349 / 1'228'750 Länge: 327 m <i>Schwarzweg</i> 7.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m ³ /s 3.11.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 13.6 m ³ /s Koordinaten unten: 2'610'724 / 1'227'083 oben: 2'610'641 / 1'226'795 Länge: 299 m <i>Papierfabrik</i> 23.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m ³ /s (respektive geringfügig höherer Abfluss) 30.8.2023 bei einem erhöhten Abfluss von 4.6 m ³ /s

Koordinaten unten: 2'610'330 / 1'226'448 oben: 2'610'094 / 1'226'236

Länge: 325 m

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niedrigwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen					•	•	
Schwarzweg					•	•	
Papierfabrik					•	•	

Auswertung

In Anlehnung an Steckbriefnr. 45 sind die Anzahl Strukturelemente pro Einheitslänge sowie die Länge des verbauten Ufers relevant für die Auswertung.

Die Bewertung nach dem Indikator «Uferstruktur» erfolgt auf Basis der Erhebung bei Restwasserabfluss¹⁵. Für die Bewertung der Uferstruktur werden zwei Parameter berechnet: „Längsverbauung“ (A_{Verb}) und „Strukturelemente“ ($A_{Struktur}$). Der Parameter Längsverbauung wird basierend auf der Länge des Ufers sowie der Länge von glatter und rauer Längsverbauung berechnet:

$$A_{Verb} = 1/2 * (1 - (L_{Längsverbau glatt} + 0.5 * L_{Längsverbau rau}) / L_{Ufer})$$

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

Der Parameter Strukturelemente wird basierend auf der Anzahl vorkommender Strukturtypen pro Einheitslänge (n) festgelegt. Im Unterschied zum Steckbrief wurde die Einheitslänge als 12-faches der Gerinnesohlenbreite (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzte Bereiche, ausschliesslich bewachsene Insel) im 1. Projektzustand bei erhöhtem Abfluss definiert. Alle drei Untersuchungsstrecken sind kürzer als die berechneten Einheitslängen. Daher wurde n als «Anzahl vorkommende Strukturtypen» definiert, da eine Extrapolation nicht zulässig ist. Die Werte n werden wie folgt standardisiert:

- $n \leq 1$: $A_{Struktur} = 0$
- $1 < n < 5$: $A_{Struktur} = 0.125 * n - 0.125$
- $5 \geq n$: $A_{Struktur} = 0.5$

¹⁵ Gemäss Indikatorsteckbrief ist das Ufer bei der Wasserlinie bei mittlerem Abfluss massgeblich. Aufgrund der Restwassersituation entspricht dies dem minimalen Restwasserabfluss.

Die Parameter A_{Verb} und $A_{Struktur}$ werden addiert. Dabei resultiert ein standardisierter Endwert zwischen 0 und 1. Details vgl. (Woolsey, S. et al., 2005).

*Anpassungen Daten
Ausgangszustand*

Bei der Zuweisung des Ufertyps «Bucht» gibt es einen gewissen Spielraum. Auf die Auswertung hat dies jedoch einen grossen Einfluss. Damit die Zuweisung des Ufertyps «Bucht» in allen Erfassungszuständen gleich erfolgt, wurden in den Strecken Emmenschachen und Papierfabrik die Daten des Ausgangszustandes angepasst.

10.3 Resultate

10.3.1 Ausgangszustand

Der Ufertyp „Bucht“ wurde in den Strecken Emmenschachen (RW und MW; vgl. Tabelle 25; Tabelle 26; Abbildung 37) und Papierfabrik (RW; vgl. Tabelle 27; Abbildung 38) für den Ausgangszustand angepasst.

Emmenschachen

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	183	45	122	38	305	42
Steilufer	120	30	174	54	294	41
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	84	21	0	0	84	12
Wurzelwerk	0	0	8	2	8	1
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	16	4	18	6	34	5
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	403	100	322	100	725	100

Tabelle 25 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Ausgangszustand bei minimalem Restwasser am 25.11.2014.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	76	21	0	0	76	11
Steilufer	189	53	301	94	490	73
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	46	13	0	0	46	7
Wurzelwerk	23	7	0	0	23	3
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	20	6	18	6	38	6
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	355	100	319	100	674	100

Tabelle 26 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Ausgangszustand bei erhöhtem Abfluss am 6.3.2015.

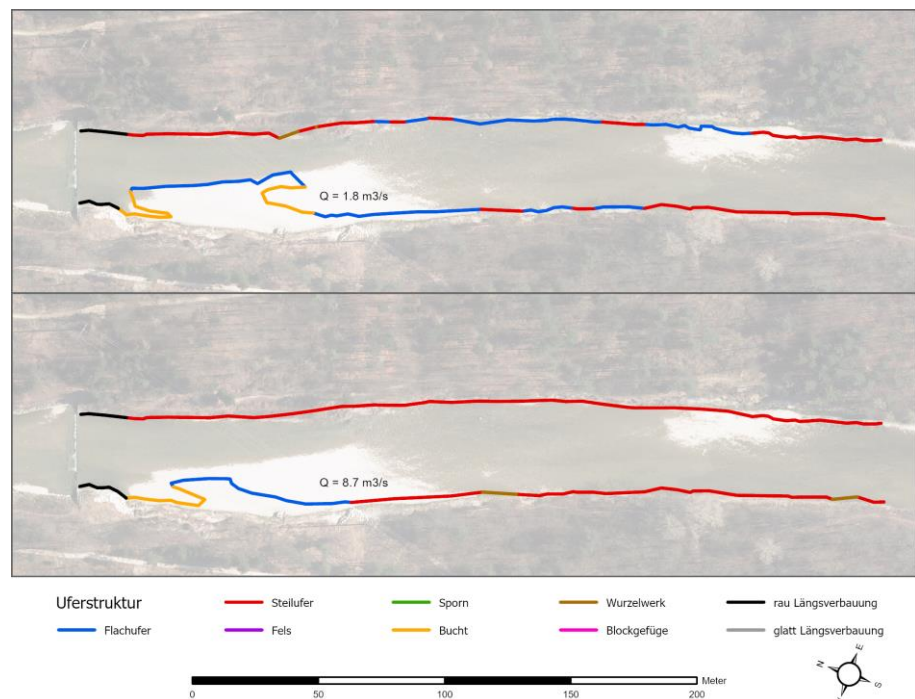


Abbildung 37 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Ausgangszustand am 25.11.2014 bei Restwasserabfluss (1.8 m³/s; oben) und erhöhtem Abfluss (8.7 m³/s; unten). Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Papierfabrik

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	66	18	88	24	154	21
Steilufer	0	0	0	0	0	0
Fels	143	38	159	44	303	41
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	35	9	0	0	35	5
Wurzelwerk	0	0	0	0	0	0
Blockgefüge	62	17	45	12	108	15
Längsverbauung rau	64	17	71	19	135	18
Längsverbauung glatt	4	1	0	0	4	1
Summe	376	100	363	100	739	100

Tabelle 27 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik im Ausgangszustand bei minimalem Restwasser am 19.6.2014.

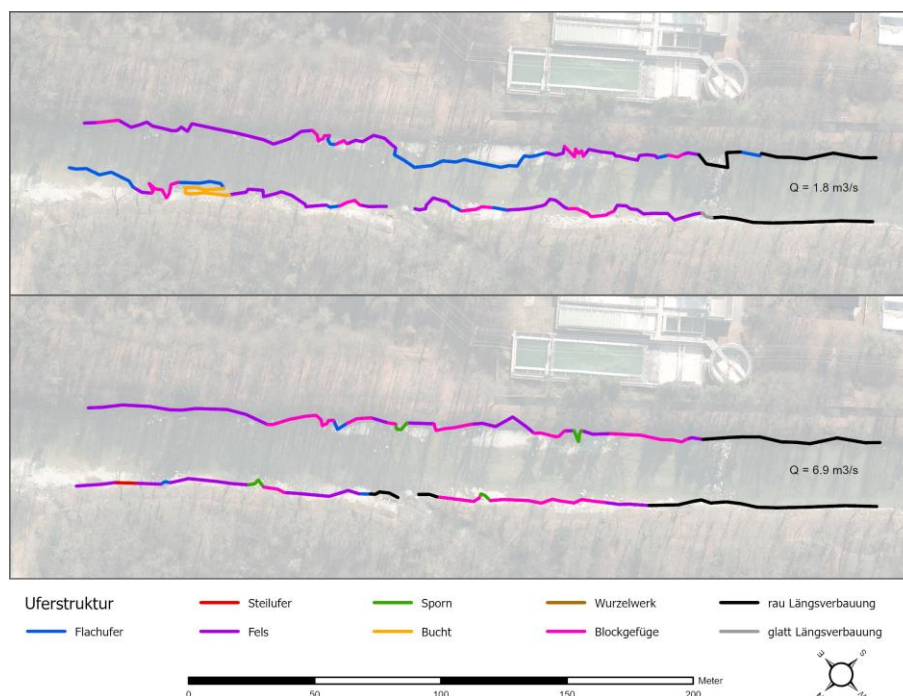


Abbildung 38 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik im Ausgangszustand am 19.6.2014 bei Restwasserabfluss (1.8 m³/s; oben) und erhöhtem Abfluss (6.9 m³/s; unten). Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Bewertung

Die Bewertung des Ausgangszustandes wurde neu berechnet aufgrund der Anpassung des Uferstrukturtyps Bucht, der geänderten Berechnung der Einheitslänge und der Anzahl vorkommender Strukturtypen pro Einheitslänge (vgl. Tabelle 28). Alle drei Strecken werden mit dieser Berechnung deutlich besser bewertet. Es resultierte ein Wert zwischen 0.67 und 0.93 (Maximum = 1), was einer relativ guten bis sehr guten Bewertung entspricht).

Bewertungsparameter	Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Länge Längsverbau rau [m]	34	27	135
Länge Längsverbau glatt [m]	0	85	4
Gesamtlänge der Uferlinie [m]	725	655	739
Mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	34	27	26
Einheitslänge (aus 1. Projektzustand) [m]	593	399	517
Länge Untersuchungsabschnitt	320	300	330
Anzahl Strukturtypen (ohne Längsverbau)	4	3	4
n (Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge)	4	3	4
A_{Verb} (Parameter Längsverbau)	0.49	0.43	0.45
$A_{Struktur}$ (Parameter Strukturtypen)	0.38	0.25	0.38
A ($A_{Verb} + A_{Struktur}$)	0.86	0.68	0.83

Tabelle 28 Standardisierte Bewertung der Uferstruktur bei minimalem Restwasserabfluss in den Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand. A = Standardisierter Wert

10.3.2 Projektzustand 1

Emmenschachen

Die Ufer sind unverbaut. Die vorkommenden Strukturtypen sind Flachufer, Steilufer, Sporn und Wurzelwerk (vgl. Tabelle 29 und Tabelle 30). Die Flächenanteile der verschiedenen Typen ändern sich mit einer Abflusszunahme (1.8 m³/s zu 13.0 m³/s) kaum. In der Strecke Emmenschachen lagen bei beiden Abflüssen fast alle trockenen Kiesbänke in der Gewässermitte und wurden daher nicht für die Auswertung der Uferstruktur mitberücksichtigt (vgl. Abbildung 25).

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	127	38	179	54	306	46
Steilufer	111	34	138	42	250	38
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	5	2	0	0	5	1
Bucht	0	0	0	0	0	0
Wurzelwerk	88	27	13	4	102	15
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	332	100	330	100	662	100

Tabelle 29 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen bei minimalem Restwasser am 6.3.2023.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	53	16	231	69	284	43
Steilufer	176	54	77	23	253	38
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	6	2	0	0	6	1
Bucht	0	0	0	0	0	0
Wurzelwerk	89	27	28	8	116	18
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	324	100	336	100	660	100

Tabelle 30 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen bei erhöhtem Abfluss am 3.11.2023.

Die Uferlinie liegt bei beiden untersuchten Abflüssen sehr nahe oder direkt am Böschungsfuss (Abbildung 39).

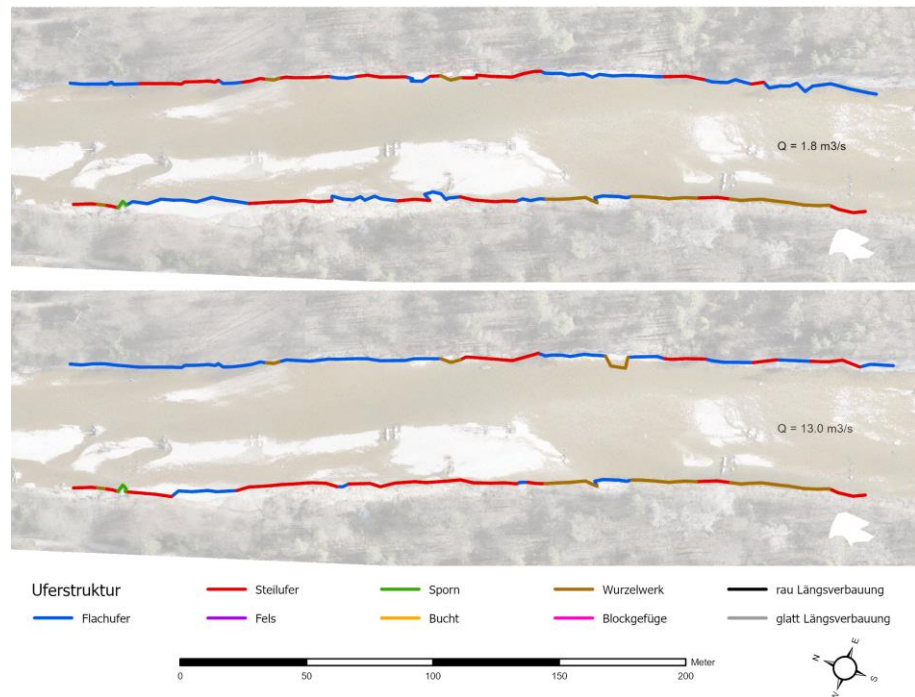


Abbildung 39 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen am 6.3.2023 bei minimalem (oben) und am 3.11.2023 bei erhöhtem Abfluss (unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H).

Schwarzweg

Im untersten Bereich ist die linke Uferböschung mit einer glatten Ufermauer verbaut, welcher Blöcke vorgelagert sind. Etwas weiter flussaufwärts gibt es am linken Ufer einen kurzen Abschnitt mit rauer Längsverbauung.

Bei erhöhtem Abfluss kommen alle Strukturtypen vor, bei Restwasserabfluss fehlt der Typ «Sporn» (vgl. Tabelle 31 und Tabelle 32). Flachufer sind bei einem erhöhten Abfluss weniger häufig. Steilufer und Fels hingegen nehmen zu. Dies ist auf die Verschiebung der Uferlinie in Richtung des Böschungsfusses zurückzuführen.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	128	32	166	44	294	38
Steilufer	3	1	3	1	6	1
Fels	64	16	204	55	269	35
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	80	20	0	0	80	10
Wurzelwerk	56	14	0	0	56	7
Blockgefüge	4	1	0	0	4	1
Längsverbauung rau	55	14	0	0	55	7
Längsverbauung glatt	6	2	0	0	6	1
Summe	396	100	373	100	769	100

Tabelle 31 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg bei minimalem Restwasser am 7.3.2023

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	39	12	83	24	122	18
Steilufer	67	20	9	3	76	11
Fels	96	29	236	69	332	49
Sporn	6	2	8	2	14	2
Bucht	14	4	0	0	14	2
Wurzelwerk	42	13	0	0	42	6
Blockgefüge	0	0	4	1	4	1
Längsverbauung rau	11	3	0	0	11	2
Längsverbauung glatt	56	17	0	0	56	8
Summe	330	100	341	100	671	100

Tabelle 32 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg bei erhöhtem Abfluss am 3.11.2023

Die Uferlinie liegt insbesondere bei Restwasserabfluss teilweise weit entfernt vom Böschungsfuss entlang einer Kiesbank (vgl. Abbildung 40). Bei erhöhtem Abfluss liegt die Uferlinie nur noch bei einer Kiesbank weit entfernt vom Böschungsfuss.

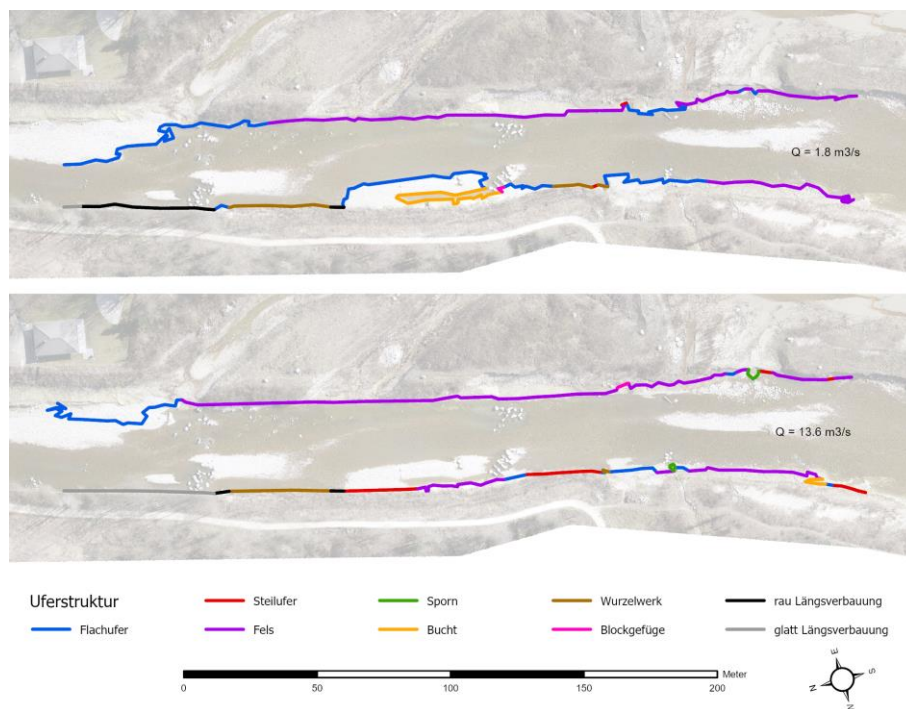


Abbildung 40 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg am 7.3.2023 bei minimalem (oben) und am 3.11.2023 bei erhöhtem Abfluss (unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H).

Papierfabrik

Im obersten Abschnitt ist das rechte Ufer auf einer Länge von ca. 20 m mit Blocksatz verbaut.

Bis auf Blockgefüge und glatter Längsverbau kommen alle Strukturtypen vor (vgl. Tabelle 33 und Tabelle 34). Die Längenanteile der verschiedenen Typen verändern sich mit einer Abflusszunahme von 1.8 m³/s auf 4.6 m³/s kaum. Die beobachteten Veränderungen zwischen den beiden Abflüssen sind wohl zum grössten Teil auf Gerinneumlagerungen zurückzuführen, welche zwischen den Erhebungen stattgefunden haben.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	222	56	206	45	427	50
Steilufer	24	6	6	1	31	4
Fels	71	18	20	4	90	11
Sporn	7	2	40	9	47	5
Bucht	0	0	133	29	133	15
Wurzelwerk	75	19	36	8	111	13
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	20	4	20	2
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	399	100	460	100	859	100

Tabelle 33 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik bei minimalem Restwasser am 23.3.2023

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		beide Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	181	49	207	49	388	49
Steilufer	24	7	6	1	31	4
Fels	77	21	16	4	93	12
Sporn	7	2	36	8	43	5
Bucht	0	0	102	24	102	13
Wurzelwerk	78	21	36	8	114	14
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	22	5	22	3
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	366	100	425	100	791	100

Tabelle 34 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik bei erhöhtem Abfluss am 30.8.2023

Die Uferlinie liegt bei beiden untersuchten Abflüssen oft weit entfernt vom Böschungsfuss (vgl. Abbildung 41). Grössere Verschiebungen ergeben sich insbesondere im Bereich der Kiesbänke.

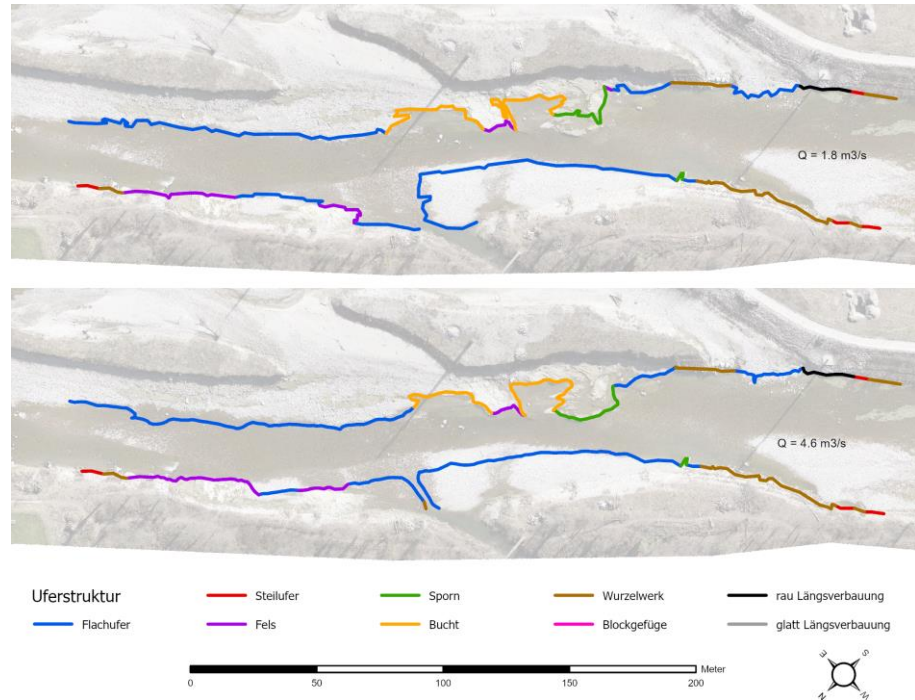


Abbildung 41 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik am 23.3.2023 bei minimalem (oben) und am 30.8.2023 bei erhöhtem Abfluss (unten). Orthofoto vom 21.2.2023 (© W+H).

Bewertung

Für alle Untersuchungsstrecken für die beiden Abflusszustände resultiert ein Wert zwischen 0.88 und 0.99 (Maximum = 1; vgl. Tabelle 35), was einer sehr guten Bewertung entspricht.

Bewertungsparameter	Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Länge Längsverbau rau [m]	0	55	20
Länge Längsverbau glatt [m]	0	6	0
Gesamtlänge der Uferlinie [m]	662	769	859
Mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	49	31	43
Einheitslänge (aus 1. Projektzustand) [m]	593	399	517
Länge Untersuchungsabschnitt	320	300	330
Anzahl Strukturtypen (ohne Längsverbau)	4	6	6
n (Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge)	4	6	6
A_{Verb} (Parameter Längsverbau)	0.50	0.48	0.49
$A_{Struktur}$ (Parameter Strukturtypen)	0.38	0.50	0.50
$A (A_{Verb} + A_{Struktur})$	0.88	0.98	0.99

Tabelle 35 Standardisierte Bewertung der Uferstruktur bei minimalem Restwasserabfluss in den Untersuchungsstrecken im 1. Projektzustand. A = Standardisierter Wert

10.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Die Uferstruktur der Strecken Emmenschachen und Papierfabrik wird bereits im Ausgangszustand als sehr gut bewertet und verbessert sich zum 1. Projektzustand nur geringfügig (vgl. Abbildung 42). Den grössten Unterschied gibt es in der Strecke Schwarzweg, bei welcher sich die Bewertung deutlich verbessert. Diese Verbesserung beruht darauf, dass im 1. Projektzustand 3 Ufertypen zusätzlich vorkommen und somit die Strukturtypen deutlich besser bewertet werden.

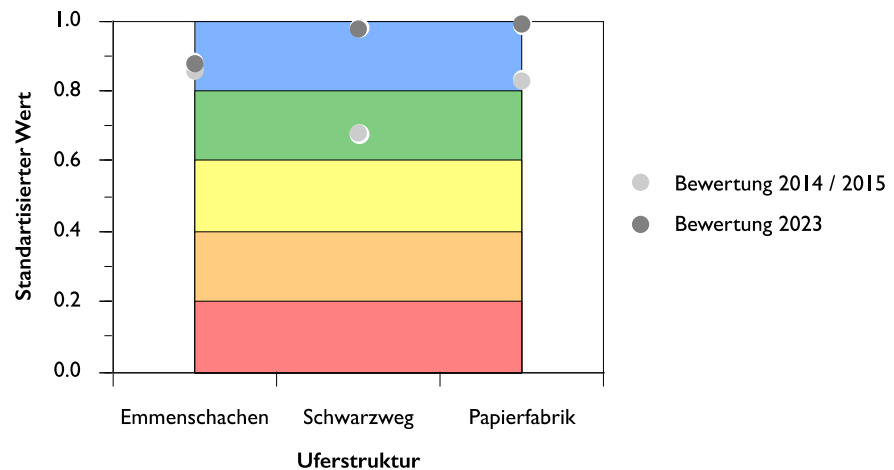


Abbildung 42 Zuordnung der standardisierten Werte bei minimalem Restwasserabfluss für den Indikator «Uferstruktur» für die untersuchten Strecken im Ausgangszustand (2014 / 2015) sowie im 1. Projektzustand (2023).

10.5 Kurzdiskussion

Strukturelemente

Sämtliche der in den Steckbriefen (Woolsey, S. et al., 2005) aufgeführten 7 unterschiedenen Uferstrukturtypen kommen vor. Im 1. Projektzustand dominieren Flachufer, Steilufer und Fels. Im Vergleich zum Ausgangszustand deutlich seltener ist der Typ Blockgefüge. Einen deutlichen Unterschied gibt es zudem in der Längsverbauung der Ufer. Im 1. Projektzustand ist die Uferlinie in der Strecke Emmenschachen gänzlich ohne Verbauung. In den anderen Strecken weisen maximal 7 % eine raue Verbauung (lockerer Blocksatz) auf. Glatt verbaut sind die Ufer noch einzig in der Strecke Schwarzweg auf maximal 8 %.

Lebensräume

Die Uferzonen sind wichtige Fischlebensräume. Flachufer bieten Habitat für Jungfische, aber auch für die Adultstadien der Kleinfischarten (z. B. Schmerle, Elritze). Sowohl bei minimalem Restwasserabfluss als auch bei erhöhtem Abfluss sind Flachufer ausreichend vorhanden. Einzig in der Strecke Schwarzweg – der schmalsten der drei Strecken – nehmen sie mit höherem Abfluss deutlich ab. Flachufer entlang von trockenen Kiesinseln wurden in der Auswertung nicht mitberücksichtigt. In allen drei Strecken kommen bei minimalem Restwasserabfluss grössere trockene Kiesinseln vor, welche das Angebot an Flachwasserzonen nochmals erhöhen würden. In der Strecke Emmenschachen kommen sogar bei erhöhtem Abfluss noch grosse Kiesinseln vor.

Bei Hochwasser finden die Fische natürlicherweise in strömungsberuhigten Zonen (Wurzelwerk, Sporn, Bucht) Schutz vor dem Verdriften. Diese Strukturen haben stark zugenommen und machen in der Strecken Emmenschachen sogar einen Drittel der Uferlänge aus.

Bewertung

Während im Ausgangszustand die Strecke Schwarzweg noch etwas schlechter bewertet wurde, erreichen im 1. Projektzustand alle drei Strecken sehr gute Bewertungen nach dem Indikator Uferstruktur. Die Eignung der Uferstrukturen als Lebensraum hat zwischen dem Ausgangszustand und dem 1. Projektzustand wohl nochmals deutlich zugenommen. Da die Strecken Emmenschachen und Papierfabrik bereits im Ausgangszustand eine sehr gute Bewertung erreichten, ist dies in der Bewertung kaum erkennbar.

Kritik

Eine Untersuchungsstrecke, welche kürzer ist als die berechnete Einheitslänge, ist in der Bewertung nicht vorgesehen. Da dies aber der Fall war, wurde «n» als «Anzahl vorhandene Sturkturtypen» anstatt «Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge» definiert, da eine Extrapolation nicht zulässig ist. In diesem Fall müsste aber die Bewertungsskala von A_{Struktur} angepasst werden. Obwohl die nicht angepasste Bewertungsskala verwendet wurde, resultierte eine sehr gute Bewertung aller drei Untersuchungsstrecken.

Der Indikator stützt auf die Anzahl Strukturtypen ab, die auf lediglich sieben Typen begrenzt ist. Deren Längenanteil wird nicht berücksichtigt. Es wäre daher vermutlich sinnvoll, wenn die Anzahl Strukturen sowie der Längenanteil der Strukturtypen an der Uferlinie Eingang in die Bewertung finden würden.

Würde man die Längenanteile der Uferstrukturtypen sowie den generellen Verlauf der Uferlinie (als Indiz für die Verzahnung des aquatischen und des terrestrischen Lebensraumes) in die Bewertung einbeziehen, so würden die Strecken Emmenschachen und Schwarzweg im 1. Projektzustand schlechter bewertet (jetzige Bewertung «sehr gut»). Auch im Ausgangszustand würde keine Strecke mit «sehr gut» bewertet. Die Bewertung «sehr gut» erscheint einzig für die Strecke Papierfabrik im 1. Projektzustand gerechtfertigt.

11 Dynamik der Uferstruktur

11.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 2 «Dynamik», Indikator 2.2 Dynamik Uferstruktur
<i>Definition</i>	Veränderung der Uferstrukturen mit der Zeit
<i>Begründung</i>	In natürlichen Fliessgewässern bewirken Hochwasser, dass die Sohle umgelagert wird und sich die morphologischen Strukturen an Sohle und Ufer verändern. Der Indikator zeigt die Dynamik des Gewässers.

11.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Uferstrukturtypen bei Restwasserabfluss im 2. Ausgangszustand
<i>Vorgehen</i>	Der Indikator beschreibt die Veränderung der Uferstruktur zwischen zwei zeitlich versetzten Aufnahmen. Zum einen wird der Ausgangszustand vor der Revitalisierung (AZ1) mit einem Zustand 5 bis 10 Jahre zuvor (AZ2) verglichen. Zum anderen wird der 1. Projektzustand (PZ1) mit dem 2. Projektzustand (PZ2) verglichen.
<i>Erhebung AZ2</i>	Als 2. Ausgangszustand wurde der Frühling 2011 festgelegt. Somit liegen zwar nur 3.5 Jahre zwischen dem 1. und dem 2. Ausgangszustand. Dafür ist ein Luftbild in genügend guter Auflösung vorhanden, welches bei Restwasserabfluss erhoben wurde. Das Orthofoto des Kantons Solothurn weist eine Pixelgrösse von 12.5 cm und eine Lagegenauigkeit von 1-2 Pixel auf und basiert auf Flügen am 24.3.2011, 8.4.2011 und 9.4.2011. Zwischen Frühling 2011 (2. Ausgangszustand) und Winter 2014 (1. Ausgangszustand) fanden drei Hochwasser statt, welche das HQ2 überschritten (am 1.6.2013 mit einem Maximum von 390 m³/s bei der Messstation Limpachmündug, nur Hauptstation; 24.7.2014 mit 419 m³/s; 11.8.2014 mit 315 m³/s). Das Hochwasser vom 24.7.2014 hat in etwa eine Wiederkehrperiode von 10 Jahren. Basierend auf dem Orthofoto von 2011 wurde die Uferstruktur für 2011 erfasst. Hierbei diente die Uferstruktur von 2014 (1. Ausgangszustand) als Grundlage und wurde nur angepasst, falls Veränderungen erkennbar waren. Im Zweifelsfall erfolgte keine Änderung. Generell war die Erkennung des Uferstrukturtyps auf dem Luftbild schwierig. Für die Strecke Schwarzweg war die Uferlinie entlang dem linken Ufer in der Streckenmitte auf Grund des schlechten Farbkontrastes schwierig zu erkennen.

*Erhebungen für den
Ausgangszustand*

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmensachen					•		
Schwarzweg					•		
Papierfabrik					•		

Daten AZ1

Für den 1. Ausgangszustand wurden die im Kapitel 10 (Uferstruktur) beschriebenen Daten des minimalen Restwasserabflusses verwendet.

Auswertung

Für den Ausgangszustand (Vergleich AZ1-AZ2) sowie den Projektzustand (Vergleich PZ1-PZ2) wird je ein standardisierter Wert für die Dynamik der Uferstruktur berechnet. Ist der standardisierte Wert im Projektzustand höher, so hat die Dynamik im Gewässer zugenommen. Dies kann jedoch erst nach der Erhebung des 2. Projektzustandes berechnet werden.

Die Methodik wie die Uferstrukturen der zwei zeitlich versetzten Aufnahmen verschnitten werden, ist dem Anwender überlassen. Nachfolgend wird das hier verwendete Vorgehen beschrieben.

Verglichen werden die Uferlinien und Uferstrukturtypen auf der gleichen Uferseite. Als erstes werden Abschnitte mit einer Verschiebung der Uferlinie identifiziert. Dabei wird eine Mindestgrenze für die Verschiebung berücksichtigt, welche grösser als eine mögliche Messungenauigkeit sein soll. Die Mindestgrenze soll zudem berücksichtigen, dass die zwei Aufnahmen allenfalls nicht beim genau gleichen Abfluss erhoben wurden. Für die Emme wird deshalb eine Mindestgrenze von 3 m verwendet¹⁶. Uferabschnitte, welche sich verschoben haben und zudem auch eine veränderte Uferstruktur haben, werden nur als «Ufer mit Verschiebung Uferlinie» betrachtet.

Als nächstes wird für jeden Abschnitt mit Verschiebung das Ausmass dieser berechnet (k). Entgegen dem Vorschlag im Indikator basiert dies nicht auf der mittleren Abflusstiefe im Querschnitt bei HQ₂, da für den AZ2 hierzu die

¹⁶ Zwischen dem 1. und 2. Ausgangszustand wurde vermeintlich eine Verschiebung von glatter Uferverbauung von 2.5 m festgestellt. Dabei muss es sich jedoch um eine Ungenauigkeit in der Erfassung handeln. Daher macht eine Mindestgrenze von 3 m Sinn, damit diese Bereiche nicht fälschlicherweise als Verschiebung behandelt werden.

Datengrundlage fehlt. Es wurde folgende Klassifizierung für den Betrag der Verschiebung der Uferlinie [m] (ΔY) verwendet¹⁷:

$K = 1$ (geringe Verschiebung der Uferlinie) = $3 \text{ m} < \Delta Y \leq 10 \text{ m}$
 $k = 2$ (mittlere Verschiebung der Uferlinie) = $10 \text{ m} < \Delta Y \leq 20 \text{ m}$
 $k = 3$ (Gerinneverlagerung) = $20 \text{ m} < \Delta Y$

Gemäss Indikator 2.2 «Dynamik Uferstruktur» wird für jeden Abschnitt mit einer Verschiebung der Uferlinie deren Uferlänge mit dem entsprechenden Faktor k multipliziert. Die entstandenen Werte werden darauf über alle Abschnitte aufsummiert («Verschiebung»).

Für alle Uferabschnitte ohne Verschiebung der Uferlinie wird geprüft, ob sich der Uferstrukturtyp verändert hat. Die Gesamtlänge der Ufer mit verändertem Uferstrukturtyp wird berechnet («Veränderung»). «Veränderung» plus «Verschiebung» geteilt durch die Gesamtlänge des unverbauten Ufers ergibt den Wert (p). Dieser wird gemäss (BAFU, 2019) standardisiert. Beim Vergleich des standardisierten Wertes des Ausgangszustandes und des Projektzustandes muss zudem die Grösse des zwischen den Aufnahmen stattgefundenen Hochwassers berücksichtigt werden.

Die Gesamtlänge der unverbauten Ufer entspricht der Länge der unverbauten Ufer im 2. Ausgangszustand (2011). Die Länge der unverbauten Ufer des 1. Ausgangszustandes (2014) wurde nicht mitberücksichtigt, da es 2014 Ufer mit Längsverbau gab, die trotz Längsverbau eine Verschiebung oder Veränderung der Uferlinie erfahren haben (z.B. vorgelagerte Kiesinsel).

11.3 Resultate

11.3.1 Ausgangszustand

Emmenschachen

In der Strecke Emmenschachen ergaben sich im Bereich der Kiesbänke grössere Veränderungen (vgl. Abbildung 43). Gewissen Abschnitten wurde sogar ein k -Wert von 3 (Gerinneverlagerung) zugeordnet.

¹⁷ Die mittlere Abflusstiefe im Querschnitt bei HQ₂ (h) liegt in den Untersuchungsstrecken im Mittel wohl im Bereich von knapp 2 m. Die vorgeschlagene Grenze von 20 m entspricht somit ungefähr der Klassengrenze gemäss Indikator 2.2 ($10 \cdot h$). Im Gegensatz zum Vorgehen im Indikator 2.2 wird jedoch eine einheitliche Grenze für alle Strecken festgelegt.

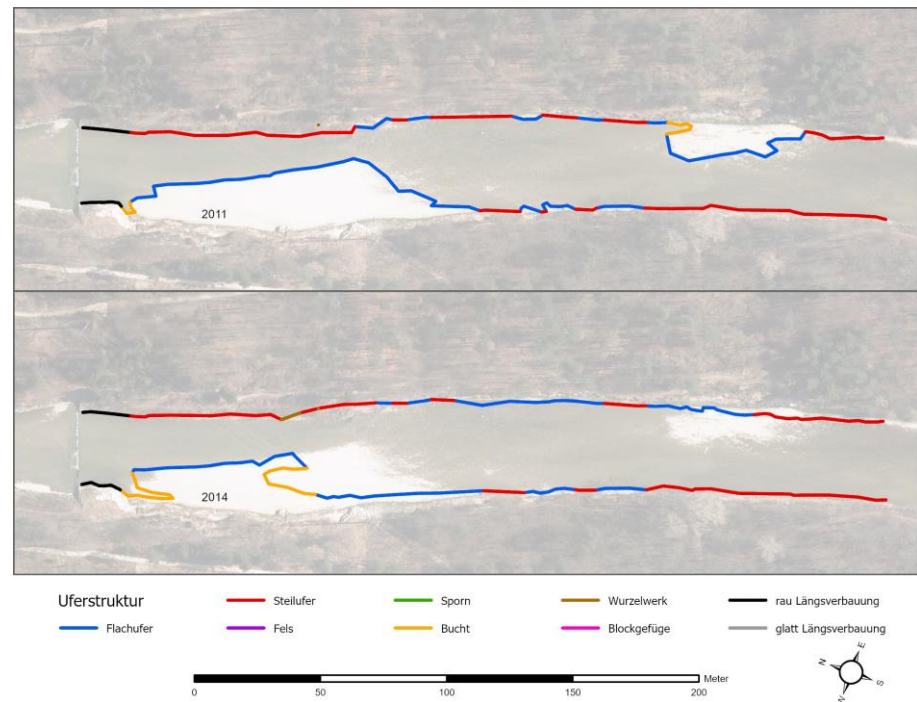


Abbildung 43 Uferlinien in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Emmenschachen. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Schwarzweg

Verschiebungen kamen fast entlang der gesamten Strecke entweder am linken oder am rechten Ufer vor, hauptsächlich im Bereich der Kiesbänke (vgl. Abbildung 44).

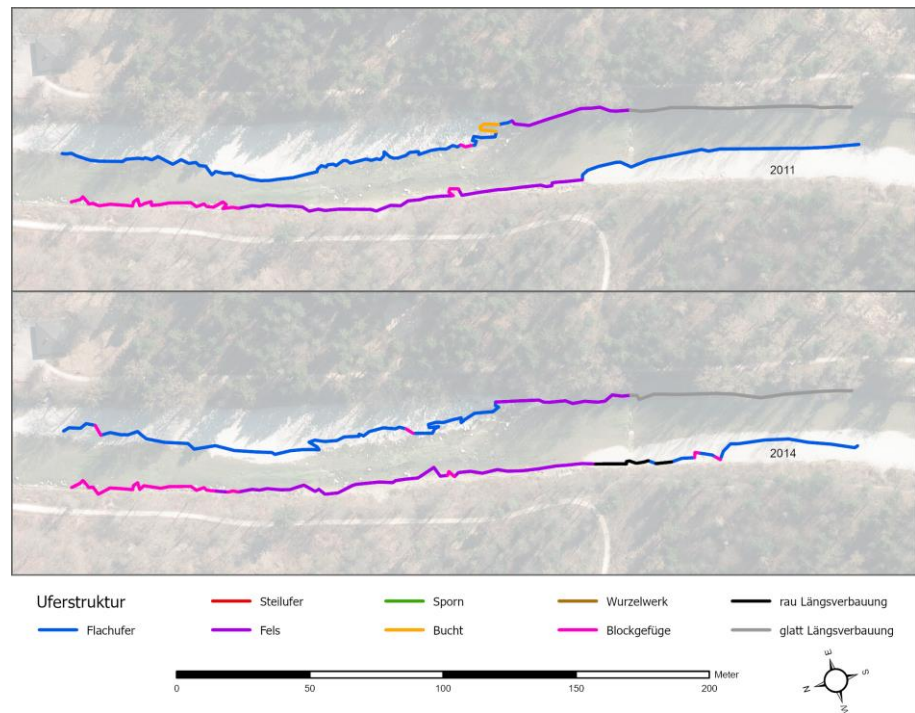


Abbildung 44 Uferlinien in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Schwarzweg. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Papierfabrik

Auch in der Strecke Papierfabrik kamen an verschiedenen Stellen Verschiebungen vor, hauptsächlich im Bereich der Kiesbänke (vgl. Abbildung 45).

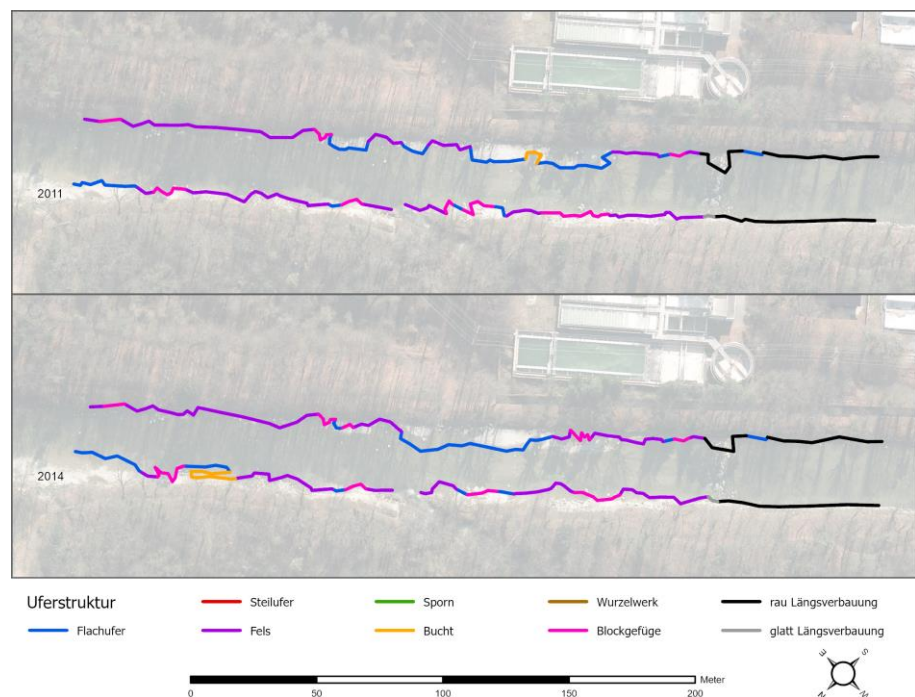


Abbildung 45 Uferlinien in den Jahren 2011 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke Papierfabrik. Hintergrund: Luftbild 2011, Copyright Kanton Solothurn.

Bewertung

In allen drei Strecken kamen Verschiebungen der Uferlinie vor, welche grösser als der Mindestwert von 3 m waren. Zudem gab es in allen drei Untersuchungsstrecken Uferabschnitte ohne Verschiebung, bei welchen sich der Uferstrukturtyp änderte. Für den Indikator 2.2 «Dynamik Uferstruktur» resultiert ein p-Wert zwischen 0.31 (Papierfabrik) und 0.45 (Schwarzweg; vgl. Tabelle 36). Gemäss Abbildung 2.3 in der Indikatorbeschreibung (BAFU, 2019) entspricht dies einem standardisierten Wert von 1 für alle Untersuchungsstrecken, was einer sehr guten Bewertung entspricht.

Bewertungsparameter	Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Verschiebung der Uferlinie (Summe aus der mit k gewichteten Länge aller Abschnitte) [m]	210	221	121
Veränderung Uferlinie (Summe der Längen) [m]	85	38	56
Gesamtlänge unverbaute Uferlinie 2011 [m]	680	573	578
$p = (\text{Veränderung} + \text{Verschiebung}) / \text{Gesamtlänge}$	0.43	0.45	0.31
Standardisierter Wert	1	1	1

Tabelle 36 Bewertung des Indikators „Dynamik Uferstruktur“.

11.3.2 Projektzustand

Erst nachdem die Daten zum 2. Projektzustand vorliegen, kann die Veränderung zwischen 1. und 2. Projektzustand berechnet werden.

11.4 Vergleich

Da der Projektzustand noch nicht ausgewertet werden kann, ist auch noch kein Vergleich möglich.

11.5 Kurzdiskussion

Diese sehr gute Bewertung scheint angesichts des grossen Längenanteils des Ufers mit Verschiebungen oder Veränderungen gerechtfertigt. Zudem lagen zwischen den beiden Erhebungen nur 3.5 Jahre. Das Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 10 Jahren sowie die kleineren Hochwasser haben in dieser Zeit eine grosse natürliche Dynamik bewirkt.

12 Laichhabitat Bachforelle/Äsche

12.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 11 «Spezifische Ziele»; Auswertung nach (Jorde, K., Schneider, M., 2010)
<i>Definition</i>	Potenzielles Angebot an Laichhabitat für die Bachforelle und die Äsche
<i>Begründung</i>	Bachforellen und Äschen sind Kieslaicher mit hohen Ansprüchen an die Qualität der Laichplätze. Die wichtigsten Parameter sind das Laichsubstrat, die Fliessgeschwindigkeit, die Wassertiefe und das Deckungsangebot in der Nähe. Die natürliche Reproduktion der beiden Arten ist gemäss Leitbild ein wichtiges biologisches Entwicklungsziel.

12.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Dominierende Korngrößen und deren Eignung als Laichsubstrat (Anteil Feinmaterial (Sand/Silt)), Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen bei minimalem Restwasserabfluss (1.8 m³/s) und bei erhöhtem Abfluss (6.2 m³/s).		
<i>Vorgehen</i>	Die quantitative Einschätzung des potenziellen Angebotes an Laichhabitaten erfolgte über die Habitatparameter Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Substrat. Anhand eines hydraulischen 2D-Modells wurden die Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten für die beiden zu untersuchenden Abflüsse berechnet. Das Substrat (dominierende Korngröße) wurde im Feld kartiert. Zusätzlich wurde der Anteil Feinmaterial im Feld qualitativ erfasst. Dieser Parameter floss aber nur als qualitative Ergänzung in die Beurteilung mit ein. Details zur Methodik finden sich in Anhang B.		
<i>Erhebung</i>	<i>Emmenschachen</i>		
	6.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s		
	Koordinaten (Länge 321 m):		
	Unten links: 2'610'242 / 1'229'048	unten rechts:	2'610'289 / 1'229'065
	oben links: 2'610'348 / 1'228'750	oben rechts:	2'610'400 / 1'228'763
	<i>Schwarzweg</i>		
	7.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s		
	Koordinaten (Länge 295 m):		
	Unten links: 2'610'722 / 1'227'081	unten rechts:	2'610'760 / 1'227'068
	oben links: 2'610'642 / 1'226'796	oben rechts:	2'610'681 / 1'226'784
	<i>Papierfabrik</i>		
	23.3.2023 bei minimalem Restwasserabfluss von 1.8 m³/s (respektive geringfügig höherer Abfluss)		

Koordinaten (Länge 325 m):

Unten links: 2'610'332 / 1'226'450 unten rechts: 2'610'363 / 1'226'423
oben links: 2'610'094 / 1'226'236 oben rechts: 2'610'127 / 1'226'195

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niedrigwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen					•		
Schwarzweg					•		
Papierfabrik					•		

Auswertung

Berechnung der potenziellen Fläche an Laichhabitat für den minimalen Restwasserabfluss und einen erhöhten Abfluss.

12.3 Resultate

In allen drei Strecken war ein Grossteil der Fläche mit Feinsedimenten durchsetzt, was deren Eignung als Laichhabitat negativ beeinflusst. Würde man diesen Parameter in die quantitative Bewertung der Eignung miteinbeziehen, so wäre die als Laichhabitat für Bachforelle oder Äsche geeignete Fläche deutlich kleiner.

Im Gegensatz zur Bachforelle wurden für die Äsche mittlere bis kleine Steine als ungeeignetes Laichsubstrat bewertet. Da die Übergänge zwischen den als Mesolithal (mittlere bis kleine Steine; 6 – 20 cm) und den als Mikrolithal (Grobkies; 2.5 – 6 cm) kartierten Flächen oftmals fließend waren und die Mesolithal-Flächen eher kleine Korngrößen innerhalb der Klasseneinstufung aufwiesen, führt dies in allen drei Strecken zu einer tendenziell zu schlechten Bewertung der Eignung des Äschen-Laichsubstrates.

Weiterführende Informationen finden sich in Anhang B.

12.3.1 Emmenschachen

Bachforelle

Das Sohlensubstrat der Untersuchungsstrecke ist primär grobkiesig und somit als Laichsubstrat für die Bachforelle geeignet (vgl. Abbildung 46). Zudem gibt es bei beiden Abflüssen ausreichend Flächen mit geeigneten oder optimalen Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen.

Überlagert man die Flächen mit den Einzeleignungen für das Substrat, die Fließgeschwindigkeiten und die Wassertiefen erhält man die Gesamteignung.

Potenziell optimales oder geeignetes Laichhabitat kommt beim minimalen Restwasserabfluss auf 39 %, beim erhöhten Abfluss auf 62 % der Gerinnesohlenfläche vor.

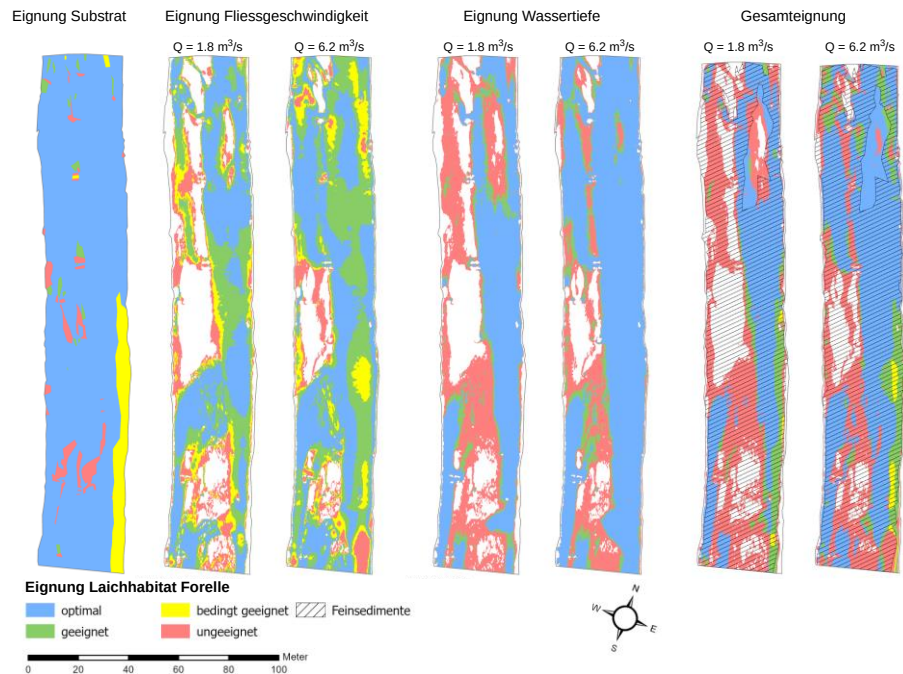


Abbildung 46 Eignung des Substrates, der Fließgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen für die Bachforelle bei den untersuchten Abflüssen.

Äsche

Das Sohlensubstrat ist auf weiten Flächen als Laichsubstrat für die Äsche geeignet (vgl. Abbildung 47). Bei erhöhtem Abfluss gibt es ausreichend Flächen mit geeigneten oder optimalen Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen, bei minimalem Restwasserabfluss ist das Angebot kleiner. Folglich ist auch die Gesamteignung als Laichhabitat bei erhöhtem Abfluss deutlich besser als beim minimalen Restwasserabfluss. Optimale bzw. geeignete Flächen nehmen 24 % (min. Restwasserabfluss) bzw. 49 % (erhöhter Abfluss) der Gerinnesohlenfläche ein.

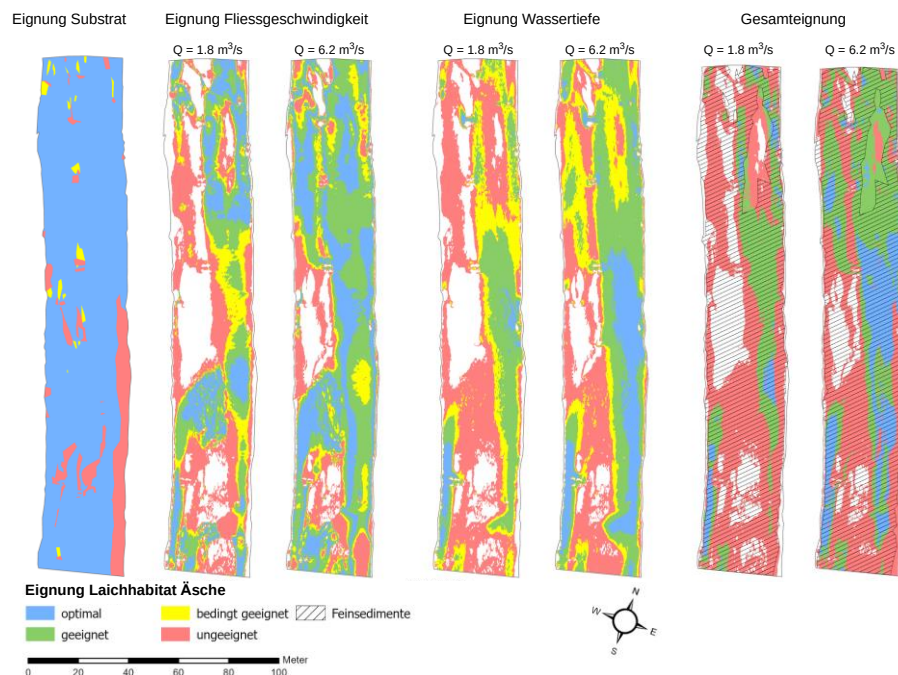


Abbildung 47 Eignung des Substrates, der Fließgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen für die Äsche

12.3.2 Schwarzweg

Bachforelle

Dominierende Substrattypen sind Grobkies sowie kleine bis mittlere Steine (vgl. Abbildung 48). Geeignetes Laichsubstrat ist somit reichlich vorhanden. Gegen die Ufer kommt anstehender Fels vor (als Laichsubstrat ungeeignet). Bei beiden Abflüssen sind genügend Flächen mit passender Wassertiefe vorhanden. Etwas knapper ist das Angebot an Flächen mit geeigneter Fließgeschwindigkeit. Hinsichtlich der Gesamteignung nimmt die Fläche an optimalem bzw. geeignetem Laichhabitat zwischen den beiden untersuchten Abflüssen von 28 % (min. Restwasserabfluss) auf 43 % (erhöhter Abfluss) der Gerinnesohlenfläche zu.

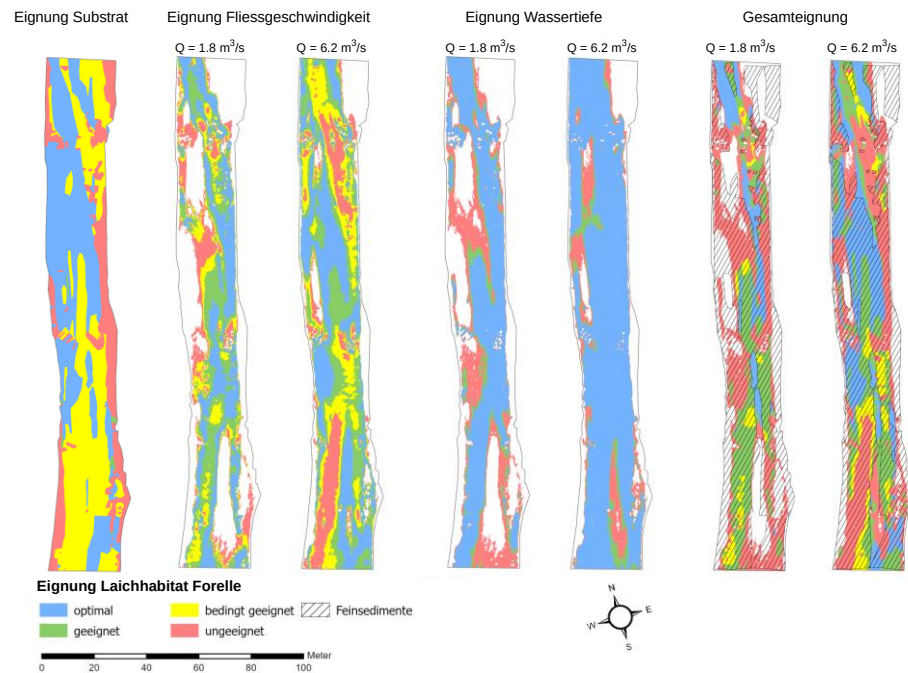


Abbildung 48 Eignung des Substrates, der Fließgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg für die Bachforelle

Äsche

Die dominierenden Substrattypen Grobkies und kleine bis mittlere Steine werden für das Laichsubstrat der Äsche als «optimal geeignet» respektive «ungeeignet» klassifiziert. Dementsprechend ist der grösste Teil der Flächen diesen zwei Klassen zuzuordnen (vgl. Abbildung 49). Bei erhöhtem Abfluss gibt es ausreichend Flächen mit geeigneter oder optimaler Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe. Bei minimalem Restwasserabfluss ist das Angebot geringer. In der Überlagerung (Gesamteignung) resultiert eine Fläche an optimalem bzw. geeignetem Laichhabitat von 7 % bei minimalem Restwasserabfluss respektive 23 % bei erhöhtem Abfluss.

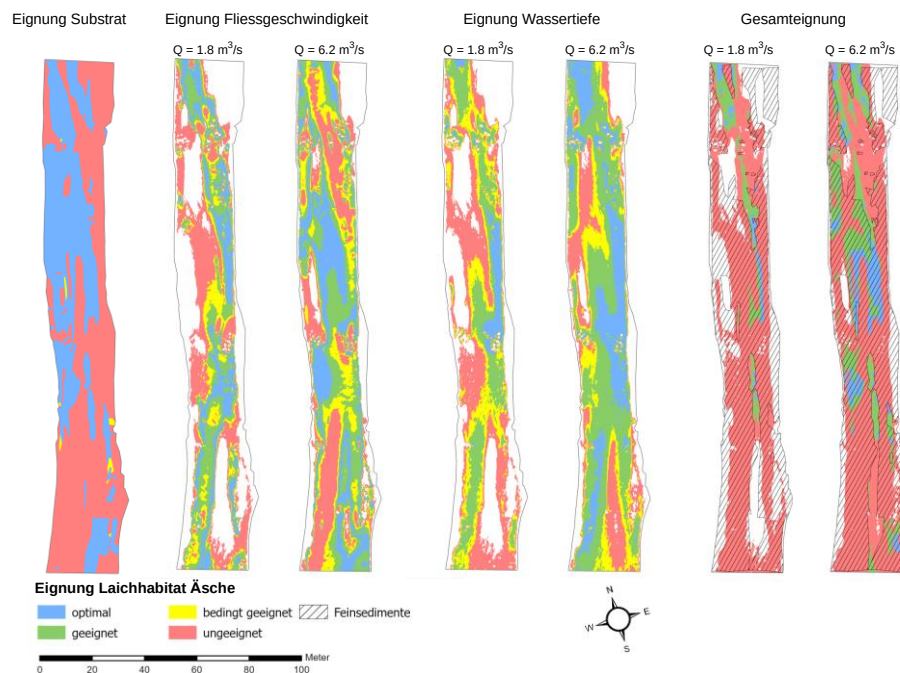


Abbildung 49 Eignung des Substrates, der Fliessgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg für die Äsche

12.3.3 Papierfabrik

Bachforelle

Das vorherrschende Substrat sind kleine bis mittlere Steine, welches als Laichsubstrat für die Bachforelle bedingt geeignet ist. Als Laichhabitat optimal geeignetes Grobkies kommt allerdings auch über grosse Flächen vor (vgl. Abbildung 50). Zudem gibt es grössere Flächen mit anstehendem Fels (als Laichsubstrat ungeeignet). Flächen mit passender Fliessgeschwindigkeit sind bei beiden Abflüssen genügend, solche mit passender Wassertiefe gar reichlich vorhanden. Hinsichtlich der Gesamteignung nimmt der Flächenanteil an optimalem oder geeignetem Habitat zwischen den beiden Abflüssen nur gering zu, von 22 % (min. Restwasserabfluss) auf 25 % bei erhöhtem Abfluss.

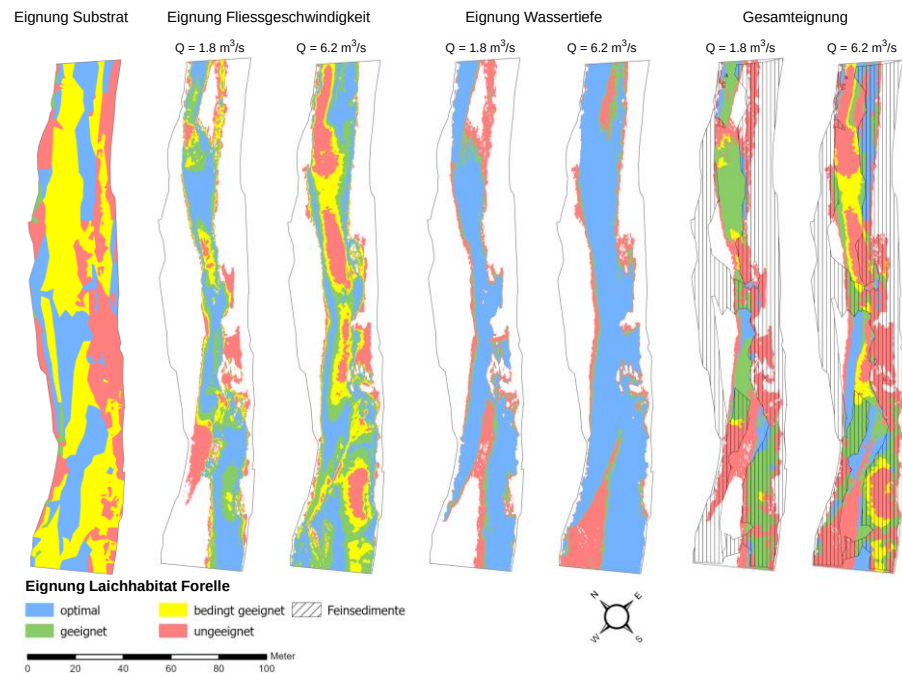


Abbildung 50 Eignung des Substrates, der Fliessgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik für die Bachforelle.

Äsche

Das dominierende Substrat kleine bis mittlere Steine wird für die Äsche als «ungeeignet» klassifiziert. Als Laichhabitat optimal geeignetes Grobkies kommt allerdings auch grossflächig vor (vgl. Abbildung 51). Flächen mit geeigneter Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe sind bei beiden Abflüssen genügend vorhanden. Da diese jedoch selten dort liegen, wo das Substrat geeignet wäre, resultiert eine Gesamteignung von nur 3 % optimales oder geeignetes Habitat bei minimalem Restwasserabfluss, respektive 10 % bei erhöhtem Abfluss.

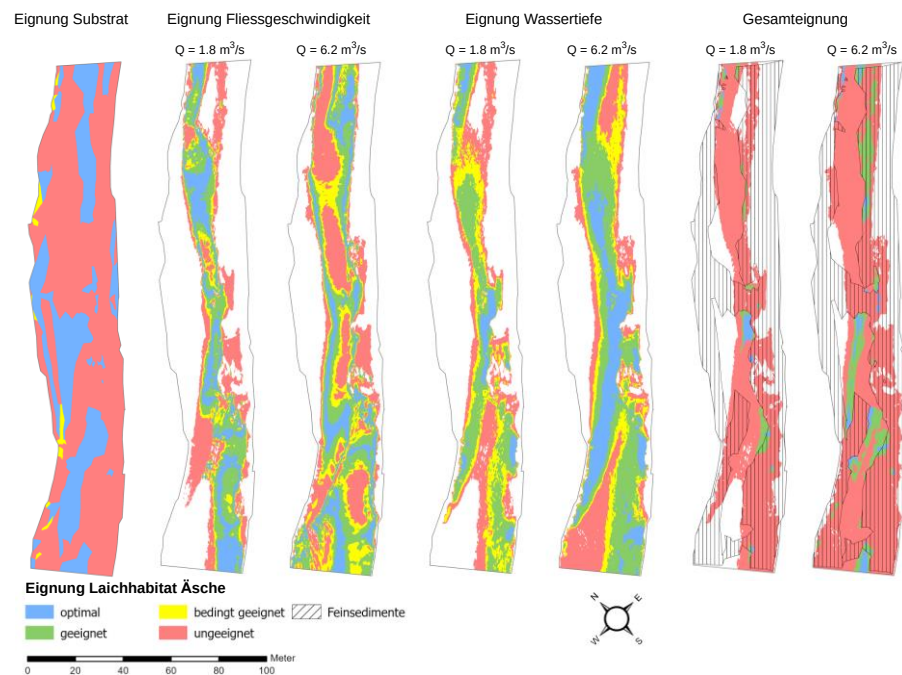


Abbildung 51 Eignung des Substrates, der Fliessgeschwindigkeit, der Wassertiefe sowie die Gesamteignung in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik für die Äsche.

12.3.4 Gesamteignung

Insbesondere in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen finden Bachforellen und Äschen ausgedehnte, als Laichhabitat optimale bzw. geeignete Flächen vor (vgl. Abbildung 52). In den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik ist deren Angebot deutlich geringer. In allen Strecken nimmt die Fläche an Laichhabitat mit höherem Abfluss zu.

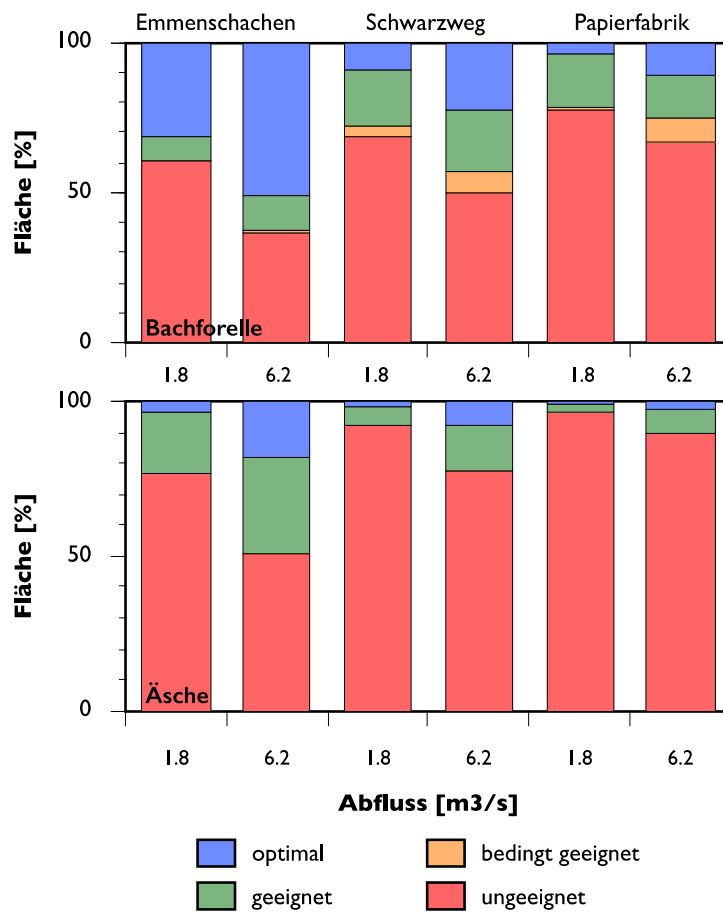


Abbildung 52 Abflussabhängige Veränderung der als potenzielles Laichhabitat für die Bachforelle und die Äsche unterschiedlich geeigneten Flächen der drei Untersuchungsstrecken. Dargestellt ist die Gesamteignung als Prozentsatz der gesamten Gerinnesohlenfläche (d.h. inklusive der trockenen Bereiche; Emmenschachen: 16'418 m²; Papierfabrik: 15'799 m²; Schwarzweg: 10'713 m²).

Gewichtete nutzbare Fläche (WUA)

In der Habitatmodellierung ist es üblich, nicht die nutzbaren Flächen der einzelnen Eignungsklassen zu vergleichen, sondern die über die Eignungen gewichtete Fläche (weighted usable area = WUA). Damit ist es möglich, das gesamte Angebot an potenzieller Habitatfläche mit einem Wert wiederzugeben und einen direkten Vergleich zum Ausgangszustand herzustellen (vgl. Tabelle 37).

Da geeignete habitatspezifische Bewertungsmassstäbe fehlen, wurde – analog zum Ausgangszustand - die WUA (bezogen auf die modellierte Gerinnefläche) vereinfacht nach folgender Einteilung klassiert:

- >20 % = optimal
- 10-20 % = geeignet
- 5-10 % = bedingt geeignet
- <5 % = ungeeignet

Dieser Bewertungsmassstab wurde nach den Angaben in (Toepfer, C. S., Fisher, W. L., Warde W. D., 2000) entwickelt. Er ist als Orientierungshilfe anzusehen. Richtwerte sind uns nicht bekannt.

Demnach kann das Laichhabitat für die Bachforelle in allen drei Untersuchungsstrecken für beide Abflüssen als optimal bzw. geeignet bewertet werden (vgl. Tabelle 37). Die Äsche findet aber nur in der Strecke Emmenschachen geeignetes bzw. optimales Laichhabitat vor. In der Strecke Schwarzweg wird das Laichhabitat erst bei erhöhtem Abfluss als geeignet bewertet. In der Strecke Papierfabrik wird das Laichhabitat für die Äsche bei beiden Abflüssen nur als bedingt geeignet eingestuft.

Art	Abfluss [m³/s]	WUA [%]		
		Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Bachforelle	1.8	36	21	15
	6.2	58	36	21
Äsche	1.8	16	5	2
	6.2	37	16	7

Tabelle 37 Abflussspezifische Bewertung des Habitatangebotes in den Untersuchungsstrecken hinsichtlich der Ansprüche der Bachforelle und der Äsche

Kiesschicht

Bachforelle und Äsche benötigen für die Eiablage eine mindestens etwa 10 cm dicke Kiessohle (Riedl, C., Peter, A., 2013) (Schneider & Korte, 2005). Die Mächtigkeit der Kiesablagerungen wurde nicht beurteilt, dürfte aber diesen Grenzwert meistens überschreiten.

Deckungsangebot

Das Deckungsangebot wurde nicht erhoben.

Sand

Der Anteil an Sand und Silt sollte auf den Laichhabitatflächen nicht mehr als etwa 10 % betragen. In allen drei Untersuchungsstrecken kamen jedoch grossflächig Feinsedimente in den Zwischenräumen vor. Die Grobkiesfläche war zum Zeitpunkt der Substratkartierung stellenweise stark mit Sand durchsetzt. Die ausgewiesene Eignung dieser Fläche als Laichhabitat für Bachforellen und Äschen dürfte sich deshalb reduzieren (Anhang B).

Fels

In der Strecke Schwarzweg bestand der anstehende Fels zum Teil aus weichem, verdichtetem Sand, welcher vermutlich die Ursache für die weitflächigen Feinsedimentanteile im Grobkies darstellt.

12.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Bei minimalem Restwasserabfluss ($1.8 \text{ m}^3/\text{s}$) verbessert sich die gewichtete nutzbare Fläche (WUA) der **Bachforelle** in der Strecke Schwarzweg um eine Klasse gegenüber dem Ausgangszustand (Tabelle 38). In der Strecke Papierfabrik verschlechtert sie sich um eine Klasse. In der Strecke Emmenschachen bleibt sie unverändert. Bei Mittelwasserabfluss ($6.2 \text{ m}^3/\text{s}$) bleibt sie in allen Strecken unverändert bei „optimal“.

Die gewichtete nutzbare Fläche (WUA) der **Äsche** verschlechtert sich bei minimalem Restwasserabfluss in der Strecke Emmenschachen um eine Klasse, in der Strecke Papierfabrik um zwei Klassen. In der Strecke Schwarzweg bleibt sie unverändert bei „bedingt geeignet“. Bei Mittelwasserabfluss verschlechtert sich die WUA in der Strecke Papierfabrik um eine Klasse. In den Strecken Emmenschachen und Schwarzweg bleibt sie unverändert bei „optimal“ respektive „geeignet“.

Art	Abfluss [m ³ /s]	Eignung bezüglich der prozentualen gewichteten nutzbaren Fläche			
			Emmenschachen	Schwarzweg	Papierfabrik
Bachforelle	1.8	ungeeignet			
		bedingt geeignet			
		geeignet		X (2014)	X (2023)
		optimal	X (2014 und 2023)	X (2023)	X (2014)
	6.2	ungeeignet			
		bedingt geeignet			
		geeignet			
		optimal	X (2014 und 2023)	X (2014 und 2023)	X (2014 und 2023)
Äsche	1.8	ungeeignet			

		bedingt geeignet		X (2014 und 2023)	X (2023)
		geeignet	X (2023)		
		optimal	X (2014)		X (2014)
	6.2	ungeeignet			
		bedingt geeignet			X (2023)
		geeignet		X (2014 und 2023)	X (2014)
		optimal	X (2014 und 2023)		

Tabelle 38 Abflussspezifische Bewertung des Habitatangebotes in den Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand (2014) und im 1. Projektzustand (2023) hinsichtlich der Ansprüche der Bachforelle und der Äsche

Emmenschachen

Das Habitatangebot in der Strecke Emmenschachen ist sowohl für die Bachforelle (beide Abflüsse) als auch für die Äsche (Mittelwasserabfluss) unverändert «optimal». Einzig bei minimalem Restwasserabfluss verschlechterte sich das Habitatangebot der Äsche um eine Klasse auf «geeignet». Während sich im Ausgangszustand das Wasser über fast die gesamte Breite verteilte und homogen als Furt abfloss, ist im 1. Projektzustand die Verteilung der Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeiten vielfältiger geworden und beinhaltet auch grössere seichte Bereiche. Bezüglich der Wassertiefe geeignete Bereiche und bezüglich der Fliessgeschwindigkeit geeignete Bereiche liegen nun häufiger nicht am selben Ort. Das Substrat ist nach wie vor auf beinahe der gesamten Strecke optimal geeignet für Bachforellen und Äschen.

Schwarzweg

Das Habitatangebot der Äsche blieb unverändert bei «bedingt geeignet» respektive «geeignet». Im 1. Projektzustand ist das Habitatangebot der Bachforelle bei beiden Abflüssen «optimal», während es im Ausgangszustand bei minimalem Restwasserabfluss noch «genügend» war. Diese Verbesserung ist vor allem darauf zurückzuführen, dass viel mehr geeignetes Laichsubstrat vorhanden ist.

Papierfabrik

In der Strecke Papierfabrik verschlechterte sich das Habitatangebot gegenüber dem Ausgangszustand für die Bachforelle bei minimalem Restwasserabfluss sowie für die Äsche bei beiden Abflüssen. Dasjenige der Bachforelle bei Mittelwasserabfluss blieb unverändert bei «optimal». Die Verschlechterung ist auf die Entfernung der Blockrampe zurückzuführen. Im Ausgangszustand befand sich oberhalb der Blockrampe viel optimal geeignetes Habitat für die Bachforelle,

respektive geeignetes Habitat für die Äsche, welches mit der Entfernung wegfiel. Die Strecke unterhalb der Rampe ist mit dem 1. Projektzustand in etwa vergleichbar.

12.5 Kurzdiskussion

Bachforellen finden in allen drei Strecken ausgedehnte, als Laichhabitat optimale bzw. geeignete Flächen vor. Als Laichhabitat für Äschen eignet sich vor allem die Strecke Emmenschachen. In allen Strecken nehmen die als Laichhabitat geeigneten Flächen mit höherem Abfluss zu.

Gemäss dem angewandten Bewertungsmassstab sind alle drei Untersuchungsstrecken bezüglich dem Laichhabitat der Bachforelle bei beiden Abflüssen als «optimal» bzw. «geeignet» zu bewerten. Das Laichhabitat der Äsche hingegen wird in den Strecken Schwarzweg und Papierfabrik bei mindestens einem der beiden Abflüsse nur als «bedingt geeignet» eingestuft.

Die baulichen Massnahmen (Verbreiterung in der Strecke Emmenschachen, Aufhebung der Blockrampe in der Strecke Papierfabrik) führten zu einer gewissen Verschlechterung in diesen Strecken. Dagegen verbesserte sich das Habitateignung in der Strecke Schwarzweg auf Grund des grösseren Angebotes an geeignetem Laichsubstrat.

Die aktuelle Situation zeigt, dass prinzipiell viel zum Laichen nutzbares Substrat vorliegen würde. Aufgrund des oft hohen Sandanteils ist unklar, ob diese Flächen tatsächlich genutzt werden. Der Sand stammt vermutlich vom anstehenden Fels, der aus verdichtetem Sand besteht. Es könnte sein, dass das ständige Auswaschen dieses verdichteten Sandes und somit auch die Ablagerungen im Lückenraum des Grobkieses sich über die Zeit reduzieren. Sollte mit der Zeit der Sandanteil leicht zurückgehen, könnte tendenziell mehr Laichhabitat auch tatsächlich genutzt werden.

Zusatzinformation: Im Abschnitt Papierfabrik (Biberist) konnten in der Laichzeit (November/ Dezember) 2020 erfreulicherweise Laichgruben der Forelle nachgewiesen werden (pers. Information G. van der Veer, 3.12.2020).

13 Mosaik Auenformationen

13.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikator Set 8 Ufervegetation, Indikator 8.3 Zeitliches Mosaik
<i>Definition</i>	Vorkommen und räumliche Verteilung der terrestrischen Auenformationen
<i>Begründung</i>	Ein Mosaik aus Auenformationen widerspiegelt die Dynamik bzw. die Stabilität sowie die Vernetzung der Lebensräume. Das heutige Angebot an unterschiedlichen terrestrischen Habitaten ist weitgehend unbekannt. Deren vielfältige Ausbildung (vor allem Weich- und Hartholzauw sowie Pionierformationen) und natürliche Entwicklung ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Entwicklungsziele.

13.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Fläche und Lage der einzelnen terrestrischen Auenformationen in den potenziellen Auenflächen.
<i>Perimeter</i>	Die Perimeter beider Untersuchungsstrecken umgrenzen den Bereich der potentiellen Auenflächen, welche ihrerseits als Überflutungsflächen innerhalb der Interventionslinien liegen. Für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen misst die Perimeterfläche 9.12 ha auf einer Gesamtlänge von rund 600 m; die Perimeterfläche für die Strecke Schwarzweg beträgt 4.77 ha, die Gesamtlänge misst rund 440 m.
<i>Vorgehen</i>	Anhand des Luftbildes der betreffenden Untersuchungsfläche wurde im ArcGIS eine Karte der Auenformationen erstellt. Diese wurde anschliessend während der Vegetationsperiode (31.08.2023, resp. 05.09.2023) im Feld verifiziert.

*Definition
Auenformationen*

Als Auenformationen wurden die folgenden Habitattypen (Haupttypen) unterschieden (Thielen, et al., 2003) (Delarze & Gonseth, 2008):

- Wasser
- nackte oder wenig bewachsene Auensedimente
- Auenfläche mit Krautvegetation
- Weichholzaue
- Hartholzaue
- andere Wälder
- übrige Flächen

*Definition
Pionierformationen*

Als Pionierformationen gelten Krautgesellschaften und Weichholzaunen innerhalb des Untersuchungsperimeters. Diese Auenformationen stellen frühe Sukzessionsstadien einer typischen Aue dar. Folgende Habitattypen werden als Pionierformationen bezeichnet:

- Auenfläche mit Krautvegetation
- Weichholzaue

*Erhebungen für den
Ausgangszustand*

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen		•					
Schwarzweg		•					

Auswertung

Im Unterschied zum Kapitel 14 Landschaftsstrukturmasse, in dem weitere Typen von aquatischen und terrestrischen Habitaten unterschieden werden, beziehen sich sämtliche Berechnungen in diesem Kapitel auf die entsprechenden Flächenanteile der oben beschriebenen Haupttypen.

Die Kartierungen der Habitattypen wurden als Karten dargestellt.

Die Vielfalt der Auenformationen wurde anhand des Shannon Index berechnet. Anhand der Flächenanteile, welche die einzelnen Auenformationen an der Gesamtfläche einnehmen, wird der sogenannte Shannon-Index berechnet. Der Wert des Shannon-Index ist umso höher, je mehr verschiedene Auenformationen anzutreffen sind und je ähnlicher deren relative Häufigkeiten sind.

Die Flächenanteile der Pionierformationen wurden in Prozent der Gesamtfläche angegeben.

Die Resultate der Berechnung des Shannon Index sowie dem Anteil an Pionierformationen wurden auf Werte zwischen 0 und 1 standardisiert. Je näher der standardisierte Wert für den Shannon-Index beim 1-Richtwert liegt, desto vielfältiger sind die vorkommenden Auenformationen. Der standardisierte Wert für die Pionierformationen hängt davon ab, wie hoch der prozentuale Flächenanteil an Pioniervegetation an der Gesamtfläche ist. Mit einem Anteil von 50 bis 60 % wird das Maximum des standardisierten Wertes 1 erreicht. Je näher der standardisierte Wert beim 1-Richtwert liegt, desto ausgeglichener ist das Vorkommen von Pionierformationen.

Die Resultate des Ausgangszustandes von 2014 werden im Folgenden denjenigen der Wirkungskontrolle von 2023 gegenübergestellt.

13.3 Resultate

13.3.1 Emmenschachen

*Vielfalt der
Auenformationen*

Die berechneten Werte zur Vielfalt der verschiedenen Auenformationen in den Jahren 2014 und 2023 sind in Tabelle 39 dargestellt.

Jahr	Shannon-Index	Standardisierter Wert Anteil Auenformation	Standardisierter Wert Anteil Pioniervegetation
2014	0.72	0.25	0.00
2023	1.03	0.59	1

Tabelle 39 Shannon Index für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen.

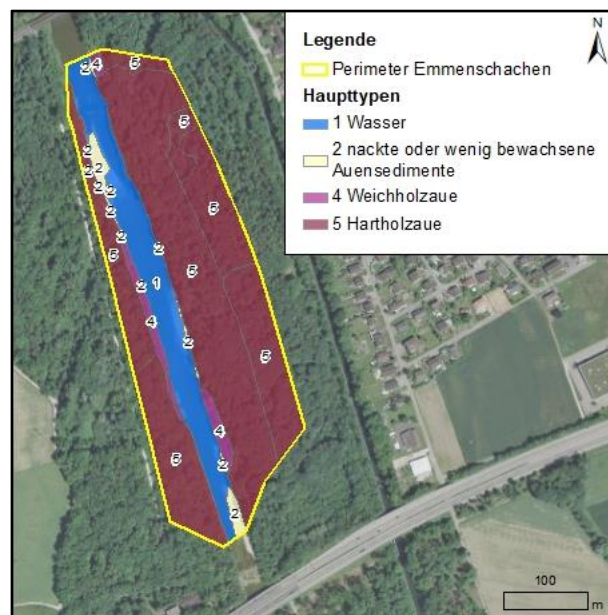


Abbildung 53 Die terrestrischen Habitattypen (Auenformationen) für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Jahr 2014.

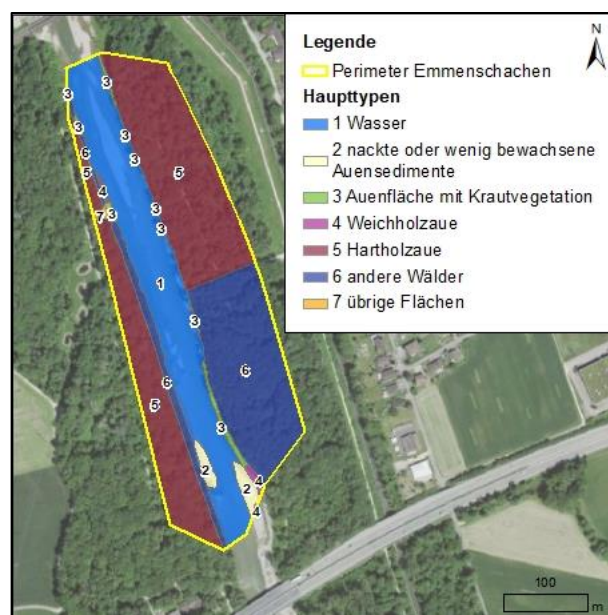


Abbildung 54 Die terrestrischen Habitattypen (Auenformationen) für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Jahr 2023.

Anteile der
Auenformationen

Die Tabelle 40 zeigt den Anteil der verschiedenen Auenformationen an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke.

Jahr	2014		2023	
Haupttyp	Anteil an Gesamtfläche [%]	Anzahl	Anteil an Gesamtfläche [%]	Anzahl
Wasser	18.56	1	28.23	1
nackter oder wenig bewachsener Auensedimente	2.28	8	1.77	3
Auenfläche mit Krautvegetation	0.00	0	1.44	10
Weichholzaue	3.26	3	0.62	3
Hartholzaue	75.81	7	41.28	3
andere Wälder	0.00	0	26.40	3
übrige Flächen	0.00	0	0.26	1
Total	100 %	19	100 %	24

Tabelle 40 Auenformationen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2014 und 2023. Anteile der verschiedenen Haupttypen an der Gesamtfläche. Mit 'Anzahl' sind die Anzahl der einzelnen Teilflächen pro Haupttyp innerhalb des Perimeters gemeint.

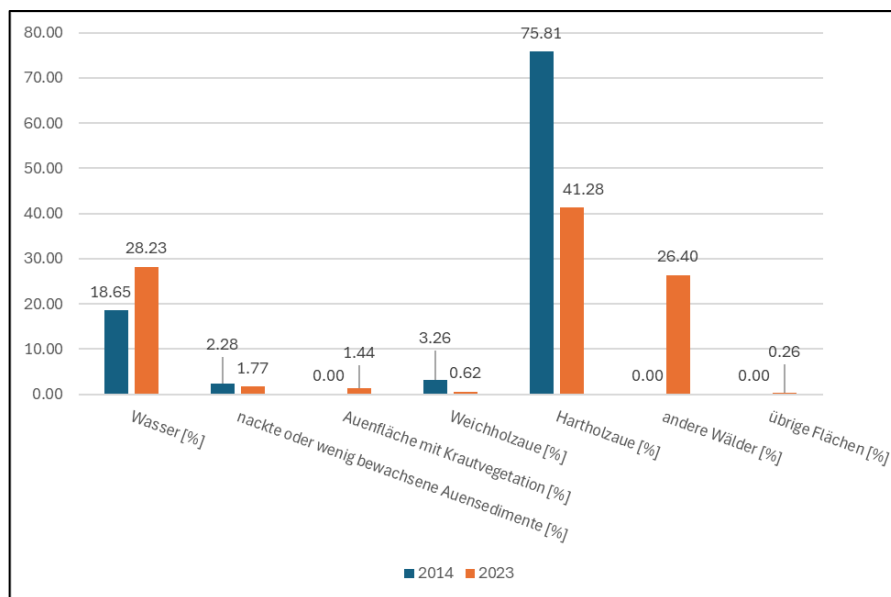


Abbildung 55 Auenformationen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen im Jahr 2014 und 2023; Anteile der Haupttypen an der Gesamtfläche in %.

*Anteil an
Pionierformationen*

In der Untersuchungsstrecke Emmenschachen kam 2014 nur die Pionierformation "Weichholzaue" vor. 2023 wurden beide Pionierformationen "Auenfläche mit Krautvegetation" und "Weichholzaue" erfasst. Wie Tabelle 41 zeigt, ergibt der prozentuale Anteil dieser Formationen in beiden Jahren den standardisierten Wert 0.0.

Jahr	Anteil der Pionierformationen [%]	Standardisierter Wert
2014	3.26	0.0
2023	2.06	0.0

Tabelle 41 Anteil der Pionierformationen in % an der Gesamtfläche für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen.

13.3.2 Schwarzweg

*Vielfalt der
Auenformationen*

Die berechneten Werte zur Vielfalt der verschiedenen Auenformationen für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg sind in Tabelle 42 dargestellt. Der standardisierte Wert für den Shannon-Index beträgt.

Jahr	Shannon-Index	Standardisierter Wert Anteil Auenformation	Standardisierter Wert Anteil Pioniervegetation
2014	1.01	0.56	0.0
2023	1.03	0.59	1.00

Tabelle 42: Shannon Index für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg

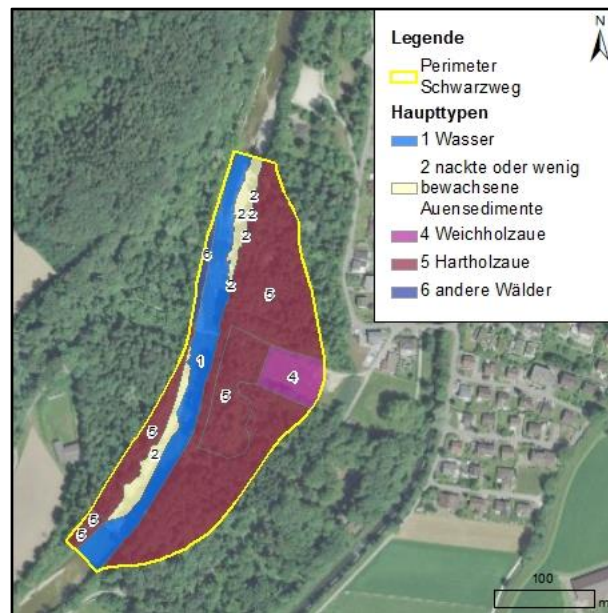


Abbildung 56 Die terrestrischen Habitattypen (Auenformationen) für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg im Jahr 2014.

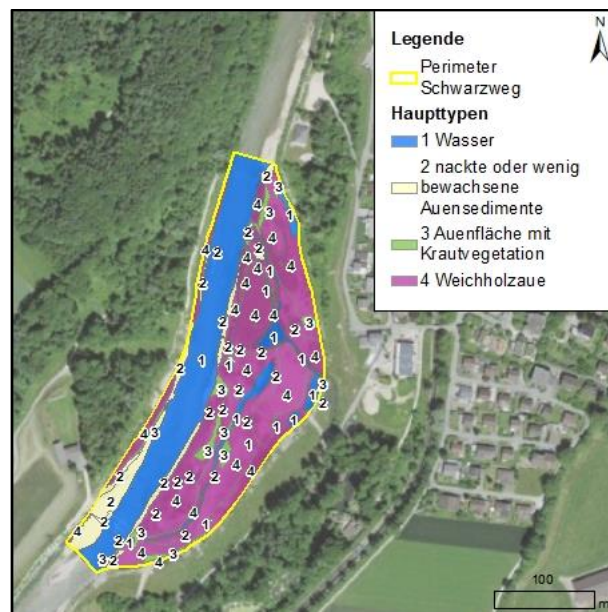


Abbildung 57 Die terrestrischen Habitattypen (Auenformationen) für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg im Jahr 2023.

Anteile der Auenformationen

Die Tabelle 43 zeigt den Anteil der verschiedenen Auenformationen an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke.

Jahr	2014		2023	
Haupttyp	Anteil an Gesamtfläche [%]	Anzahl	Anteil an Gesamtfläche [%]	Anzahl
Wasser	17.87	1	32.70	14
nackter oder wenig bewachsener Auensedimente	7.44	3	8.80	42
Auenfläche mit Krautvegetation	0.00	0	3.74	15
Weichholzaue	5.65	1	54.75	22
Hartholzaue	67.13	5	0.00	0
andere Wälder	1.90	1	0.00	0
übrige Flächen	0.00	0	0.00	0
Total	100 %	11	100 %	93

Tabelle 43 Auenformationen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg. Anteile der verschiedenen Haupttypen an der Gesamtfläche. Mit 'Anzahl' sind die Anzahl der einzelnen Teilflächen pro Haupttyp innerhalb des Perimeters gemeint.

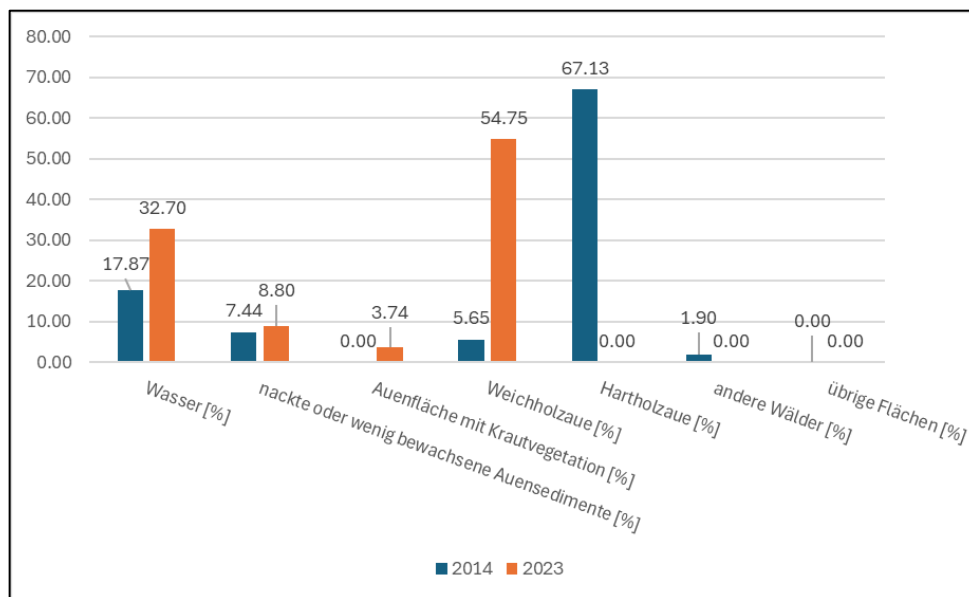


Abbildung 58 Auenformationen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg im Jahr 2014 und 2023; Anteile der Haupttypen an der Gesamtfläche in %.

Anteil an Pionierformationen

In der Untersuchungsstrecke Schwarzweg kam 2014 nur die Pionierformation "Weichholzaue" vor. 2023 wurden beide Pionierformationen "Auenfläche mit Krautvegetation" und "Weichholzaue" erfasst. Wie Tabelle 44 zeigt, ergibt der prozentuale Anteil dieser Formationen 2014 den standardisierten Wert 0.00 und 2023 1.00.

Jahr	Anteil der Pionierformationen [%]	Standardisierter Wert
2014	5.65	0.00
2023	58.50	1.00

Tabelle 44 Anteil der Pionierformationen in % an der Gesamtfläche für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg.

13.4 Vergleich mit Ausgangszustand

2014 dominierte in untersuchten Strecken „Emmenschachen“ und „Schwarzweg“ der Habitattyp „Hartholzaue“. Weitere Habitattypen, welche auf einen vielfältigen und dynamischen Auen-Lebensraum hinweisen, waren nur rudimentär vorhanden. Die fehlende Heterogenität wird vor allem aus den Kartenprodukten ersichtlich. Das Gesamtbild der Untersuchungsstrecke Schwarzweg im 2023 zeigt, dass die Formationen zunehmend einem naturnahen Auenlebensraum entsprechen, jedoch nicht bei Emmenschachen. Der Vergleich der Shannon-Indexe der beiden Jahre legt hingegen dar, dass der Wert nur bei Emmenschachen deutlich gestiegen ist und somit 2023 mehr verschiedene Auenformationen anzutreffen waren (vgl. Tabelle 45). Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass dieses Resultat nur zustande kommt, weil zwar alle sieben Auenformationen angetroffen wurden, der Anteil der Pionierformation sich aber kaum verändert hat (standardisierter Wert 2014 und 2023 bei 0.00) und die Untersuchungsstrecke somit nicht naturnaher wurde.

13.5 Kurzdiskussion

Der Indikator „Mosaik Auenformationen“ beschreibt das Vorkommen verschiedener terrestrischer Auenformationen und gibt einen Hinweis zu Strukturvielfalt und Sukzession innerhalb der Untersuchungsstrecke. Die Tabelle 45 gibt eine Übersicht zu den berechneten Werten und den abgeleiteten standardisierten Werten.

Jahr und Untersuchungs- strecke	Shannon- Index	standardisierte Werte	
		Anteil Auenformation	Anteil Pionierformation
2014			
Emmenschachen	0.72	0.25	0.00
Schwarzweg	1.01	0.56	0.00
2023			
Emmenschachen	1.25	0.84	0.00
Schwarzweg	1.03	0.59	1.00

Tabelle 45: Standardisierte Werte für die Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg 2014 und 2023.

Im Jahr 2014 kam in beiden untersuchten Strecken vor allem der Habitattyp "Hartholzaue" vor. Im Jahr 2023 entsprachen die Formationen zumindest im Schwarzweg zunehmend einem naturnahen Auenlebensraum.

Bei den Felderhebungen 2023 fiel die zunehmende Ausbreitung der Robinie (*Robinia pseudoacacia*) auf. Dieser invasive Neophyt wächst inzwischen entlang beider Ufer der Untersuchungstrecke Emmenschachen. Er hat dort standorttypische, einheimische Gehölze, die eine Weichholzaue bilden würden, verdrängt. Dadurch ist der Flächenanteil der Auenformation "andere Wälder" 2014 von 0% auf 26.40% im 2023 gestiegen (vgl. Tabelle 40).

In der Untersuchungstrecke Schwarzweg ergibt sich die geringe Zunahme des Shannon-Index und des standardisierten Werts der Auenformationen aufgrund der im Vergleich von 2014 zu 2023 nun fehlenden "Hartholzauen" und "andere Wälder". Durch die Revitalisierung des Fluss- und Uferabschnitts kam es hingegen zu einer deutlichen Zunahme des Anteils "Weichholzaue". Die Verschiebung des Schwerpunktes von einer Hartholz- zu einer Weichholzaue wurde vermutlich durch die zunehmende Vernässung des Uferbereichs durch Zuströme von seitens Emme im Westen und des Eisfeldbachs im Osten verursacht. Dadurch kommt es zu häufigeren Überschwemmungen und infolgedessen mehr anstauender Nässe, welche die Gehölze der Hartholzaue langfristig nicht ertragen.

Die Ausgangserhebungen zeigten deutlich die verschwindend kleinen Anteile an Pionierformationen. Dies ist ein typisches Bild für einen Uferbereich mit fehlender Dynamik und einer daher ausbleibenden Sukzession. Im Gegensatz dazu weist besonders die Untersuchungstrecke Schwarzweg gemäss der Folgerhebung eine naturnahe Auendynamik mit einem Mosaik verschiedener Lebensräume auf.

14 Landschaftsstrukturmasse

14.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	EAWAG- Handbuch, Steckbriefnr. 19, Landschaft: Landschaftsstrukturmasse (Woolsey, S. et al., 2005)
<i>Definition</i>	Vielfalt und räumliche Anordnung der terrestrischen und aquatischen Habitattypen
<i>Begründung</i>	Eine naturnahe Flusslandschaft besteht aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen aus verschiedenen Habitaten. Die Vielfalt, die Grösse, die Form und die räumliche Verteilung dieser Habitate bestimmen massgeblich die Artenzusammensetzung, die Häufigkeit sowie die Vernetzung der Flora und Fauna. Heute ist das Angebot an unterschiedlichen Habitaten vermutlich eher klein. Die Ausbildung vielfältiger Strukturen ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Entwicklungsziele.

14.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Lage und Fläche der einzelnen Habitattypen im Flussgerinne und in den potenziellen Auenflächen.
<i>Perimeter</i>	Die Perimeter beider Untersuchungsstrecken umgrenzen den Bereich der potentiellen Auenflächen, welche ihrerseits als Überflutungsflächen innerhalb der Interventionslinien liegen. Für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen misst die Perimeterfläche 8.4 ha auf einer Gesamtlänge von rund 600 m; die Perimeterfläche für die Strecke Schwarzweg beträgt 4.5 ha, die Gesamtlänge misst rund 440 m.
<i>Vorgehen</i>	Der Indikator basiert auf den terrestrischen und den aquatischen Habitattypenkartierungen.
<i>Terrestrische Habitattypen</i>	Die Erfassung der terrestrischen Habitattypen erfolgte im Rahmen der Datenerfassung für den Indikator „Mosaik der Auenformationen“ (vgl. Kapitel 13). Zusätzlich wurden ergänzende Subtypen nach (Thielen, et al., 2003) und (Delarze & Gonseth, 2008) definiert. Der Deckungsgrad wurde in einem ersten Schritt im ArcGIS anhand des Infrarotluftbildes bestimmt und anschliessend während der Vegetationsperiode (31.08.2023 resp. 05.09.2023) im Feld verifiziert. Zudem wurde gleichzeitig die Vegetationshöhe erhoben. In Anlehnung an Woolsey (Woolsey, S. et al., 2005) wurden die einzelnen Abstufungen für Deckungsgrad und Vegetationshöhe definiert.

Zusammen mit den bestehenden Habitattypen stellen diese die Elemente für einen dreistelligen Habitatcode (x/y/z) dar (vgl. Tabelle 46):

Code	Habitattyp (x)	Deckungsgrad [%] (y)	Vegetationshöhe [m] (z)
0		0	0
1		10-40	<0.5
2	Kies- / Sandbank	40-80	0.5-1
3	Kies- / Sandbank mit Pioniervegetation	80-100	1-2
4	Weichholzaue		2-5
5	Hartholzaue		5-10
6	übrige Wälder		
7	übrige Habitattypen		
8	Feuchtgebiete		
9	Trockenstandorte		

Tabelle 46 Abstufungen für terrestrische Habitattypen, Deckungsgrad und Vegetationshöhe
Lesebeispiel: Ein Feuchtgebiet mit einem Deckungsgrad von 80-100 % und einer Vegetationshöhe von 0.5-1 m erhält den Habitatcode 832.

Aquatische Mesohabitate

Da im Jahr 2014 für die Auswertung der aquatischen Lebensräume die Restwasser-Daten verwendet wurden, haben wir zwecks Vergleichbarkeit für die Auswertung 2023 ebenfalls die Restwasser-Daten genutzt.

Die Habitattypen der aquatischen Lebensräume sind in Tabelle 47 aufgeführt. Wie in Kapitel 8 beschrieben, wurden sie als Mesohabitate kartiert.

Code	Habitattyp (x)
1	Furt
2	Schnelle
6	Gleite
7	Lauf
9	Flachwasser
11	Lateralkolk
12	Hinterwasser
16	Staukolk
18	Kiesbank
20	Felsgleite

Tabelle 47 Codierung der aquatischen Mesohabitate

Erhebungen für den Ausgangszustand

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenschachen		•			•		
Schwarzweg		•			•		

Auswertung

Im GIS wurden die Abstufungen Habitattyp, Deckungsgrad und Vegetationshöhe als Kartenprodukte dargestellt.

Zudem wurden für die codierten Flächen (Definition siehe oben, aquatisch und terrestrisch) unter Anwendung einer spezifischen Berechnungs-Software die Werte der Landschaftsstrukturmasse gemäss Woolsey (Woolsey, S. et al., 2005) ermittelt.

Um die Übersicht über die zahlreichen Werte zu vereinfachen, beschränken wir uns bei der Darstellung der Ergebnisse auf je ein Landschaftsstrukturmass zu Form (MSI), Fläche (MPS), Distanz (MNN) und Eingebundenheit (MPI) (vgl. Tabelle 48).

Landschaftsstrukturmass	Beschreibung	Berechnungssoftware
MSI	Mean Shape Index: Komplexität einer Fläche im Vergleich zu einer Standardform [-]	PatchAnalyst
MPS	Mean Patch Size: Mittlere Flächengrösse pro Gesamtcode [ha]	PatchAnalyst
MNN	Mittlere Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Habitattyps	V-Late
MPI	Mittlerer Proximity-Index, Verhältnis aus der Flächengrösse einer Einzelfläche und der Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Typs innerhalb eines Radius von 50 m (Implementierung nach fragstats)	V-Late

Tabelle 48 Definition der Landschaftsstrukturmasse, die für die Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg zur Anwendung kommen.

Die aufgeführten Landschaftsstrukturmasse wurden unter Einbezug sämtlicher vorkommender codierter Flächen sowohl für die ganze Untersuchungsstrecke (landscape level) wie auch für die einzelnen codierte Flächen (class level) berechnet.

Ein MSI-Wert von 1 bedeutet, dass die Fläche einem Kreis oder Quadrat entspricht. Je höher der MSI-Wert, desto höher die Flächenkomplexität.

Der MPS-Wert ist umso kleiner, wenn die dominierende "Grossfläche" abnimmt und dadurch die mittlere Flächengrösse der Habitattypen sinkt. Dies wirkt sich auf positiv auf die Habitatvielfalt aus.

Wenn nur eine Fläche pro Habitattyp vorkommt, beträgt die mittlere Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Habitattyps (MNN) Null. Befinden sich die Flächen desselben Typs weiter als 50 m auseinander, liegen sie ausserhalb des Radius zur Berechnung des Mittleren Proximity-Index (MPI), was ebenfalls einen Null-Wert generiert. Für den MNN-Wert auf Ebene Untersuchungsstrecke (landscape level) wurden die MNN-Werte der codierten Flächen gemittelt. Ein hoher MPI-Wert zeigt eine komplexere Anhäufung von Habitattypen und somit eine Abnahme der Isolation und Fragmentierung.

14.3 Resultate

14.3.1 Emmenschachen

Kartendarstellungen Emmenschachen

Die folgenden Kartenprodukte stellen die terrestrischen Habitattypen, bzw. Subtypen sowie Deckungsgrad und Vegetationshöhe dar (Abbildung 59 bis Abbildung 64). Die Kartendarstellungen der aquatischen Mesohabitate finden sich in Kapitel 8.3.

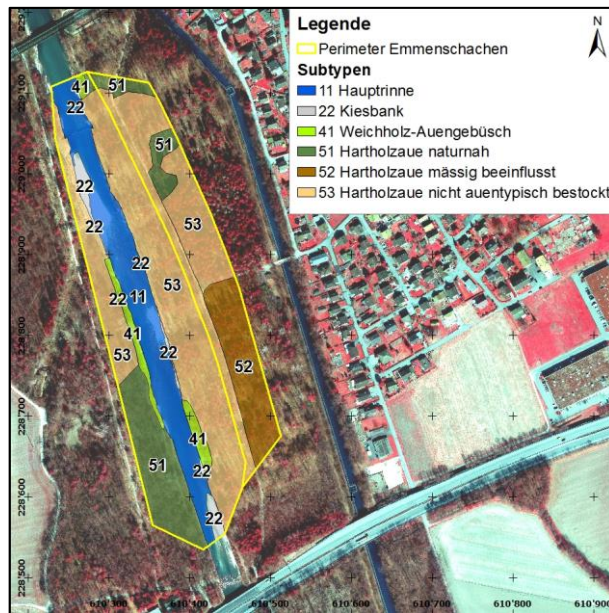


Abbildung 59 Subtypen der terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2014.

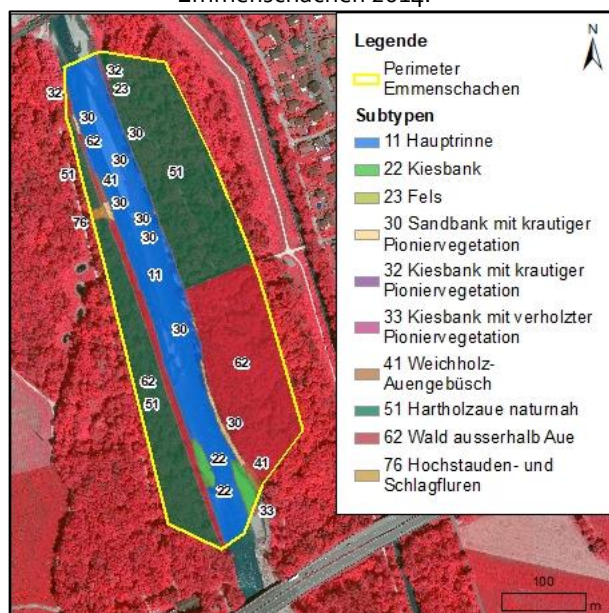


Abbildung 60 Subtypen der terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2023.

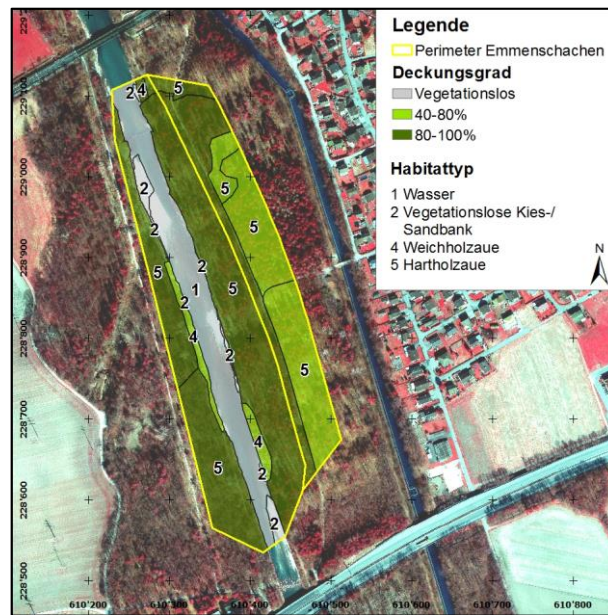


Abbildung 61 Deckungsgrad der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2014.

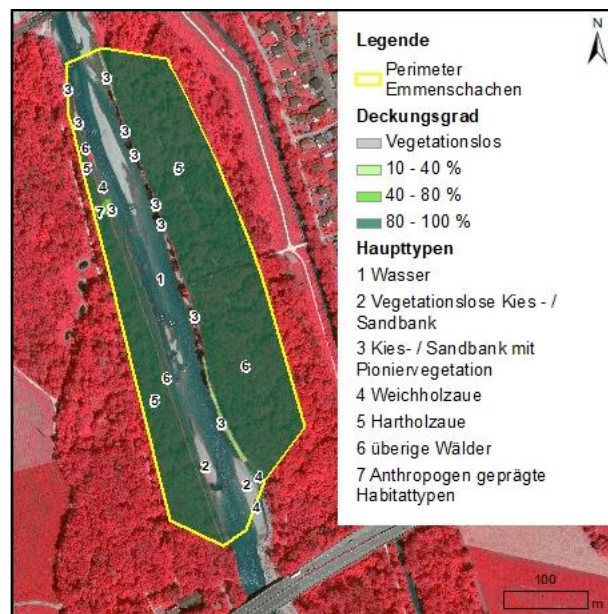


Abbildung 62 Deckungsgrad der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2023.

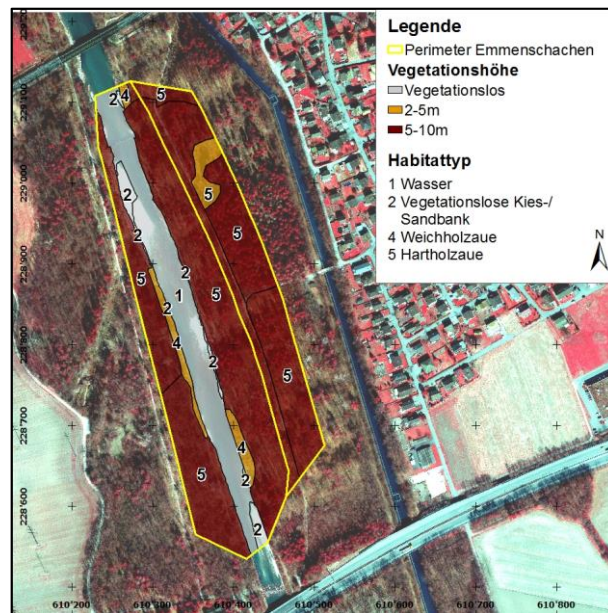


Abbildung 63 Vegetationshöhe der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2014.

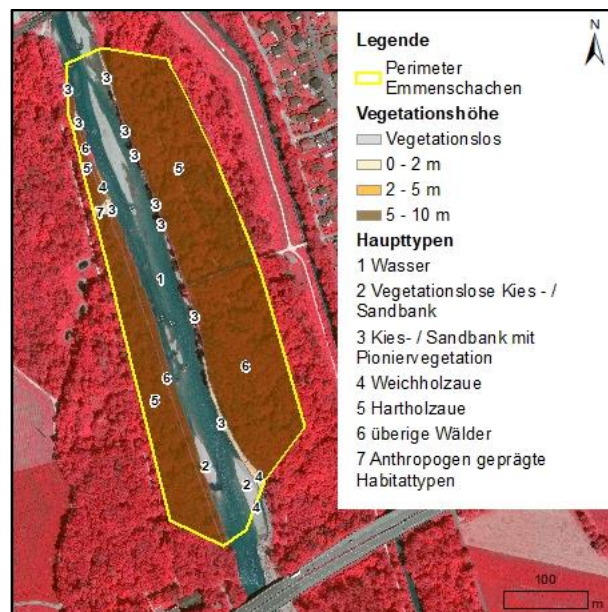


Abbildung 64 Vegetationshöhe der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2023.

*Landschafts-
strukturmasse
Emmenschachen*

Die Landschaftsstrukturmasse wurde sowohl auf Ebene der Untersuchungsstrecke (landscape level, siehe Tabelle 49) wie auch auf Ebene der codierten Flächen (class level, siehe Tabelle 50) berechnet.

Jahr	MSI [-]	MPS [ha]	MNN [m]	MPI
2014	3.22	0.38	16.05	4.32
2023	1.8	0.15	73.68	6.82

Tabelle 49 Landschaftsstrukturmasse auf Ebene der Untersuchungsstrecke Emmenschachen.

Habitatcode	Anzahl Einzel- flächen	MSI [-]	MPS [ha]	MNN [m]	MPI
Aquatische Habitattypen					
2014					
Furt	1	2.12	0.93	0.00	0
Lauf	1	1.58	0.01	0.00	0
Flachwasser	2	1.92	0.02	36.71	0.13
Lateralkolk	1	1.74	0.01	0.00	0
Hinterwasser	1	1.12	0.00	0.00	0
Kiesbank	4	2.98	0.03	43.61	0.31
2023					
Furt	6	2.03	0.13	7.41	16.64
Gleite	3	1.47	0.08	29.16	1.19
Lauf	3	1.52	0.01	88.11	0.08
Flachwasser	7	2.19	0.03	13.66	21.49
Hinterwasser	6	1.26	0.01	38.82	0.20
Rinne	1	1.85	0.01	15.18	0.00
Mündungskolk	1	1.54	0.00	15.18	0.00
Nebengerinnenkolk	1	1.24	0.00	15.18	0.00

Bank unbewachsen	14	1.60	0.02	6.18	33.60
Tümpel	2	1.60	0.00	131.22	0.00
Terrestrische Habitattypen					
2014					
Kiesbank 200	5	6.78	0.02	59.06	0.53
Weichholzaue 424	2	2.54	0.13	29.20	1.56
Weichholzaue 434	1	1.28	0.03	0.00	0
Hartholzaue 524	1	1.53	0.19	0.00	0
Hartholzaue 525	1	1.97	1.63	0.00	0
Hartholzaue 535	2	2.34	2.54	24.07	43.91
2023					
Vegetationslose Kiesbank 200	3	1.34	0.05	160.51	1.02
Vegetationslose Kiesbank 212	1	1.82	0.01	435.82	0
Vegetationslose Kiesbank 231	1	1.59	0.00	435.82	0
Kiesbank mit Pioniervegetation 311	7	2.82	0.01	14.40	0.53
Kiesbank mit Pioniervegetation 321	1	1.37	0.02	17.09	0
Kiesbank mit Pioniervegetation 333	1	1.21	0.01	17.09	0
Weichholzaue 433	1	1.52	0.03	17.09	0
Weichholzaue 434	1	2.05	0.01	17.09	0
Hartholzaue 535	3	1.94	1.26	25.46	44.08
übrige Wälder 635	3	2.97	0.80	26.91	8.22
anthropogen geprägte Habitattypen 723	1	1.30	0.02	19.80	0

Tabelle 50 Landschaftsstrukturmasse auf Ebene Habitattyp für die
Untersuchungsstrecke Emmenschachen 2014 und 2023.

14.3.2 Schwarzweg

Kartendarstellungen Schwarzweg

Die folgenden Kartenprodukte stellen die terrestrischen Habitattypen, bzw. Subtypen sowie Deckungsgrad und Vegetationshöhe dar (Abbildung 65 bis Abbildung 70). Die Kartendarstellungen der aquatischen Habitattypen finden sich in Kapitel 8.3.



Abbildung 65 Subtypen der terrestrischen Habitats für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2014.

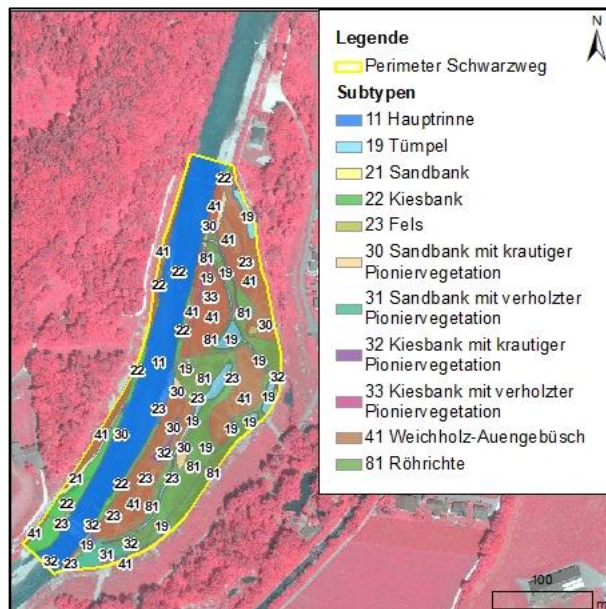


Abbildung 66 Subtypen der terrestrischen Habitats für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2023.

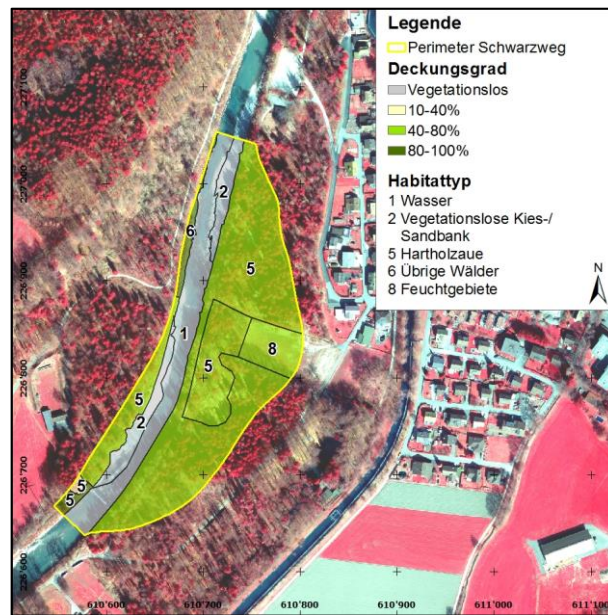


Abbildung 67 Deckungsgrad der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2014.

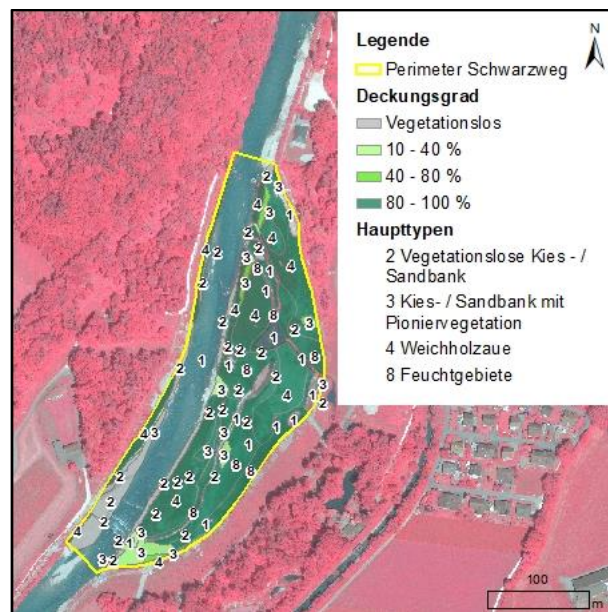


Abbildung 68 Deckungsgrad der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2023.

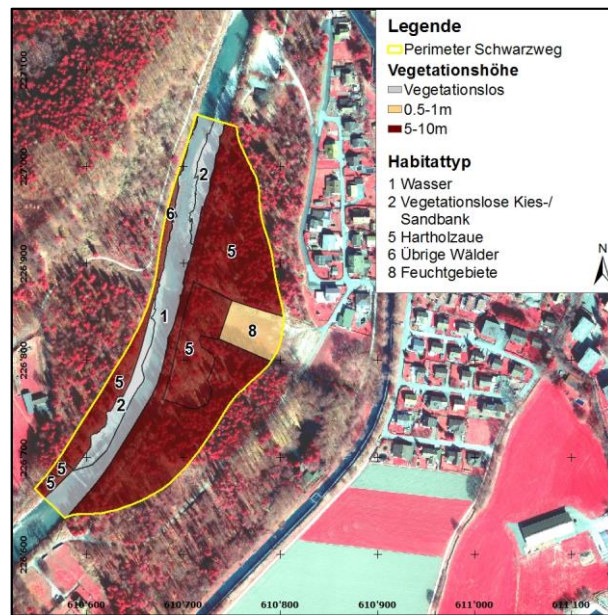


Abbildung 69 Vegetationshöhe der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2014.

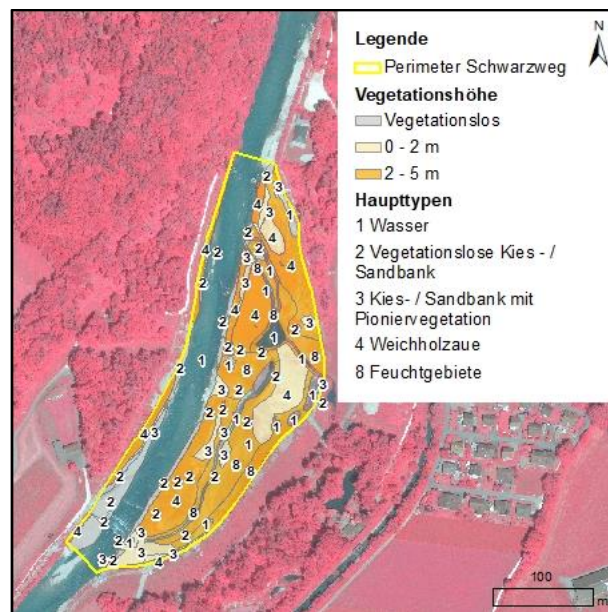


Abbildung 70 Vegetationshöhe der unterschiedlichen terrestrischen Habitate für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2023.

*Landschafts-
strukturmasse
Schwarzweg*

Die Landschaftsstrukturmasse wurde sowohl auf der Ebene der ganzen Untersuchungsstrecke (landscape level, siehe Tabelle 51) wie auch auf Ebene der codierten Flächen (class level, siehe Tabelle 52) berechnet.

Jahr	MSI [-]	MPS [ha]	MNN [m]	MPI
2014	2.05	0.12	25.7	7.43
2023	2.04	0.07	37.56	1'026'891 ¹⁸

Tabelle 51 Landschaftsstrukturmasse auf Ebene der Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2014 und 2023.

Habitatcode	Anzahl Einzel- flächen	MSI [-]	MPS [ha]	MNN [m]	MPI
Aquatische Habitattypen					
2014					
Furt	4	1.51	0.04	22.65	1.42
Schnelle	3	1.44	0.02	26.95	0.42
Gleite	2	1.79	0.03	156.09	0
Lauf	7	1.58	0.03	3.80	23.88
Flachwasser	8	1.88	0.01	14.84	5.32
Lateralkolk	1	1.28	0.00	0.00	0
Hinterwasser	1	1.27	0.00	0.00	0
Kiesbank	2	2.53	0.10	69.37	0
Felsgleite	1	2.22	0.01	0.00	0
2023					
Furt	4	2.24	0.12	3.35	355.54
Schnelle	2	1.33	0.01	97.06	0.01
Gleite	4	1.33	0.01	53.57	0.12
Lauf	2	2.20	0.01	0.00	0.00
Flachwasser	12	1.72	0.01	6.32	40.12
Hinterwasser	10	1.42	0.00	14.30	1.88
Rinne	1	2.09	0.05	3.44	0.00
Nebengerinnenkolk	1	1.34	0.01	3.44	0.00
Bank unbewachsen	13	1.73	0.01	5.97	7.75
Tümpel	1	1.32	0.00	6.89	0.00

¹⁸ Der hohe MPI-Wert im Jahr 2023 ist auf die komplexe Anhhäufung der Habitattypen zurückzuführen, weil Flächen des gleichen Typs nur durch kurze Distanzen voneinander entfernt liegen, während die Anzahl der vorgefundenen Subtypen hoch ist. Dies stellt eine Abnahme der Isolation und Fragmentierung der einzelnen Typen dar, da die Distanzen zwischen Flächen des gleichen Typs kleiner wurden. Siehe auch Tabelle 52

Terrestrische Habitattypen					
2014					
Kiesbank 200	2	7.15	0.08	68.69	0
Hartholzaue 515	1	1.23	0.02	0.00	0
Hartholzaue 525	2	2.09	1.57	23.19	29.19
Hartholzaue 535	1	1.52	0.05	0.00	0
Übriger Wald 635	1	3.45	0.09	0.00	0
Feucht-gebiet 822	1	1.12	0.27	0.00	0
2023					
Vegetationslose Kiesbank 200	37	1.52	0.01	12.19	51.97
Kiesbank mit Pioniervegetation 311	9	1.88	0.01	23.10	7.65
Kiesbank mit Pioniervegetation 312	2	1.18	0.00	1.31	15.16
Kiesbank mit Pioniervegetation 313	1	1.65	0.08	1.31	0
Kiesbank mit Pioniervegetation 321	2	2.74	0.02	221.17	0
Kiesbank mit Pioniervegetation 322	2	1.60	0.02	95.57	0.02
Kiesbank mit Pioniervegetation 332	1	1.82	0.03	95.57	0
Weichholzaue 433	2	1.38	0.15	88.24	0.19
Weichholzaue 434	8	2.75	0.15	17.64	13'575'109
Feuchtgebiete 834	5	4.62	0.20	0.69	712.25

Tabelle 52 Landschaftsstrukturmasse auf Ebene Habitattyp für die
Untersuchungsstrecke Schwarzweg 2014 und 2023.

14.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Im Vergleich zur Erhebung im Ausgangszustand 2014 ist anhand der Karten (vgl. Kapitel 14.3.1 und 14.3.2) zu erkennen, dass die Subtypen der terrestrischen Habitate in beiden Untersuchungsstrecken 2023 vielfältiger wurden. Dies widerspiegelt sich auch im Vergleich der Werte für den MPS (Mean Patch Size), da dieser gegenüber 2014 abgenommen hat. Einen Hauptgrund darin liegt in der Reduktion des Hartholzauenanteils. Bezüglich Deckungsgrad und Vegetationshöhe sind die Veränderungen weniger markant. Im Gesamtbild sind im Besonderen die Veränderungen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg erkennbar. Durch die Revitalisierung des Abschnitts wurde eine auentypische Dynamik ermöglicht, wodurch Land- und Gewässerlebensräume ineinander übergehen. Im Gegensatz

dazu fehlt diese Dynamik bei Emmenschachen aufgrund der immer noch bestehenden relativ steilen Böschungen.

14.5 Kurzdiskussion

Kartendarstellungen

Die Auswertungen für die Ausgangserhebung 2014 der beiden Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg zeigten einen eher homogenen, strukturarmen Lebensraum. Bei den terrestrischen Habitaten dominierte die Hartholzaue, entsprechend waren hohe Bestände mit relativ hohem Deckungsgrad vorherrschend. Auch die feinere Aufteilung in Subtypen zeigte deutlich, wie vorherrschend die Hartholzaue ist. Allgemein war die Vielfalt an verschiedenen Habitattypen gering, was auf eine eher bescheidene Artenvielfalt von Flora und Fauna schliessen lässt. Im Jahr 2023 waren besonders in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg deutliche Veränderungen zu erkennen. Der Lebensraum setzt sich aus vielfältigen Habitat- resp. Subtypen zusammen und bietet Nischen für die Ansprüche verschiedener Pflanzen- und Tierarten. Im Gegensatz dazu hat sich das Gesamtbild der Untersuchungsstrecke Emmenschachen nicht markant verändert. Ein Grund dafür liegt vermutlich in der geringeren Auendynamik, da beide Uferseiten eine relativ steile Böschung aufweisen und fließende Übergänge von Wasser- zu Landlebensräumen wie bei Schwarzweg weitgehend fehlen.

Landschaftsstrukturmasse

Der Vergleich der vier Indexe (vgl. Tabelle 53) zwischen den Erhebungsjahren 2014 und 2023 weisen darauf hin, dass besonders der Lebensraum in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg vielfältiger und struktureicher wurde. Dies widerspiegelt sich besonders beim Vergleich der Werte auf landscape-level.

Der MPS (Mean Patch Size) hat bei beiden Untersuchungsstrecken im 2023 abgenommen. Daraus kann abgeleitet werden, dass mit der Abnahme der dominierenden "Grossflächen" (Hartholzaue bei beiden Untersuchungsstrecken) folglich auch die mittlere Flächengrösse der Habitattypen abnahm und dies eine Erhöhung der Habitatvielfalt widerspiegelt.

Die Abnahme der mittleren Entfernung der verschiedenen Flächen (MNN) bedeutet eine Erhöhung der Vernetzung, eine geringere Fragmentierung und Verinselung und ist somit eine erstrebenswerte Richtgrösse. Die Resultate beider Untersuchungsstrecken auf landscape-level zeigen jedoch, dass der MNN-Index im Vergleich zum Ausgangszustand 2014 zugenommen haben. Betrachtet man aber die Werte auf class-level (Tabelle 49 und Tabelle 51) zeigt sich, dass die Vielfalt an Habitattypen höher, die Distanzen zwischen ihnen dadurch aber auch höher sein kann, jedoch keine Werte bei 0.00 liegen. Dies weil gilt, kommt nur eine Fläche vor, hat dies einen Null-Wert zur Folge. Befinden sich die Flächen desselben Typs weiter als 50 m auseinander, liegen sie zudem ausserhalb des Aktionsradius zur Berechnung des Mittleren Proximity-Index (MPI), was ebenfalls einen Null-Wert generiert. Dies wird unterstützt durch den Vergleich der MPI-Werte. Eine Zunahme

des Index steht für eine komplexere Anhäufung von Habitattypen und bedeutet folglich eine Abnahme der Isolation und Fragmentierung. Dies ist besonders auffällig beim Vergleich der Abbildungen der Subtypen von Schwarzweg 2014 und 2023 (Abbildung 65 und Abbildung 66). Aufgrund der Verzahnung verschiedener Lebensräume und einer detaillierten Kartierung ist dieser Wert 2023 ausgesprochen hoch.

Jahr und Untersuchungsstrecke	Form	Fläche	Distanz	Eingebundenheit
	MSI [-]	MPS [ha]	MNN [m]	MPI
2014				
Emmenschachen	3.22	0.38	16.05	4.32
Schwarzweg	2.05	0.12	25.7	7.43
2023				
Emmenschachen	1.8	0.15	73.68	6.82
Schwarzweg	2.04	0.07	37.56	1'026'891 ¹⁹

Tabelle 53 Landschaftsstrukturmasse für die beiden Untersuchungsstrecken Emmenschachen und Schwarzweg (landscape level).

¹⁹ Der hohe MPI-Wert im Jahr 2023 ist auf die komplexe Anhhäufung der Habitattypen zurückzuführen, weil Flächen des gleichen Typs nur durch kurze Distanzen voneinander entfernt liegen, während die Anzahl der vorgefundenen Subtypen hoch ist. Dies stellt eine Abnahme der Isolation und Fragmentierung der einzelnen Typen dar, da die Distanzen zwischen Flächen des gleichen Typs kleiner wurden.

15 Fotografische Dokumentation

15.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 11 «Spezifische Ziele»
<i>Definition</i>	Geografisch eindeutig definierte fotografische Aufnahmen der Strukturen
<i>Begründung</i>	Die Untersuchungsstrecken werden im Laufe der Zeit eine unterschiedliche Entwicklung erfahren. Die Erhebung der anderen Indikatoren wird eher wissenschaftlich geprägte Ergebnisse liefern. Sie sind daher weniger geeignet, den ökologischen Erfolg einer breiten Öffentlichkeit aufzuzeigen. Die fotografische Dokumentation wird die strukturelle Entwicklung aus Sicht des Betrachters festhalten.

15.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Fotos der Untersuchungsstrecken
<i>Vorgehen</i>	Die im Ausgangszustand verwendeten Fotostandorte wurden auch im 1. Projektzustand verwendet (Details vgl. Anhang C).
<i>Erhebungen</i>	Jeder Fotostandort wurde je einmal während Niederwasserabfluss und einmal bei Hochwasser aufgesucht. - Niederwasser: 7.7.2023 und 11.7.2023 bei einem Restwasserabfluss 2.3 m³/s - Hochwasser²⁰: 15.11.2023 bei > 100 m³/s

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand		
	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Emmenspitz	•		•
Emmenschachen	•		•
Schwarzweg	•		•
Papierfabrik	•		•
zusätzliche Standorte	•		•

²⁰ Der genaue Abfluss in der Restwasserstrecke ist nicht bekannt, da unklar ist, ob das Kraftwerk trotz Hochwasser mit der üblichen Ausbauwassermenge lief, oder ob es ausgeschaltet war.

Auswertung Zusammenstellung der Fotopaare (Foto Ausgangszustand und Foto 1. Projektzustand der beiden Abflüsse) in einer Dokumentation.

15.3 Resultate und Vergleich mit Ausgangszustand

Eine ausführliche fotografische Dokumentation, bei welcher Fotos des Ausgangszustandes mit Fotos des 1. Projektzustandes verglichen werden, befindet sich im Anhang C.

15.4 Kurzdiskussion

Niederwasser Bei der Betrachtung der Fotopaare bei Niederwasserabfluss (Vergleich Ausgangszustand mit 1. Projektzustand, gleicher Standort und gleiche Blickrichtung) fällt auf, dass die Emme dank den Aufweitungen viel mehr Platz erhielt. Wo früher selbst bei Niederwasser das Gerinne oft beinahe vollständig benetzt war, säumen nun ausgedehnte Kiesbänke oder trockene Felsflächen die Ufer. Die benetzte Breite hat relativ zur gesamten Gerinnebreite deutlich abgenommen. Im Ausgangszustand floss die Emme in einigen Strecken relativ monoton. Auch diesbezüglich sind im Bereich der Aufweitungen deutliche Veränderungen erkennbar, am deutlichsten fällt dies in der Aufweitung oberhalb der Bahnbrücke bei Derendingen auf. Strukturen im Gerinne sind aber auch im 1. Projektzustand mit Ausnahme der Untersuchungsstrecke Emmenschachen immer noch kaum sichtbar.

Hochwasser Die Erhebung der Fotos bei Hochwasser fand im Ausgangszustand bei nur knapp der Hälfte des Abflusses statt wie bei der Erhebung im 1. Projektzustand. Dank der Verbreiterung wird der doppelte Abfluss jedoch nicht als solcher wahrgenommen. Dass die Überflutungsfläche in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg tatsächlich geflutet wurde, zeigte die Erhebung im 1. Projektzustand.

Ausblick Dass sich die Kiesbänke innert kurzer Zeit verschieben können, wurde im Rahmen der Felderhebungen der Ufer- und Sohlenstrukturen festgestellt. Mit der fotografischen Dokumentation des 2. Projektzustandes wird die eigendynamische Entwicklung in Projektzustand festgehalten werden.

16 Auentypische Pflanzenarten

16.1 Beschrieb

Grundlage	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikator Set 8 Ufervegetation, 8.1 Auen(un)typische Pflanzenarten
Definition	Vorkommen, Häufigkeit und Deckungsgrad ausgewählter Zielarten und invasiver Neophyten

16.2 Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Anzahl Individuen bzw. deren besiedelte Fläche in den potenziellen Auenflächen. Als Zielarten wurden folgende auentypischen Pflanzenarten festgelegt:
--------------------	--

- Silber-Weide (*Salix alba*)
- Lavendel-Weide (*Salix elaeagnos*)
- Rosmarin-Weidenröschen (*Epilobium dodonaei*)
- Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*)

Sowie folgende invasive Neophyten:

- Japanischer Staudenknöterich (*Reynoutria japonica*)
- Robinie (*Robinia pseudoacacia*)

Auf explizitem Wunsch der Abteilung Amt für Raumplanung, Kanton Solothurn wurden ab dem Jahr 2023 zusätzlich folgende Arten des Nanocyperions untersucht:

- Borstige Moorbinsse (*Isolepis setacea*)
- Stachelige Flechtbinsse (*Schoenoplectus mucronatus*)
- Gemeines Fettblatt (*Pinguicula vulgaris*)
- Kröten-Binsse (*Juncus bufonius*)
- Schwarzbraunes Zyperngras (*Cyperus fuscus*)

Die durch den Kanton Solothurn angesiedelten Arten Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) und der Zwerg-Rohrkolben (*Typha minima*) wurden während der Begehung erhoben, jedoch nicht in die Wirkungskontrolle inkludiert. Die Daten wurden ebenfalls bei Infospecies gemeldet.

Vorgehen	Die Erhebungen erfolgten in einer Feldkartierung (mehrere Begehungen zwischen Juni und September 2023), die Daten wurden mittels Florapp erhoben.
----------	---

Innerhalb der fünf Teilperimeter (Emmenspitz, Emmenschachen, Rüti, Schwarzweg und Papierfabrik) wurden sämtliche Individuen, resp. kolonisierte Flächen der Zielarten aufgenommen. Die vollständige Artenliste der Erhebungen ist im Anhang D zu finden, die Daten wurden bei Infospecies eingespielen.

Auswertung

Im Rahmen der Ausgangserhebung wurde nur eine von vier Arten vorgefunden (*Salix alba*), die im Jahr 2023 zusätzlich untersuchten Pflanzenarten waren bei der Ausgangserhebung im Perimeter noch nicht vorkommend, hierfür wurde die Datenbankabfrage Infospecies vom Juni 2023 mit den Daten älter als 2018 geprüft (Infospecies, 2023). Die Erhebung der invasiven Neophyten im Ausgangszustand fanden im August 2017 statt, jedoch teilweise wenig detailliert und nur in den beiden Teilperimetern Schwarzweg und Papierfabrik. Für die Auswertung wurde gemäss Methodenbeschreibung (BAFU, 2019) vorgegangen und jeweils für die Ausgangslage (nachträglich), als auch für das Aufnahmejahr 2023 das Auswertungsraster ausgefüllt und die standardisierten Werte ermittelt. Pro Pflanzenart wurden standardisierte Richtwerte zwischen 0 und 1 festgelegt und mit den erhobenen Daten verglichen. Bei den Zielarten ist eine Steigerung der Individuenzahl/ kolonisierten Fläche positiv, für Neophyten negativ.

Name Pflanzenart	Zielart / Neophyt	0-Richtwert pro km Fliesstrecke	1-Richtwert pro km Fliesstrecke	Messgrösse
<i>Salix alba</i>	Zielart	0	1000	Kolonisierte Fläche
<i>Salix elaeagnos</i>	Zielart	0	500	Kolonisierte Fläche
<i>Epilobium dodonaei</i>	Zielart	0	50	Kolonisierte Fläche
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Zielart	0	100	Kolonisierte Fläche
<i>Isolepis setacea</i>	Zielart	0	20	Anzahl Individuen
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	Zielart	0	40	Anzahl Individuen
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Zielart	0	20	Anzahl Individuen
<i>Juncus bufonius</i>	Zielart	0	100	Anzahl Individuen
<i>Cyperus fuscus</i>	Zielart	0	20	Anzahl Individuen
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	Neophyt	600	0	Kolonisierte Fläche
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Neophyt	2000	20	Anzahl Individuen

Tabelle 54 Zusammenstellung der definierten standardisierten Werte pro Pflanzenart.

16.3 Resultate

Pro Teilperimeter wurden jeweils die standardisierten Werte der Ausgangslage mit denen der 1. Nacherhebung einander gegenübergestellt.

16.3.1 Emmenspitz

Name Pflanzenart		
Zielarten	Ausgangslage	2023
<i>Salix alba</i>	0.06	0.29
<i>Salix elaeagnos</i>	0.00	0.03
<i>Epilobium dodonaei</i>	0.00	0.00
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.00	0.00
<i>Isolepis setacea</i>	0.00	0.00
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0.00	0.00
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0.00	0.00
<i>Juncus bufonius</i>	0.00	0.00
<i>Cyperus fuscus</i>	0.00	0.00

Neophyten		
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	-	1.00
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	0.83

Tabelle 55 Standardisierte Werte der autotypischen Pflanzenarten für die Untersuchungsstrecke Emmenspitz

16.3.2 Emmenschachen

Name Pflanzenart		
Zielarten	Ausgangslage	2023
<i>Salix alba</i>	0.08	0.16
<i>Salix elaeagnos</i>	0.00	0.16
<i>Epilobium dodonaei</i>	0.00	0.00
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.00	0.00
<i>Isolepis setacea</i>	0.00	0.00
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0.00	0.00
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0.00	0.00
<i>Juncus bufonius</i>	0.00	0.00
<i>Cyperus fuscus</i>	0.00	0.00
Neophyten		
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	-	1.00
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	0.00

Tabelle 56 Standardisierte Werte der autotypischen Pflanzenarten für die Untersuchungsstrecke Emmenschachen

16.3.3 Rüti

Name Pflanzenart		
Zielarten	Ausgangslage	2023
<i>Salix alba</i>	0.04	0.00
<i>Salix elaeagnos</i>	0.00	0.14
<i>Epilobium dodonaei</i>	0.00	0.00
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.00	0.00
<i>Isolepis setacea</i>	0.00	0.00
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0.00	0.00
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0.00	0.00
<i>Juncus bufonius</i>	0.00	0.00
<i>Cyperus fuscus</i>	0.00	0.00

Neophyten		
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	-	1.00
<i>Robinia pseudoacacia</i>	-	0.90

Tabelle 57 Standardisierte Werte der auentypischen Pflanzenarten für die Untersuchungsstrecke Rüti

16.3.4 Schwarzweg

Name Pflanzenart		
Zielarten	Ausgangslage	2023
<i>Salix alba</i>	0.10	1.00
<i>Salix elaeagnos</i>	0.00	0.55
<i>Epilobium dodonaei</i>	0.00	0.00
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.00	0.00
<i>Isolepis setacea</i>	0.00	0.11
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0.00	0.57
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0.00	0.00
<i>Juncus bufonius</i>	0.00	1.00
<i>Cyperus fuscus</i>	0.00	0.46

Neophyten		
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	0.96	1.00
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.00	0.52

Tabelle 58 Standardisierte Werte der auentypischen Pflanzenarten für die Untersuchungsstrecke Schwarzweg

16.3.5 Papierfabrik

Name Pflanzenart		
Zielarten	Ausgangslage	2023
<i>Salix alba</i>	0.02	1.00
<i>Salix elaeagnos</i>	0.00	0.33
<i>Epilobium dodonaei</i>	0.00	0.00
<i>Hippophae rhamnoides</i>	0.00	0.00
<i>Isolepis setacea</i>	0.00	0.09
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	0.00	0.00
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0.00	0.00
<i>Juncus bufonius</i>	0.00	1.00
<i>Cyperus fuscus</i>	0.00	0.00

Neophyten		
<i>Reynoutria japonica aggr.</i>	0.95	0.98
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.00	0.77

Tabelle 59 Standardisierte Werte der autotypischen Pflanzenarten für die Untersuchungstrecke Papierfabrik

16.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Im Ausgangszustand konnte nur die Zielart Silberweide *Salix alba* erhoben werden, in eher geringer Zahl. Es fehlte an Pionierlebensräumen, Kiesbänken und Übersarungsflächen. Erfreulicherweise konnten sich im Jahr 2023 diverse Kiesbänke ausbilden und beide Weidenarten in hoher Zahl und in allen Teilperimetern festgestellt werden. Die ebenfalls typischen Kiesbank-Arten *Epilobium dodonaei* und *Hippophae rhamnoides* wurden auch im Jahr 2023 nicht vorgefunden.

Bereits kurz nach Projektumsetzung konnten am Schwarzweg und bei der Papierfabrik erste Pflanzenarten des Nanocyperions entdeckt werden (Schwaller, 2023), was dazu führte, dass diese teilweise seltenen, hoch spezialisierten Arten im Jahr 2023 miterhoben wurden (nur in der Erhebung 2023). Das Ziel, dass Lebensräume für die Entstehung von Weichholzauen und Pionierarten entstehen sollen, konnte mit der Umsetzung des Revitalisierungsprojektes klar verbessert werden.

Neophyten wurden im Jahr 2017 nur beim Schwarzweg und bei der Papierfabrik erhoben. Bei den invasiven Neophyten kann festgestellt werden, dass der Japanische Staudenknöterich im Jahr 2023 nur noch bei der Papierfabrik gefunden werden konnte. Die Robinie ist v.a. im Emmenschachen noch stark vorherrschend, wird aktuell jedoch nicht bekämpft. In den weiteren Perimetern ist die Robinie ebenfalls vertreten.

16.5 Kurzdiskussion

Ausgangszustand:

Erwartungsgemäss kamen die typischen Pionier- bzw. Ruderalpflanzen in den untersuchten Strecken im Ausgangszustand nur beschränkt und in sehr geringer Zahl oder überhaupt (noch) nicht vor. Sie beanspruchen Habitate, welche sich durch die Revitalisierung erst noch einstellen sollten. Als einzige der ausgewählten auentypischen Pflanzenarten konnte die Silber-Weide *Salix alba* kartiert werden.

Erste Nacherhebung:

Am Schwarzweg und bei der Papierfabrik haben sich offene Pionierflächen entwickeln können mit sandigen bis kiesigen Bereichen, durchsetzt mit temporären Wasserstellen, kleinen Rinnsalen, aber auch v.a. im westlichen Bereich am Schwarzweg mit starkem Aufwuchs von Weiden, Schilf und Rohrkolben. Aktuell sind beide Flächen hochinteressant v.a. für Pflanzen des Nanocyperions. Tendenziell ist die Dynamik vermutlich zu schwach, die Flächen wachsen bereits ein und sind teilweise schon fast flächig mit Weiden überwachsen. Dieser Prozess wird voraussichtlich weiter voranschreiten und kleinwüchsige, spezialisierte Pflanzenarten von Kiesbänken und feuchten Ruderalflächen verdrängen. Vermutlich ist die Fläche zu wenig dynamisch eingestellt, regelmässige Überflutungen fehlen. Um den aktuellen Wert erhalten zu können, wäre es erstrebenswert, die Dynamik in beiden Übersarungsflächen leicht zu erhöhen.



Abbildung 71 Fotos Schwarzweg

Links: bereits stark eingewachsene Fläche mit aufkommenden Weiden

Rechts: offene, sandige Fläche, interessant für Arten des Nanocyperions

Am Emmenspitz, Emmenschachen und Rüti haben dank neuen Kiesbänken und Ruderalflächen die Weiden stark zugenommen, die Flächen sind jedoch immer noch stark von Wald geprägt, Überflutungsflächen fehlen jedoch gänzlich, die neuen Stehgewässer mit neu angelegten und ehemals offenen Umgebungsbereichen sind bereits stark eingewachsen und sind vom Flusssystem abgekoppelt (für Amphibien

ideal, da somit fischfrei). Somit fehlen an diesen drei Standorten die Arten des Nanocyperions.

Invasive Neophyten werden aktuell nur teilweise bekämpft, es wäre wichtig, den japanischen Staudenknöterich vollständig aus dem Projektperimeter zu entfernen. Bei der Robinie, welche zahlreicher vorkommt, ist dies schwieriger umzusetzen. Die Entfernung der Samenbäume und eine jährliche Bekämpfung des Jungwuchses würde sich lohnen, um die erreichten Naturwerte halten zu können. Während der Felderhebung wurden weitere invasive Neophyten beobachtet, u.a. der Kirschlorbeer, sowie der Sommerflieder, vereinzelt auch Goldruten und Springkraut.

17 Bestandserhebung Fische

17.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Auswertung gemäss Modulstufenkonzept Fische (in Bearbeitung, Veröffentlichung 2024) ²¹
<i>Definition</i>	Quantitative Erhebung des Fischbestandes
<i>Begründung</i>	Die Förderung aquatischer Strukturen ist gemäss Leitbild eines der wichtigsten Entwicklungsziele. Davon sollen in erster Linie die Fische profitieren. Im Rahmen der Wirkungskontrolle soll der Ausgangszustand mit dem heutigen Zustand (Projektzustand 1) verglichen werden. Die Erhebungen fanden 2010 und 2023 statt.

17.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Zu erhebende Daten</i>	Es wurden Art, Anzahl, Gewicht und Länge der gefangenen Fische vor und nach der Umsetzung erhoben.
<i>Vorgehen</i>	Fische: Quantitative Bestandserhebung Zwei Strecken wurden jeweils vor (2010) und nach (2023) der Revitalisierung quantitativ in zwei Durchgängen abgefischt. Der Startpunkt war in beiden Jahren derselbe, jedoch wurden 2023, nach Absprache mit der kantonalen Fachstelle, beide Strecken um 80 m gekürzt (Abbildung 72), zwecks gleichbleibenden Aufwands (die Strecken waren nach der Revitalisierung deutlich breiter). Die Kürzung birgt kaum ein Risiko des Verlusts an Datenqualität. Die Strecke "Derendingen" liegt oberhalb der Emmebrücke bei Derendingen und die Strecke „Luterbach“ oberhalb der Autobahnbrücke zwischen Derendingen und Luterbach (Abbildung 72). Die Bestandserhebungen wurden in beiden Jahren von der Firma Aquatica GmbH (J. Guthruf) organisiert und durchgeführt.

²¹ Soll in die Wirkungskontrolle Revitalisierung des BAFU (2022) integriert werden.

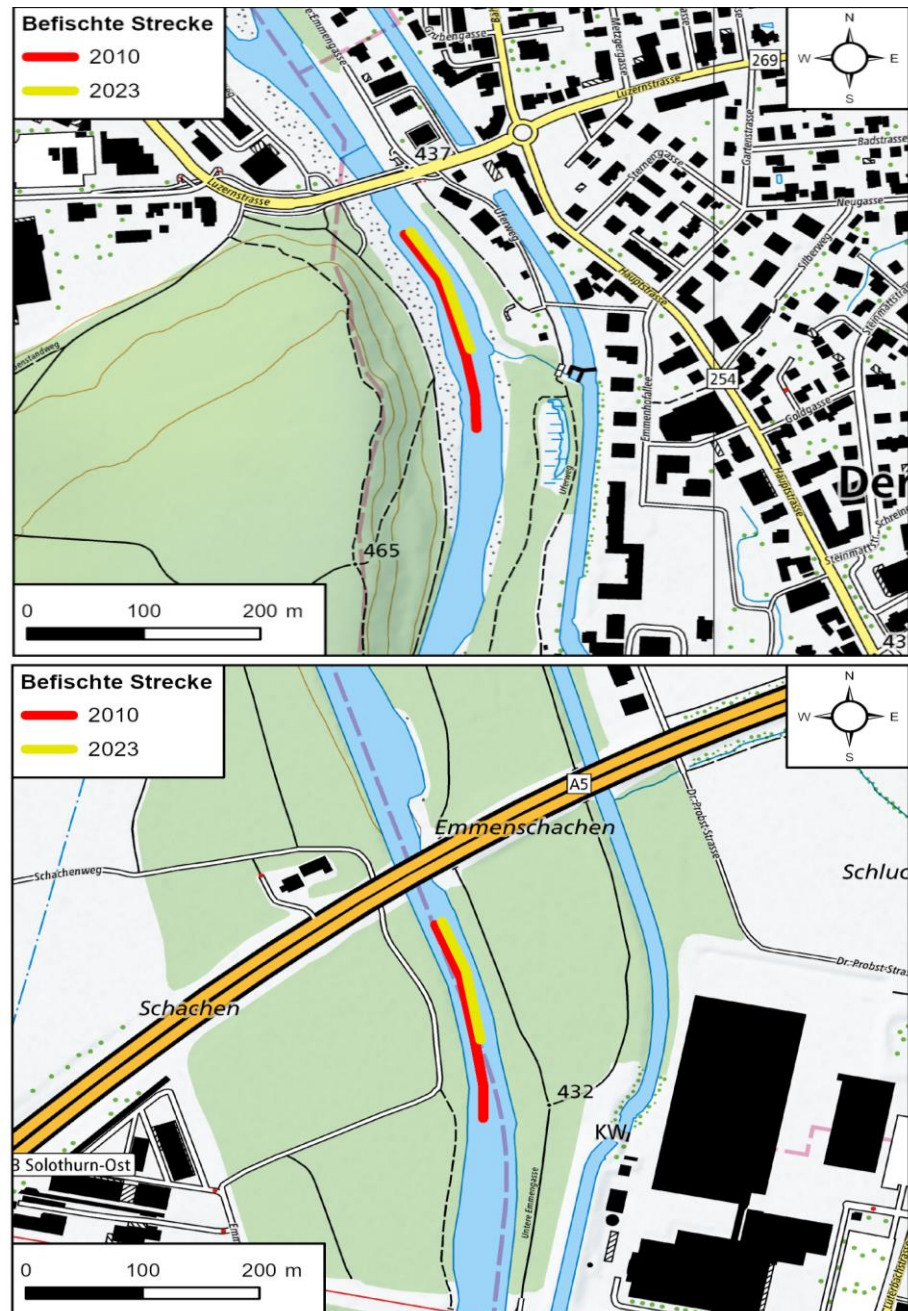


Abbildung 72 Die befischte Strecken Derendingen (oben) und Luterbach (unten) in den verschiedenen Erhebungsjahren (© Hintergrundkarte: Swisstopo).

Erhebungen

Untersuchungsstrecken	Erhebungszustand						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
Derendingen			•		•		
Luterbach			•		•		

Die Erhebungen erfolgten in beiden Untersuchungsstrecken am 16.10.2023 bei guten Bedingungen (gute Witterung, keine Trübung) und bei minimalem Restwasserabfluss (1.8 m³/s).

Derendingen

Koordinaten (Länge 120 m):

Unteres Streckenende: 2'610'735 / 1'227'567

Oberes Streckenende: 2'610'798 / 1'227'455

Luterbach

Koordinaten (Länge 120 m):

Unteres Streckenende: 2'610'480 / 1'228'413

Oberes Streckenende: 2'610'510 / 1'228'299

Auswertung

Die Daten beider Jahre wurden mit dem auf das Modulstufenkonzept Fische (2024) abgestimmten Tool FishAssess (Version 1-00) ausgewertet und verglichen. Diese Methode legt einen differenzierten Fokus auf das Artenvorkommen und Artendichten entlang der Längszonierung. Bei der Bewertung des Ausgangszustandes war dieser Ansatz noch nicht verfügbar. Der Ansatz enthält eine deutlich präzisere Form der Bewertung und wurde folglich für geeignet befunden den Indikator „Bestandeserhebung Fische“ auszuwerten. Für diesen Bericht wurden daher die Daten des Ausgangszustandes (2010) nochmals ausgewertet und mit dem Projektzustand 1 (2023) verglichen – was möglich war, da die Erhebungsmethodik grundsätzlich dieselbe war (quantitative Befischung). Bewertet wurden Artenspektrum, Dominanzverhältnis, Dichte und Biomasse sowie die Populationsstruktur (Längenhäufigkeitsverteilung). Für die Bewertung des Artenspektrums wurde eine Referenzfauna von 13 Arten festgelegt.

17.3 Resultate

Bei den Befischungen 2010 wurden insgesamt 7 Arten gefangen, die, mit Ausnahme der Regenbogenforelle, standorttypisch sind. Nach der Revitalisierung wurden insgesamt 12 Arten nachgewiesen (Tabelle 60). Die gegenüber 2010 zusätzlich nachgewiesenen Arten waren Gründling, Schneider, Rotaugen, Schleie, ital. Steinbeisser und Stichling. Der Gründling und der Schneider sind Referenzarten. Das Rotaugen und die Schleie sind zwar standorttypisch jedoch keine zwingend zu erwartenden Arten der Referenzfauna. Der ital. Steinbeisser und der Stichling werden als standortfremd betrachtet²². Die einzige Art, die gegenüber 2010 nicht mehr nachgewiesen wurde, ist die Regenbogenforelle. Als gegenüber der Referenzfauna fehlende Arten konnten in beiden Jahren die Äsche, das Bachneunaugen und die Nase ausgemacht werden (Tabelle 60).

Art	Derendingen		Luterbach		Status	
	2010	2023	2010	2023	Referenzart	Standortfremd
Alet	x	x		x	x	
Äsche					x	
Bachforelle	x	x	x	x	x	
Bachneunaugen					x	
Barbe	x	x	x	x	x	
Ital. Steinbeisser				x		x
Elritze	x	x	x	x	x	
Groppe	x	x	x	x	x	
Gründling		x		x	x	
Nase					x	
Regenbogenforelle	x					x
Rotaugen		x			x	
Schleie				x	x	
Schmerle, Bartgrundel	x	x	x	x	x	
Schneider		x		x	x	
Stichling		x		x		x
Summe	7	10	5	11	13	3

Tabelle 60 Artenzusammensetzung 2010 und 2023 im Vergleich zur Referenzfauna.

²² Der ital. Steinbeisser könnte gemäss neuesten Untersuchungen der Eawag bereits seit sehr langer Zeit die einzige Steinbeisser Art in diesen Breitengraden sein. Dementsprechend ist unsicher, ob er tatsächlich standortfremd ist.

Tabelle 61 zeigt die Anteile der jeweiligen Arten am Total der gefangenen Fische. Es gilt zu beachten, dass die befischte Fläche der Abschnitte im Ausgangszustand und im Projektzustand 1 nicht gleich waren. Dies zum einen, weil die Strecke 2023 gekürzt wurde und zum anderen, durch die Änderung der benetzten Fläche infolge der Veränderung der Uferlinie nach der Revitalisierung. Um die Zustände besser vergleichen zu können wurde deshalb die Individuendichte in FishAssess nach (Carle, 1978) geschätzt.

In beiden Abschnitten wurden 2023 deutlich mehr Fische gefangen als im Ausgangszustand. Im Ausgangszustand waren in beiden Abschnitten Elritzen, Schmerlen und Groppen die häufigsten Arten, während dies im Projektzustand 1 im Abschnitt Derendingen auf die Arten Elritze, Schmerle und Schneider und in der Strecke Luterbach Schmerle, Elritze und Barbe zutraf (Tabelle 61).

Abschnitt	Derendingen					
Jahr	2010			2023		
	Anz. Individue n	Dichte [n/ha]	Anteil [%]	Anz. Individue n	Dichte [n/ha]	Anteil [%]
Alet	19	52	1.6	156	892	3.3
Atlantische Forelle - Bachforelle	46	137	3.8	9	44	0.2
Barbe	5	14	0.4	89	572	1.9
Cobite italiano	0	0	0.0	0	0	0.0
Elritze	503	1863	41.3	3150	20780	67.4
Groppe	241	660	19.8	20	99	0.4
Gründling	0	0	0.0	53	320	1.1
Regenbogenforelle	1	n.a	0.1	0	0	0.0
Rotaugen	0	0	0.0	5	25	0.1
Schleie	0	0	0.0	0	0	0.0
Schmerle, Bartgrundel	402	1447	33.0	746	5831	16.0
Schneider	0	0	0.0	441	2450	9.4
Stichling	0	0	0.0	3	15	0.1
Total	1217	4173	100.0	4672	31028	100.0

Abschnitt	Luterbach					
Jahr	2010			2023		
	Anz. Individue n	Dichte [n/ha]	Anteil [%]	Anz. Individue n	Dichte [n/ha]	Anteil [%]
Alet	0	0	0.0	558	3072	6.7
Atlantische Forelle - Bachforelle	7	16	0.8	3	15	0.0
Barbe	1	2	0.1	783	4553	9.4
Cobite italiano	0	0	0.0	1	5	0.0
Elritze	355	1300	41.4	3354	22690	40.3
Groppe	88	397	10.3	37	268	0.4
Gründling	0	0	0.0	52	372	0.6
Regenbogenforelle	0	0	0.0	0	0	0.0
Rotaugen	0	0	0.0	0	0	0.0
Schleie	0	0	0.0	4	21	0.0
Schmerle, Bartgrundel	407	1519	47.4	3446	28689	41.4
Schneider	0	0	0.0	85	480	1.0
Stichling	0	0	0.0	4	21	0.0
Total	858	3234	100.0	8327	60186	100.0

Tabelle 61 Total der gefangenen Individuen pro Art, Ihre Anteile am Total und die geschätzte Dichte nach (Carle, 1978).

17.3.1 Bewertung Artenspektrum & Dominanzverhältnis

Abschnitt Derendingen

Der Abschnitt Derendingen hat sich gegenüber dem Ausgangszustand (2010) in der Bewertung des Artenspektrums um eine Klasse von „unbefriedigend“ auf „mässig“ verbessert (Tabelle 62), die Bewertung des Dominanzverhältnisses blieb unverändert bei „sehr gut“. Hauptverantwortlich für die bessere Bewertung des Artenspektrums ist der zusätzliche Nachweis von Schneider und Gründling bei den Befischungen 2023. Eine bessere Bewertung wird aufgrund des Fehlens gewisser standorttypischer Arten nicht erreicht (Äsche, Nase, Bachneunauge). Die detaillierten Werte finden sich im Anhang E.

Abschnitt Derendingen	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Artenspektrum				
F1: Beobachtungswert (beobachtete Arten)	480.2		694.0	
F2: Erwartungswert (erwartete Arten)	1131.9		1064.1	
Differenz F1/F2	651.7		370.1	
Anteil F1 [%]	42.4		65.2	
Bewertung Artenspektrum (Wert)	0.260		0.553	
Bewertung Artenspektrum (Beschreibung)	Unbefriedigend	4	Mässig	3
Dominanzverhältnisse				
F1: Summe typische Arten [No/ha]	3332		42962	
F2: Summe atypische Arten [No/ha]	3		26	
Anteil der typischen Arten	99.9 %		99.9	
Bewertung Dominanzverhältnisse (Wert)	0.996		0.997	
Bewertung Dominanzverhältnisse (Beschreibung)	Sehr gut	1	Sehr gut	1

Tabelle 62 Bewertung des Artenspektrums und des Dominanzverhältnisses nach FishAssess des Abschnittes Derendingen 2010 und 2023.

Abschnitt Luterbach

Der Abschnitt Luterbach hat sich gegenüber dem Ausgangszustand (2010) in der Bewertung des Artenspektrums um zwei Klassen von „schlecht“ auf „mässig“ deutlich verbessert (Tabelle 63), die Bewertung der Dominanzverhältnisse blieb unverändert „sehr gut“. Wie im Abschnitt Derendingen, ist der zusätzliche Nachweis von Alet, Schneider und Gründling bei den Befischungen 2023 Hauptursache für die Verbesserung. Eine bessere Bewertung wird aufgrund des Fehlens gewisser standorttypischer Arten nicht erreicht (Äsche, Nase, Bachneunauge). Die detaillierten Werte finden sich im Anhang E.

Abschnitt Luterbach	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Artenspektrum				
F1: Beobachtungswert (beobachtete Arten)	389.5		694.0	
F2: Erwartungswert (erwartete Arten)	1119.1		1064.1	
Differenz F1/F2	729.6		370.1	
Anteil F1 [%]	34.8		65.2	
Bewertung Artenspektrum (Wert)	0.162		0.553	
Bewertung Artenspektrum (Beschreibung)	Schlecht	5	Mässig	3
Dominanzverhältnisse				
F1: Summe typische Arten [No/ha]	2013		42962	
F2: Summe atypische Arten [No/ha]	0		26	
Anteil der typischen Arten	100		99.9	
Bewertung Dominanzverhältnisse (Wert)	1.000		0.997	
Bewertung Dominanzverhältnisse (Beschreibung)	Sehr gut	1	Sehr gut	1

Tabelle 63 Bewertung des Artenspektrums und des Dominanzverhältnisses nach FishAssess des Abschnittes Luterbach 2010 und 2023.

17.3.2 Bewertung Individuendichte & Biomasse

Abschnitt Derendingen

Der Abschnitt Derendingen hat sich gegenüber dem Ausgangszustand (2010) in Bezug auf die Individuendichte deutlich von „schlecht“ um 2 Klassen auf „mässig“ verbessert. Die Bewertung der Biomasse blieb gleich (Tabelle 64). Die Dichte ist bei Alet, Barbe, Elritzen und Schmerlen gegenüber 2010 deutlich gestiegen. Dies führte trotz der geringeren Dichten von Groppen und Bachforellen gegenüber 2010 zu einer besseren Bewertung. Die grössten Defizite bestehen bei Gründling, Bachforelle und Groppe. Dass sich die Biomassendichte trotz mehr gefangenen Fischen nicht verbessert hat, ist hauptsächlich den geringen Biomassen von Gründlingen, Schmerlen und Groppen zuzuschreiben. Die detaillierten Werte finden sich im Anhang E.

Abschnitt Derendingen	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Individuendichte				
Summe beobachtete Abweichung (Beobachtungsklasse - Erwartungsklasse)	-292.7		-215.5	
Summe maximal mögliche Abweichung	-365.2		-533.6	
Relative Abweichung	0.8		0.4	
Bewertung Individuendichte (Wert)	0.2		0.6	
Bewertung Individuendichte (Beschreibung)	Schlecht	5	Mässig	3
Biomassendichte				
Summe beobachtete Abweichung (Beobachtungsklasse - Erwartungsklasse)	-215.2		-233.3	
Summe maximal mögliche Abweichung	-365.2		-533.6	
Relative Abweichung	0.59		0.44	
Bewertung Biomassendichte (Wert)	0.41		0.56	
Bewertung Biomassendichte (Beschreibung)	Mässig	3	Mässig	3

Tabelle 64 Bewertung der Individuendichte und Biomasse nach FishAsses des Abschnittes Derendingen 2010 und 2023.

Abschnitt Luterbach

Der Abschnitt Luterbach hat sich gegenüber dem Ausgangszustand (2010) in Bezug auf die Individuendichte deutlich um 3 Klassen von „schlecht“ auf „gut“ verbessert (Tabelle 70). Hauptursache für die Verbesserung der Individuendichte waren die höheren Dichten von Schmerlen, Barben und Elritzen. Defizite bestehen aktuell bei der Individuendichte von Gründling, Groppe und Bachforelle. Die Individuendichten von Bachforellen und Groppen sind zudem geringer als 2010, jedoch nur in geringem Masse. Die Bewertung der Biomassendichte verbesserte sich um eine

Klasse von „unbefriedigend“ auf „mässig“ (Tabelle 65). Die detaillierten Werte finden sich im Anhang E.

Abschnitt Luterbach	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Individuendichte				
Summe beobachtete Abweichung (Beobachtungsklasse - Erwartungsklasse)	-227.0		-160.6	
Summe maximal mögliche Abweichung	-274.5		-526.8	
Relative Abweichung	0.83		0.3	
Bewertung Individuendichte (Wert)	0.17		0.7	
Bewertung Individuendichte (Beschreibung)	Schlecht	5	Gut	2
Biomassendichte				
Summe beobachtete Abweichung (Beobachtungsklasse - Erwartungsklasse)	-209.5		-245.1	
Summe maximal mögliche Abweichung	-274.5		-519.3	
Relative Abweichung	0.76		0.47	
Bewertung Biomassendichte (Wert)	0.24		0.53	
Bewertung Biomassendichte (Beschreibung)	Unbefriedigend	4	Mässig	3

Tabelle 65 Bewertung der Individuendichte und Biomasse nach FishAsses des Abschnittes Luterbach 2010 und 2023.

17.3.3 Bewertung Populationsstruktur

Aufgrund der Zuweisung zur unteren Äschenregion, ist gemäss MSK Fische (2024) von den nachgewiesenen Arten lediglich der Schneider für die Bewertung der Populationsstruktur relevant. Der Schneider wurde im Ausgangszustand (2010) jedoch in keiner der beiden Strecken nachgewiesen. Eine Bewertung kann folglich nur für den Projektzustand 1 vorgenommen werden.

Abschnitt Derendingen

Der Abschnitt Derendingen erhält den Wert 0.67 und damit die Bewertung „gut“ (Tabelle 66). 0+ Fische waren in der Strecke ausreichend vertreten, übrige Juvenile erreichten ein mittleres Vorkommen und von Adulten war ein schwaches Vorkommen vorhanden. Die Längenverteilung des Abschnittes findet sich in Abbildung 73.

Abschnitt Derendingen	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Populationsstruktur				
Bewertung 0+-Fische (Wert)	Keine Bewertung möglich (keine Schneider nachgewiesen)		1.00	
Bewertung übrige juvenile Fische (Wert)			0.75	
Bewertung adulte Fische (Wert)			0.50	
Mittelwert über alle Arten (Wert)			0.75	
Bewertung Populationsstruktur (Wert)			0.67	
Bewertung Populationsstruktur (Beschreibung)			Gut	2

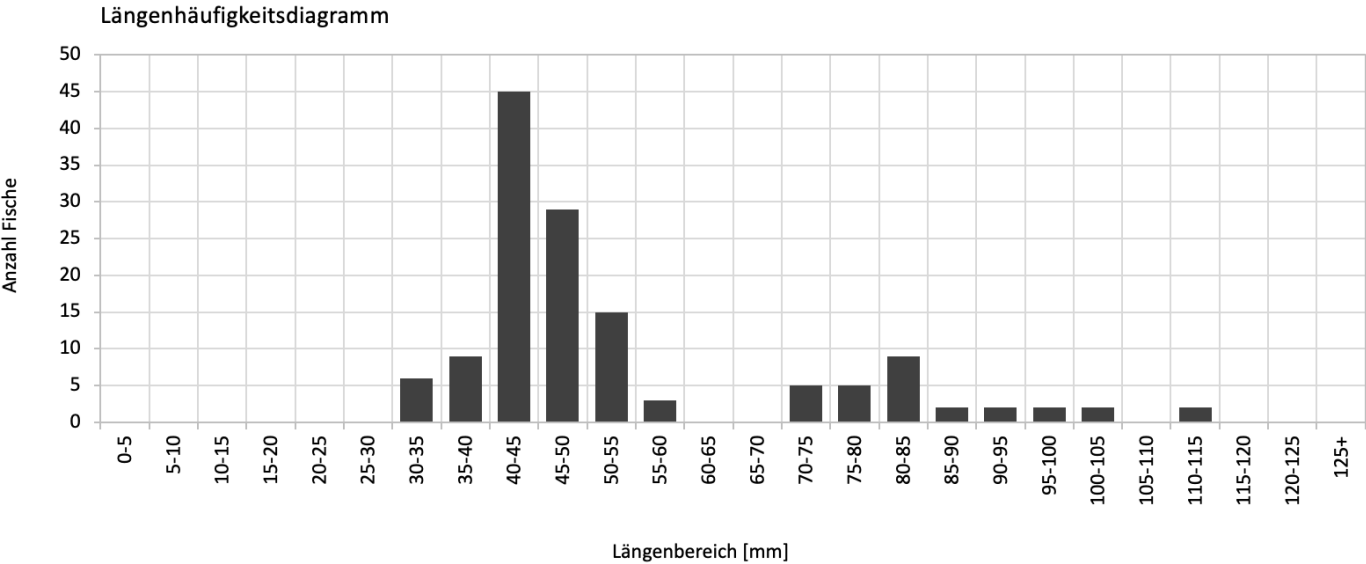
Tabelle 66 Bewertung der Populationsstruktur im Abschnitt Derendingen

Abschnitt Luterbach

Der Abschnitt Luterbach erhält den Wert 0.56 und ist so an der oberen Grenze der Bewertung „mässig“ (Tabelle 67). 0+ Fische waren in der Strecke ausreichend vertreten, übrige Juvenile erreichten ein mittleres Vorkommen und von Adulten waren lediglich Einzeltiere vorhanden. Die Verteilung über die verschiedenen Altersklassen ergibt zwar ein gutes Bild, aber die geringe Anzahl an Adulttieren führt zu einer etwas schlechteren Bewertung. Die Längenverteilung des Abschnittes findet sich in Abbildung 74.

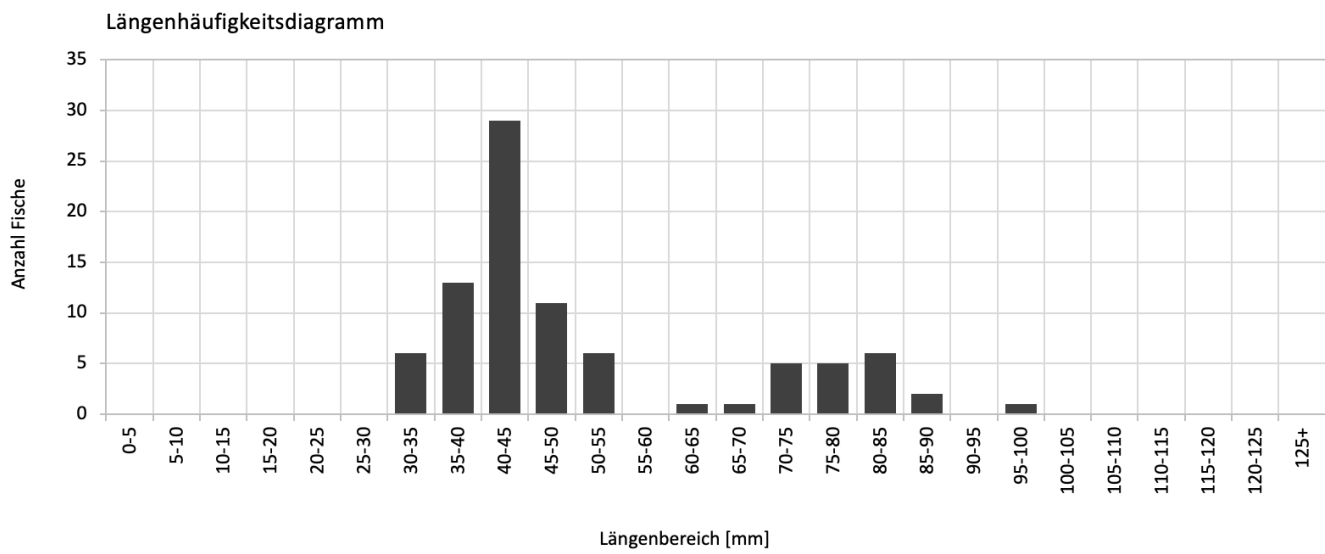
Abschnitt Luterbach	2010		2023	
	Wert	Klasse	Wert	Klasse
Populationsstruktur				
Bewertung o+-Fische (Wert)	Keine Bewertung möglich (keine Schneider nachgewiesen)		1.00	
Bewertung übrige juvenile Fische (Wert)			0.75	
Bewertung adulte Fische (Wert)			0.25	
Mittelwert über alle Arten (Wert)			0.67	
Bewertung Populationsstruktur (Wert)			0.56	
Bewertung Populationsstruktur (Beschreibung)			Mässig	3

Tabelle 67 Bewertung der Populationsstruktur im Abschnitt Luterbach



Artengruppe	Erwartung		Beobachtung		Einschätzung Experte			Mittelwert Bewertung
	EK	Fang	BK	Fang	0 ⁺ -Fische	Übrige Juvenile	Adulte Fische	
Schneider	66.9	43	100.0	497	Ausreichend vertreten 1.00	Mittleres Vorkommen 0.75	Schwaches Vorkommen 0.50	0.75

Abbildung 73 Populationsstruktur des Schneiders im Abschnitt Derendingen 2023.



Artengruppe	Erwartung		Beobachtung		Einschätzung Experte						Mittelwert Bewertung
	EK	Fang	BK	Fang	0 ⁺ -Fische		Übrige Juvenile		Adulte Fische		
Schneider	62.2	37	97.5	93	Ausreichend vertreten	1.00	Mittleres Vorkommen	0.75	Einzeltiere	0.25	0.67

Abbildung 74 Populationsstruktur des Schneiders im Abschnitt Luterbach 2023.

17.4 Gesamtbewertung

Abschnitt Derendingen

Der Abschnitt verbesserte sich in der Gesamtbewertung um eine Klasse von unbefriedigend auf mässig (Tabelle 68). Die dahinterliegenden Zahlenwerte verdeutlichen, dass dieser Sprung gar noch etwas höher als eine Klasse ausfiel. Während im Ausgangszustand eine Gesamtbewertung von 0.28 resultierte, war das Ergebnis des Projektzustands 0.58. Die Bewertung des Projektzustands befindet sich somit nur ganz knapp unterhalb der Klasse «gut» (Klassengrenzen 0.6 – 0.8). Diese Bewertung macht grundsätzlich Sinn, zumal sich jegliche Parameter mit Ausnahme des Dominanzverhältnisses deutlich verbessert haben.

Abschnitt Derendingen	2010			2023		
Parameter	Wert	Klasse	Zustand	Wert	Klasse	Zustand
1a: Artenspektrum	0.260	4	Unbefriedigend	0.568	3	Mässig
1b: Dominanzverhältnisse	0.996	1	Sehr gut	0.997	1	Sehr gut
2a: Individuendichte	0.199	5	Schlecht	0.596	3	Mässig
2b: Biomassendichte	0.411	3	Mässig	0.563	3	Mässig
3: Populationsstruktur	-			0.667	2	Gut
Gesamtbewertung	0.282	4	Unbefriedigend	0.584	3	Mässig

Tabelle 68 Gesamtbewertung nach FishAssess (MSK2024) des Abschnittes Derendingen 2010 und 2023

Abschnitt Luterbach

Der Abschnitt Luterbach verbesserte sich in der Gesamtbewertung um zwei Klassen von schlecht auf mässig (Tabelle 69). Im Ausgangszustand erreichte der Abschnitt damals einen Wert von 0.18. Dieser Wert verbesserte sich deutlich auf 0.58. Die Bewertung des Projektzustands befindet sich somit ebenfalls nur ganz knapp unterhalb der Klasse «gut» (Klassengrenzen 0.6 – 0.8). Eine noch deutlichere Verbesserung im Vergleich zum Abschnitt Derendingen macht in diesem Abschnitt grundsätzlich Sinn, da er im Ausgangszustand repräsentativ für die strukturarme und monotone Restwasserstrecke gewählt wurde.

Abschnitt Luterbach	2010			2023		
Parameter	Wert	Klasse	Zustand	Wert	Klasse	Zustand
1a: Artenspektrum	0.162	5	Schlecht	0.553	3	Mässig
1b: Dominanz- verhältnisse	1.000	1	Sehr gut	0.997	1	Sehr gut
2a: Individuendichte	0.173	5	Schlecht	0.695	2	Gut
2b: Biomassen- dichte	0.237	4	Unbefriedigend	0.528	3	Mässig
3: Populations- struktur	-			0.556	3	Mässig
Gesamtbewertung		5	Schlecht	0.578	3	Mässig

Tabelle 69 Gesamtbewertung des Abschnitts Luterbach in den Jahren 2010 und 2023.

17.5 Kurzdiskussion

Beide Abschnitte verbesserten sich beim Parameter Artenspektrum, die Strecke Luterbach sogar um zwei Klassen. Dabei ist vor allem der Nachweis von Schneider und Gründling erfreulich, diese Arten fehlten 2010. Ungeachtet dessen besteht weiteres Verbesserungspotential, es fehlen immer noch weitere typische Arten wie die Äsche, das Bachneunauge und die Nase. Beide Strecken wiesen sowohl im Ausgangszustand als auch im Projektzustand kaum standortfremde Arten auf, weshalb das Dominanzverhältnis jeweils als sehr gut angesehen werden kann. Bei der Bewertung der Individuendichte fand ebenfalls eine deutliche Verbesserung statt. Der Abschnitt Luterbach erreichte die Bewertung gut, der Abschnitt Derendingen liegt genau auf der Grenze von mässig zu gut. Die geschätzten Dichten [n/ha] von Alet, Barbe, Elritze und Schneider sind in beiden Abschnitten stark gestiegen (Anhang E) und entsprechen im Projektzustand in etwa den Erwartungswerten eines natürlichen Referenzzustandes. Die Dichte der Groppen ging jedoch zurück. In beiden betrachteten Zuständen waren die Dichten von Forellen, Groppen, Gründlingen und Rotaugen nicht ideal. Rotaugen konnten zudem nur vereinzelt in der Strecke Derendingen nachgewiesen werden. Die Schleie hingegen nur in der Strecke Luterbach. Die Anteile der verschiedenen Altersklassen in der Populationsstruktur des Schneiders entsprechen einer natürlichen Verteilung, allerdings ist die Anzahl Individuen pro Altersklasse noch zu tief. Da der Schneider erst wieder 2023 nachgewiesen wurde, bleibt abzuwarten, ob sich die Zahlen noch erhöhen oder sich schon in diesem Bereich stabilisiert haben.

Der Eindruck einer geringen Dichte der Bachforellen konnte durch eine im Februar 2024 durchgeführte qualitative Abfischung der beiden Ufer von Luterbach bis Derendingen (durchgeführt durch Aquatiga GmbH, Streckenlänge 1800 m) bestärkt

werden. Auch dort konnten nur 10 Bachforellen gefangen werden – allerdings mit einer grossen Längenvarianz (123 – 514 mm).

Insgesamt konnte eine Steigerung in allen Parametern ausgemacht werden, was sich auch in der Gesamtbewertung niederschlägt. Das Artenspektrum des Ausgangszustands mit fehlenden Arten wie z.B. dem Schneider und dem geringen Vorkommen an Barben spricht für einen Rhithralisierungseffekt (Erhöhung der Fliessgeschwindigkeit durch Begradigung und Einengung) durch die damalige starke Kanalisierung. Demgegenüber zeigt sich die Emme in den betrachteten Strecken im Projektzustand deutlich vielfältiger was die Strömungs-, Breiten- und Tiefenvariabilitäten anbelangt. Die Folge ist, dass das Artenspektrum und auch die Dichteverhältnisse eine deutliche Verschiebung hin zu einer für diese Fischregion typischen Fischfauna ergeben hat. Aktuell ist gerade bei Grossfischarten (Forellen, Alet, Barben) noch ein Defizit bezüglich grossen Individuen auszumachen (das schlägt sich insbesondere auch bei einem Vergleich der Individuendichten und Biomassen dieser Arten nieder). Gerade die strukturbezogene Forelle findet im Projektzustand nur stellenweise grössere Deckungsstrukturen vor (was dennoch eine Verbesserung gegenüber dem Ausgangszustand darstellt). Bei der Befischung in der Strecke Derendingen 2023 fiel auf, dass sich im Kolk unterhalb der Blockschwelle in der Mitte der Strecke kaum grössere Fische befanden, obwohl es die Ausprägung des Habitats erwarten liesse. Eine mögliche Ursache dafür könnte die gezielte Befischung der Kolke durch Sportangler sein. Gleichzeitig könnte aber auch die steigende Wassertemperatur ein Problem für die kaltwasserliebenden Arten Forelle und Groppe darstellen und für die eher niedrigen Dichten verantwortlich sein.

18 Vorkommen Amphibien

18.1 Beschrieb

<i>Grundlage</i>	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle (BAFU, 2019), Indikatorset 11 «Spezifische Ziele»
<i>Definition</i>	Vorkommen und Häufigkeit verschiedener Amphibienarten
<i>Begründung</i>	Die Förderung aquatischer Strukturen ist gemäss Leitbild eines der wichtigsten Entwicklungsziele. Davon sollen auch die Pionierarten unter den Amphibien profitieren.

18.2 Methode Erhebung und Auswertung

<i>Vorgeschichte</i>	Im Jahr 2012 erfolgte eine Bestandserhebung im Emmenspitz und im Emmenschachen. Im Rahmen des <i>Projekts Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme Wehr Biberist bis Aare</i> wurden im Emmenspitz im Juli 2019 vier neue Stehgewässer und zwei neue Altläufe erstellt. Im Emmenschachen wurden im Februar 2019 und bei der Papierfabrik im Mai 2018 jeweils vier neue Stehgewässer erstellt. Bei der Papierfabrik zusätzlich zwei neue Überflutungsflächen. In diesen neuen Gewässern, in den 2012 bereits untersuchten Gewässern und in drei bestehenden Stehgewässern beim Schwarzweg erfolgten im Frühjahr/ Sommer 2023 Bestandserhebungen. Im Vergleich zu 2012 wurde die untersuchte Wasserfläche damit um ca. 1 ha von 0.7 ha auf 1.7 ha vergrössert. Die Lage der untersuchten Gewässer ist den Plänen im Anhang F zu entnehmen. In den Jahren 2021 und 2022 erfolgten durch den Kanton Solothurn, Amt für Raumplanung, Ansiedlungsversuche. Bei der Überflutungsfläche M12 wurden im 2021/2022 Gelbbauchunken (Juvenile, Larven, Laichballen) aus der Kiesgrube Deitingen und im 2021 Kreuzkröten (Laichschnüre, Larven) aus der Flutmulde Selzach angesiedelt. Die folgenden Ausführungen fassen die wichtigsten Erkenntnisse der zweiten Bestandserhebung und der Entwicklung der Amphibienpopulationen zwischen den beiden Erhebungsjahren zusammen.
<i>Zu erhebende Daten</i>	Abundanz der verschiedenen Amphibienarten, gesondert nach Adulttiere, Juvenile, Larven und Laich. Die Erfassungen 2023 wurden nach gleicher Methodik durchgeführt wie die Erfassung des Ausgangszustandes 2012 (Beat Schlüchter, 2012). Die Daten der beiden Erhebungen wurden miteinander verglichen. Zwei Tagbegehungen (06.03 und 31.03.2023) zur Erfassung von Amphibien. Vier Nachtbegehungen (18.04, 23.04., 19.6. und 22.06.2023) zur visuellen und akustischen Erfassung von Amphibien. Pro Gewässer ergibt das im Schnitt 1 Tagbegehung und 2 Nachtbegehungen.

Auf den beiden Überflutungsflächen M8 & M12 nistet teilweise der Flusssuferläufer. Daher wurde M8 nur randlich betreten und bei M12 wurde jeweils vorgängig mit der Rangerin geklärt, ob die Fläche betreten werden darf.

An zwei Zeitpunkten wurden während drei aufeinanderfolgenden Nächten (04.04. bis 06.04.2023 sowie 03.05. bis 05.05.2023) Molchfallen in den Gewässern platziert. Die gefangenen Tiere wurden jeden Morgen registriert und anschliessend wieder freigelassen. Im April wurden 13 Fallen verwendet, im Mai 15 Fallen. Pro Gewässer wurden 0-4 Molchfallen platziert. Die Lage der Molchfallen ist den Plänen im Anhang F zu entnehmen. Jeder Standort wurde einmal während den drei Nächten aufgenommen.



Abbildung 75 Fotos einer installierten Molchfalle im Untersuchungsgewässer (links) und deren Ausbeute (v.a. Berg (rechts)).

Grünfrösche (*Pelophylax sp.*) können aus Distanz nur bestimmt werden, wenn sie deutlich rufen. Daher war es nicht immer auszumachen, ob es sich bei den Grünfröschen vor Ort um Seefrösche (*Pelophylax ridibundus*) oder andere Grünfroscharten (*Pelophylax sp.*) handelte. Nicht sicher bestimmbare Grünfrösche wurden daher der Kategorie „Grünfrosch unbestimmt (*Pelophylax sp.*)“ zugeordnet.

Untersuchungs- strecken

Die Amphibien wurden an den vier Standorten Emmenspitz, Emmenschachen, Schwarzweg und Papierfabrik in insgesamt 22 Gewässer erfasst (vgl. Pläne im Anhang F).

Erhebungen für die
Wirkungskontrolle

Gebiet	Untersuchungsgewässer Amphibien			Erhebungen		
		Bestehend / Neu	Gewässertyp	# Begehungen Tag	# Begehungen Nacht	# Molchfallen
Emmen- spitz	Altlauf	bestehend	Altlauf alt	1	2	2
	Bach	bestehend	Bach	2	2	0
	M33a	neu	Altlauf neu	1	2	2
	M33b	neu	Altlauf neu	1	2	4
	M33c	neu	Weiher	1	2	2
	M33d	neu	Weiher	1	2	2
	M33e	neu	Weiher	1	2	0
	M33f	neu	Weiher	1	2	1
Emmen- schachen	Kleinweiher	bestehend	Weiher	1	2	1
	M35a	neu	Weiher	1	2	0
	M35b	neu	Weiher	1	2	1
	M35c	neu	Weiher	1	2	1
	M35d	neu	Weiher	1	2	1
Schwarz- weg	S1	bestehend	Weiher	1	0	0
	S2	bestehend	Weiher	1	0	0
	S3	bestehend	Weiher	1	0	0
	M12	neu	Tümpellandschaft	1	2	2
	M13a	neu	Weiher	1	2	2
	M13b	neu	Weiher	1	2	2
	M13c	neu	Weiher	1	2	2
	M13d	neu	Weiher	1	2	2
Papier- fabrik	M8	neu	Tümpellandschaft	1	2	1

Auswertung

Vergleich der Projektzustände mit dem Ausgangszustand

18.3 Resultate

Im Gebiet wurden 5 Amphibienarten nachgewiesen (siehe Tabelle 70 sowie Abbildung 77 und Abbildung 78. Die Seefrösche wurden analog Erhebung Ausgangslage den Grünfröschen unbestimmt zugeordnet.

Untersuchungs- gewässer	Abundanz Amphibienarten					
	Fadenmolch <i>Lissotriton helveticus</i>	Bergmolch <i>Ichthyosaura alpestris</i>	Erdkröte <i>Bufo bufo</i>	Grasfrosch <i>Rana temporaria</i>	Seefrosch <i>Pelophylax ridibundus</i>	Grünfrosch unbestimmt <i>Pelophylax sp.</i>
Altlauf	3 Ad					4 Ad 2 Juv.
Bach				4 L		6 Ad 4 Juv.
M33a						9 Ad
M33b						2 Ad 1 Juv.
M33c	8 Ad	3 Ad		1 Ad 7 L	1 Ad	41 Ad 12 Juv. 1'000 Lv
M33d	2 Ad				1 Ad	24 Ad 4 Juv. 400 Lv
M33e						21 Ad 3 Juv. 550 Lv
M33f	7 Ad					9 Ad 2 Juv. 30 Lv

Kleinweiher	4 Ad	1 Ad	2 Ad	200 Lv		2 Ad 15 Juv.
M35a	1 Ad	1 Ad 1 Lv		4 Ad 450 Lv 16 L	1 Ad	17 Ad 11 Juv.
M35b	4 Ad	2 Ad	10 Ad			14 Ad 16 Juv.
M35c	3 Ad	2 Ad		2 Ad		11 Ad 8 Juv.
M35d	15 Ad	1 Ad		2 Ad 2 Juv. 10 Lv		16 Ad 7 Juv.
S1						1 Ad
S2						
S3						5 Ad 3 Juv.
M12	1 Ad		1 Ruf	1 Ad 25 Lv	1 Ad	27 Ad 10 Juv. 4'080 Lv
M13a	7 Ad	2 Ad		1 Ad	1 Ad	4 Ad
M13b	5 Ad	1 Ad				3 Ad
M13c	7 Ad					6 Ad 1 Lv
M13d	2 Ad	1 Ad		3 Ad	1 Ad	4 Ad 30 Lv
M8				2 Ad 150 Lv		7 Ad 9 Juv. 10 Lv

Tabelle 70 Abundanz der Amphibien nach Gewässer. Aufgeführt ist jeweils die grösste Anzahl auf einer Begehung festgestellter Adulttiere (Ad), Juvenile (Juv), Larven (Lv) und Laich (L).

In den Altläufen (alt und neu) sowie in den Weihern S1-S3 war die Diversität der Amphibien im Vergleich zu den übrigen Weihern kleiner. Es konnten fast nur Grün-/Wasserfrösche nachgewiesen werden. Von den Weihergruppen M13, M33 und M35 weist die Weihergruppe M35 (mit dem Kleinweiher) die grösste Diversität und die grösste Anzahl Tiere aus.

Abgesehen vom Weiher S2 konnte der Grün-/Wasserfrosch in allen Gewässern nachgewiesen werden. Mit bis zu 41 Adulten und 4'000 Larven in einem Gewässer in grosser Zahl (durchschnittlich 10 Ad pro Gewässer).

Molche konnten in beinahe allen Gewässern nachgewiesen werden. Der auentypische Fadenmolch (Rote Liste: Verletzlich) in deutlich höherer Dichte als der Bergmolch (0-15 Ad vs. 0-3 Ad pro Gewässer).

Einen sicheren Nachweis des nicht einheimischen Seefroschs wurde im Altlauf gemacht. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich bei den weiteren Grünfröschen im Altarm und im Kleinweiher um Seefrösche handelt.

Fortpflanzung

Der Grasfrosch hat sich im Bach, im Weiher M33c, in der Weihergruppe M35, im Kleinweiher und in den Überflutungsflächen M8 & M12 fortgepflanzt. Im Kleinweiher und der Weihergruppe M35 (Emmenschachen) in grösserer Zahl. Im Weiher M35a konnte eine Larve des Bergmolchs nachgewiesen werden und der Grün-/Wasserfrosch hat sich in praktisch allen Gewässern fortgepflanzt.

Molchfallen

In den Molchfallen konnten mehrheitlich Fadenmolche registriert werden. Zusätzlich Bergmolche, Larven des Grasfrosches (+ 2 Ad) und Grün-/Wasserfrösche (Larven & Adulte). Bei den Fadenmolchen wurden fast doppelt so viele Männchen wie Weibchen registriert (89 m vs. 50 w). Bei den Bergmolchen war es genau umgekehrt, allerdings in viel kleinerer Anzahl (4 m vs. 7 w).

In der Weihergruppe M13 konnten alle vier in Molchfallen gefundenen Amphibienarten nachgewiesen werden. Im Altlauf M33a, in den Weihern M33c, M33d und M35b sowie im Altlauf alt konnten sehr wenige bis gar keine Amphibien nachgewiesen werden.

Weitere Tiere

In vielen Gewässern konnten neben Amphibien weitere Tiere wie Wasserinsekten (Rückenschwimmer, Klein- und Grosslibellenlarven, Ruderwanze, Wasserskorpion, Köcherfliegenlarve, Gelbrandkäfer, Taumelkäfer, Stabwanze), Reptilien (Ringelnatter), Krebstiere (Bachflohkrebs, Flusskrebs) und Mollusken (Wasserschnecke) nachgewiesen werden. Speziell erwähnen wir die erfreuliche Beobachtung des Edelkrebsses und die weniger erfreuliche Beobachtung der Rot-/Gelbwangenschmuckschildkröte im neuen Altlauf M33a. Leider konnte die Schildkröte nicht eingefangen werden. Zusätzlich wurden im neuen Altlauf M33a und den beiden Überflutungsflächen M8 & M12 diverse Fische nachgewiesen.

Ansiedlungen

Im Rahmen der Bestandserhebungen 2023 konnten keine Gelbbauchunken oder Kreuzkröten nachgewiesen werden.

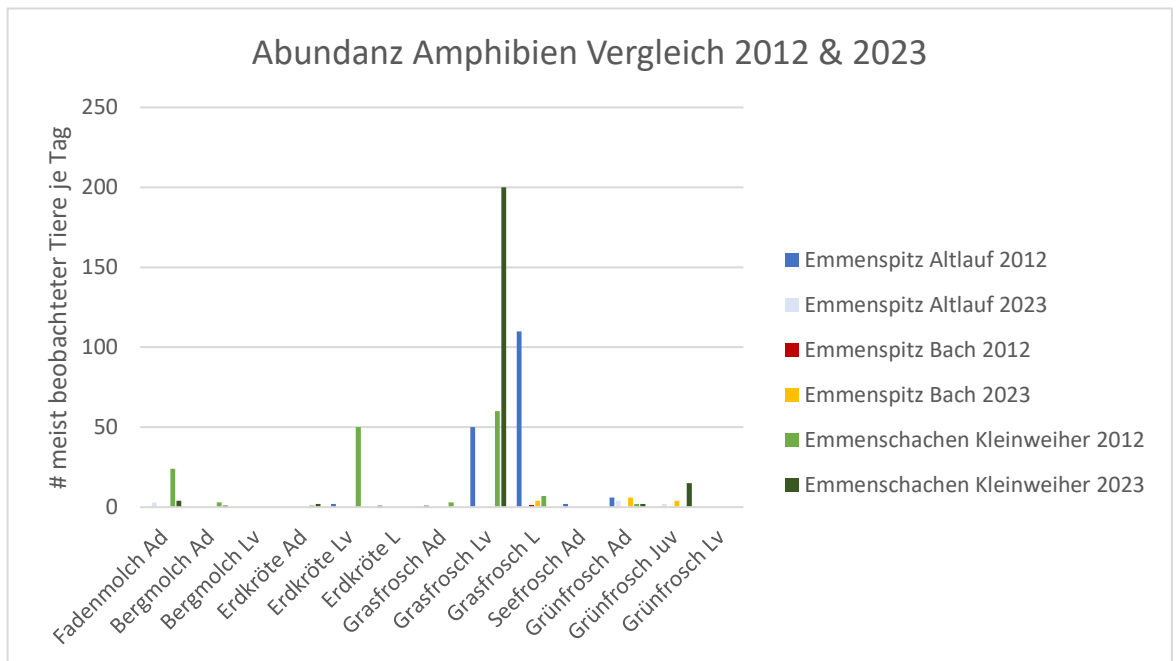


Abbildung 77 Abundanz Adulttiere (Ad), Juvenile (Juv), Larven (Lv) und Laich (L). Vergleich 2012 & 2023.

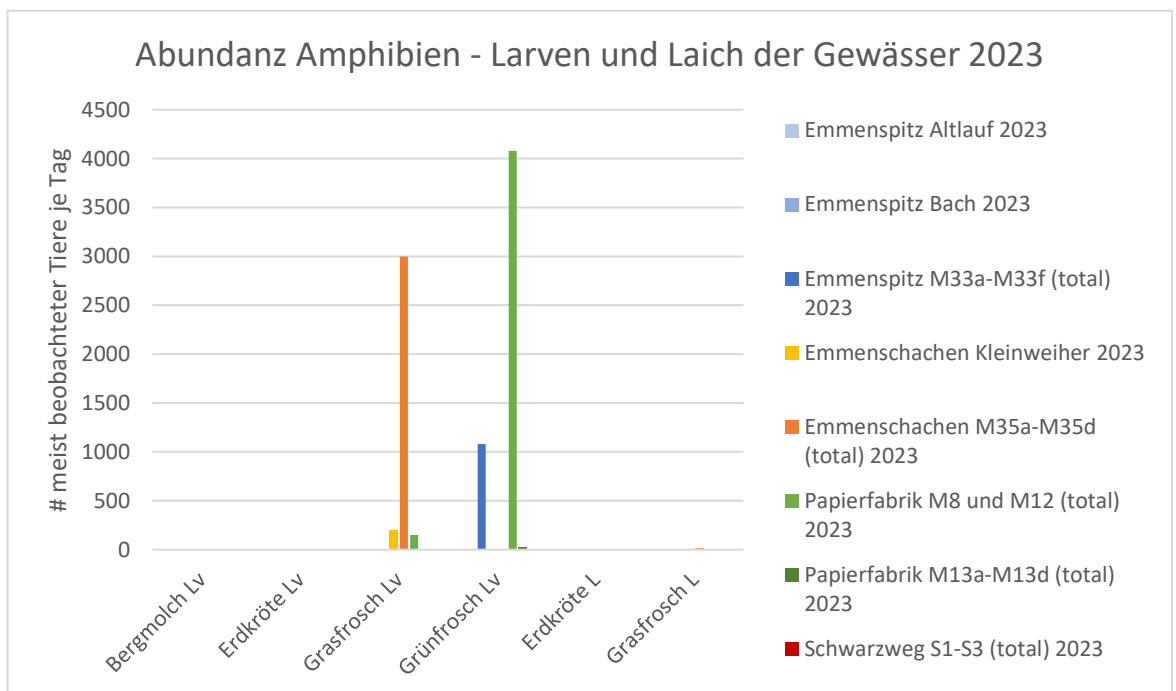


Abbildung 76 Abundanz Larven (Lv) und Laich (L) der 2023 untersuchten Gewässer.

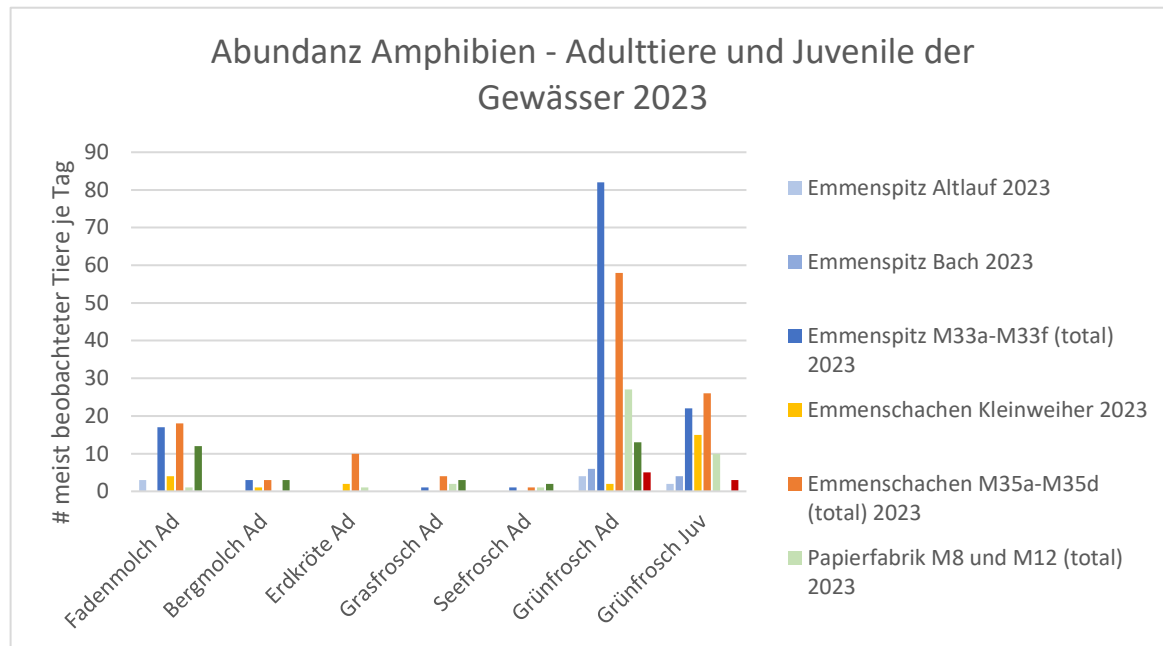


Abbildung 78 Abundanz Adulttiere (Ad) und Juvenile (Juv) der 2023 untersuchten Gewässer.

18.4 Vergleich mit Ausgangszustand

Im 2023 konnten die gleichen Amphibienarten wie 2012 nachgewiesen werden. Die Anzahl der Fadenmolche und Grün-/Wasserfrösche ist dabei (vor allem bei den Grün-/Wasserfröschen stark) angestiegen.

Im Bach konnte wie bereits 2012 Laich des Grasfroschs nachgewiesen werden. Im 2023 zusätzlich Grün-/Wasserfrösche. Der Altlauf war im Vergleich zu 2012 artenärmer, dafür wurde im 2023 der Fadenmolch neu nachgewiesen. Im Kleinweiher konnten die gleichen Arten wie 2012 nachgewiesen werden, allerdings abgesehen vom Grün-/Wasserfrosch und Grasfröschen in kleinerer Anzahl.

Die Erdkröten im Altlauf alt konnten im 2023 nicht mehr nachgewiesen werden. Am Kleinweiher und im neu erstellten Weiher M35b konnten sie dafür im 2023 nachgewiesen werden.

Die Wasserfläche des untersuchten Gebiets war im 2023 ca. 1 ha grösser als im 2012, was generell zu einer erhöhten Individuenzahl bei fast allen Arten führte.

18.5 Kurzdiskussion

Datenlage

Die Gewässer waren zum Teil schlecht zugänglich und stark bewachsene Ufer erschwerten die Aufnahme. Daher ist nicht auszuschliessen, dass Einzeltiere oder Molche im Altarm übersehen wurden. Dass eine zusätzlich vorkommende Art übersehen wurde, ist aber unwahrscheinlich.

Die bestehenden Gewässer im Bereich Emmenspitz (v.a. Bachlauf, Altarm und Kleinweiher) sind im Vergleich zum Jahr 2012 teilweise stark eingewachsen, daher ist es nicht verwunderlich, dass dort im Jahr 2023 weniger Tiere aufgefunden wurden. Der Kleinweiher ist teilweise stark verlandet, ein Ausbaggern von 50% der Wasserfläche und ein gezieltes Auslichten von einzelnen schattenspendenden Bäumen würde diesen stark aufwerten.

Im Jahr 2012 wurde der Fadenmolch als Zielart für die Ausrichtung der Gewässer definiert. Sein Vorkommen in grösserer Zahl in den neu erstellten sowie den bereits vorhandenen Gewässern zeugt von der geglückten Förderung und Lebensraumaufwertung. Die beinahe doppelt so hohe Anzahl an registrierten Männchen im Vergleich zu den Weibchen lässt sich mit der Paarungszeit, in welcher die Männchen aktiver sind, erklären.

Der neue Altlauf sowie die beiden Überflutungsflächen wiesen Fischbesatz auf. Das Vorkommen von Fischen in Laichgewässern kann den Fortpflanzungserfolg von Amphibien beträchtlich reduzieren. Dies wird durch die geringere Diversität und Anzahl in den Altläufen im Vergleich zu den Weihergruppen sichtbar. Erfreulicherweise sind die Fische nicht in den vom Gewässer abgetrennten Weihern beobachtet worden.

neue Stehgewässer

Die neu erstellten Stehgewässer (M13, M33 und M35) wurden von den Amphibien, v.a. den Faden- und Bergmolchen sowie Gras- und Grün-/Wasserfröschen besiedelt. Die Weihergruppe M35 zusätzlich durch die Erdkröte. Die Weiher sind insgesamt für Amphibien gut zugänglich und besonnt. Hier zeigt sich ein Unterschied zu den Weihern S1-3 am Schwarzweg, welche stark zugewachsen sind und wo wenige Arten/Tiere nachgewiesen werden konnten.



Abbildung 79 Fotos eines offenen Weihers (M35, links) und eines eingewachsenen Gewässers (M13, rechts).

Pflegeregime Stehgewässer

Generell wachsen die Stehgewässer (bis auf M35, welches optimal unterhalten wird) stark ein, dies kann künftig zu einer Abnahme der Amphibiendichte und Diversität führen. Will man die Lebensraumqualität für Amphibien beibehalten oder sogar erhöhen ist ein speziell darauf ausgerichtetes Pflegeregime unumgänglich. Wir raten dazu die Weiher jährlich oder mindestens alle 3 Jahre randlich mittels Mahd

auszulichten. Die geschnittenen Äste können jeweils am Weiherrand zu Asthaufen aufgeschichtet werden und so den Amphibien als wichtiger Überwinterungs- und Versteckplatz dienen.

Fazit

Als wichtiges Entwicklungsziel der Renaturierung wurde die Förderung von aquatischen Strukturen u.a. für Amphibien festgelegt. Durch das Projekt konnte die Wasserfläche der Stehgewässer von 0.7 auf 1.7 ha vergrössert werden. Neben einem neuen Altarm entstanden zahlreiche Stehgewässer, diese wurden grösstenteils im Waldareal und relativ gross und tief umgesetzt (so dass sie auch im Winter wasserführen). Die Überflutungsflächen am Schwarzweg und bei der Papiermühle bilden regelmässig neue temporär wasserführende Senken und können somit auch Pionierarten anlocken. Die Erhebungen im Jahr 2023 zeigen, dass sich zwar keine neuen Amphibienarten ansiedeln konnten. Dennoch lassen sich Veränderungen feststellen:

- Im Jahr 2012 wurde der Fadenmolch als Zielart für die Ausrichtung der Gewässer definiert. Sein Vorkommen in grösserer Zahl in den neu erstellten sowie den bereits vorhandenen Gewässern zeugt von der geglückten Förderung und Lebensraumaufwertung.
- Der neue Altlauf sowie die beiden Überflutungsflächen wiesen teilweise Fischbesatz auf, was nicht erstaunt. Das Vorkommen von Fischen in Laichgewässern kann aber den Fortpflanzungserfolg von Amphibien beträchtlich reduzieren. Dies wird durch die geringere Diversität und Anzahl in den Altläufen im Vergleich zu den Weihergruppen sichtbar. Altläufe dienen dennoch durch stellenweise flachere, fast Teichartige Ausbuchtungen als wertvoller Lebensraum für Amphibien, durch Vegetation (v.a. Wasserpflanzen wie Schilf, Rohrkolben oder auch Wald-Simse) und Kleinstrukturen (wie Baumstämme und Asthaufen) sind bereits heute in den Altläufen genügend Versteckplätze vor Prädatoren vorhanden.
- Die neu erstellten Stehgewässer (M13, M33 und M35) wurden von den Amphibien, v.a. den Faden- und Bergmolchen sowie Gras- und Grün-/Wasserfröschen besiedelt. Die Weihergruppe M35 zusätzlich durch die Erdkröte. Die Weiher sind insgesamt für Amphibien gut zugänglich und besonnt.
- Generell sind eher Weiher entstanden, welche zur Förderung von häufigen Arten dienen, der Bewuchs um die Weiher ist stetig zunehmend. Wichtig ist, dass die Weiher regelmässig ausgelichtet werden, damit die Qualität für Amphibien erhalten werden kann.

Ausblick Erfassungen

Da die vorkommenden Amphibienarten erst nach mehreren Jahren geschlechtsreif werden, können vertieftere Rückschlüsse auf einen Erfolg der Umgestaltung erst bei späteren Erhebungen gezogen werden.

19 Gesamtdiskussion

19.1 Beurteilung Projektzustand

Emmenschachen

Nachfolgend werden die betrachteten Abschnitte zusammenfassend beschrieben:

Überflutungsdynamik: Das Gerinne ist immer noch verhältnismässig schmal und die Uferböschungen steil. Der benetzte Bereich ist daher bei Hochwasser nicht deutlich grösser als bei mittlerem Abfluss. Das neu geschaffene ungesicherte Ufer könnte dies hier in Zukunft ändern.

Uferlinie: Durch die Verbreiterung des Gerinnes teilt sich das Wasser auf zwei ständig durchflossene Arme auf, welche Kiesbänke in der Gerinnemitte ausgebildet haben.

Sohlenstruktur: Es sind heterogene Sohlenstrukturen vorhanden. Furten mit geeignetem Laichsubstrat für Bachforellen und Äschen kommen reichlich vor. Es gibt Flachwasserzonen, selbst bei erhöhtem Abfluss. Gegenüber dem Ausgangszustand verbessert sich die Bewertung um eine Klasse. Im Ausgangszustand wies die Sohlenstruktur eine geringe Dynamik auf (Veränderung des Sohlenstrukturtyps auf 21 % der benetzten Fläche zwischen 2011 und 2014).

Uferstruktur: Die Uferstruktur wurde wie schon im Ausgangszustand als «sehr gut» bewertet. Alle sieben möglichen Uferstrukturtypen kommen vor, wobei Flachufer, Steilufer und Fels dominieren. Die Uferlinie ist hier gänzlich ohne Verbauung. Die Dynamik der Uferstruktur kann für den Ausgangszustand mit dem Maximum bewertet werden. Zwischen 2011 und 2014 gab es Verschiebungen der Uferlinie von mehr als 20 Metern und Änderungen im Uferstrukturtyp.

Laichhabitat Bachforelle/Äsche: Wie schon im Ausgangszustand finden hier Bachforellen und Äschen ausgedehnte, als Laichhabitat optimale bzw. geeignete Flächen vor. Bei minimalem Restwasserabfluss ist für die Äsche der Emmenschachen der einzige Standort mit geeignetem bzw. optimalem Laichhabitat.

Mosaik Auenformationen: Die Vielfalt der Auenformationen hat sich seit 2013 deutlich erhöht. Der Anteil Pionierformationen hat sich aber in diesem Zeitraum kaum verändert hat; die Untersuchungsstrecke ist somit nicht als naturnaher gegenüber dem Ausgangszustand zu bezeichnen.

Landschaftsstrukturmasse: Die Veränderungen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen sind aufgrund der fehlenden Dynamik durch die relativ steile Böschung beidseitig des Fliessgewässers wenig markant, was sich in der dominierenden Fläche der Hartholzaue niederschlägt.

Auentypische Pflanzenarten: Dank neuen Kiesbänken und Ruderalflächen haben einige typische Auenpflanzen seit der Ausgangserhebung stark zugenommen (*Salix*

alba und *salix elaeagnos*). Der Emmenschachen ist immer noch stark von Wald geprägt, und es fehlt an Überflutungsflächen und Pionierlebensräumen, wie auch in den Abschnitten Emmenspitz und Rüti. Die neuen Stehgewässer sind bereits stark eingewachsen. Von den Neopyhten ist die Robinie hier noch stark vorherrschend, sie wird aktuell nicht bekämpft.

Vorkommen Amphibien: Im Emmenschachen selbst konnten die gleichen Arten wie 2012 nachgewiesen werden. Die Individuenzahl war allerdings geringer, abgesehen von Grün-/Wasserfrosch und Grasfrosch. Der Emmenspitz war im Vergleich zu 2012 artenärmer, jedoch nun neu mit Fadenmolch (Altlauf) und Grün-/Wasserfrosch (Bach).

Schwarzweg

Überflutungsdynamik: Die maschinelle Aufweitung wird bei höheren Abflüssen (gemäss Raumplanungsbericht (Kissling & Zbinden AG, IUB Engineering, 2015) an durchschnittlich 9 Tagen pro Jahr) durchströmt. Ob sich unter diesen Bedingungen eine dynamische Aue entwickeln wird, werden die nächsten Jahre und Jahrzehnte zeigen.

Uferlinie: Bei mittlerem Abfluss ähnelt die Uferlinie stark dem Ausgangszustand, da sich die Emme in den anstehenden Felsen eingegraben hat.

Sohlenstruktur: Es sind heterogene Sohlenstrukturen vorhanden, selbst bei erhöhtem Abfluss. Gegenüber dem Ausgangszustand bleibt die Bewertung unverändert. Im Ausgangszustand wies die Sohlenstruktur nur eine geringe Dynamik auf (Veränderung des Sohlenstrukturtyps auf 21 % der benetzten Fläche zwischen 2011 und 2014).

Uferstruktur: Gegenüber dem Ausgangszustand verbesserte sich die Bewertung um eine Klasse auf «sehr gut». Alle sieben möglichen Uferstrukturtypen kommen vor, wobei Flachufer, Steilufer und Fels dominieren. Eine raue Verbauung kommt nur auf max. 7 % der Uferlinie vor (lockerer Blocksatz) auf, eine glatte Verbauung auf max. 8 %. Die Dynamik der Uferstruktur wird für den Ausgangszustand mit dem Maximum bewertet, da die Verschiebungen der Uferlinie zwischen 2011 und 2014 grösser als der Mindestwert von 3 m waren und sich der Uferstrukturtyp änderte.

Laichhabitat Bachforelle/Äsche: Die Flächen an optimalem bzw. geeignetem Laichhabitat ist deutlich geringer als im Emmenschachen. Das Laichhabitat wird für die Bachforelle für beide Abflüsse als optimal bzw. geeignet bewertet, für die Äsche nur bei erhöhtem Abfluss.

Mosaik Auenformation: Der Abschnitt entwickelt sich zunehmend zu einem naturnahen Auenlebensraum, da die Pionierformationen gegenüber dem Ausgangszustand deutlich zugenommen haben. Die Anzahl der Habitattypen hat während dieser Zeit aber nur geringfügig zugenommen.

Landschaftsstrukturmasse: Der Lebensraum wurde vielfältiger und struktureicher. Der Standort profitiert von der Dynamik der Emme, wodurch Übergänge zwischen Land- und Gewässerlebensräumen entstehen konnten.

Auentypische Pflanzenarten: Dank den offenen Pionierflächen mit temporären Wasserstellen und kleinen Rinnsalen konnten sich erste Pflanzenarten des Nanocyperions ansiedeln, teilweise seltene und hoch spezialisierte Arten. Mit der Umsetzung des Revitalisierungsprojektes entstanden Lebensräume für Weichholzaunen und Pionierarten. Es zeigt sich jedoch die Tendenz, dass die Flächen wegen der fehlenden Dynamik einwachsen und kleinwüchsige, spezialisierte Pflanzenarten von Kiesbänken und feuchten Ruderalflächen verdrängen. Um den aktuellen Wert zu erhalten, müsste die Dynamik in der Überflutungsfläche leicht erhöht werden.

Papierfabrik

Überflutungsdynamik: Die maschinelle Aufweitung wird bei höheren Abflüssen (gemäss Raumplanungsbericht (Kissling & Zbinden AG, IUB Engineering, 2015) an durchschnittlich 40 Tagen pro Jahr) durchströmt. Ob sich unter diesen Bedingungen eine dynamische Aue entwickeln wird, werden die nächsten Jahre und Jahrzehnte zeigen.

Uferlinie: Bei mittlerem Abfluss ähnelt die Uferlinie stark dem Ausgangszustand, da sich die Emme in den anstehenden Felsen eingegraben hat.

Sohlenstruktur: Es sind heterogene Sohlenstrukturen vorhanden. Flachwasserzonen kommen selbst bei erhöhtem Abfluss noch reichlich vor. Gegenüber dem Ausgangszustand verschlechtert sich die Bewertung um eine Klasse (Wegfall einer Rampe, die flussabwärts heterogene Sohlenstrukturen bildete). Im Ausgangszustand wies diese Strecke die grösste Dynamik der Sohlenstruktur auf (Veränderung des Sohlenstrukturtyps auf 49 % der Fläche zwischen 2011 und 2014).

Uferstruktur: Wie schon im Ausgangszustand wird die Uferstruktur als «sehr gut» bewertet. Alle sieben möglichen Uferstrukturtypen kommen vor, wobei Flachufer, Steilufer und Fels dominieren. Eine raue Verbauung kommt nur auf max. 7 % der Uferlinie vor (lockerer Blocksatz) auf, glatte Verbauungen sind nicht mehr vorhanden. Die Dynamik der Uferstruktur wird für den Ausgangszustand mit dem Maximum bewertet, da die Verschiebungen der Uferlinie zwischen 2011 und 2014 grösser als der Mindestwert von 3 m waren und sich der Uferstrukturtyp änderte.

Laichhabitat Bachforelle/Äsche: Die Fläche an optimalem bzw. geeignetem Laichhabitat ist deutlich geringer als im Emmenschachen und auch geringer als im Schwarzweg. Das Laichhabitat wird für die Bachforelle für beide Abflüsse als optimal bzw. geeignet bewertet, für die Äsche nur bedingt geeignet. Gegenüber dem Ausgangszustand verschlechtert sich insbesondere die Eignung des Laichhabitats für Äschen.

Auentypische Pflanzenarten: Dank den offenen Pionierflächen mit temporären Wasserstellen und kleinen Rinnsalen konnten sich erste Pflanzenarten des Nanocyperions ansiedeln, teilweise seltene und hoch spezialisierte Arten. Mit der Umsetzung des Revitalisierungsprojektes entstanden Lebensräume für Weichholzaunen und Pionierarten. Es zeigt sich jedoch die Tendenz, dass die Flächen wegen der fehlenden Dynamik einwachsen und kleinwüchsige, spezialisierte Pflanzenarten von Kiesbänken und feuchten Ruderalflächen verdrängen. Um den aktuellen Wert zu erhalten, müsste die Dynamik in der Überflutungsfläche leicht erhöhen werden. Der Japanische Staudenknöterich kommt nur noch hier vor. Es wäre wichtig und mit einfachen Mitteln möglich, ihn vollständig aus dem Projektperimeter zu entfernen. Die Robinie ist schwieriger zu bekämpfen, sie kommt zahlreicher vor als noch im Ausgangszustand, wurde jedoch seither auch nicht bekämpft.

Gesamte Strecke

Wassertemperatur: Die Erwartung, dass bei Niederwasser prinzipiell eine Erhöhung der Wassertemperatur entlang der Untersuchungsstrecke im Sommer zu erwarten ist, konnten die erhobenen Messwerte bestätigen. Diese Aussage deckt sich auch mit dem Befund, dass im Fischbestand Kaltwasserarten weitgehend fehlen. Auch hier wird die zweite Erhebung des Projektzustandes wertvolle Ergebnisse liefern.

Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit: In allen revitalisierten Abschnitten zeigt sich im Nachher-Zustand eine Verbesserung gegenüber dem Vorher-Zustand. Die Strukturelemente generieren lokal hohe Wassertiefen (Kolke) und Bereiche mit besonders geringen Fliessgeschwindigkeiten, was zu einer hohen Variabilität bei der Wassertiefe und der Fliessgeschwindigkeit führt.

Fotodokumentation: Die Emme hat 2023 deutlich mehr Platz und fliesst weniger monoton als im Ausgangszustand. Es sind jedoch nicht viele Strukturen im Gerinne erkennbar.

Geschiebehauhalt: Es wurde ein grosses Potenzial für Geschiebeumlagerungen und Seitenerosionsprozesse geschaffen.

Fische

Es wurden 11 Arten gefangen, davon 9 standorttypische. Neu wurden Schneider und Gründling nachgewiesen. Weitere standorttypische Arten fehlen immer noch, wie die Äsche, das Bachneunauge und die Nase. Auffällig ist der geringe Anteil der Bachforellen an der Gesamtfischdichte. In beiden untersuchten Abschnitten (Derendingen und Luterbach) verbesserte sich die Gesamtbewertung der Fische.

Amphibien

Die Wasserfläche der untersuchten Stehgewässer vergrösserte sich zwischen Ausgangs- und Projektzustand um das 2,5-fache (0,7 ha auf 1,7 ha), da 16 neue Amphibiengewässer geschaffen wurden. Dies führte zu einer höheren Individuenzahl bei fast allen Arten, vor allem bei Fadenmolch und Grün-/Wasserfrosch.

19.2 Vergleich Ausgangs- und Projektzustand

Resultate

Tabelle 76 zeigt die Entwicklung der Indikatoren als Übersicht. Es sind die erhobenen Werte für die Erhebung des Ausgangszustands (2014/2015) sowie des Projektzustandes (2023/2024) dargestellt. Hellgrün hinterlegte Werte zeigen eine Verbesserung, rote eine Verschlechterung der ermittelten Werte. Gleichbleibende Werte sind nicht farblich hinterlegt.

In der Tendenz zeigen die Resultate nach der Umsetzung der Revitalisierungsmassnahmen eine verbesserte Situation:

	2014/2015		2023/2024	
Überflutungsdynamik				
Emmenschachen		0.15		0.19
Schwarzweg		0.20		0.73
Papierfabrik		0.19		0.74
Uferlinie				
Emmenschachen		0.02		0.51
Schwarzweg		0.01		0.21
Papierfabrik		0.03		0.08
Geschiebehaushalt		0.6		0.9
Wassertemperatur				
Biberist	Zustandklasse	3	Zustandklasse	3
Luterbach	Zustandklasse	3	Zustandklasse	3
Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit				
Emmenschachen	Wassertiefe	0.28	Wassertiefe	0.42
	Fliessgeschwindigkeit	0.30	Fliessgeschwindigkeit	0.49
	HMID	4.2	HMID	7.8
	Mittlere benetzte Breite	29.6	Mittlere benetzte Breite	38.4
Schwarzweg	Wassertiefe	0.49	Wassertiefe	0.34
	Fliessgeschwindigkeit	0.49	Fliessgeschwindigkeit	0.55
	HMID	6.5	HMID	8.7
	Mittlere benetzte Breite	18.8	Mittlere benetzte Breite	23.2
Papierfabrik	Wassertiefe	0.26	Wassertiefe	0.31
	Fliessgeschwindigkeit	0.54	Fliessgeschwindigkeit	0.59
	HMID	5.5	HMID	7.8
	Mittlere benetzte Breite	24.3	Mittlere benetzte Breite	22.8
Sohlenstruktur				
Emmenschachen		0.25		0.5
Schwarzweg		0.5		0.5
Papierfabrik		0.5		0.25
Dynamik der Sohlenstruktur	Kein Vergleich möglich – braucht 2. Projektzustand			
Uferstruktur				
Emmenschachen		0.86		0.88

Schwarzweg	0.68	0.98
Papierfabrik	0.83	0.99
Dynamik der Uferstruktur	Kein Vergleich möglich – braucht 2. Projektzustand	
Laichhabitat Bachforelle/Äsche		
Emmenschachen	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 63 Äsche 28	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 36 Äsche 16
Emmenschachen	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 76 Äsche 61	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 58 Äsche 37
Schwarzweg	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 13 Äsche 5	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 21 Äsche 5
Schwarzweg	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 23 Äsche 16	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 36 Äsche 16
Papierfabrik	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 37 Äsche 22	WUA in % bei Abfluss 1.8 m/s: Bachforelle 15 Äsche 2
Papierfabrik	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 25 Äsche 16	WUA in % bei Abfluss 6.2 m/s: Bachforelle 21 Äsche 7
Mosaik Auenformationen		
Emmenschachen	Anteil Auenformation 0.25 Anteil Pionierformation 0.00	Anteil Auenformation 0.84 Anteil Pionierformation 0.00
Schwarzweg	Anteil Auenformation 0.56 Anteil Pionierformation 0.00	Anteil Auenformation 0.59 Anteil Pionierformation 1.00
Landschaftsstrukturmasse		
Emmenschachen	Form 3.22 Fläche 0.38 Distanz 16.05 Eingebundenheit 4.32	Form 1.8 Fläche 0.15 Distanz 73.68 Eingebundenheit 6.82
Schwarzweg	Form 2.05 Fläche 0.12 Distanz 25.7 Eingebundenheit 7.43	Form 2.04 Fläche 0.07 Distanz 37.56 Eingebundenheit 1'026'891
Auentypische Pflanzenarten		
Emmenspitz		Zunahme (Salix alba)
Emmenschachen		Zunahme (Salix alba + elaeagnos)
Rüti		Zunahme Salix elaeagnos, Abnahme Salix alba
Schwarzweg		Zunahme fast aller Zielarten
Papierfabrik		Zunahme 4 Zielarten von 9
Bestandeserhebung Fische		
Luterbach	Bewertung «schlecht»	Bewertung «mässig»
Derendingen	Bewertung «unbefriedigend»	Bewertung «mässig»
Vorkommen Amphibien		
Allgemein		Mehr Individuen dank grösserer Wasserfläche Mehr Fadenmolche
Emmenspitz (Altlauf)		Rückgang Artenvielfalt Nachweis Fadenmolch
	Erdkröten	Keine Erdkröten mehr
Emmenspitz (Bach)	Laich Grasfrosch	Laich Grasfrosch Nachweis Grün-/Wasserfrösche

Emmenschachen (Kleinweiher)		Gleiche Artenvielfalt, weniger Individuen Nachweis Erdkröte
Papierfabrik		Neue Gewässer, neue Vorkommen

Tabelle 71 Resultate der Messungen pro Indikator im Ausgangs- und 1. Projektzustand

Defizite

Die mittels Indikatoren aufgezeigten Verbesserungen bedeuten jedoch nicht für alle Aspekte, dass die Massnahmen vor Ort effektiv zu einer ökologischen Verbesserung geführt haben.

- Beispielsweise fehlen standorttypische Fischarten wie die Äsche, das Bachneunauge und die Nase immer noch. Der Indikator "Laichhabitat Äsche" zeigt, dass ausser im Emmenschachen weniger Laichhabitate vorhanden sind als im Ausgangszustand. Hier besteht noch Verbesserungspotential.
- Invasive Neophyten könnten sich teilweise vermehrt ausbreiten (vgl. Robinie unter "Auentypische Pflanzenarten").
- Obwohl geeignetes Laichsubstrat grösstenteils reichlich vorhanden ist, sind die Zwischenräume stellenweise stark mit Sand durchsetzt. Die Eignung dieser Fläche als Laichhabitat für Bachforellen und Äschen dürfte geringer ausfallen als die ermittelten Werte ausweisen. Der Sand stammt vermutlich aus dem anstehenden Felsen. Wird der Sand mit der Zeit ausgewaschen, reduziert sich der Sandanteil in der Gewässersohle.

Risiken

Zudem bestehen folgende Risiken:

- Die Überflutungsflächen Schwarzweg und Papierfabrik wachsen stark zu, was sich negativ auswirken kann, bspw. auf das Vorkommen von Amphibien und auf auentypische Pflanzenarten (Nanocyperion). Ob zukünftige Hochwasser ausreichen werden, um die aufkommenden Sträucher und Bäume wegzuspülen und sich die typische Pioniervegetation halten kann, wird sich zeigen.
- Die untersuchten Amphibiengewässer wachsen mit der Zeit zu. Sie müssen unterhalten und regelmässig ausgelichtet werden und den ökologischen Wert für Tiere und Pflanzen zu erhalten.
- Im Abschnitt Emmenschachen konnten bisherige Hochwasser die neu geschaffenen ungesicherten Ufer nicht wirksam verändern. Hier ist Geduld gefragt.

19.3 Schlussfolgerungen

Gesamthaft betrachtet gehen die Resultate in die richtige Richtung. Die im Ausgangszustand ausgewiesenen Defizite konnten im Allgemeinen verbessert werden.

Definitive Schlussfolgerungen über Prozesse wie Seitenerosion, Sohlendynamik oder Veränderungen in der autotypischen Pflanzenarten können erst mit der nächsten Aufnahme gezogen werden. Auch die Resultate anderer Indikatoren wie Wassertemperatur, Fischbestand oder Amphibienvorkommen zeigen, dass mit einer weiteren Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt genauere Aussagen zum Erfolg möglich sind (z. B. werden die beobachteten vorkommenden Amphibienarten erst nach einigen Jahren geschlechtsreif). Gerade im Emmenschachen ist es wichtig, die Qualität der Vernetzung nochmals zu erheben, sobald grössere Abflüsse einen deutlichen Uferabtrag verursacht haben.

Die 1. Erhebung des Ausgangszustandes lässt aber schon jetzt darauf schliessen, dass ein grosses Potenzial geschaffen wurde.

Die zweite Erhebung des Projektzustandes ist 10 Jahre nach der ersten Erhebung des Projektzustandes geplant, also im Jahr 2033 oder 2034.

20 Literaturverzeichnis

- Gostner, W., Scheidegger, Peter, C. A., Alp, M., Karpati, T., Werth, S. (2011). *Erhaltung und Förderung der Biodiversität von Fliessgewässern*. Wasser Energie Luft 103.
- Arend K. K. (1999). *Macrohabitat identification*. In: Bain, M. B., Stevenson, N. J. *Aquatic Habitat Assessment – Common Methods*. American Fisheries Society.
- BAFU. (2019). Weber, C., Sprecher, L., Åberg, U., Thomas, G., Baumgartner, S., Haertel-Borer, S. *Zusammenfassung und Inhalt*. In: *Wirkungskontrolle Revitalisierung - Gemeinsam lernen für die Zukunft*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Baumann P, Kirchhofer A, Schälchli U. (2012). *Sanierung Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer*. BAFU, Umwelt-Vollzug 1203.
- Beat Schlüchter, B. L. (2012). *Emmensachen Luterbach - Amphibienerfassung 2012*. Amt für Raumplanung Kanton Solothurn.
- Binderheim, E., Göggel, W. (2007). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Äusserer Aspekt*. BAFU Umwelt-Vollzug 0701.
- Brown S. K., Buja K. R., Jury S. H., Monaco M. E., Banner A. (2000). *Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheepscot Bays, Maine*. North American Journal of Fisheries Management 20; 408-435.
- Carle, F. L. (1978). A new method for estimating population size from removal data. *Biometrics* 34, 621-830.
- Delarze, R., & Gonseth, Y. (2008). *Lebensräume der Schweiz*. Ott Verlag.
- Dübendorfer et al. (2011). *Expertenbericht zu einem Modul Temperatur im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts*. BAFU.
- Dübendorfer, C. et al. (2011). *Expertenbericht zu einem Modul Temperatur im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts*. BAFU.
- Frey, M., Schmid, M., Wüest, A. (2003). *Einfluss von Aufweitungen auf das Temperaturregime der Thur*. EAWAG.
- Geist, D. R., Murray, C. J., Hanrahan, T. P., Xie, Y. (2008). A model of the effects of flow fluctuations on fall Chinook salmon spawning habitat availability in the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management*, 28(6), S. 1894-1910.

- Gostner, W., Schleiss, A. (2011). *Der hydromorphologische Index der Diversität*. Wasser Energie Luft 103.
- Guthruf. (2002). *Emme unterhalb Biberist – Untersuchung der Restwasserproblematik. Fischereibiologisches Gutachten*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- Guthruf. J. (2002). *Emme unterhalb Biberist – Untersuchung der Restwasserproblematik. Fischereibiologisches Gutachten*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- Hunziker, R., Dönni, W., & Kaufmann, G. (2011). *Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme Bauprojekt Biberist/Gerlafingen. Erfolgskontrolle: Konzept und Zustand von Massnahmen*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- Hunziker, R., Dönni, W., Kaufmann, G. (2012). *Leitbild Emme. Von der Kantonsgrenze Bern-Solothurn bis zur Mündung in die Aare*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- IC Infraconsult; Fischwerk; Impuls; HZP. (2015). *Erfolgskontrolle, Erhebung Ausgangszustand*. Bern.
- Infospecies. (2023). www.infospecies.ch.
- Infraconsult, Hunziker, Zarn & Partner, Fischwerk. (2015). *Fachgutachten Gewässerraum, Entwurf vom 01.05.2015 Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme, Wehr Biberist bis Aare*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- Infraconsult, Impuls und Fischwerk. (2014). *Konzept Erfolgskontrolle. Hochwasserschutz und Revitalisierung Emme, Wehr Biberist bis Aare*. Amt für Umwelt des Kantons Solothurn.
- Jorde, K., Schneider, M. (2010). Kapitel 5 - Habitatsimulationsmodelle und Funktionsweisen. In B.-U. Weimar (Hrsg.), *Durchgängigkeit und Habitatmodellierung von Fliessgewässern. Wiederherstellen der Durchgängigkeit, Funktionskontrolle von Wanderhilfen, Habitate und ihre Beschreibung, Weiterbildendes Studium „Wasser und Umwelt“* (1. Ausg., S. 159-168). Verlag der Bauhaus-Universität Weimar.
- Kissling & Zbinden AG, IUB Engineering. (2015). *Raumplanungsbericht & Technischer Bericht. Auflageprojekt*. Bern: AfU Kt. SO.
- MeteoSchweiz. (2015). *«2014 – Tag für Tag. Temperatur Niederschlag Sonnenscheindauer»*. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.

- MeteoSchweiz. (2024). «*Klimabulletin Jahr 2023*». Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.
- Requena, P., von Pfuhlstein, M. (2011). Erfolgskontrolle der morphologischen Entwicklungen bei Flussaufweitungen – Erfahrungen aus der Praxis. «*Wasser Energie Luft*»(103. Jg. 2011, Heft 2), S. 128-132.
- Rey, P. H. (2019). *Die Äsche (Thymallus thymallus) im Seerhein - Gefährdung und mögliche Fördermassnahmen*. Expertise zuhanden der Jagd- und Fischereiverwaltung Thurgau.
- Riedl, C., Peter, A. (Juli 2013). Timing of brown trout spawning in Alpine rivers with special consideration of egg burial depth. *Ecology of Freshwater Fish* (22), S. 384-397.
- Schneider, J., & Korte, E. (2005). *Strukturelle Verbesserungen von Fliessgewässern für Fische, Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung mbH*. (GfG, Hrsg.) Mainz.
- Schwaller, T. (Juni 2023). Mündliche Auskunft. (Impuls, Interviewer)
- Stucki P. (2010). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Makrozoobenthos Stufe F (flächendeckend)*. BAFU Umwelt-Vollzug 1026.
- Thielen, et al. (2003). «*Directives de terrain*» .
- Thielen, R., Perrottet, N., Cosandey, A. C., Roulier, C. (2002). *Cartographie des zones alluviales. Clés de photo-interprétation*. Services conseil Zones alluviales. Yverdon-les-Bains.
- Toepfer, C. S., Fisher, W. L., Warde W. D. (2000). A multistage approach to estimate fish abundance in streams using geographic information systems. *North American Journal of Fisheries Management*(20), S. 634-645.
- Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich (VAW) und das Geographische Institut der Universität Bern (GIUB). (1987). *Emme 2050*. Baudirektion des Kantons Bern (Tiefbauamt) und des Baudepartements des Kantons Solothurn (Amt für Wasserwirtschaft).
- Weber, C. S. (2019). *Wirkungskontrolle Revitalisierung - Gemeinsam lernen für die Zukunft*. Bern: BAFU.
- Woodget, A. C. (2014). Quantifying submerged fluvial topography using hyperspatial resolution UAS imagery and structure from motion photogrammetry. *Earth Surface Processes and Landforms*, Volume 40.
- Woolsey, S. et al. (2005). *Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen*. EAWAG.

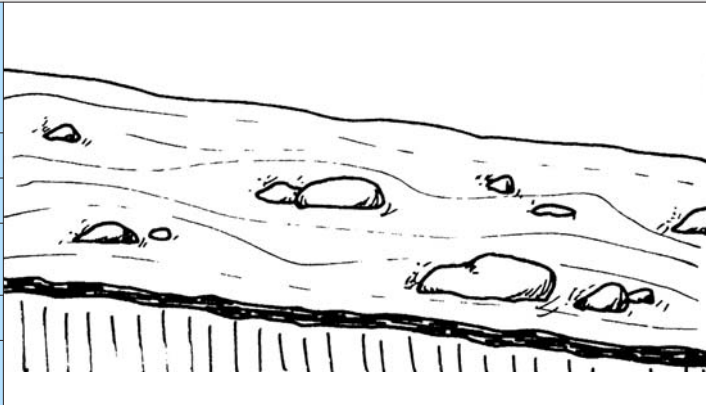
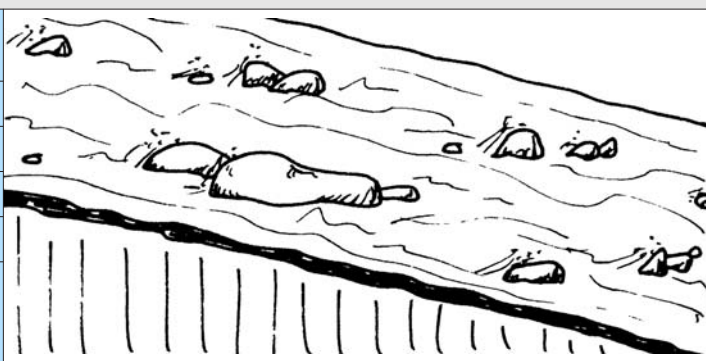
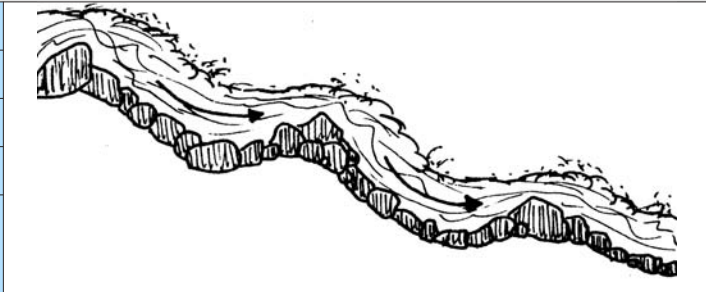
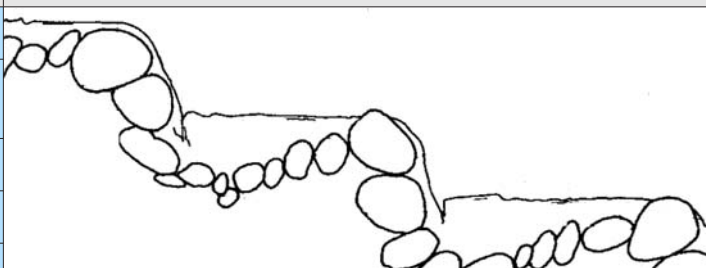
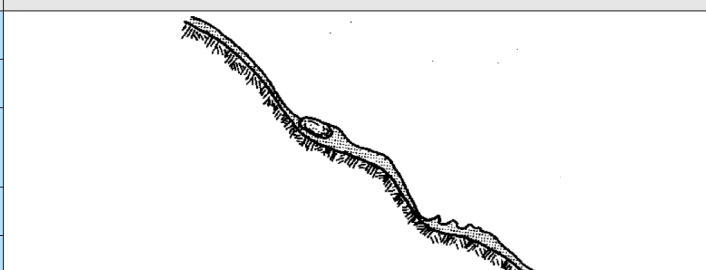
- Woolsey, S.; Weber, Ch.; Gonser, T.; Hoehn, E.; Hostmann, M.; Junker, B.; Roulier, Ch.; Schweizer, St.; Tiegs, S.; Tockner, K.; Peter, A. (2005). *Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen*. EAWAG.
- Wyrick, J. R., Senter, A. E., Pasternack, G. B. (2014). Revealing the natural complexity of fluvial morphology through 2D hydrodynamic delineation of river landforms. *Geomorphology*(210), S. 14-22.

Anhang A

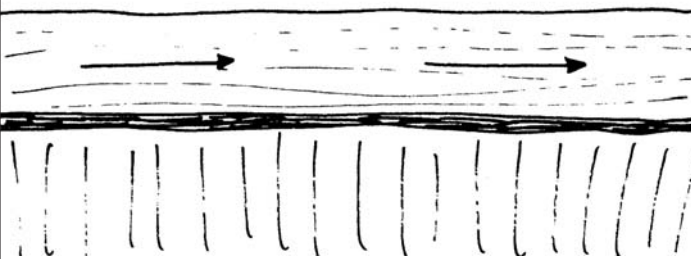
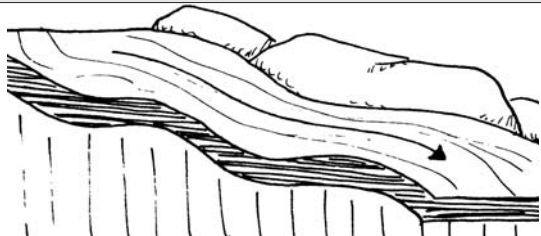
Bestimmungstabelle Mesohabitate

Schnell fliessende Mesohabitate

Turbulent: weisses (schäumendes) Wasser

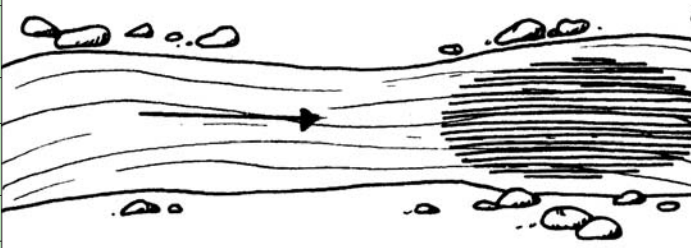
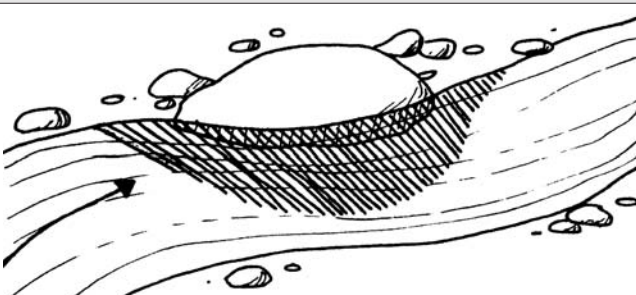
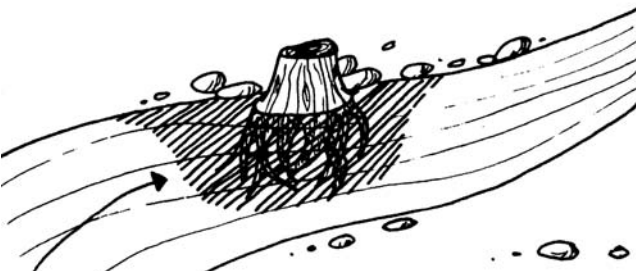
Furt (Rausche, Riffle)		
Turbulenz	mittel; kein/wenig Weisswasser, hoch bei verengtem Querschnitt; Wellen, die die Wasseroberfläche nicht brechen	
Mittl. Flggeschw.	mittel; 0.2-0.5 m/s	
Tiefe	<0.5 m	
Korngrösse	0.2-25 cm; grössere Steine submers oder teilweise emers	
Gefälle	1-4 %	
Beschrieb	gerades oder konvexes Längsprofil	
Schnelle		
Turbulenz	beträchtlich; Weisswasser; Wellen brechen Wasseroberfläche	
Mittl. Flgschw.	hoch; >0.5 m/s	
Tiefe	<0.5 m	
Korngrösse	>6 cm; grössere Steine emers	
Gefälle	4-7 %	
Beschrieb	oft Stufen und kleine Kolke hinter grösseren Steinen; planares Längsprofil	
Kaskade		
Turbulenz	hoch; v. a. Weisswasser	
Mittl. Flgschw.	hoch; >0.5 m/s	
Korngrösse	>25 cm oder anstehender Fels	
Gefälle	>7 %	
Beschrieb	Serie kleinerer Abstürze/Stufen und Kolke; gestuftes Längsprofil	
Stufe (Absturz, Wasserfall)		
Turbulenz	hoch; Weisswasser	
Mittl. Flgschw.	± frei fallend über eine vertikale Kante	
Korngrösse	-	
Gefälle	≤100 %	
Beschrieb	Wasserfall	
Schussrinne		
Turbulenz	turbulent	
Mittl. Flgschw.	hoch	
Korngrösse	anstehende Fels, wenig oder nicht emers	
Gefälle	2-30 %	
Beschrieb	enge Felsenrinnen	

Nicht turbulent: kein weisses (schäumendes) Wasser

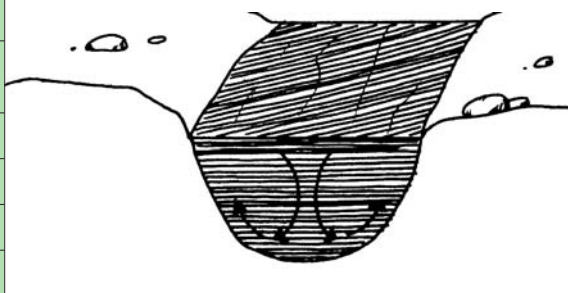
Gleite			
Turbulenz	keine		
Mittl. Flgschw.	<0.5 m/s; gleichförmig		
Tiefe	relativ seicht (0.1-0.3 m bzw. $\leq 0.05 \cdot$ mittlere Breite)		
Korngrösse	<6 cm; grössere Steine submers oder teilweise emers		
Gefälle	<1 %		
Beschrieb	breites Gewässerbett ohne Talweg; gewöhnlich den Übergang zwischen Kolk und Riffle bildend; keine grösseren Fließshindernisse		
Lauf (Rinner)		schneller Lauf	
Turbulenz	gering	gering-mittel	
Mittl. Flgschw.	relativ hoch	hoch	
Tiefe	tiefer als Furt und Gleite (>0.5 m)	relativ tief	Beschrieb v. a. bei höheren Abflüssen, nimmt einen Grossteil der Gerinnebreite ein
Korngrösse	variabel; >1.5 cm	variabel	
Gefälle	>4 %	variabel	
Beschrieb	kommt über eindeutigem Talweg vor; uniformes Gewässerbett; keine grösseren Fließshindernisse		
Felsgleite			
Turbulenz	keine		
Mittl. Flgschw.	gleichförmig		
Tiefe	seicht		
Korngrösse	glatter, anstehender Fels		
Gefälle	variabel		
Flachwasser			
Turbulenz	keine		
Mittl. Flgschw.	gering bis stehend		
Tiefe	<0.2 m		
Korngrösse	>6 cm		
Gefälle	gering		
Beschrieb	gewöhnlich in Begleitung von Furten; entlang des Ufers oder einer Kiesbank		

Langsam fließende Mesohabitate

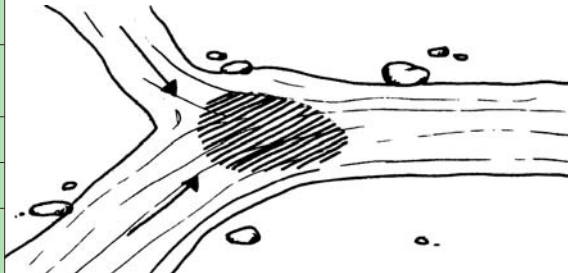
Erosionskolke (Tiefe >0.50 m bei Gerinnesohlenbreite ≤5 m, >1.00 m bei Gerinnesohlenbreite >5 m)

Zentralkolk		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	Verengung des Gewässerquerschnitts	
Korngrösse	sehr variabel	
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte oder oben	
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Beschrieb	der Kolk nimmt >60 % der Wasserspiegelbreite ein	
Lateralkolk		
Lage	ufernah	
Auslöser	teilweise Blockierung des Gewässerbetts (Steine, Fels, Baumstamm, Wurzelstock) engt den Querschnitt von einer Seite her ein	
Korngrösse	variabel	
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte oder oben	
Querschnitt	tiefster Punkt entlang des Hindernisses	
Beschrieb	der Kolk nimmt i. a. <60 % der Wasserspiegelbreite ein	
Hinterwasser (Kehrwasser)		
Lage	ufernah	
Auslöser	Erosionswirbel unterhalb eines Hindernisses (Steine, Baumstamm, Wurzelstock) am Gewässerrand	
Korngrösse	<25 cm, Sand	
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte oder oben	
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Beschrieb	tief, bei Niederwasser nicht durchströmt	

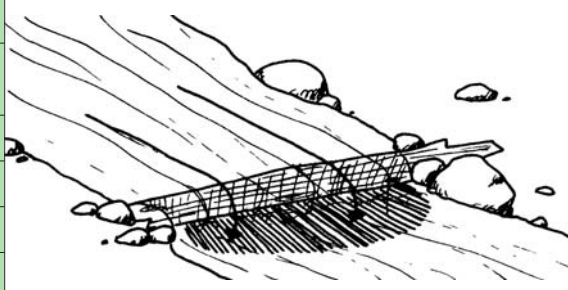
Rinne	
Lage	Hauptströmung
Auslöser	starke Querschnittverengung in geradem Abschnitt
Korngrösse	sehr grobkörnig, Wände oft anstehender Fels
Längsschnitt	uniform, lang und eng
Querschnitt	uniform, U-förmig
Beschrieb	rasch und gleichförmig fliessend, tief



Mündungskolk	
Lage	Hauptströmung
Auslöser	Zusammentreffen zweier o. mehrerer Gewässerrinnen
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte
Beschrieb	höhere Strömung/Turbulenz als die meisten and. Pooltypen



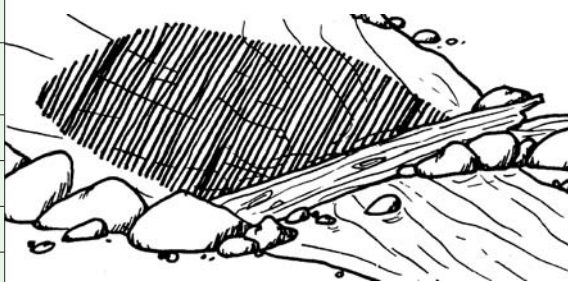
Stufenkolk/Becken	
Lage	Hauptströmung
Auslöser	vertikaler Fall des Wassers über ein die ±ganze Breite umfassendes Hindernis
Korngrösse	sehr verschieden
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte
Beschrieb	oft gross und tief, >1 m



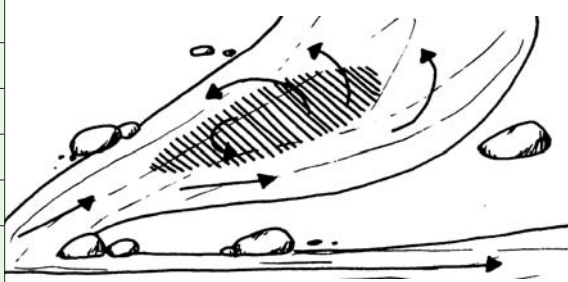
Tümpel	
Lage	meist ufernah, isoliert vom Hauptstrom
Korngrösse	variabel
Beschrieb	kolk- oder flachwasserartig



Staukolke (entstanden durch Aufstau)	
Staukolk	
Lage	Hauptströmung
Auslöser	Aufstauung unterhalb eines ±die ganze Breite umf. Hind. (Baumst., Erdbeben, Wehr)
Korngrösse	<1 cm, Sand
Längsschnitt	tiefster Punkt oben
Querschnitt	tiefster Punkt variabel
Beschrieb	temporär



Nebengerinnenkolk	
Lage	ufernah
Auslöser	Geschiebeablagerung
Korngrösse	<1.5 cm, Sand, Silt
Längsschnitt	tiefster Punkt unten
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte
Beschrieb	ausserh. des Hauptgerinnes, evtl. isoliert u. austrocknend



Anhang B

Laichhabitat Bachforelle/Äsche

Anforderungen an das Laichhabitat

Laichhabitat

Bachforellen und Äschen legen ihre Eier in Laichgruben im Kiesbett. Gute Laichplätze zeichnen sich in erster Linie durch ein geeignetes Substrat der Gewässersohle aus. Der Anteil an Sand und Silt sollte nicht mehr als 10 % betragen. Zudem darf die Kolmation nicht zu stark sein. Das geeignete Substrat sollte in ausreichender Mächtigkeit vorkommen.

Ausreichend hohe Fliessgeschwindigkeiten gewährleisten, dass der Kies des Laichplatzes von Feinstoffen befreit ist. Ist der Feinstoffanteil im Kies zu hoch, nimmt die Durchlässigkeit des Kiesel ab und die Versorgung der Eier mit Sauerstoff ist nicht mehr gesichert. Bezüglich der Wassertiefe sind Bachforellen und Äschen flexibler als bei den anderen beiden Habitatparametern. Zudem benötigen beide Arten genügend Deckung als Sicht- und Strömungsschutz während der Ruhephasen zwischen den Laichakten.

Optimale Laichhabitate liegen in den Übergängen zwischen einem Kolk (Deckung/Strömungsschutz) und einer Furt oder einer Schnelle. Generell werden seicht überströmte Kiesbänke als Laichplätze bevorzugt.

Erhebungsmethodik

Vorgehen

Das dominierende Substrat wurde flächendeckend erfasst²³. Die Klassifizierung der Substrate erfolgte nach (Stucki P, 2010) (Tabelle 77). In den Strecken Papierfabrik und Schwarzweg kam weicher Fels (verdichtetes Substrat) vor, welcher sich mit dem Fuss zerstören liess. Dieser weiche Fels wurde dennoch als «Fels» erfasst. Die Berechnung der Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten erfolgte durch die Firma Hunziker, Zarn & Partner (siehe Kapitel 7).

Substrattyp	Beschrieb	Korngrösse [cm]
Megalithal	Fels	-
Megalithal	Mobile Blöcke	>40
Makrolithal	Grosse Steine	20-40
Mesolithal	Kleine und mittlere Steine	6-20
Mikrolithal	Grobkies	2.5-6
Akal	Feinkies	0.25-2.5
Psammal	Sand	0.1-0.25
Pelal	Schluff	<0.1
Xylal	Totholz	-
Phytal	Algen	-

Tabelle 72 Definition der Substrattypen (verändert nach Stucki 2010).

²³ Die Einmessung erfolgte mit einem GPS mit einer Genauigkeit von ca. 70 cm. Bei kleinen Erhebungslücken entlang des Ufers wurde die Substratklasse extrapoliert.

Bewertung

Die Bewertung der artspezifischen Habitataignung erfolgte mittels eines zweidimensionalen PHABSIM-Modellansatzes²⁴. Er basiert auf einer Verknüpfung von hydraulischen und biologischen Parametern. Mit Hilfe des 2D-Modells wurden die tiefengemittelten Fliessgeschwindigkeiten²⁵ (siehe Kapitel 7) und Wassertiefen für Abflüsse von 1.8 m³/s und 6.2 m³/s berechnet. Die Ergebnisse für die drei Parameter wurden in ein Raster mit einer Zellgrösse von 0.25 x 0.25 m überführt.

Die Verknüpfung der Fliessgeschwindigkeiten, der Wassertiefe und des Substrates mit den biologischen Parametern erfolgt idealerweise über so genannte Eignungskurven («suitability curves»). Sie beschreiben mit Hilfe eines Eignungsindex (Werte von 0 = ungeeignet bis 1 = optimal), wie gut die Ansprüche bezüglich eines einzelnen Habitatparameters erfüllt sind. Anstelle von Eignungskurven wurde mit 4 Eignungsklassen gearbeitet (Tabelle 78). So konnten die Ausdehnung und Lage der potenziell geeigneten Flächen bezüglich Fliessgeschwindigkeit, Tiefe und Substrat berechnet werden.

Eignungsklasse	Umschreibung	Eignungsindex
0	ungeeignet	0.0-0.1
0.2	bedingt geeignet	0.1-0.3
0.6	geeignet	0.3-0.8
1	optimal	0.8-1

Tabelle 73 Definition der verwendeten Eignungsklassen (abgeändert nach (Brown S. K., Buja K. R., Jury S. H., Monaco M. E., Banner A., 2000))

*Herleitung der
Eignungsklassen*

Es wurden dieselben Eignungsklassen wie für die Auswertung des Ausgangszustandes verwendet (Tabelle 79).

²⁴ PHABSIM bedeutet «physical habitat simulation». Es ist Teil der «Instream flow incremental methodology» (IFIM), die in den 1980er und 1990er Jahren in den USA entwickelt wurde. Die Methodik hat sich seither auch in Europa etabliert. Sie basierte ursprünglich auf einer eindimensionalen Modellierung der Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten. Inzwischen wurde sie mit einem deutlich aussagekräftigeren zweidimensionalen Ansatz erweitert.

²⁵ Mittlere Fliessgeschwindigkeit in der Wassersäule.

Art	Parameter	Eignungsklasse			
	Umschreibung	0 (ungeeignet)	0.2 (bed. geeignet)	0.6 (geeignet)	1 (optimal)
Bachforelle	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	<0.10 >0.80	0.10-0.15 0.65-0.8	0.15-0.25 0.5-0.65	0.25-0.5
	Wassertiefe [m]	<0.10 –	– –	0.1-0.15 –	>0.15
	Substrat	Pelal, Psammal	Mesolithal	Akal	Mikrolithal
Äsche	Fliessgeschwindigkeit [m/s]	<0.20 >0.75	0.20-0.25 0.65-0.75	0.25-0.35 0.5-0.65	0.35-0.5
	Wassertiefe [m]	<0.15 –	0.15-0.25 –	0.25-0.5 –	>0.50
	Substrat	Pelal, Psammal, Mesolithal, Makrolithal, Megalithal	Akal	–	Mikrolithal

Tabelle 74 Für die Modellierung des Habitatangebotes für die Bachforelle und Äsche verwendete Eignungsklassen

Berechnung der Potenzialflächen

Aus den Eignungsklassen der 3 Parameter (Einzeleignungen) erfolgte für jede Rasterzelle durch Aggregation die Bewertung der Gesamteignung. Aufgrund der Empfehlungen in (Jorde, K., Schneider, M., 2010) wurde als Aggregationsmethode das geometrische Mittel gewählt. Dadurch ist gewährleistet, dass die Gesamteignung 0 ergibt, wenn ein einzelner Habitatparameter ungeeignet (= 0) ist. Da die Wassertiefe von untergeordneter Bedeutung ist, wurde sie lediglich mit einem Drittel gewichtet²⁶.

Eine adulte Bachforelle benötigt zum Laichen, aber auch ausserhalb der Laichzeit, eine minimale Habitatfläche. Diese kann umso kleiner sein, je grösser ihre Qualität ist (Tabelle 80). Sämtliche Teilflächen einer Eignungsklasse, die kleiner als die minimale Habitatfläche waren, wurden deshalb nicht weiter berücksichtigt. Sie erhielten die Eignungsklasse 0. Analog zur Auswertung des Ausgangszustandes wurde auch für die Äsche die minimalen Habitatflächen der Bachforelle verwendet. Gemäss (Rey, 2019) müsste man aber grössere Werte verwenden. Eine Mindestfläche von 20 m² pro Laichplatz wird angegeben.

Das potenzielle Habitatangebot wurde als integraler Wert berechnet, der sowohl die nutzbare Fläche als auch ihre Eignung als Lebensraum berücksichtigt. Hierfür wurden die Rasterflächen einer Eignungsklasse aufsummiert, die Flächensummen

²⁶ Die Wassertiefe wurde mit 1/3 gewichtet, die Fliessgeschwindigkeit und das Substrat jedoch mit 1.

nach ihrer Eignung gewichtet (d.h. mit ihrem Eignungswert 1, 0.6, 0.2 oder 0 multipliziert) und zur so genannten „weighted usable area“ (WUA) addiert. Sind alle Einzelflächen optimal geeignet (Eignungsklasse 1) entspricht die WUA der gesamten Gerinnefläche²⁷.

Eignungsklasse	Laichhabitat
0	–
0.2	9 m ²
0.6	5 m ²
1	2 m ²

Tabelle 75 Definition der minimal notwendigen Fläche für eine Bachforelle (Baumann P, Kirchhofer A, Schälchli U, 2012)

²⁷ Das Modell, als vereinfachtes Abbild der realen Natur, geht davon aus, dass die Einzelparameter unabhängig sind. Es gibt aber eine grosse Abhängigkeit zwischen Tiefe und Fliessgeschwindigkeit, und die Fliessgeschwindigkeit bestimmt das Substrat (Korngrösse). Die Habitatwahl der Fische ist unzweifelhaft ein multivariater Prozess. Sie basiert also auf mehreren interagierenden Habitatvariablen. Das verwendete Modell kann diese Komplexität nicht berücksichtigen und liefert nur eine Annäherung.

Sohlensubstrat

Emmenschachen

Das Gerinne wurde von ausgedehnten Grobkiesflächen dominiert (Abbildung 80).

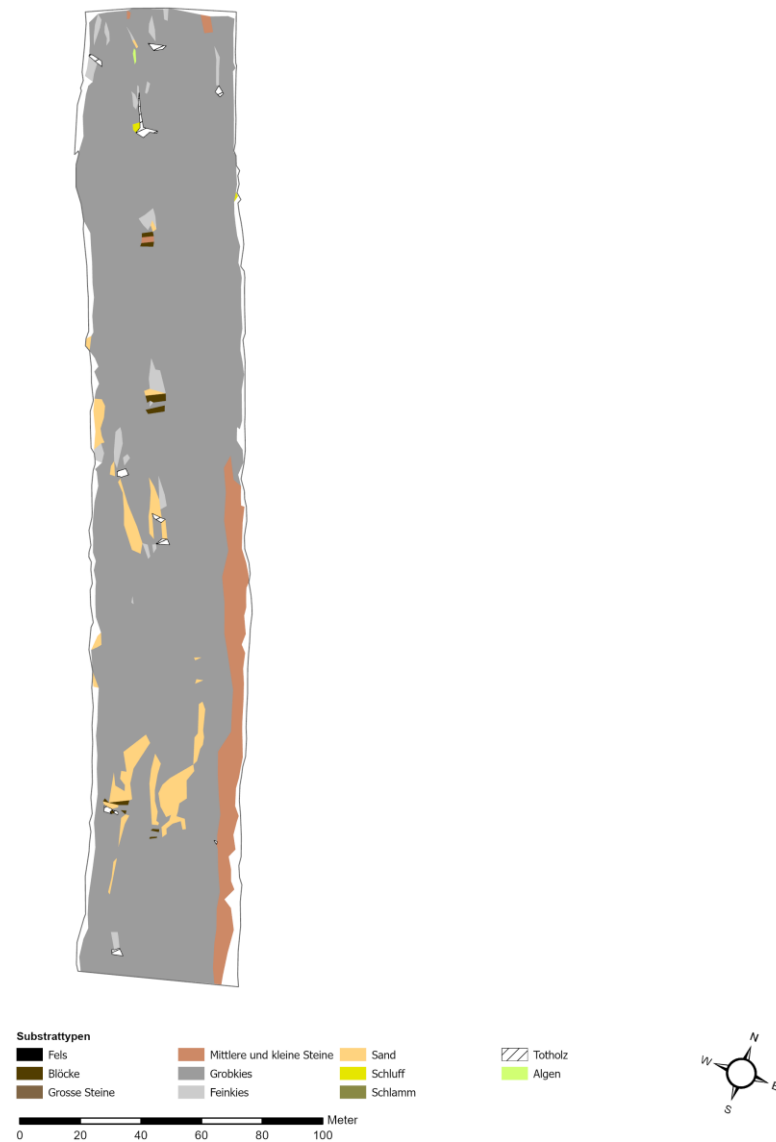


Abbildung 80 Verteilung der Substrattypen in der Untersuchungsstrecke Emmenschachen am 6.3.2023.

Schwarzweg

Grobkies sowie Steine dominierten in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg (Abbildung 81). Gegen das Ufer hin kamen Felsflächen vor, welche grösstenteils aus verfestigtem Sand bestanden.

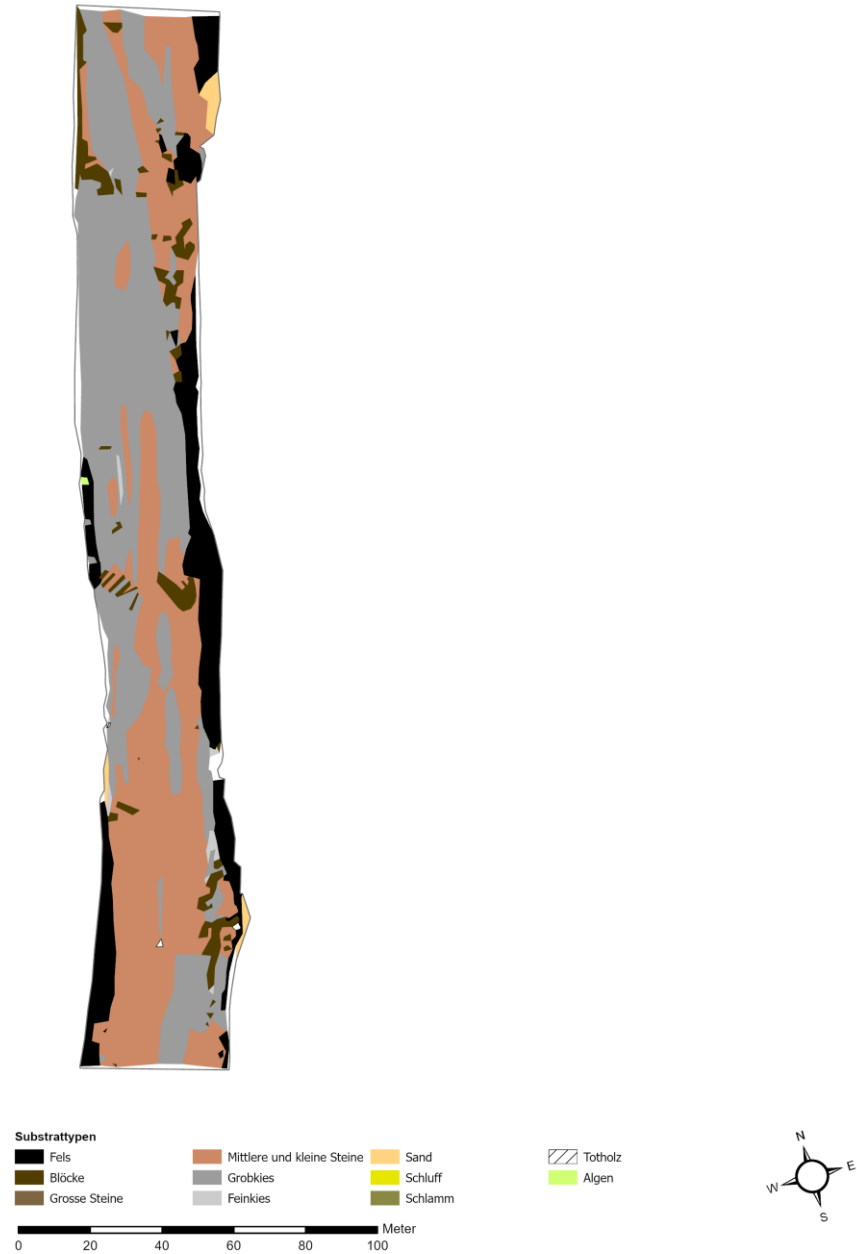


Abbildung 81 Verteilung der Substrattypen in der Untersuchungsstrecke Schwarzweg am 7.3.2023.

Papierfabrik

Grobkies und Steine dominierten (Abbildung 82). Zudem kamen grössere Felsflächen vor, welche zum Teil aus verdichtetem Sand bestanden.

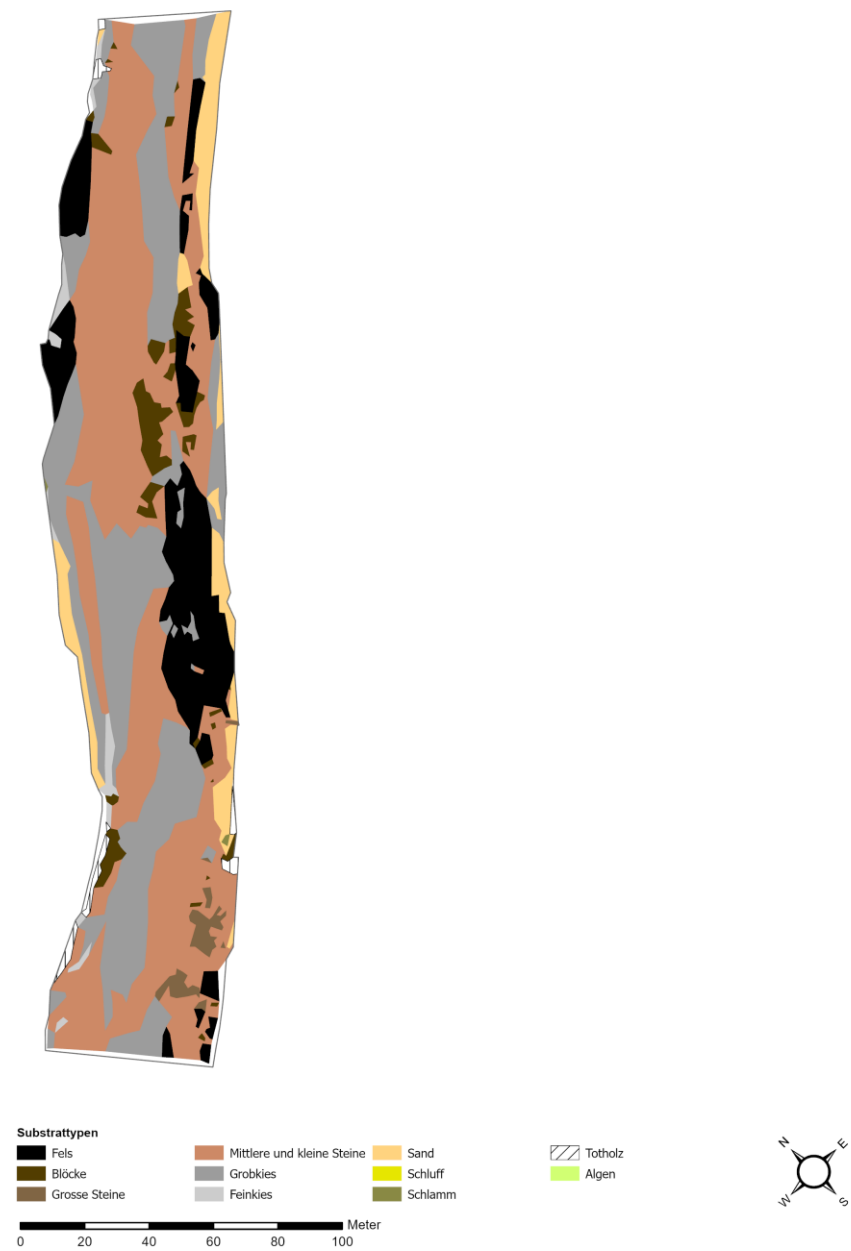


Abbildung 82 Verteilung der Substrattypen in der Untersuchungsstrecke Papierfabrik am 23.3.2023.

Sandanteil

Emmenschachen

Ein Grossteil der Substratflächen war mit Sand durchsetzt, wobei sich dieser bei Berührung rasch verflüchtigte (Abbildung 83; Abbildung 84).



Abbildung 83 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Emmenschachen als Laichhabitat für die Bachforelle. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Erhebung 1. Projektzustand, Erfolgskontrolle Emme



Abbildung 84 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Emmenschachen als Laichhabitat für die Äsche. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Schwarzweg

Ein Grossteil der Fläche war mit Sand durchsetzt, wobei sich dieser bei Berührung rasch verflüchtigte (Abbildung 85; Abbildung 86).



Abbildung 85 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Schwarzweg als Laichhabitat für die Bachforelle. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Erhebung 1. Projektzustand, Erfolgskontrolle Emme

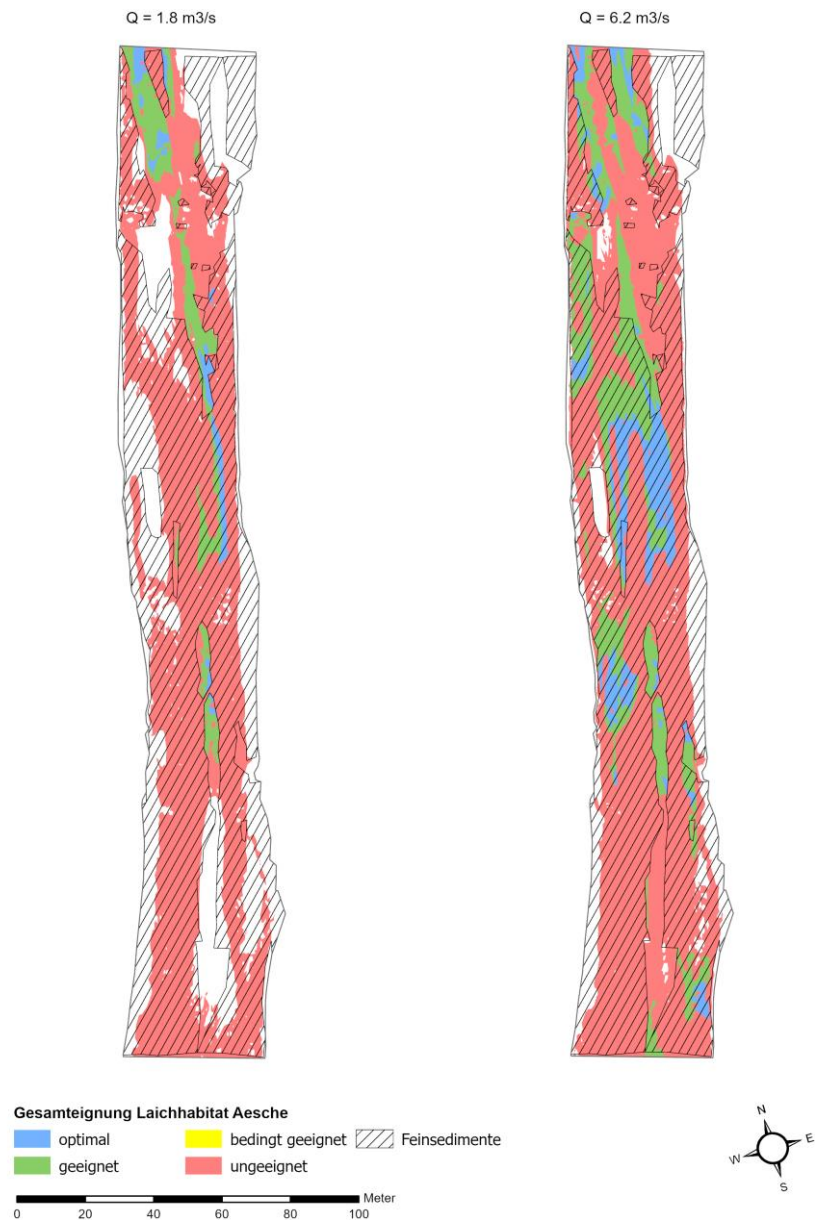


Abbildung 86 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Schwarzweg als Laichhabitat für die Äsche. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Papierfabrik

Ein Grossteil der Fläche war mit Sand durchsetzt, wobei sich dieser bei Berührung rasch verflüchtigte (Abbildung 87; Abbildung 88).

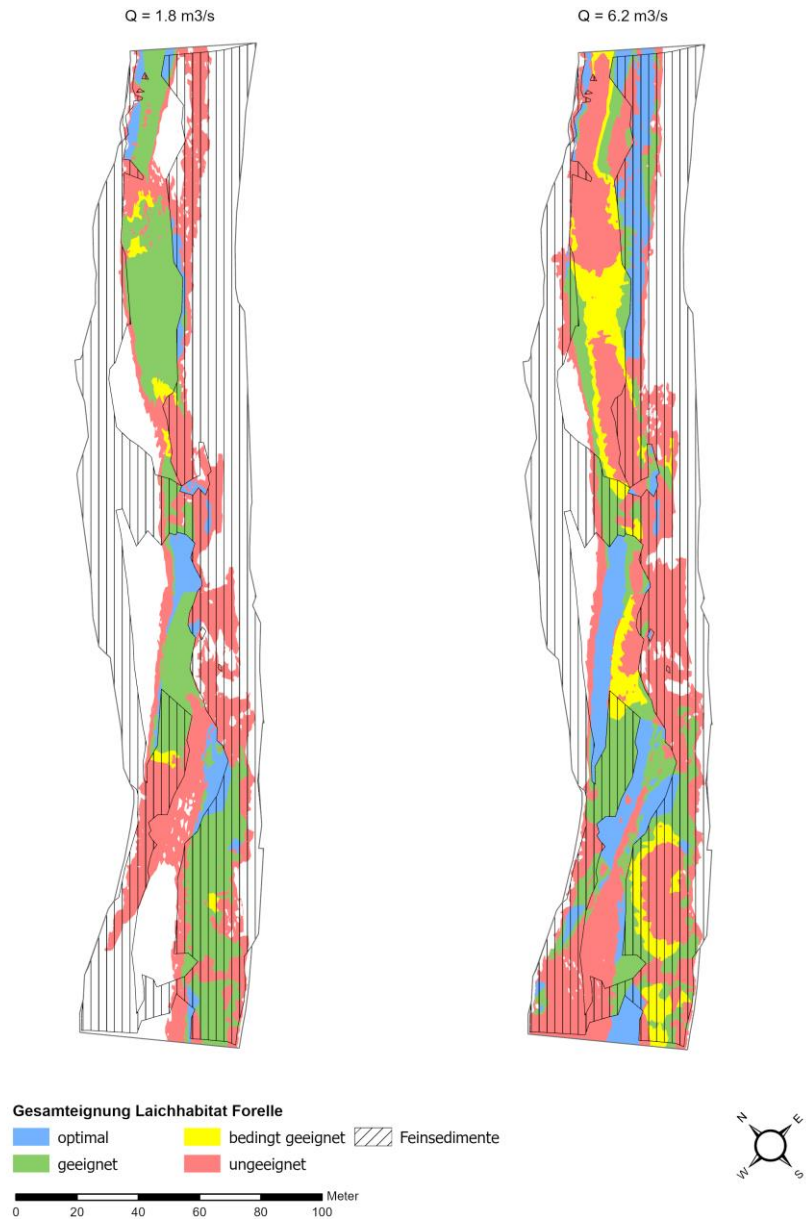


Abbildung 87 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Papierfabrik als Laichhabitat für die Bachforelle. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Erhebung 1. Projektzustand, Erfolgskontrolle Emme

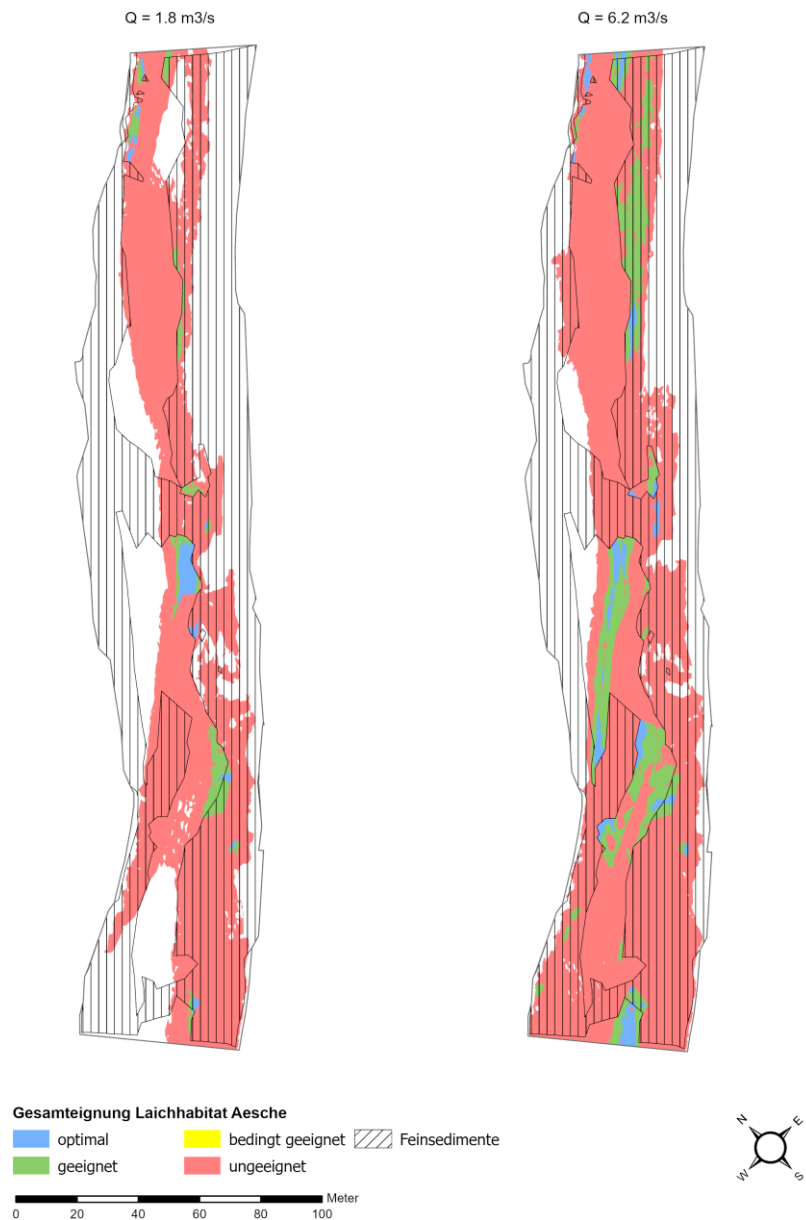


Abbildung 88 Gesamteignung der Untersuchungsstrecke Papierfabrik als Laichhabitat für die Äsche. Lage der Feinsedimente (Sandanteil $\geq 5\%$).

Eignung als Laichhabitat

Emmenschachen							
Art	Parameter	Abfluss [m ³ /s]	Eignung [% Fläche Gerinnesohle]				Gesamt- fläche [m ²]
			optimal	geeignet	bed. geeg.	ungeeignet	
Bachforelle	Substrat	–	86.7	1.4	7.6	4.3	16'417
	Fließgeschwindigkeit	1.8	30.6	22.9	8.3	12.5	16'419
		6.2	37.2	33.1	9.9	8.3	16'419
	Wassertiefe	1.8	35.7	8.4	0.0	30.3	16'419
		6.2	61.6	8.9	0.0	18.1	16'419
	Gesamteignung	1.8	31.5	7.8	0.3	60.4	16'418
		6.2	51.2	11.3	1.2	36.4	16'418
Äsche	Substrat	–	86.7	0.0	1.4	11.9	16'417
	Fließgeschwindigkeit	1.8	14.3	19.8	11.0	29.2	16'419
		6.2	25.5	36.8	10.0	16.1	16'419
	Wassertiefe	1.8	2.5	18.2	15.0	38.6	16'419
		6.2	14.6	29.9	17.1	26.9	16'419
	Gesamteignung	1.8	3.7	19.9	0.0	76.4	16'418
		6.2	17.6	31.6	0.0	50.8	16'418

Tabelle 76 Eignung der Untersuchungsstrecke Emmenschachen als Laichhabitat für Bachforelle und Äsche.

Schwarzweg							
Art	Parameter	Abfluss [m ³ /s]	Eignung [% Fläche Gerinnesohle]				Gesamt- fläche [m ²]
			optimal	geeignet	bed. geeig.	ungeeignet	
Bachforelle	Substrat	–	40.2	0.6	38.4	20.9	10'712
	Fliessgeschwindigkeit	1.8	21.0	20.3	9.6	12.0	10'712
		6.2	26.6	25.1	17.4	14.6	10'712
	Wassertiefe	1.8	36.5	7.6	0.0	19.5	10'712
		6.2	66.8	6.5	0.0	10.5	10'712
	Gesamteignung	1.8	9.1	19.2	3.1	68.6	10'713
		6.2	22.6	20.6	6.9	49.8	10'713
Äsche	Substrat	–	40.2	0.0	0.6	59.2	10'712
	Fliessgeschwindigkeit	1.8	12.4	18.1	8.6	23.7	10'712
		6.2	19.7	26.7	14.2	23.0	10'712
	Wassertiefe	1.8	4.4	18.3	13.8	27.2	10'712
		6.2	18.2	35.6	13.0	17.0	10'712
	Gesamteignung	1.8	1.8	5.6	0.0	92.6	10'713
		6.2	7.2	15.5	0.0	77.3	10'713

Tabelle 77 Eignung der Untersuchungsstrecke Schwarzweg als Laichhabitat für Bachforelle und Äsche.

Papierfabrik							
Art	Parameter	Abfluss [m ³ /s]	Eignung [% Fläche Gerinnesohle]				Gesamt- fläche [m ²]
			optimal	geeignet	bed. geeig.	ungeeignet	
Bachforelle	Substrat	–	28.8	1.3	44.0	25.9	15'799
	Fliessgeschwindigkeit	1.8	18.2	12.2	5.3	10.2	15'801
		6.2	18.5	19.9	14.0	14.7	15'801
	Wassertiefe	1.8	29.5	4.9	0.0	12.1	15'801
		6.2	48.4	5.5	0.0	13.2	15'801
	Gesamteignung	1.8	3.8	17.8	0.9	77.5	15'799
		6.2	11.1	14.4	7.4	67.1	15'798
Äsche	Substrat	–	28.8	0.0	1.3	69.9	15'799
	Fliessgeschwindigkeit	1.8	10.7	14.0	4.5	16.9	15'801
		6.2	11.2	19.5	12.3	24.1	15'801
	Wassertiefe	1.8	3.3	15.9	10.3	17.1	15'801
		6.2	15.2	23.3	10.0	18.7	15'801
	Gesamteignung	1.8	0.9	2.0	0.0	97.1	15'799
		6.2	2.0	7.9	0.0	90.1	15'799

Tabelle 78 Eignung der Untersuchungsstrecke Papierfabrik als Laichhabitat für Bachforelle und Äsche.

Anhang C

Fotografische Dokumentation Fischwerk, 2023



Untersuchungsstrecke Papierfabrik am 15.11.2023

Erfolgskontrolle Erhebung I. Projektzustand

Fotografische Dokumentation

31.5.2024

F I S C H W E R K
G M B H

FISCHBIOLOGIE • GEWÄSSERÖKOLOGIE • GEOINFORMATIK

NEUSTADTSTRASSE 7, 6003 LUZERN

T 041 210 20 15

INFO@FISCHWERK.CH

WWW.FISCHWERK.CH

1 Problemstellung und Auftrag

Mit dem Indikator 'Fotografische Dokumentation' soll die optische Entwicklung der Untersuchungsstrecken festgehalten werden. Von den im Ausgangszustand verwendeten Fotostandorten zwischen Biberist und der Mündung in die Aare wurden auch im 1. Projektzustand bei Niederwasserabfluss sowie bei Hochwasser Fotos gemacht.

2 Vorgehen

Die Fotos wurden am 7.7.2023 und 11.7.2023 (sonnig) bei $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ Restwasserabfluss und am 15.11.2023 (wechselhaftes Wetter) bei abnehmendem Hochwasser ($135 \text{ m}^3/\text{s}$ am Morgen bis $107 \text{ m}^3/\text{s}$ am späteren Nachmittag bei Messstation Emme Wiler) aufgenommen¹. Die Hochwasserspitze lag in der Nacht auf den 15.11.2023 bei circa $358 \text{ m}^3/\text{s}$ bei der Messstation Emme, Wiler, was in etwa einem Hochwasser mit 4 bis 5-jähriger Wiederkehrperiode entspricht. Aufgrund des Hochwassers war der Zugang zu vielen Fotostandorten erschwert. Von einigen Standorten konnte bei Hochwasser keine Erhebung gemacht werden. Weitere Fotostandorte mussten bei Hochwasser leicht verschoben werden.

Basierend auf den Koordinaten, der Beschreibung des Fotostandes und der Bilder des Ausgangszustandes wurde versucht das Stativ möglichst gleich zu platzieren wie im Ausgangszustand. Das Stativ wurde mit der Wasserwaage ausbalanciert. Die Fotos wurden möglichst in dieselben Richtungen wie im Ausgangszustand gemacht (Elevation, Deklination, Neigung). Pro Fotostandort wurde in verschiedene Richtungen fotografiert. Sämtliche Aufnahmen wurden mit einer Brennweite von 18 mm gemacht. Die Ausgabegrösse der JPEG-Dateien betrug 2976×1984 Pixel (5.9 Megapixel), die Auflösung 350×350 ppi (Pixel/Zoll). Es wurden total 164 Aufnahmen bei Niederwasserabfluss respektive 395 Aufnahmen bei Hochwasserabfluss gemacht.

Alle Bilddateien pro Standort wurden in einem nach folgendem System benannten Ordner gespeichert: Untersuchungsstrecke_Nummer Fotostandort_Abfluss_Datum. Bsp.: SW2_HW_20231115 = Schwarzweg, 2. Fotostandort bei Hochwasser am 15.11.2023.

Abkürzungen der Untersuchungsstrecken: EZ = Emmenspitz, EC = Emmenschachen, SW = Schwarzweg, PF = Papierfabrik. Abkürzungen der zusätzlichen Fotostandorte: BB = Bahnbrücke, PD = Pockenhaus Derendingen, AB = Brücke bei Derendingen (fälschlicherweise als Autobahnbrücke bezeichnet im Bericht des Ausgangszustandes).

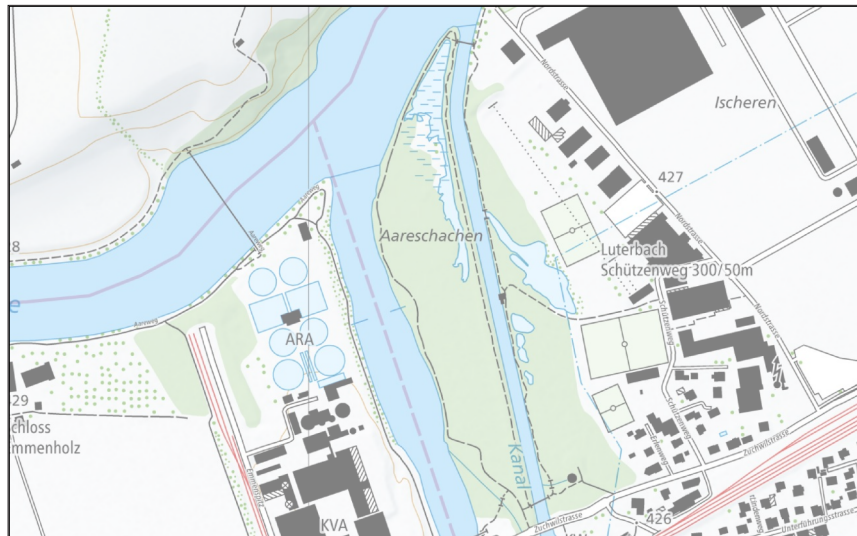
Fotostandort: pinker Punkt = Standort; blau Linie = Blickrichtung; pinke Etikette = Standortbezeichnung (Abkürzung Untersuchungsstrecke/Nummer Fotostandorte)

3 Vergleich

Für den Vergleich des Ausgangszustandes mit dem 1. Projektzustand wurden Fotopaare mit guter Aussagekraft gesucht (Abb. 1 bis Abb. 25). Nachfolgend werden nur diese gezeigt. Falls gute Fotos vorhanden waren, wurde jeweils der Ausgangszustand mit dem 1. Projektzustand sowohl bei Niederwasserabfluss als auch bei Hochwasserabfluss verglichen. Die Niederwasseraufnahmen im Ausgangszustand wurden am 25.8.2014 bei $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ und am 27.11.2014 bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ erhoben. Der Abfluss ist somit vergleichbar mit demjenigen des 1. Projektzustandes ($2.3 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Hochwassererhebungen im Ausgangszustand fanden jedoch mit $63 \text{ m}^3/\text{s}$ (Morgen) bis $43 \text{ m}^3/\text{s}$ (Abend) bei einem deutlich geringeren Abfluss statt als im 1. Projektzustand ($135 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $107 \text{ m}^3/\text{s}$).

Die eigenen Fotoerhebungen wurden ergänzt durch Orthofotos der Jahre 2011 (Ausgangszustand bei $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ in Restwasserstrecke; Kanton Solothurn, Flugdaten 24.3.2011, 8.4.2011, 9.4.2011) und 2021 (1. Projektzustand; Swisstopo, Flugdatum und Abfluss nicht bekannt).

¹ Der genaue Abfluss in der Restwasserstrecke ist nicht bekannt, da unklar ist ob das Kraftwerk trotz Hochwasser mit der üblichen Ausbauwassermenge lief oder ob es ausgeschaltet war.



Emmenspitz

Abb. 1 Untersuchungsgebiet Emmenspitz. Hintergrundkarte © Swisstopo

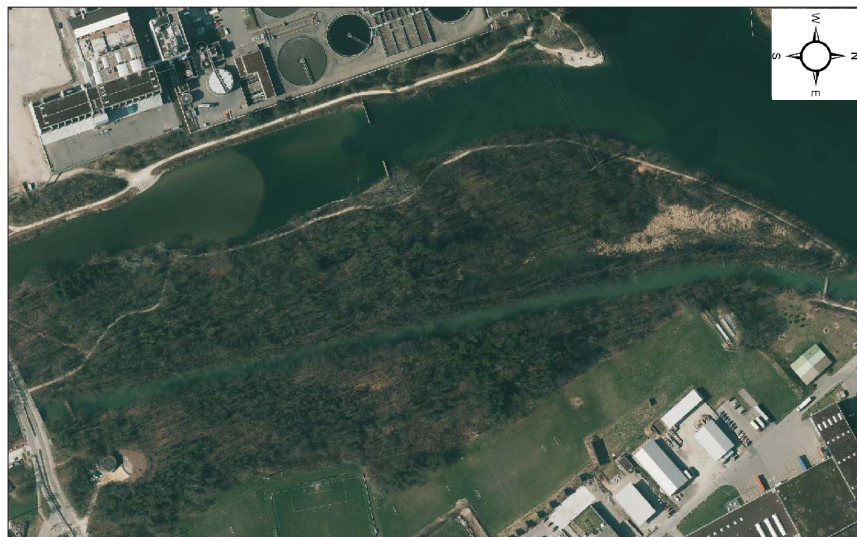
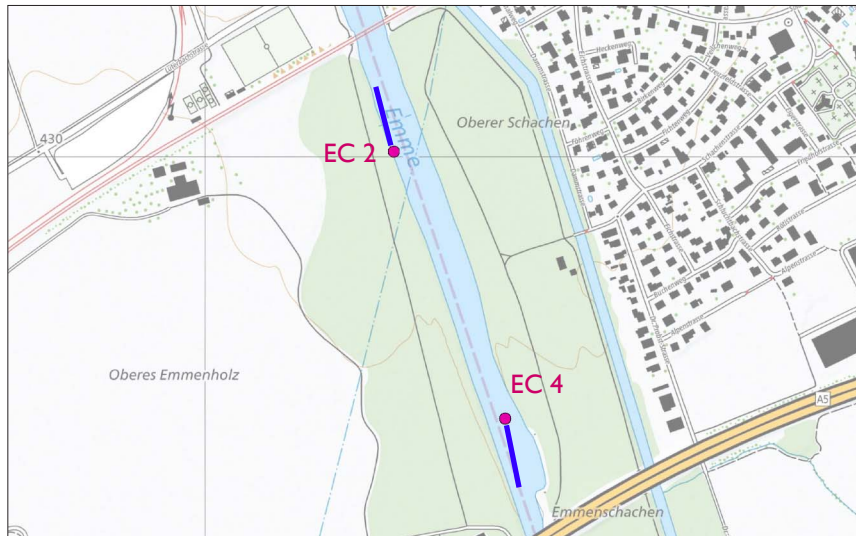


Abb. 2 Orthofoto des Untersuchungsgebietes Emmenspitz in den Jahren 2011 (links) und 2021 (rechts). Blick auf die neu geschaffenen Initialgerinne und den neuen Altarm. Hintergrundkarten © Kanton Solothurn / Swisstopo



Emmenschachen

Abb. 3 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet Emmenschachen inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo



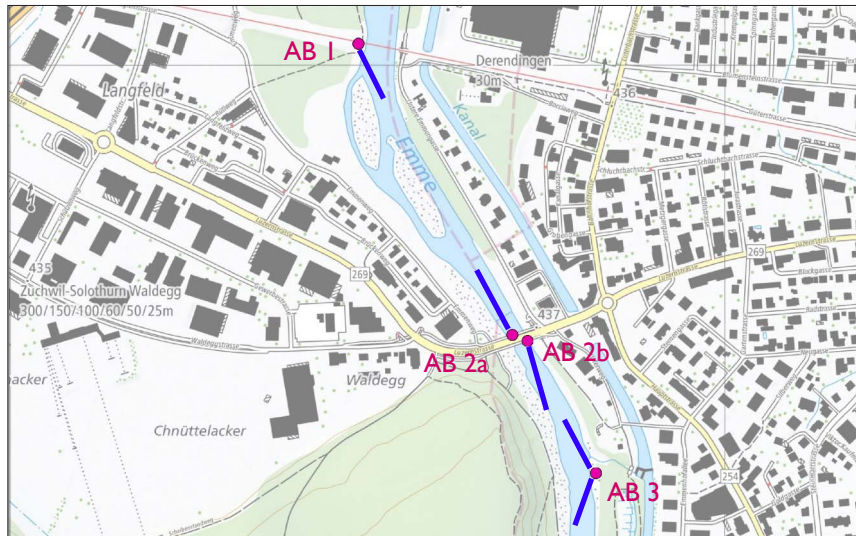
Abb. 4 Orthofoto des Untersuchungsgebietes Emmenschachen in den Jahren 2011 (links) und 2021 (rechts). Blick auf die neue Aufweitung der Emme. Hintergrundkarten © Kanton Solothurn / Swisstopo



Abb. 5 Oben: Fotostandort EC2 bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussabwärts in die aufgeweitete und strukturierte Strecke der Emme. Links: 25.8.2014 / Rechts: 7.7.2023



Abb. 6 Oben: Fotostandort EC4 bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussaufwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme. Links: 25.8.2014 / Rechts: 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Standort etwas in Richtung Ufer hin verschoben. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Brücke bei Derendingen

Abb. 7 Lage der Fotostandorte im Bereich der Brücke bei Derendingen inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo



Abb. 8 Orthofoto des Gebietes Autobahnbrücke in den Jahren 2011 (links) und 2021 (rechts). Blick auf die neue Aufweitung der Emme. Hintergrundkarten © Kanton Solothurn / Swisstopo



Abb. 9 Oben: Fotostandort AB1 bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussaufwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme. Links: 27.11.2015 / Rechts: 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.202



Abb. 10 Oben: Fotostandort AB2a bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussabwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme und die ehemalige Schwelle. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023



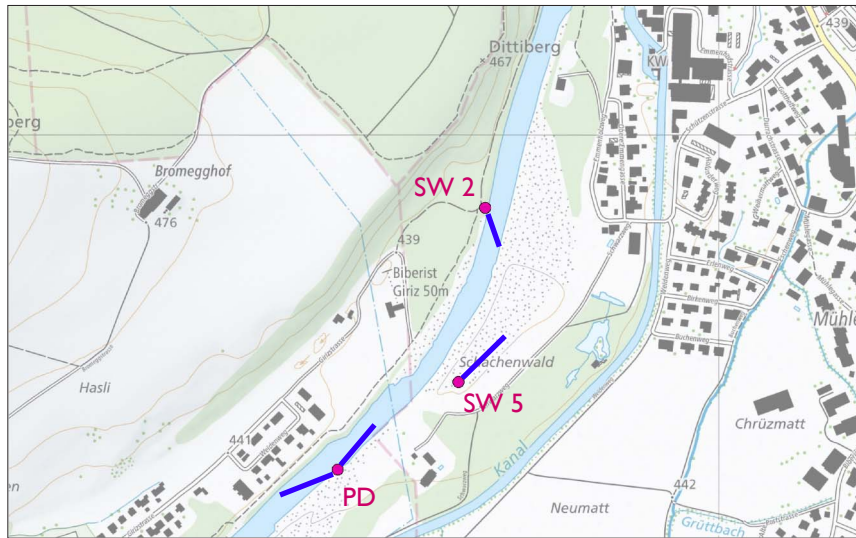
Abb. 11 Oben: Fotostandort AB2b bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussaufwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Abb. 12 Oben: Fotostandort AB3 bei Niedrigwasserabfluss. Blick flussabwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Abb. 13 Oben: Fotostandort AB3 bei Niederwasserabfluss. Blick flussaufwärts auf die Emme. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Schwarzweg / Pockenhaus Derendingen

Abb. 14 Lage der Fotostandorte im Gebiet Schwarzweg / Pockenhaus Derendingen inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo

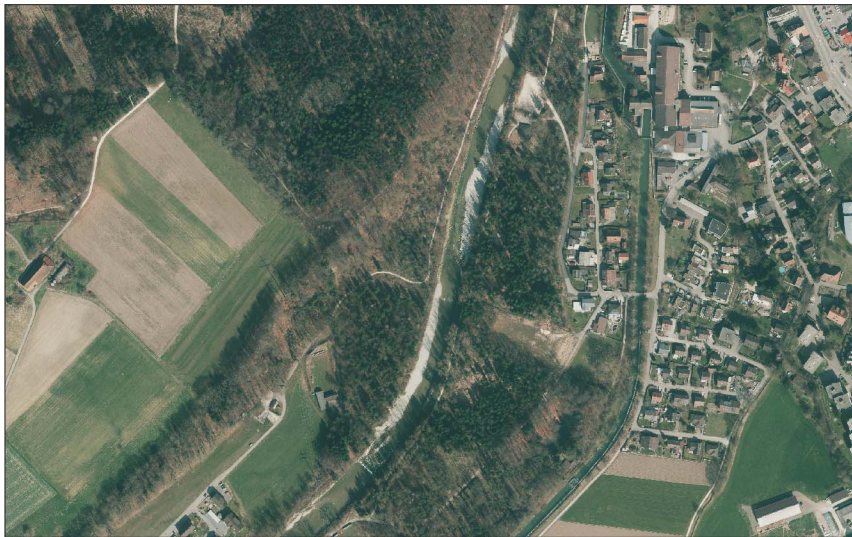


Abb. 15 Orthofoto des Untersuchungsgebietes Schwarzweg in den Jahren 2011 (links) und 2021 (rechts). Blick auf die neu geschaffene Überflutungsfläche. Hintergrundkarten © Kanton Solothurn / Swisstopo



Abb. 16 Oben: Fotostandort SW2 bei Niederwasserabfluss. Blick auf die Emme im unteren Bereich der neu geschaffenen Überflutungsfläche. Links: 25.8.2014 / Rechts: 11.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



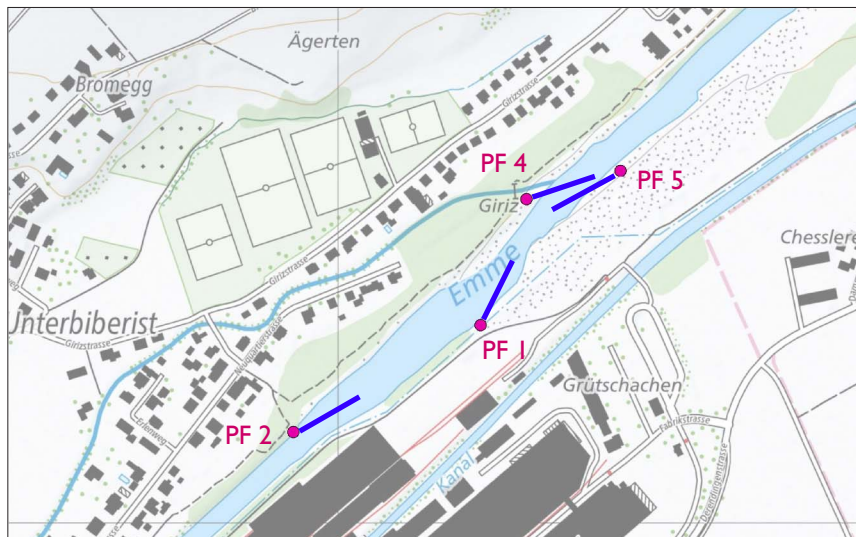
Abb. 17 Oben: Fotostandort SW5 bei Niederwasserabfluss. Blick in den oberen Bereich der neu geschaffenen Überflutungsfläche. 7.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Wenige Stunden zuvor floss hier noch Wasser durch. 15.11.2023



Abb. 18 Fotostandort PD bei Niederwasserabfluss. Blick flussabwärts in die verbreiterte Strecke der Emme. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023



Abb. 19 Fotostandort PD Niederwasserabfluss. Blick flussaufwärts in die verbreiterte Strecke der Emme. Links: 27.11.2014 / Rechts: 7.7.2023



Papierfabrik

Abb. 20 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet Papierfabrik inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo

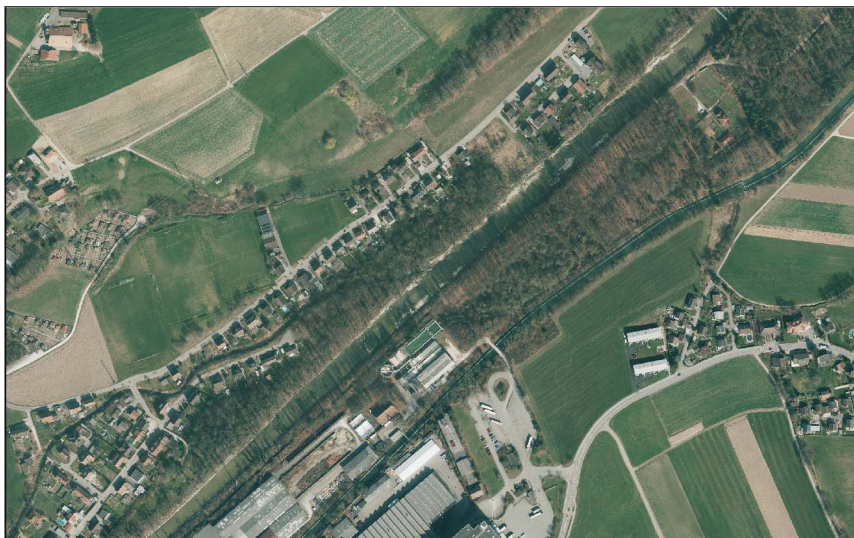


Abb. 21 Orthofoto des Untersuchungsgebietes Papierfabrik in den Jahren 2011 (links) und 2021 (rechts). Blick auf die neue Gerinnenaufweitung der Emme. Hintergrundkarten © Kanton Solothurn / Swisstopo



Abb. 22 Fotostandort PF 1 bei Hochwasserabfluss am 15.11.2023. Blick flussabwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme, bei welcher der Mast bei Hochwasser auf einer Insel zu liegen kommt.



Abb. 23 Oben: Fotostandort PF2 bei Niederwasserabfluss. Blick flussabwärts in die aufgeweitete Strecke der Emme. Links: 25.8.2014 / Rechts: 11.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Abb. 24 Oben: Fotostandort PF4 bei Niederwasserabfluss. Blick flussabwärts auf den Mündungsbereich des Biberenbach in der aufgeweiteten Emmenstrecke. Links: 25.8.2014 / Rechts: 11.7.2023
Unten: Bei Hochwasser. Links: 5.5.2015 / Rechts: 15.11.2023



Abb. 25 Oben: Fotostandort PF5 bei Niederwasserabfluss. Blick flussaufwärts auf die aufgeweitete Strecke der Emme. Der blaue Pfeil zeigt die Mündung des Biberenbach. Links: 25.8.2014 / Rechts: 11.7.2023
Unten: Fotostandort PF5 bei Hochwasser. Links: 5.5.2015

Anhang D

Auentypische Pflanzenarten: Artenliste

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon	taxon_name	taxon_no	isfs	municipality	name	x	y	xy	precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v	observers	supplements	abundance
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:44	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610277.4	1229122.93	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	2	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:44	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610278.44	1229119.2	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:45	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610282.6	1229119.09	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	1	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:47	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610281.16	1229115.33	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	8.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:10	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610302.24	1229061.74	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	10	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:12	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610303.19	1229059.71	4.9	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:20	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610284.17	1229070.62	4.9	+	M			3		Nyffeneqer Nadia	35	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:23	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610287.15	1229060.37	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	1	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:24	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610288.89	1229052.48	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:25	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610291.7	1229042	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	1	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:31	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610301.39	1229027.92	1	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	6	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:35	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610303.53	1229022.1	2	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	6	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:39	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610301.95	1229032.52	4.9	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:41	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610314.14	1229023.7	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:42	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610307.73	1229018.08	3	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	10	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:44	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610307.86	1229016.95	3	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:45	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610315.78	1229020.64	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:47	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610316.42	1228999.08	3	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	6	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:49	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610316.6	1228995.69	3	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:50	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610318.93	1228997.04	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:50	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610319.65	1228992.54	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	8	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:54	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610321.59	1228983.72	4.9	+	M			4		Nyffeneqer Nadia	75	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:56	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610340.07	1228998.69	4	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	3					
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:01	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610331.77	1228966.01	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	1	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:02	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610334.31	1228957.55	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:03	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610334.56	1228952.5	2	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:08	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610354.03	1228915.52	4.7	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	8	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:09	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610351.36	1228918.93	2	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	12	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:11	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610358.49	1228914.59	4.7	+	M			3		Nyffeneqer Nadia	50	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:13	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610364.62	1228885.5	14	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:20	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610368.19	1228866.52	6	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:22	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610374.75	1228843.33	5	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:30	1036590	Prunus	laurocerasus	L.	329400	Luterbach	2610382.83	1228831.68	6	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	2	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:31	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610381.66	1228830.18	6	+	M			3		Nyffeneqer Nadia	50	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:33	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610397.27	1228821.87	4.9	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:42	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610391.2	1228789.86	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	2	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:51	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610392.66	1228778.16	4.9	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.5	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:55	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610406.52	1228732.81	5	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	0.04	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 10:58	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610419.29	1228707.18	4.7	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	4	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:01	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610424.54	1228683.85	3	+	M			3		Nyffeneqer Nadia	30	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:05	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610434.03	1228667.93	4.14	+	M			1		Nyffeneqer Nadia	10	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:09	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610436.05	1228641.94	4.17	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:12	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610456.4	1228619.99	16	+	M			3		Nyffeneqer Nadia	50	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:30	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610395.28	1228608.27	4.9	+	M			5		Nyffeneqer Nadia	Ganzer Uferbereich					
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:39	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610377.75	1228662.09	4.9	+	M			5		Nyffeneqer Nadia	Ganzer Uferbereich					
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:47	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610343.12	1228759.8	5	+	M			5		Nyffeneqer Nadia	Ganzes Uferseite					
Emmensachsen	#####	05.09.2023 12:38	1038500	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610263.41	1228935.34	4.9	+	M			2		Nyffeneqer Nadia	25	m2				
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:36	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610373.87	1228622.16	4.48	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:38	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610364.56	1228639.14	3.93	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 11:39	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Zuchwil	2610352.32	1228655.59	7	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:25	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610379.99	1229037.87	4.3	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:30	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610391.74	1229021.98	13	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:40	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610296.7	1229111.62	13	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:42	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610296.75	1229080.94	14	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:51	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610319.61	1229077.07	4.26	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:53	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610326.52	1229083.08	4.48	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 08:55	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610339.65	1229080.32	4.32	+	M			3		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:09	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610360.04	1229075.01	4.07	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:13	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610363.01	1229059.8	4.73	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:17	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610358.15	1229045.77	7	+	M			1		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	05.09.2023 09:18	1135	Robinia	pseudoacacia	L.	346500	Luterbach	2610369.04	1229031.33	8	+	M			2		Alina Kurmann						
Emmensachsen	#####	12.09.2023 09:59	1040540	Salix	alba	L.	362800	Zuchwil	2610232.38	1229096.97	1.6	+	M			1		Schmocker-Flück Daniela	2					
Emmensachsen	#####	12.09.2023 10:01	1040540	Salix	alba	L.	362800	Luterbach	2610264.55	1229060.23	9	+	M			1		Schmocker-Flück Daniela	5					
Emmensachsen	#####	12.09.2023 10:02	1040540	Salix	alba	L.	362800	Zuchwil	2610250.17	1229033.44	1.6													

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon	taxon_name	taxon_no	isfs	municipality	x	y	xy_precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v_observers	supplements	abundance
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:07	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610288.97	1228934.37	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	2	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:08	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610294.18	1228918.26	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:08	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610320.48	1228897.18	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:09	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610326.17	1228890.89	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:09	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610309.92	1228872.15	1.9	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:13	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610357.29	1228709.36	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	3	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:13	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Zuchwil	2610356.16	1228709.17	1.4	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	2	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:14	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610360.58	1228706.58	2.2	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:15	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610364.78	1228688.8	1.9	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	4	
Emmenschachen	#####	12.09.2023	10:15	1040540	Salix alba L.	362800	Zuchwil	2610388.2	1228650.3	2.4	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	2	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:27	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610348.53	1228907.26	8	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 2	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:39	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610407.63	1228735.02	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 10	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:43	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610430.71	1228678.54	1.7	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 2	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:44	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610437.58	1228646.68	1.5	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 15	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:46	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610440.5	1228640.02	1.6	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Ind 5	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:48	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610452.4	1228619.84	1.5	+	M	3				3		Schmocker-Flück Daniela	Indi 51-100	
Emmenschachen	#####	26.06.2023	12:49	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610453.54	1228616.88	1.6	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 5	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:12	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610137.17	1229537.73	4.9	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	1 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:13	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610130.06	1229558.28	4.9	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	0.5 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:13	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610125.93	1229557.26	4.7	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	1 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:19	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610085.22	1229669.88	4.7	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	1 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:22	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610089.1	1229720.16	4.7	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	1 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:22	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610102.81	1229745.96	4.7	+	M	2				2		Nyffenegger Nadja	20 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:35	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610129.5	1229822.32	4.9	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	0.5 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:41	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610171.68	1229490.35	4.9	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	2 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:42	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610170.07	1229480.83	4.9	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	0.5 m2	
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:13	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610147.94	1229551.25	25.12	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:14	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610128.63	1229562.6	4.33	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:15	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610122.47	1229566.44	4.43	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:18	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610087.33	1229657.97	4	+	M	2				2		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:19	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610081.57	1229675.37	4.31	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:21	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610086.3	1229706.87	5.72	+	M	2				2		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:24	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610112.71	1229789.88	5.41	+	M	2				2		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:42	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610169.42	1229488.44	4.19	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	05.09.2023	13:47	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610182.12	1229493.05	4.07	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Emmenspitz	#####	26.06.2023	11:39	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610095.81	1229747.31	1.6	+	M	1				1		Schmocker-Flück Daniela	Indi 1	
Emmenspitz	#####	26.06.2023	11:46	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610167.85	1229478.93	1.4	+	M	3				3		Schmocker-Flück Daniela	Indi 51-100	
Emmenspitz	#####	26.06.2023	11:48	1040540	Salix alba L.	362800	Luterbach	2610182.32	1229429.86	1.6	+	M	4				4		Schmocker-Flück Daniela	Indi: 101-250	
Papierfabrik	#####	31.08.2023	09:40	1038500	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610465.03	1226482.72	4.7	+	M	1				1		Nyffenegger Nadja	0.5	
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:27	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610193.09	1226239.56	4.12	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:30	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610194.09	1226247.72	3.58	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:32	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610195.54	1226249.75	6.29	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:33	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610209.21	1226253.26	4.26	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:34	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610221.37	1226267.32	4.9	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:35	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610227.43	1226272.19	4.06	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:36	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610223.53	1226275.6	3.8	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:37	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610232.33	1226269.67	3.4	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:37	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610239.02	1226273.79	3.91	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:38	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610231.47	1226284.97	3.45	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:38	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610237.42	1226299.17	1	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:40	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610257.03	1226296.94	3.23	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:41	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610260.28	1226313.76	3.31	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:42	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610266.9	1226315.48	3.55	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:42	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610273.97	1226312.11	3.4	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:44	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610273.41	1226298.47	3	+	M	2				2		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:45	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610281.29	1226308.69	3.16	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:46	494	Reynoutria japonica Houtt.	343200	Biberist	2610281.1	1226306.32	3.96	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:46	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610285.67	1226312.86	4.07	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:47	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610296.45	1226318.28	3.42	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:47	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610299.18	1226325.98	3.57	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:48	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610305.03	1226330.17	3.43	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:55	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610307.4	1226369.49	3.85	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:55	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610312.31	1226372.76	4.15	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:56	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610317.62	1226377.11	4.03	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:57	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610324.26	1226387.05	3.86	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:57	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610330.29	1226389.71	3.82	+	M	1				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023	08:57	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist	2610333.44	1226363.52	10	+	M	1				1				

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon name	taxon no	isfs	municipality name	x	y	xy precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v_observers	supplements	abundance
Papierfabrik	#####	31.08.2023 08:58	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610340.55	1226394.87		5.2 +	M				2		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 08:59	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610344.53	1226401.38		3.84 +	M				2		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 08:59	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610350.72	1226401.61		3.87 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:00	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610353.27	1226411.67		3.89 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:00	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610359.49	1226414.77		4.05 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:01	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610372.46	1226424.9		3.56 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:02	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610381.16	1226429.13		3.52 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:02	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610386.95	1226431.2		3.63 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:03	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610395.07	1226439.16		3.84 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:04	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610409.59	1226447.96		3.94 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:05	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610402.72	1226404.23		3.81 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:06	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610381.43	1226402.85		8 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:06	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610394.26	1226396.95		4.2 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:09	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610452.46	1226472.93		3.62 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:17	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610432.41	1226480.66		3.49 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:17	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610427.54	1226486.38		4.15 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	31.08.2023 09:23	1135	Robinia pseudoacacia L.	346500	Biberist		2610453.34	1226471.91		5.26 +	M				1		Alina Kurmann		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:38	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610169.47	1226220.71		1.7 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela	1	
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:42	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610186.49	1226237.98		1.5 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:43	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610201.79	1226232.81		1.5 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:43	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610201.66	1226234.48		1.4 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:44	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610217.57	1226234.51		1.5 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:48	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610240.05	1226241.96		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:51	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610246.98	1226249.94		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:53	1024770	Isolepis setacea (L.) R. Br.	216300	Biberist		2610248.61	1226256.05		1.4 +	I				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:56	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610248.23	1226258.28		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 11:59	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610251.63	1226263.47		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:01	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610259.09	1226259.78		1.6 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:02	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610259.32	1226270.9		1.6 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:04	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610265.25	1226274.98		1.5 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:09	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610286.44	1226292.99		1.4 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:09	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610286.44	1226292.99		1.4 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:12	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610289.85	1226296.52		1.9 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:14	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610299.66	1226322.85		1.7 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:16	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610255.72	1226308.88		1.5 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:16	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610227.44	1226366.83		16 +	M				4		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:21	1029860	Myricaria germanica (L.) Desv.	267500	Biberist		2610254.89	1226280.71		1.7 +	I				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:25	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610239.11	1226274.38		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:31	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610267.54	1226269.98		1.7 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:38	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610298.69	1226299.31		1.8 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:43	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610320.62	1226324		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:43	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610319.74	1226324.37		1.4 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:44	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610326.17	1226330.86		2 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:45	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610327.68	1226334.94		1.7 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:55	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610293.69	1226340.63		1.4 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 12:57	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610261.98	1226340.02		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:00	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610355.98	1226403.55		1.4 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:00	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610362.17	1226403.19		1.7 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:04	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610372.44	1226379.3		1.2 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:04	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610372.44	1226379.3		1.2 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:09	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610358.21	1226357.6		1.3 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:10	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610352.78	1226356.29		1.2 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:10	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610352.78	1226356.29		1.2 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:14	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610390.99	1226391.57		1.4 +	M				5		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:16	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610396.66	1226401.95		1.4 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:22	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610416.56	1226430.89		1.4 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:25	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610404.29	1226445.51		1.9 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:28	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610411.05	1226478.13		1.3 +	M				2		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:28	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Biberist		2610411.05	1226477.21		1.2 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:31	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Biberist		2610418.92	1226456.84		1.6 +	M				1		Schmocker-Flück Daniela		
Papierfabrik	#####	12.09.2023 13:36	1040540	Salix alba L.	362800	Biberist		2610472.95	1226473.24		1.4 +	M				6		Schmocker-		

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon	taxon_name	taxon_no	isfs	municipality	x	y	xy_precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v_observers	supplements	abundance
Rüti	#####	31.08.2023	15:24	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610487.81	1227924.68	4.7	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.25 m2
Rüti	#####	31.08.2023	15:25	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610487.81	1227924.68	3.02	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.25 m2
Rüti	#####	31.08.2023	15:33	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610538.2	1227978.66	3	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		1.5 m2
Rüti	#####	31.08.2023	15:34	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Luterbach	2610540.17	1227985.05	9	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:26	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610488.65	1227936.64	3.74	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:28	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610497.64	1227952.14	3.39	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:14	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610519.9	1227898.47	4.03	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:17	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610525.37	1227879.09	4.01	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:22	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610484.4	1227918.41	3.61	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:24	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610486.17	1227922.43	3.68	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	31.08.2023	15:11	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Zuchwil	2610517.95	1227910.2	4.08	+	M			1			Alina Kurmann		
Rüti	#####	26.06.2023	13:17	1040710	Salix	elaeagnos Scop.	364000	Luterbach	2610540.16	1227972.2	1.5	+	M			2			Schmocker-Flück Daniela	Ind 5	
Schwarzweg	#####	20.09.2023	15:04	1014390	Cyperus	fuscus L.	129800	Derendingen	2610726.65	1226960.63	4.7	+	I			2			Nyffeneqer Nadia		
Schwarzweg	#####	20.09.2023	15:28	1014390	Cyperus	fuscus L.	129800	Derendingen	2610728.98	1226959.35	4.9	+	I			1			Nyffeneqer Nadia		
Schwarzweg	#####	20.09.2023	15:50	1014390	Cyperus	fuscus L.	129800	Derendingen	2610733.78	1226941.78	4.7	+	I			1			Nyffeneqer Nadia		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:09	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610696.09	1226750.38	4.7	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.5 m2
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:20	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610746.82	1226825.2	4.7	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.3 m2
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:20	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610746.82	1226825.2	4.9	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.01 m2
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:24	1038500	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610757.43	1226835.25	4.7	+	M			1			Nyffeneqer Nadia		0.5 m2
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:41	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610747.98	1226965.14	5	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:42	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610758.52	1226950.02	4	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:43	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610763.9	1226961.8	3.95	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:45	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610759.23	1226940.7	3	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:45	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610761.37	1226948.44	3.92	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:51	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610768.72	1226947.98	4	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:55	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610774.42	1226927.63	1	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:56	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610776.92	1226918.99	2	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:17	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610727.47	1226939.6	3.77	+	M			3			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:31	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610734.62	1226960.36	4	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:36	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610739.19	1226985.2	3.72	+	M			3			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:39	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610698.17	1226741.65	3.69	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:50	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610704.29	1226854.44	3.54	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:52	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610706.56	1226843.55	3.72	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:56	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610710.9	1226863.15	3.18	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:57	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610714.17	1226876.81	1	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	12:58	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610719.21	1226880.01	3.63	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:00	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610730.44	1226866.93	4	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:07	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610736.49	1226879.6	3.59	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:09	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610750.64	1226895.97	1	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:09	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610748.94	1226902.77	2.96	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:10	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610747.17	1226917.93	3	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:11	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610731.91	1226907.23	3.77	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:12	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610721.61	1226912.49	3.76	+	M			2			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:14	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610724.7	1226930.16	4.97	+	M			3			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:14	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610682.34	1226929.29	11	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:15	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610684.27	1226943.04	11	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	13:16	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610733.46	1226931.05	3.77	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:15	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610633.4	1226786.16	11	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:23	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610697.28	1226790.4	3.34	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:24	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610701.46	1226790.81	4.22	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	10:48	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610669.93	1226679.28	6.3	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	10:54	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610676.55	1226747.89	3.53	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	10:58	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610657.56	1226727.04	3.32	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:00	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610641.15	1226696.91	3.26	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:03	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610655.45	1226702.56	1	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:04	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610666.52	1226707.17	5	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:04	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610658.03	1226707.61	1	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:06	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610657.44	1226714.86	4.64	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	31.08.2023	11:08	1135	Robinia	pseudoacacia L.	346500	Derendingen	2610666.3	1226725.96	4.64	+	M			1			Alina Kurmann		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	16:49	1040710	Salix	elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610737.34	1226818.17	1.5	+	M			1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	09:51	1024770	Isolepis	setacea (L.) R. Br.	216300	Derendingen	2610751.85	1227039.07	1.6	+	I			1			Schmocker-Fl		

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon	taxon_name	taxon_no	isfs	municipality	name	x	y	xy	precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v	observers	supplements	abundance
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:17	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610771.13	1226994.44	1.4	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:18	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610770.01	1226984.44	2.1	+	M						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:31	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610754.49	1226977.18	1.4	+	M						13	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:32	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610736.67	1226979.56	1.4	+	M						13	14			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:38	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610774.59	1226966.29	3.3	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:47	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610774.6	1226959.43	1.4	+	M						3	12			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:48	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610775.36	1226961.1	1.5	+	M						5	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	10:58	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610776.03	1226937.38	2	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:04	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610781.58	1226939.62	1.4	+	I						11				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:05	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610778.67	1226941.28	1.5	+	M						13	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:08	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610785.4	1226925.35	1.6	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:13	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610786.42	1226919.43	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:14	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610782.75	1226922.76	1.7	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:16	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610780.11	1226914.41	1.8	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:18	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610787.94	1226917.95	1.7	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:19	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610786.57	1226906.83	1.8	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:20	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610788.09	1226902.38	1.6	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:24	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610777.46	1226916.26	2.2	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:25	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610773.31	1226901.8	1.4	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:26	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610774.34	1226895.5	1.6	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:27	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610789.5	1226892.75	1.5	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:32	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610791.92	1226881.08	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:33	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610789.52	1226880.52	2.1	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:33	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610782.57	1226882.55	1.1	+	M						12	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:38	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610790.03	1226875.7	1.4	+	I						11				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:40	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610785.76	1226863.84	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:46	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610792.22	1226856.25	1.3	+	M						3	14			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:52	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610785.77	1226856.8	1.4	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	11:56	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610798.53	1226856.45	1.4	+	M						11	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	12:04	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610801.32	1226852.01	1.6	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:00	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610783.97	1226805.28	1.3	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:02	1048270	Typha minima Hoppe	432300	Derendingen	2610785.36	1226805.28	1.5	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:08	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610782.58	1226805.83	1.3	+	M						13	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:20	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610788.72	1226834.94	1.3	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:21	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610784.81	1226832.52	1.3	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:23	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610780.88	1226841.59	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:30	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610764.93	1226789.5	1.8	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:34	1048270	Typha minima Hoppe	432300	Derendingen	2610762.4	1226788.2	1.5	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:38	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610753.56	1226790.77	1.6	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:39	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610745.35	1226791.13	1.3	+	M						11	16			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:40	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610738.92	1226785.74	1.8	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:42	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610744.86	1226778.34	1.7	+	I						5				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:42	1048270	Typha minima Hoppe	432300	Derendingen	2610743.6	1226777.41	1.4	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela	13 triebe	
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:48	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610734.4	1226767.76	1.9	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	13:57	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610740.7	1226778.52	1.7	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:14	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610760.79	1226770.96	1.5	+	M						12	13			Schmocker-Flück Daniela	Entlang böschung	
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:19	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610735.42	1226761.09	1.7	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:21	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610723.44	1226753.29	1.6	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:22	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610731.65	1226752.93	1.5	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:26	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610713.85	1226744.94	1.2	+	M						4	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:28	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610714.87	1226740.12	1.4	+	I						3				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:31	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610718.04	1226735.49	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:37	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610714.91	1226720.48	1.5	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:42	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610685.28	1226688.18	1.4	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:43	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610687.44	1226682.07	1.3	+	I						2				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:48	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610653.99	1226669.78	1.4	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:48	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610656.02	1226664.78	1.6	+	I						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:50	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610651.36	1226654.96	1.3	+	M						3	13			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:56	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610634.18	1226656.04	1.3	+	M						3	14			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:57	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610613.49	1226645.81	1.4	+	M						12				Schmocker-Flück Daniela	Böschung, bäume	
Schwarzweg	#####	19.07.2023	14:58	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610595.81	1226644.67	1.4	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023	15:02	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610623.44	1226663.06	1.4	+	M						1				Schmocker-Flück Daniela	Strauch	
Schwarzweg	#####	19.07.2023	15:06</																					

NAME	obs_id	date	taxon	taxon_id	taxon_taxon_name	taxon_no	isfs	municipality_name	x	y	xy_precision	presence	count	unit	abundance	code	cover	v_observers	supplements	abundance
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:24	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610691.89	1226738.41	1.5	+	I				2			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:27	1040710	Salix elaeagnos Scop.	364000	Derendingen	2610681.66	1226737.1	1.8	+	M				3			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:38	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610702.43	1226775.12	1.3	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:41	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610708.03	1226750.11	1.7	+	I				2			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:42	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610708.42	1226743.63	1.2	+	I				2			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:44	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610705.91	1226736.95	1.2	+	M				11	13		Schmocker-Flück Daniela	Strauch	
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:44	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610707.3	1226736.03	1.3	+	I				3			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:50	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610701.52	1226722.12	1.4	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:55	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610718.85	1226778.11	1.4	+	I				3			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:55	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610717.2	1226778.11	1.3	+	M				12	13		Schmocker-Flück Daniela	Sträucher	
Schwarzweg	#####	19.07.2023 15:57	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610723.64	1226782.75	1.4	+	I				3			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:00	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610730.18	1226797.96	1.2	+	M				12	15		Schmocker-Flück Daniela	Sträucher	
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:02	1024940	Juncus bufonius L.	218200	Derendingen	2610710.7	1226814.23	1.7	+	I				3			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:03	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610695.29	1226813.83	1.2	+	M				11	13		Schmocker-Flück Daniela	Hügel, Sträucher	
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:08	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610705.48	1226833.86	1.3	+	M				11	16		Schmocker-Flück Daniela	Hügel, Sträucher	
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:24	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610719.18	1226805.54	1.2	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:49	1040540	Salix alba L.	362800	Derendingen	2610739.11	1226819.65	1.6	+	M				13	16		Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:55	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610787.12	1226812.14	1.4	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 16:58	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610787.99	1226817.7	1.4	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 17:07	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610789	1226819.19	1.3	+	I				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 17:10	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610772.63	1226788.77	1.4	+	H				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 17:22	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610790.49	1226831.42	1.4	+	H				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 17:23	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610790.49	1226831.42	1.3	+	H				1			Schmocker-Flück Daniela		
Schwarzweg	#####	19.07.2023 17:24	1042240	Schoenoplectus mucronatus (L.) Palla	378300	Derendingen	2610792.03	1226820.3	1.3	+	H				1			Schmocker-Flück Daniela		

Anhang E

Bestandeserhebung Fische

Details zur Auswertung der Parameter Artenspektrum & Dominanzverhältnis sowie Individuen- und Biomassendichten des Indikators Bestandeserhebung Fische. Sämtliche Abbildungen sind Screenshots aus der Anwendung FishAssess, welche auf die Methodik des Modulstufenkonzepts Fische ausgelegt ist.

Definition Artenspektrum**Vorkommende Arten**

Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	N ₀ /ha
Alet	Alet	Ja	zwingend	Nein	86.4	52
Atlantische Forelle - Bachforelle	Forellen	Ja	zwingend	Ja	70.0	126
Barbe	Barben	Ja	zwingend	Ja	75.6	14
Elritze	Elritzen	Ja	zwingend	Nein	75.8	1378
Groppe	Groppe	Ja	zwingend	Ja	84.4	660
Regenbogenforelle	Regenbogenforelle	Nein	nicht zwingend	Nein	0.0	3
Schmerle, Bartgrundel	Schmerle	Ja	zwingend	Nein	88.0	1102

Definition Artenspektrum**Vorkommende Arten**

Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	N ₀ /ha
Alet	Alet	Ja	zwingend	Nein	86.4	769
Atlantische Forelle - Bachforelle	Forellen	Ja	zwingend	Ja	70.0	44
Barbe	Barben	Ja	zwingend	Ja	75.6	439
Elritze	Elritzen	Ja	zwingend	Nein	75.8	15526
Groppe	Groppe	Ja	zwingend	Ja	84.4	99
Gruending	Gruendinge	Ja	zwingend	Nein	86.4	261
Rotaugen	Rotaugen	Ja	nicht zwingend	Nein	7.5	25
Schmerle, Bartgrundel	Schmerle	Ja	zwingend	Nein	88.0	3677
Schneider	Schneider	Ja	zwingend	Ja	133.9	2174
Stichling	Stichling	Nein		Nein	0.0	15

Zusätzlich zu erwartende Arten

Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}
Aesche	Aesche	Ja	zwingend	Ja	166.7
Nase	Nasen	Ja	zwingend	Ja	117.5
Bachneunauge	Neunaugen	Ja	zwingend	Ja	147.2
Gruending	Gruendinge	Ja	zwingend	Nein	86.4
Schneider	Schneider	Ja	zwingend	Ja	133.9

IA: Indikatorart

EK_G: Erwartungskategorie gewichtet**Zusätzlich zu erwartende Arten**

Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}
Aesche	Aesche	Ja	zwingend	Ja	166.7
Nase	Nasen	Ja	zwingend	Ja	117.5
Bachneunauge	Neunaugen	Ja	nicht zwingend	Ja	73.6

IA: Indikatorart

EK_G: Erwartungskategorie gewichtet

Abbildung 89 Artenspektrum des Abschnittes Derendingen im Ausgangszustand 2010 (oben) und dem Projektzustand 1 2023 (unten); IA = Indikatorart, EK = Erwartungskategorie

Definition Artenspektrum						
Vorkommende Arten						
Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	N ₀ /ha
Atlantische Forelle - Bachforelle	Forellen	Ja	zwingend	Ja	60.0	16
Barbe	Barben	Ja	zwingend	Ja	93.3	2
Elritze	Elritzen	Ja	zwingend	Nein	67.5	833
Groppe	Groppe	Ja	zwingend	Ja	76.7	207
Schmerle, Bartgrundel	Schmerle	Ja	zwingend	Nein	92.0	955
Zusätzlich zu erwartende Arten						
Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	
Gruendingling	Gruendinglinge	Ja	zwingend	Nein	88.3	
Alet	Alet	Ja	zwingend	Nein	88.3	
Schneider	Schneider	Ja	zwingend	Ja	143.3	
Aesche	Aesche	Ja	zwingend	Ja	150.0	
Nase	Nasen	Ja	zwingend	Ja	131.3	
Bachneunauge	Neunaugen	Ja	zwingend	Ja	128.3	
IA: Indikatorart						
EK ₀ : Erwartungsklasse gewichtet						

Definition Artenspektrum						
Vorkommende Arten						
Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	N ₀ /ha
Alet	Alet	Ja	zwingend	Nein	84.4	2881
Atlantische Forelle - Bachforelle	Forellen	Ja	zwingend	Ja	80.0	15
Barbe	Barben	Ja	zwingend	Ja	57.8	4042
Cobite italiano	Steinbeisser	Nein	nicht zwingend	Nein	0.0	5
Elritze	Elritzen	Ja	zwingend	Nein	84.2	17315
Groppe	Groppe	Ja	zwingend	Ja	92.2	191
Gruendingling	Gruendinglinge	Ja	zwingend	Nein	84.4	268
Schleie	Schleie	Ja	nicht zwingend	Nein	2.5	21
Schmerle, Bartgrundel	Schmerle	Ja	zwingend	Nein	84.0	17790
Schneider	Schneider	Ja	zwingend	Ja	124.4	439
Stichling	Stichling	Nein	nicht zwingend	Nein	0.0	21
Zusätzlich zu erwartende Arten						
Fischart	Artengruppe	Standorttypisch	Vorkommen	IA	EK _{GEWICHTET}	
Aesche	Aesche	Ja	zwingend	Ja	183.3	
Nase	Nasen	Ja	zwingend	Ja	103.8	
Bachneunauge	Neunaugen	Ja	nicht zwingend	Ja	83.1	
IA: Indikatorart						
EK ₀ : Erwartungsklasse gewichtet						

Abbildung 90 Artenspektrum des Abschnittes Luterbach im Ausgangszustand 2010 (oben) und dem Projektzustand 1 2023 (unten); IA = Indikatorart, EK = Erwartungsklasse

Standardisierte Werte für Individuen- und Biomassendichte

Artengruppe	Indikator-art	Erwartungswerte							Beobachtete Werte							Herkunft beobachtete Werte	Artspezifische Abweichung Erwartungsklasse (EK)		
		Individuendichte			Biomassendichte		Korrektur Erwartungswert		Individuendichte				Biomassendichte				ID	BD	
		EK	min n/ha	max n/ha	min kg/ha	max kg/ha	min n/ha	Begründung	BK	n/ha	oberes KI	unteres KI	BK	kg/ha	oberes KI				unteres KI
Alet	Nein	86.4	1680	INF	114.0	INF			2.5	52	55	49	35.0	27.29	28.86	25.71	Schätzwert CS	-83.9	-51.4
Barben	Ja	37.8	195	INF	15.0	INF			2.5	14			0.0	0.40			Fang	-35.3	-37.8
Elritzen	Nein	75.8	7000	INF	12.0	INF			25.0	1863	1976	1751	50.0	6.34	6.73	5.96	Schätzwert CS	-50.8	-25.8
Forellen	Ja	35.0	700	INF	35.0	INF			5.0	137	151	123	15.0	15.56	17.15	13.97	Schätzwert CS	-30.0	-20.0
Groppe	Ja	42.2	1275	INF	8.5	INF			20.0	660			15.0	3.14			Fang	-22.2	-27.2
Schmerle	Nein	88.0	12000	INF	24.0	INF			17.5	1447	1540	1354	35.0	5.78	6.15	5.41	Schätzwert CS	-70.5	-53.0

Standardisierte Werte für Individuen- und Biomassendichte

Artengruppe	Indikator-art	Erwartungswerte							Beobachtete Werte								Herkunft beobachtete Werte	Artspezifische Abweichung Erwartungsklasse (EK)	
		Individuendichte			Biomassendichte		Korrektur Erwartungswert		Individuendichte				Biomassendichte					ID	BD
		EK	min n/ha	max n/ha	min kg/ha	max kg/ha	min n/ha	Begründung	BK	n/ha	oberes KI	unteres KI	BK	kg/ha	oberes KI	unteres KI			
Alet	Nein	86.4	1680	INF	114.0	INF			62.5	892	956	828	72.5	74.66	80.01	69.30	Schätzwert CS	-23.9	-13.9
Barben	Ja	37.8	195	INF	15.0	INF			77.5	572	646	498	5.0	2.27	2.56	1.97	Schätzwert CS	0.0	-32.8
Elritzen	Nein	75.8	7000	INF	12.0	INF			100.0	20780	21273	20287	100.0	40.05	41.00	39.10	Schätzwert CS	0.0	0.0
Forellen	Ja	35.0	700	INF	35.0	INF			0.0	44	49	39	2.5	4.09	4.56	3.63	Schätzwert CS	-35.0	-32.5
Groppe	Ja	42.2	1275	INF	8.5	INF			2.5	99			2.5	0.83			Fang	-39.7	-39.7
Gruendlinge	Nein	86.4	3480	INF	18.0	INF			12.5	320	370	271	27.5	3.43	3.96	2.90	Schätzwert CS	-73.9	-58.9
Rotauge	Nein	15.0	510	1020	7.5	15.0			0.0	25	30	20	0.0	0.06	0.07	0.05	Schätzwert CS	-15.0	-15.0
Schmerle	Nein	88.0	12000	INF	24.0	INF			60.0	5831	6220	5441	47.5	7.61	8.11	7.10	Schätzwert CS	-28.0	-40.5
Schneider	Ja	66.9	214	INF	1.0	INF			100.0	2450	2538	2361	100.0	4.28	4.43	4.12	Schätzwert CS	0.0	0.0

Abbildung g1 Individuen und Biomassendichte des Abschnitts Derendingen 2010 oben 2023 unten; EK = Erwartungsklasse, BK = Beobachtungsklasse, KI = Konfidenzintervall, ID = Individuendichte, BD = Biomassendichte, Schätzwert CS = Carle & Strub (Carle, 1978) Dichteabschätzung; die artspezifischen Erwartungsklassen und Beobachtungsklassen werden durch die Längszonierung (Fischregion) festgelegt.

Standardisierte Werte für Individuen- und Biomassendichte

Artengruppe	Indikator-art	Erwartungswerte							Beobachtete Werte								Herkunft beobachtete Werte	Artspezifische Abweichung Erwartungsklasse (EK)	
		Individuendichte			Biomassendichte		Korrektur Erwartungswert		Individuendichte				Biomassendichte					ID	BD
		EK	min n/ha	max n/ha	min kg/ha	max kg/ha	min n/ha	Begründung	BK	n/ha	oberes KI	unteres KI	BK	kg/ha	oberes KI	unteres KI			
Barben	Ja	46.7	247	INF	19.0	INF			0.0	2	2	2	0.0	0.00	0.00	0.00	Schätzwert CS	-46.7	-46.7
Elritzen	Nein	67.5	5950	INF	10.2	INF			17.5	1300	1423	1178	25.0	3.11	3.40	2.82	Schätzwert CS	-50.0	-42.5
Forellen	Ja	30.0	600	INF	30.0	INF			0.0	16	19	14	0.0	0.15	0.18	0.13	Schätzwert CS	-30.0	-30.0
Groppe	Ja	38.3	1125	INF	7.5	INF			12.5	397	498	296	7.5	1.55	1.95	1.16	Schätzwert CS	-25.8	-30.8
Schmerle	Nein	92.0	13600	INF	27.2	INF			17.5	1519	1657	1380	32.5	5.33	5.82	4.84	Schätzwert CS	-74.5	-59.5

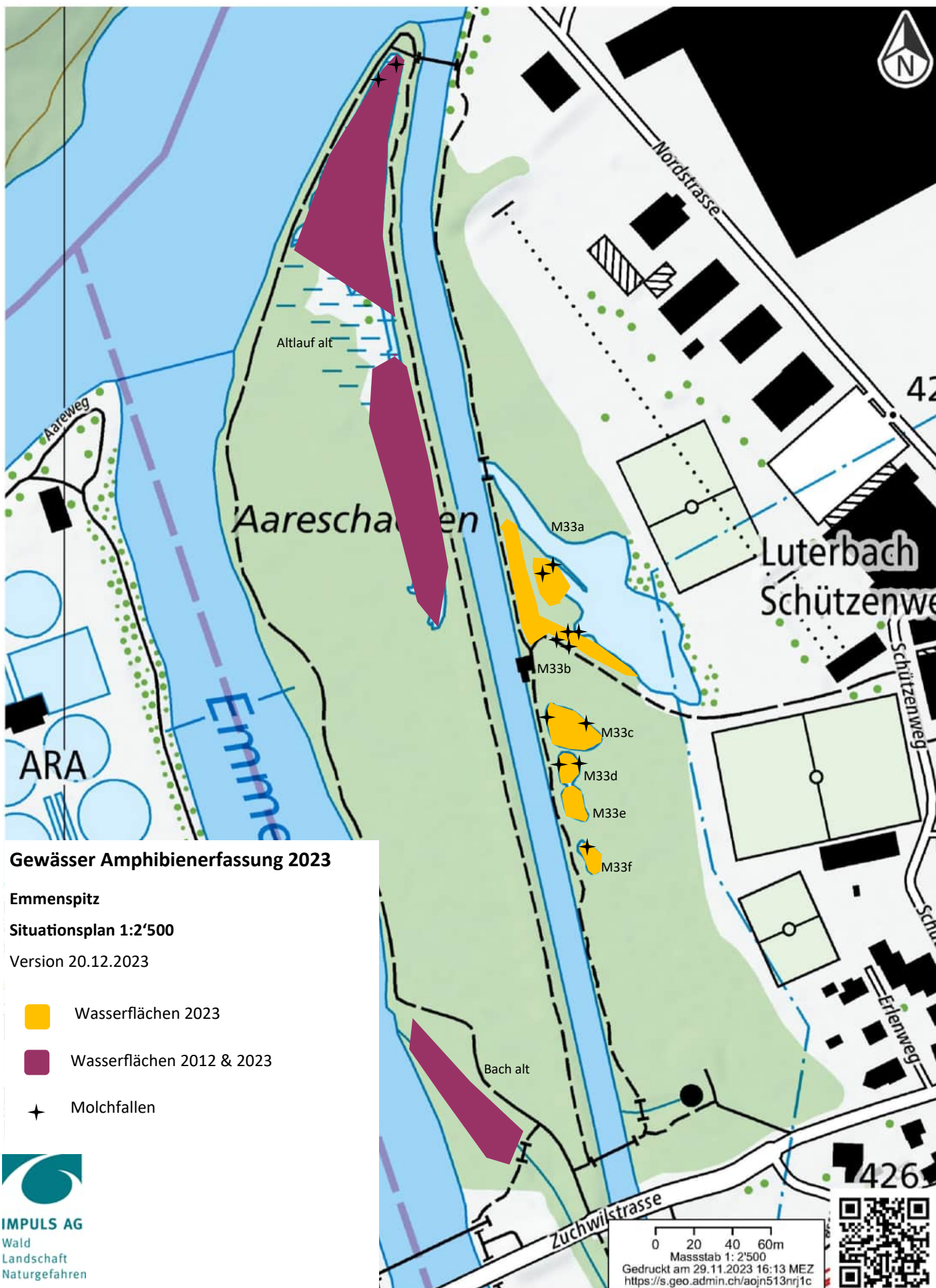
Standardisierte Werte für Individuen- und Biomassendichte

Artengruppe	Indikator-art	Erwartungswerte							Beobachtete Werte								Herkunft beobachtete Werte	Artspezifische Abweichung Erwartungsklasse (EK)	
		Individuendichte			Biomassendichte		Korrektur Erwartungswert		Individuendichte				Biomassendichte					ID	BD
		EK	min n/ha	max n/ha	min kg/ha	max kg/ha	min n/ha	Begründung	BK	n/ha	oberes KI	unteres KI	BK	kg/ha	oberes KI	unteres KI			
Alet	Nein	84.4	1568	INF	106.4	INF			100.0	3072	3139	3005	5.0	3.85	3.93	3.76	Schätzwert CS	0.0	-79.4
Barben	Ja	28.9	156	INF	12.0	INF			100.0	4445	4553	4337	20.0	8.36	8.56	8.15	Schätzwert CS	0.0	-8.9
Elritzen	Nein	84.2	9800	INF	16.8	INF			100.0	22690	23185	22194	100.0	93.77	95.82	91.72	Schätzwert CS	0.0	0.0
Forellen	Ja	40.0	800	INF	40.0	INF			0.0	15	15	15	0.0	1.26	1.26	1.26	Schätzwert CS	-40.0	-40.0
Groppe	Ja	46.1	1350	INF	9.0	INF			7.5	268	336	201	7.5	1.80	2.25	1.35	Schätzwert CS	-38.6	-38.6
Gruendlinge	Nein	84.4	3248	INF	16.8	INF			15.0	372	444	299	17.5	2.26	2.69	1.81	Schätzwert CS	-69.4	-66.9
Schleie	Nein	5.0	6	12	0.6	1.2			17.5	21			0.0	0.22			Fang	-12.5	-5.0
Schmerle	Nein	84.0	11200	INF	22.4	INF			100.0	28689	29602	27775	82.5	21.73	22.42	21.03	Schätzwert CS	0.0	-1.5
Schneider	Ja	62.2	190	INF	0.9	INF			97.5	480	516	444	57.5	0.84	0.90	0.77	Schätzwert CS	0.0	-4.7

Abbildung 92 Individuen und Biomassendichte des Abschnitts Luterbach 2010 oben 2023 unten; EK = Erwartungsklasse, BK = Beobachtungsklasse, KI = Konfidenzintervall, ID = Individuendichte, BD = Biomassendichte, Schätzwert CS = Carle & Strub (Carle, 1978) Dichteabschätzung; die artspezifischen Erwartungsklassen und Beobachtungsklassen werden durch die Längszonierung (Fischregion) festgelegt.

Anhang F

Plan Amphibienerfassung



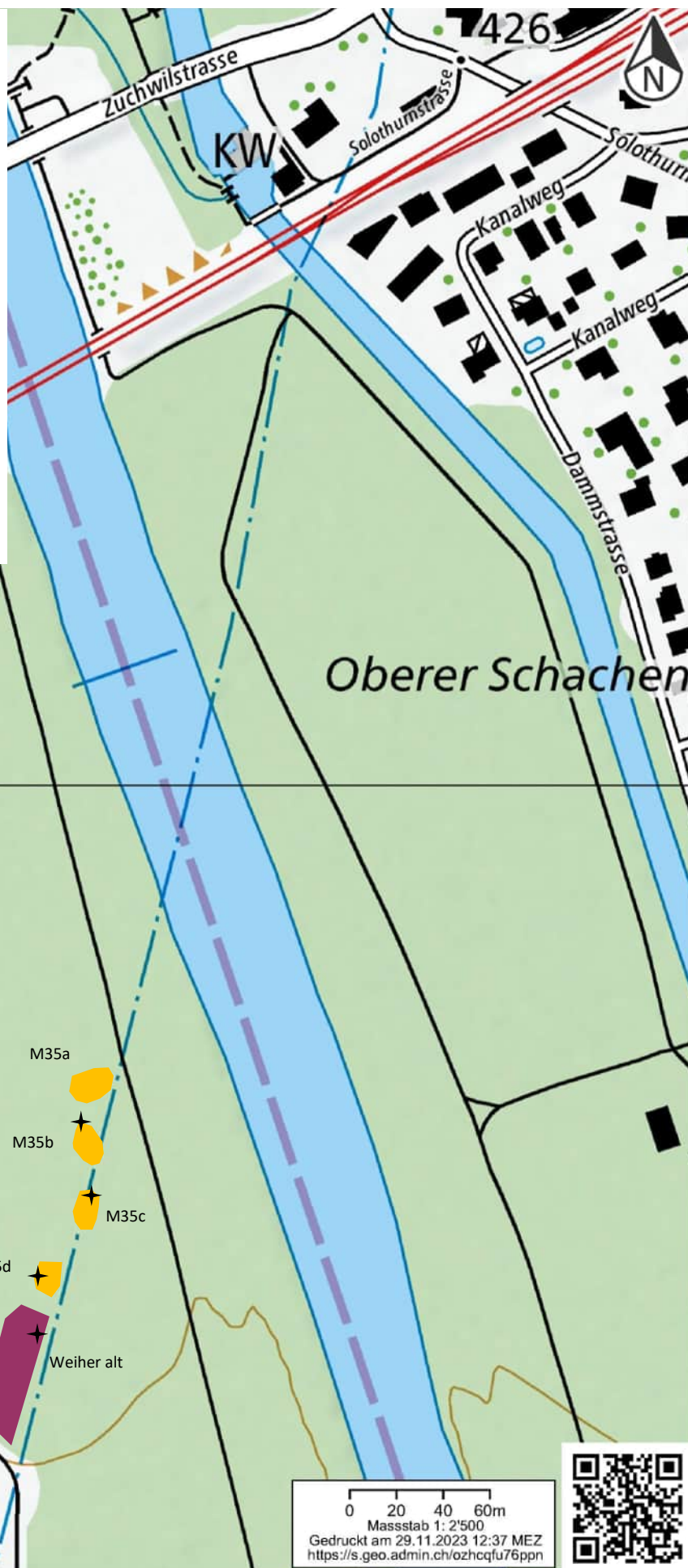
Gewässer Amphibienerfassung 2023

Emmenschachen

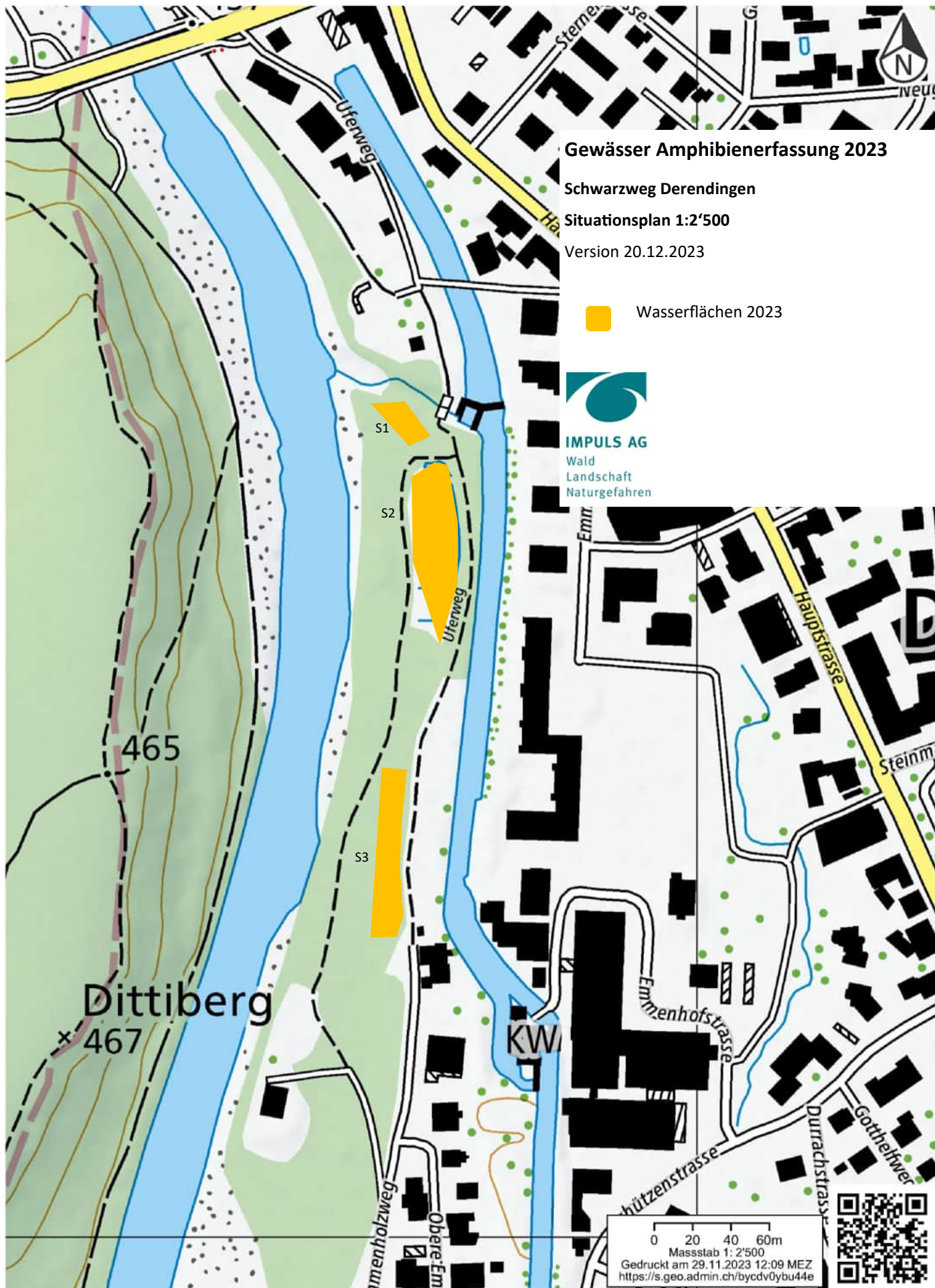
Situationsplan 1:2'500

Version 20.12.2023

-  Wasserflächen 2023
-  Wasserflächen 2012 & 2023
-  Molchfallen



olz



Gewässer Amphibienerfassung 2023

Papierfabrik –Schwarzweg

Situationsplan 1:2'500

Version 20.12.2023

Wasserflächen 2023

Molchfallen



IMPULS AG

Wald
Landschaft
Naturerfahren

