KANTON solothurn

Amt für Umwelt

Erfolgskontrolle Aare, Olten bis Aarau

Erhebung 1. Projektzustand

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung 7
2. Einleitung 9
2.1. Konzept 9
2.2. Bewertung 13
2.3. Veränderungen im Projektperimeter 14
3. Geschiebehaushalt 16
3.1. Beschrieb 16
3.2. Methode Erhebung und Auswertung 16
3.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 17
3.4. Resultate 17
3.5. Kurzdiskussion 20
4. Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats 22
4.1. Beschrieb 22
4.2. Methode Erhebung und Auswertung 22
4.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 24
4.4. Resultate 25
4.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau 25
4.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 29
4.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien 34
4.5. Kurzdiskussion 37
5. Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit 39
5.1. Beschrieb 39
5.2. Methode Erhebung und Auswertung 39
5.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 41
5.4. Resultate 41
5.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau 41
5.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 45
5.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien 49
5.5. Kurzdiskussion 53

6. Sohlenstruktur 55
6.1. Beschrieb 55
6.2. Methode Erhebung und Auswertung 55
6.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 57
6.4. Resultate 57
6.4.1. Ausgangszustand 57
6.4.2. Projektzustand 1 62
6.4.3. Vergleich 72
6.5. Kurzdiskussion 75
7. Dynamik der Sohlenstruktur 76
7.1. Beschrieb 76
7.2. Methode Erhebung und Auswertung 76
7.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 77
7.4. Resultate 77
7.4.1. Ausgangszustand 77
7.4.2. Projektzustand 80
7.4.3. Vergleich 80
7.5. Kurzdiskussion 80
8. Uferstruktur 81
8.1. Beschrieb 81
8.2. Methode Erhebung und Auswertung 81
8.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 83
8.4. Resultate 83
8.4.1. Ausgangszustand 83
8.4.2. Projektzustand 1 84
8.4.3. Vergleich 88
8.5. Kurzdiskussion 89
9. Dynamik der Uferstruktur 90
9.1. Beschrieb 90
9.2. Methode Erhebung und Auswertung 90
9.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 92
9.4. Resultate 92
9.4.1. Ausgangszustand 92
9.4.2. Projektzustand 94
9.4.3. Vergleich 94
9.5. Kurzdiskussion 95

10. Veränderung des Fischbestandes 96
10.1. Beschrieb 96
10.2. Methode Erhebung und Auswertung 96
10.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 97
10.4. Resultate 98
10.4.1. Ausgangszustand 98
10.4.2. Projektzustand 1 99
10.4.3. Vergleich 108
10.5. Kurzdiskussion 111
11. Durchgängigkeit für Fische 114
11.1. Beschrieb 114
11.2. Methode Erhebung und Auswertung 114
11.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 115
11.4. Resultate 115
11.4.1. Ausgangszustand 115
11.4.2. Projektzustand 1 124
11.4.3. Vergleich 130
11.5. Kurzdiskussion 130
12. Libellen 131
12.1. Beschrieb 131
12.2. Methode Erhebung und Auswertung 131
12.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 132
12.4. Resultate 133
12.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau 134
12.4.2. U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen 134
12.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau 134
12.5. Kurzdiskussion 135
13. Zeitliches Mosaik und Sukzession 137
13.1. Beschrieb 137
13.2. Methode Erhebung und Auswertung 137
13.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 138
13.4. Resultate 138
13.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau 139
13.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 140
13.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien 142
13.5. Kurzdiskussion 143

14. Besucherzahl 145
14.1. Beschrieb 145
14.2. Methode Erhebung und Auswertung 145
14.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 146
14.4. Resultate 146
14.5. Kurzdiskussion 148
15. Fotografische Dokumentation 149
15.1. Beschrieb 149
15.2. Methode Erhebung und Auswertung 149
15.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 150
15.4. Resultate 150
15.4.1. 150
15.4.2. Vergleich 150
15.5. Kurzdiskussion 150
16. Schlussfolgerungen 152
16.1.1. Beurteilung Projektzustand 152
16.1.2. Vergleich Ausgangs- und Projektzustand 154
16.1.3. Schlussfolgerungen 156
17. Verzeichnisse 157
17.1. Literaturverzeichnis 157

Anhang

A1 Untersuchungsperimeter 159
A2 Beschaffenheit des Substrates 160
A3 Fachbericht Libellen 162
A4 Definition Mesohabitate 163
A5 Fotodokumentation 164

1. Zusammenfassung

Bis 2019 wurde das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt auf dem Aareabschnitt zwischen Olten und Aarau realisiert. Aus diesem Projekt sowie aus den Massnahmen zur Neukonzessionierungen der beiden Wasserkraftwerke Aarau und Gösgen ergeben sich verschiedenartige Eingriffe am und entlang des Gewässers, u.a. mit den Zielen, den Hochwasserschutz zu verbessern, den Erholungsraum attraktiver zu gestalten und wertvolle, vom Wasser geprägte Lebensräume zu schaffen bzw. die Qualität bestehender Lebensräume zu verbessern.

Die Wirkung der realisierten Massnahmen dieser Aareprojekte soll im Rahmen einer synergetischen Erfolgskontrolle überprüft werden. Dazu wurde 2014 ein Erfolgskontrollenkonzept erarbeitet. Dieses legt Indikatoren fest zur Erhebung des Ausgangszustands sowie der Erhebung der Projektzustände 5 bzw. 10 Jahre nach Bauende und nach kleineren Hochwasserereignissen (HQ5 in der Aare). Mit Abschluss der Bauarbeiten und mit einem Hochwasserereignis im Jahr 2021 waren diese Bedingungen erfüllt. Die Erhebungen für den 1. Projektzustand erfolgten im Jahr 2022 und werden im vorliegenden Bericht dokumentiert

Die folgenden 13 lndikatoren wurden definiert, um die Zielerfüllung der Projektmassnahmen abzubilden:

- Geschiebehaushalt
- Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats
- Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit
- Sohlenstruktur
- Dynamik der Sohlenstruktur
- Uferstruktur
- Dynamik der Uferstruktur
- Veränderung des Fischbestandes
- Durchgängigkeit für Fische
- Libellen
- Zeitliches Mosaik und Sukzession
- Besucherzahl
- Fotografische Dokumentation

Der **Geschiebehaushalt** der Aare ist heute massiv beeinträchtigt. Im natürlichen Zustand wurden in der Projektstrecke rund 13‘000 m^3/Jahr Geschiebe transportiert; bei der Erhebung des Ausgangszustandes waren es noch rund 2'500 m^3/Jahr. Grund für diese massive Abnahme sind die Kraftwerke in der Aare. Der Geschiebetrieb soll durch die Schüttung von Kiesbänken sowie durch das Einstellen der Kiesentnahme an der Wiggermündung reaktiviert und auf rund 3‘200 bis 5‘000 m^3/Jahr erhöht werden. Da die Schüttungen kurz vor der Aufnahme des Ausgangszustandes erfolgten, haben diese aber noch keine Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt in der Projektstrecke. Aus Sicht Geschiebehaushalt hat das Projekt vor allem in der Restwasserstrecke Gösgen eine leichte Verbesserung generiert. In der Restwasserstrecke Aarau ist die Bewertung unverändert, leicht besser als in der Restwasserstrecke Gösgen.

Zwischen 2014 und 2022 zeigt sich in allen drei Abschnitten eine Verbesserung hinsichtlich der **Verteilung der Substratklassen**. Noch immer ist die Sohle in allen drei Abschnitten in Aussenkurven stark abgepflästert. Ob eine grössere Geschiebezufuhr in Zukunft ausreicht, um die Abpflästerung in den stark durchströmten Bereichen zu überdecken, ist derzeit ungewiss.

Die Auswertung von **Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit** ergab unterschiedliche Resultate je nach Abschnitt. Die Modellierungen und auch Begehungen haben allerdings gezeigt, dass gewisse Seitenarme schlecht durchströmt sind. Die Seitengerinne sind im Sommer veralgt, das Substrat grob und kolmatiert.

Die untersuchten Strecken zeigen in unterschiedlicher Ausprägung eine grosse Vielfalt an Mesohabitaten resp. an **Sohlenstrukturen**. In allen erhobenen Strecken ist das Hauptgerinne mehrheitlich noch im selben Gewässerbett mit oft steilen oder verbauten Ufern und hat geringe Möglichkeiten zur eigendynamischen Entwicklung. Eine Ausuferung und damit die Bildung unterschiedlicher peripher gelegener Mesohabitate - insbesondere bei höheren Abflüssen - kann sich oft nicht ausbilden. Trotz vereinzelter Einbauten fehlen zudem in allen Untersuchungsabschnitten weitgehend grössere Totholzstrukturen im Gerinne, welche im Naturzustand wohl deutlich häufiger vorzufinden wären. Dennoch entstand bei der Erhebung des 1. Projektzustandes der Eindruck, dass das Gewässer bezüglich der Sohlenstrukturen deutlich vielfältiger ist, als noch im Ausgangszustand.

Die im Rahmen der **Uferstruktur** betrachteten Uferzonen sind wichtige Fischlebensräume. Besonders Flachufer bieten Habitat für Jungfische, aber auch für die Adultstadien von Kleinfischarten. Die Verfügbarkeit von Flachufern ist in den verschiedenen Abschnitten unterschiedlich. In der Strecke U5 sind Flachufer ausreichend vorhanden, insbesondere im Nebengerinne, aber auch entlang der Insel im Hauptgerinne. In den Strecken U2 und U7 ist das Angebot an Flachufern – zumindest im Hauptgerinne - knapper. Bei Hochwasser finden die Fische natürlicherweise in strömungsberuhigten Zonen Schutz vor dem Verdriften. Solche Strukturen kommen in sämtlichen Hauptgerinnen nur in geringem Ausmass vor.

Bezüglich des **Fischbestands** konnten im Projektzustand 1 insgesamt 19 Fischarten nachgewiesen werden. Es fehlten im Vergleich zur Referenzfauna von 25 Arten (Zustand um 1900) in sämtlichen Abschnitten einige Arten. Alet und Elritze waren sowohl im Projektzustand 1 als auch im Ausgangszustand in allen drei Abschnitten die zahlenmässig dominierenden Arten. Die Absenz der Barben (sind auf stärker strömende Abschnitte angewiesen) in gewissen Nebenarmen ist ein Indiz dafür, dass die Nebenarme über die meiste Zeit des Jahres nicht oder nur gering durchströmt werden. Es konnten mehr standortgerechte Arten und Gilden und wenn auch nur vereinzelt, bedrohte Leitarten wie die Äsche und Nase nachgewiesen werden.

Auf den Indikator **Durchgängigkeit für Fische** hat unter anderem die seit 2022 in der Restwasserstrecke KW Gösgen angepasste Restwasserdotierung einen Einfluss. Die in der Strecke Schachen Winznau für die freie Wanderung benötigten 25 m^3/s sind damit in den Sommermonaten vorhanden. In den übrigen Monaten ist die Wanderung der grossen Fische bei Restwasserbedingungen eingeschränkt. Die beiden anderen untersuchten Strecken können u.a. dank dem Rückbau der Ballyschwelle während dem ganzen Jahr frei durchschwommen werden.

Die nachgewiesene Zahl der **Libellenarten** hat sich über alle Gebiete über die Jahre von 15 auf 24 Arten erhöht. Alle 2014 nachgewiesene Arten konnten wieder gefunden werden. Dank einem grösseren Habitatsangebot hat sich neben den Artenzahlen auch die die Anzahl Individuen in etwa verdreifacht.

Zum Indikator «**Zeitliches Mosaik und Sukzession»** konnte bei allen Untersuchungsabschnitten eine Verbesserung der Vielfalt der Auenformationen festgestellt werden. Jedoch gibt der Wert bereits für den Ausgangszustand bestimmter Abschnitte eine gute Vielfalt der Auenformationen wieder.

Bezüglich der Veränderung der **Besucherzahlen** lässt sich keine abschliessende Aussage machen. Streckenweise wurden sowohl Zunahmen wie auch Abnahmen der Besucherzahlen festgestellt. Genaue Rückschlüsse auf die Gründe für die Zunahme bzw. Abnahme der Besucherzahlen sind nicht ganz einfach zu interpretieren.

Mit der **fotografischen Dokumentation** lassen sich die Veränderungen je nach Standort unterschiedlich gut zeigen. Grössere bauliche Eingriffe (z.B. Rückbau Ballyschwelle oder Bau Seitengerinne) sind gut erkennbar, eigendynamische Entwicklungen lassen sich hingegen kaum feststellen.

Die erste Zustandserhebung lässt zum jetzigen Zeitpunkt noch keine abschliessende und umfassende Gesamtbewertung der Massnahmenwirksamkeit zu. Es zeigt sich jedoch, dass sich bei den Indikatoren mehrheitlich eine Verbesserung der ermittelten Indikatoren-Werte ergeben hat.

Die erste Erhebung offenbart jedoch in bestimmten Bereichen das Potential für Nachbesserungen. So ist auf den Abschnitten U5 und U7 eine Verlandungstendenz im Anströmbereich der Seitengerinne feststellbar. Durch die Ablagerung von Kies wird der Einlauf in die Seitenarme versperrt, sodass erst bei deutlich höheren Abflüssen Wasser in die Seitengerinne strömen kann. Da eine dauerhafte Anbindung der Seitengerinne ein definiertes Ziel des Revitalisierungsprojekts war, zeigt sich ein potentieller Nachbesserungsbedarf. Obwohl der Fischbestand sowohl zahlenmässig als auch bezüglich der Artenvielfalt zugenommen hat, wären für stark strukturgebundene Fischarten, wie die Bachforelle, weitere und grösser ausgelegte Strukturierungsmassnahmen von Vorteil.

Für die kommenden Jahre bzw. die Erhebung des 2. Projektzustandes lassen sich folgende Empfehlungen formulieren: Es ist davon auszugehen, dass die bisher durchgeführten Schüttungen noch keine wesentlichen Auswirkungen auf die Untersuchungsstrecken hatten (Kap. 3). So ist das aktuell gefundene Geschiebe der Klassen 3 und 4 vor allem auf die Bauarbeiten zurückzuführen. Weitere Aufnahmen in den nächsten Jahren werden empfohlen, um den Effekt der Schüttungen beurteilen zu können.

2. Einleitung

2.1. Konzept

Drei Projekte an der Aare

Auf dem Aareabschnitt zwischen Olten und Aarau wurden das Hochwasser- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten bis Aarau realisiert sowie die Wasserkraftwerke Gösgen und Aarau neu konzessioniert. Dadurch ergaben sich verschiedenartige Eingriffe am und entlang des Gewässers. Alle Projekte verfolgten u.a. das Ziel, neue, wertvolle, vom Wasser geprägte Lebensräume zu schaffen.

Das Erfolgskontrollenkonzept (Konzept Erfolgskontrolle Aare Olten bis Aarau vom 12.05.2014, ARGE AareErfolg) wurde synergetisch für alle drei Projekte erarbeitet. Mit den in diesem Konzept definierten Indikatoren soll die Wirkung der realisierten Massnahmen der drei Aareprojekte auf die Umwelt überprüft werden.

Die Indikatoren wurden unter Berücksichtigung der vorgesehenen Projektmassnahmen festgelegt. Die Erhebung des Ausgangszustands fand im Jahr 2014 statt. Die Ergebnisse sind im Bericht «Erhebung Ausgangszustand Erfolgskontrolle Aare Olten bis Aarau» [2] festgehalten.

Erhebung 1. Projektzustand

Gemäss Erfolgskontrollenkonzept hat die Erhebung des 1. Projektzustandes ca. 5 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten und nach kleineren Hochwasserereignissen (HQ5 in der Aare) zu erfolgen. Die Bauarbeiten sind abgeschlossen und mit dem Hochwasser im Jahr 2021 sind diese Bedingungen erfüllt. Die Erhebungen des 1. Projektzustandes war somit im Jahr 2022 angezeigt.

Für die Erhebungen des 1. Projektzustandes wurde das Indikatorenset gemäss Konzept Erfolgskontrolle leicht modifiziert. Die Anpassungen standen im Zusammenhang mit dem neu vorliegenden Handbuch des BAFU zur Wirkungskontrolle [3] Revitalisierungsprojekte, wo gewisse Indikatoren, wie z.B. der HMID, geändert bzw. die Landschaftsstrukturmasse gestrichen wurden. Diese Änderungen bedingten teilweise auch eine Neuauswertung der 2014 erhobenen Daten.

Zudem wurde auf gewisse Erhebungen in bestimmten Untersuchungsstrecken verzichtet und auch die Anzahl der Erhebungen reduziert (siehe jeweilige Kapitel zu den Indikatoren). Die Basiserhebungen für das numerisch-hydraulische 2D-Modell sowie die terrestrische Lebensraumkartierung wurden analog zur Erhebung des Ausgangszustandes erarbeitet.

Die Aufnahme der Sohlenlagen in der Aare, wie auch die Bereitstellung eines hochaufgelösten Luftbilds über die Transekte U2, U4, U5, U6 und U7, erfolgte auf Basis der durch das BAFU beauftragten, flächenhaften Flussvermessungen in der Restwasserstrecke (Aufnahme im Frühling 2021, Bereitstellung der Daten Mitte 2022 (flächenhafte Flussvermessung und Herbst 2023 (Querprofile).

Es wurden wiederum die drei Haupttransekte U2: Seitengerinne Schachen Winznau, U4/5/6: Seitengerinne Schachen Niedergösgen und U7: Seitengerinne Grien beurteilt, da in allen drei Abschnitten grössere bauliche Veränderungen vorgenommen wurden. Einzelne Abschnitte (U8 und U9) wurden für die Erhebung des 1. Projektzustands nicht erneut aufgenommen, da diese mehrheitlich noch dem Ausgangszustand entsprechen.

Die Erhebungen starteten im Herbst 2021 und waren im September 2022 (Baustart TransitGasleitung) ausgeführt.

Indikatoren

Die folgenden Indikatoren wurden festgelegt und erhoben:

- Geschiebehaushalt
- Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats (1.6)
- Wassertiefe (1.3)
- Fliessgeschwindigkeit (1.4)
- Dynamik der Sohlenstruktur (2.3)
- Dynamik der Uferstruktur (2.4)
- Veränderung des Fischbestandes (7)
- Durchgängigkeit für Fische (11)
- Libellen (11)
- Zeitliches Mosaik und Sukzession (8.3)
- Besucherzahl (11)
- Fotografische Dokumentation (11)

Untersuchungsperimeter

Die Erfolgskontrolle bezieht sich auf das Konzessionsgebiet der Wasserkraftwerke Gösgen und Aarau von Aarburg bis Aarau. Damit ist auch der Perimeter des Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes abgedeckt. Der Schwerpunkt der Erfolgskontrolle liegt im Raum vom Wehr Winznau flussabwärts und beschränkt sich auf die beiden Restwasserstrecken und den Stauraum Schönenwerd.

Untersuchungsstrecken

Die Untersuchungsstrecken wurden unverändert übernommen. Es sind insgesamt 9 Untersuchungsstrecken (Abbildung 2-1) bezeichnet. Auf den Untersuchungstrecke U2, U5 und U7 wurden je ein Abschnitt (U2: 550 m, U5: 675 m, U7: 850 m festgelegt. In der Restwasserstrecke Aarau waren es rund 850 m. Die Breite für die terrestrischen Aufnahmen orientierte sich an der Lage und Ausdehnung der projektierten Massnahmen. Im Anhang A1 ist eine Übersichtskarte (A3) zu finden.

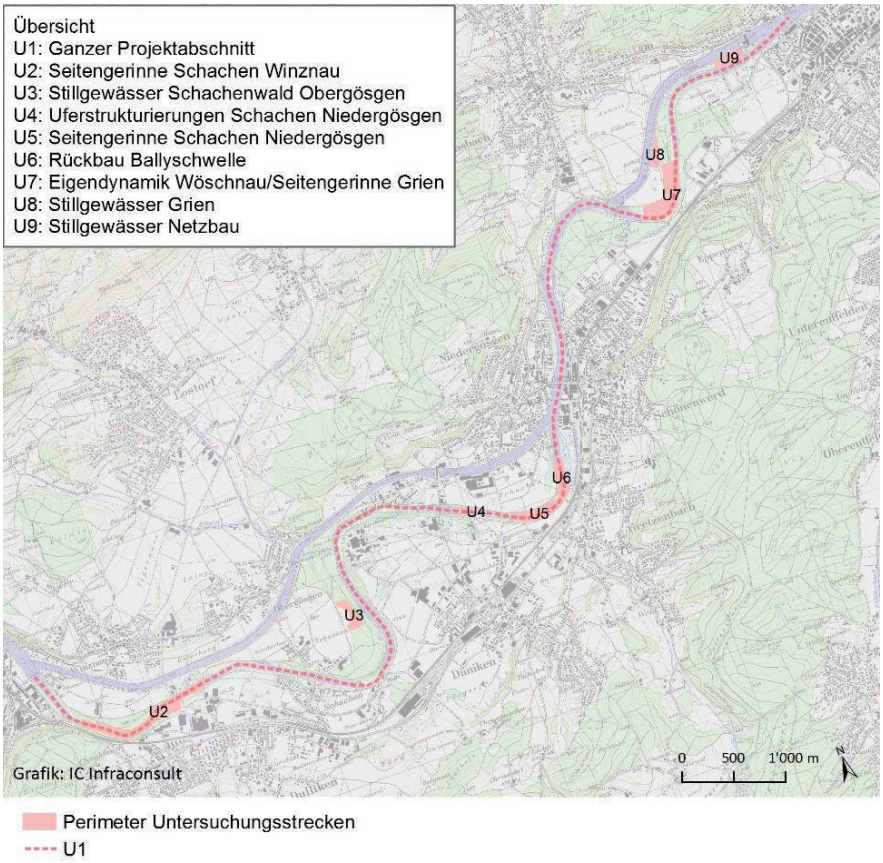


Abbildung 2-1: Standorte der Untersuchungsstrecken für die Erfolgskontrolle (U1 bezieht sich auf den gesamten abgebildeten Flussabschnitt)

Aufnahmeintervalle

Die Erfolgskontrolle umfasst die Erhebung von drei Zeit-Zuständen.

Ausgangszustand (2014):
Der Zustande vor Beginn der Bauarbeiten wurde 2014 erhoben; vgl. dazu Bericht Erfolgskontrolle Aare, Olten bis Aarau; Erhebung Ausgangszustand 01/2015.

1. Aufnahme des Projektzustandes 2022 (Wirkungskontrolle/Validierung)
ca. 5 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten und nach kleineren Hochwassern (d. h. Q>400 m^3/s in der Restwasserstrecke, entspricht ca. einem Hochwasser HQ5 in der Aare) (vorliegender Bericht)

2. Aufnahme des Projektzustandes (Wirkungskontrolle/Validierung)
10 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten

Übersicht

Tabelle 2-1 zeigt die verwendeten Indikatoren, deren Erhebungsort und -zeitpunkt.

	Indikatoren	3.1 Geschiebehaushalt	3.2 Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats	3.3 Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe	3.4 Dynamik der Sohlenstruktur	3.5 Dynamik der Uferstruktur	3.6 Veränderung des Fischbestandes	3.7 Durchgängigkeit für Fische	3.8 Libellen -> Spezi. Ziel Indikator 11	3.9 Zeitliches Mosaik und Sukzession	3.11 Besucherzahl	3.12 Fotografische Dokumentation
Untersuchungsstrecken	U1 Ganzer Projektabschnitt	●										
	U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen								●			
	U4 Uferstrukturierung Schachen Niedergösgen											
	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen		●	●	●	●	●	●		●		●
	U6 Rückbau Ballyschwelle							●			●	●
	U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		●	●	●	●	●		●	●		●
	U8 Stillgewässer Grien											
	U9 Stillgewässer Netzbau											
Erhebungs-zeitpunkt	Frühling				•	•						
	Sommer								•	•	•	•
	Herbst						•					
	Winter	o	•	•	•	•						•

Tabelle 2-1: Indikatoren der Erfolgskontrolle mit Erhebungsorten (Untersuchungsstrecken) und Erhebungszeitpunkten

2.2. Bewertung

Der vorliegende Bericht gibt die Ergebnisse aus der Erhebung des ersten Projektzustands wieder. Um die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren vergleichbar zu machen, wurden gewisse Indikatoren auf einen Wert zwischen 0 und 1 standardisiert. Für gewisse Indikatoren kann eine solche Standardisierung nur auf der Basis eines Vorher-Nachher-Vergleichs erfolgen. Für andere ist es ohne Vergleichswerte möglich.

Eine Standardisierung war für die folgenden Indikatoren möglich:

- Geschiebehaushalt
- Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats
- Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe; Hydromorphologischer Index der Diversität
- Sohlenstruktur
- Uferstruktur
- Veränderung des Fischbestandes
- Zeitliches Mosaik und Sukzession

Die übrigen Indikatoren werden qualitativ bewertet:

- Dynamik der Sohlenstruktur
- Dynamik der Uferstruktur
- Durchgängigkeit für Fische
- Libellen
- Besucherzahl
- Fotografische Dokumentation

Die Ausweisung einer alle Indikatoren umfassenden Gesamtbewertung für den 1. Projektzustand ist nicht möglich.

Weiteres Vorgehen

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

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 16 beschrieben.

2.3. Veränderungen im Projektperimeter

Seit den Aufnahmen des Ausgangszustand im Jahr 2014 haben sich verschiedenen Veränderungen im Projektperimeter ergeben:

Hochwasser- und Revitalisierungsprojekte

Das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare wurde inzwischen realisiert. Dafür wurden verschiedenste Massnahmen entlang des Altlaufs der Aare zwischen Olten und Aarau auf knapp 13 Kilometer Flusslauf realisiert. Es sind dies Massnahmen wie Gerinneaufweitungen durch neue Seitengerinne und Uferabtrag, Uferbefestigungen durch Buhnen, Ufererhöhungen durch Schutzmauern und -Dämme.

Auch wurden Massnahmen zur Verbesserung der Fischgängigkeit sowie terrestrische Massnahmen (Kleinstrukturen und Auenwaldpflege) umgesetzt. Zudem wurden auch Massnahmen im Rahmen der Konzessionserneuerungen für die Kraftwerke Gösgen und Aarau realisiert.

Die Bauarbeiten konnten im Jahr 2020 abgeschlossen werden.

Hochwasserereignisse

Seit Bauabschluss sind bereits mehrere grössere Abflüsse (Spitzenabflüsse Messstation Murgenthal: 2021 1025 m^3/s, 2022 705 m^3/s, 2023 890 m^3/s) aufgetreten. Das Hochwasser 2021 entsprach ca. einem HQ30.

Restwasser

Auf den Restwasserstrecken der Kraftwerke Aarau und Gösgen gelten seit Anfang 2020 bzw. 2022 neue Restwassermengen. Diese Veränderungen sind für alle Untersuchungsstrecken relevant:

Tabelle 2-2: Veränderte Restwasserdotierung in den Restwasserstrecken der Kraftwerke Gösgen (seit 1.1.2022) und Aarau (seit 1.1.2020).

		Restwasserstrecke KW Gösgen		Restwasserstrecke KW Aarau
		U2 Winznau	U5 Niedergösgen	U7 Wöschnau
Vorher (2014)	Winter	7.5 m^3/s		10.0 m^3/s
	Frühling	10.0 m^3/s		
	Sommer	15.0 m^3/s		
	Herbst	10.0 m^3/s		
Nachher (2022)[1]	Nov-Feb	15.0 m^3/s		
	März-April	20.0 m^3/s		
	Mai-August	25.0 m^3/s		
	Sept-Okt	20.0 m^3/s		

[1] Neue Restwasserabflüsse gültig seit 1.1.2022 für KW Gösgen und seit 1.1.2020 für KW Aarau

Geschiebezugaben

Zur Verbesserung der Geschiebezufuhr wurden durch die interkantonale Begleitgruppe "Geschiebetrieb Aare" Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts erarbeitet. Der Geschiebetrieb soll durch die Schüttung von Kies unterhalb von Solothurn bei Deitingen und Aarwangen sowie durch das Einstellen der Kiesentnahme an der Wiggermündung reaktiviert werden. Dementsprechend wurde in den Jahren 2021 und 2022 rund 9'800 m^3 in die Aare unterhalb der Wiggermündung geschüttet. Angestrebt wird eine Geschiebezufuhr in die Projektstrecke von 3‘200 bis 5‘000 m^3/Jahr [10]. Es handelt sich dabei um die sogenannte erforderliche Fracht, welche notwendig ist, damit keine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes vorliegt.

3. Geschiebehaushalt

3.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Qualitative Beschreibung des Geschiebehaushaltes
Indikator	Steckbrief Nr. 12, Geschiebe: Geschiebehaushalt. Da dieser Indikator schon im Ausgangszustand beurteilt wurde, wird er auch für die vorliegende Beurteilung des Geschiebehaushaltes verwendet.
Indizierte Ziele	Wird genügend Geschiebe in die untersuchte Strecke eingetragen
Begründung	Aus ökologischer Sicht ist der Transport von Geschiebe, insbesondere von Kies (Korndurchmesser 1 - 10 cm), wichtig. 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. Die Massnahmen auf dem Projektabschnitt Olten-Aarau müssen im Rahmen der grossräumigen Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebetriebes in der Aare beurteilt werden.
Literatur	[28], [10]

3.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Veränderung der mittleren Sohle in den aufgenommenen Querprofilen
Vorgehen	Auswertung der vom BAFU aufgenommenen Querprofile. Die letzten Aufnahmen wurden 2022 durchgeführt. Vergleich der Querprofile 2022 mit den früheren Profilen 2008 und 1999. Da das BAFU die Querprofile nur ca. alle 10 Jahre aufnimmt, wird der Indikator Geschiebehaushalt zeitlich unabhängig von den anderen Indikatoren beurteilt.
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 Aare. Die Bewertung des Geschiebeaufkommens im Einzugsgebiet erfolgt durch den Wert $A_{Einzugsgebiet}$ (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. Im vorliegenden Fall muss die Beurteilung des Geschiebeaufkommens unter Berücksichtigung der Kraftwerkskette erfolgen. In diesem Zustand entspricht die Zufuhr nicht dem

natürlichen Aufkommen, sondern ist reduziert. Verglichen wird darum das effektive Aufkommen mit der erforderlichen Fracht [28].

Zur Bewertung der morphologischen Prozesse werden gemäss Handbuch [28] folgende 5 Prozesse beurteilt und mit dem Parameter $A_{Projektstrecke}$ (A_{PS}) bewertet:

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

3.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U1 Ganzer Projektabschnitt Restwasserstrecken von Gösgen und Aarau					•		

3.4. Resultate

Übersicht Geschiebehaushalt und Schüttungen

Der Geschiebehaushalt der Aare ist heute wegen der Kraftwerke massiv beeinflusst. Im natürlichen Zustand wurden in der Projektstrecke rund 13‘000 m^3/Jahr transportiert, aktuell dürften es gemäss [10] noch rund 2'500 m^3/Jahr sein (siehe Abbildung 3-1). Zur Verbesserung der Situation wurden durch die interkantonale Begleitgruppe "Geschiebetrieb Aare" Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts erarbeitet. Der Geschiebetrieb soll durch die Schüttung von Kiesbänken unterhalb von Solothurn bei Deitingen und Aarwangen sowie durch das Einstellen der Kiesentnahme an der Wiggermündung reaktiviert werden. Dementsprechend wurde in den Jahren 2021 und 2022 rund 9'800 m^3 in die Aare unterhalb der Wiggermündung geschüttet. Angestrebt wird eine Geschiebezufuhr in die Projektstrecke von 3‘200 bis 5‘000 m^3/Jahr [10]. Es handelt sich dabei um die sogenannte erforderliche Fracht, welche notwendig ist, damit keine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes vorliegt. Da die Schüttungen kurz vor der Aufnahme der Querprofile erfolgten, haben diese aber noch keine Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt in der Projektstrecke.

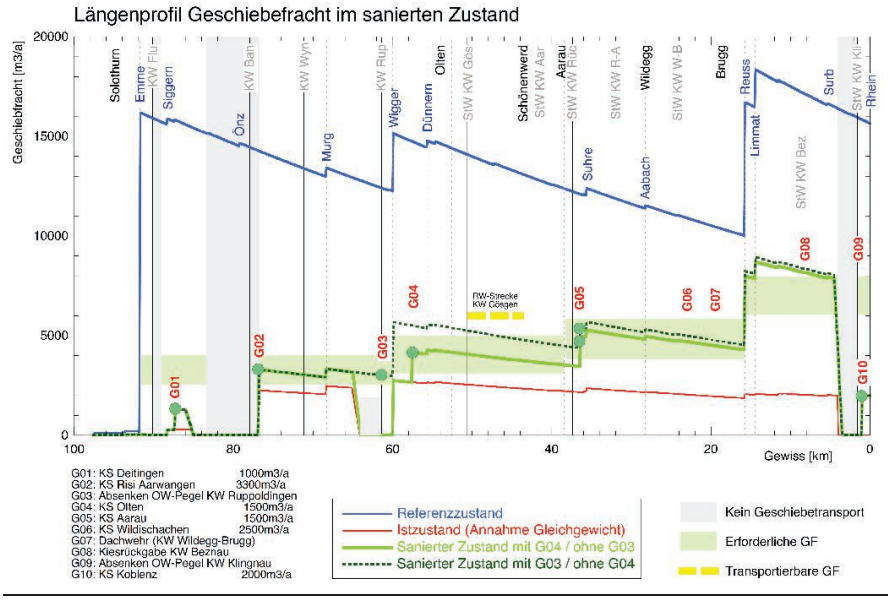


Abbildung 3-1: Längenprofil der Aare mit Geschiebefracht (GF) im Referenzzustand und im Ist-Zustand sowie erforderliche Geschiebefracht im sanierten Zustand (Bild und Legende aus [10])

Querprofilauswertung

Der Vergleich der Querprofile aus den Jahren 1999, 2008 (vorher) und 2022 (nachher) zeigt, dass die Aare abschnittsweise verbreitert wurde (Abbildung 3-2 und Abbildung 3-3). Da die Aufweitung maschinell erfolgte, können aus der Gerinnebreite oder den Sohlenveränderungen noch keine Schlussfolgerungen über die Seitenerosionsprozesse oder die Sohlendynamik gezogen werden. Dies ist erst mit der nächsten Aufnahme möglich. Da die Ufer heute aber mehrheitlich ungesichert sind, kann davon ausgegangen werden, dass ein Potenzial für dynamische Prozesse (Geschiebeumlagerungen und Seitenerosionsprozesse) geschaffen wurde.

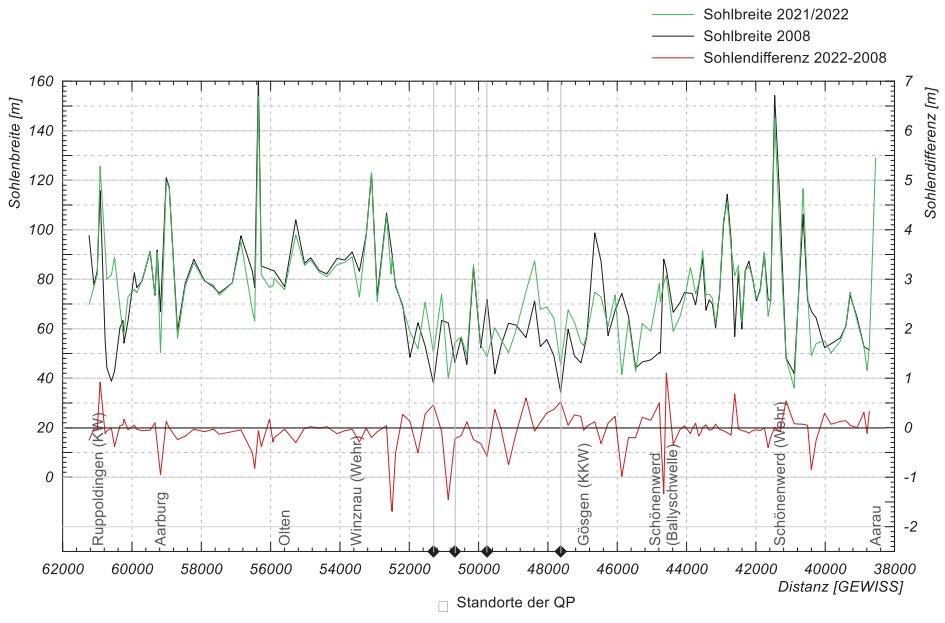
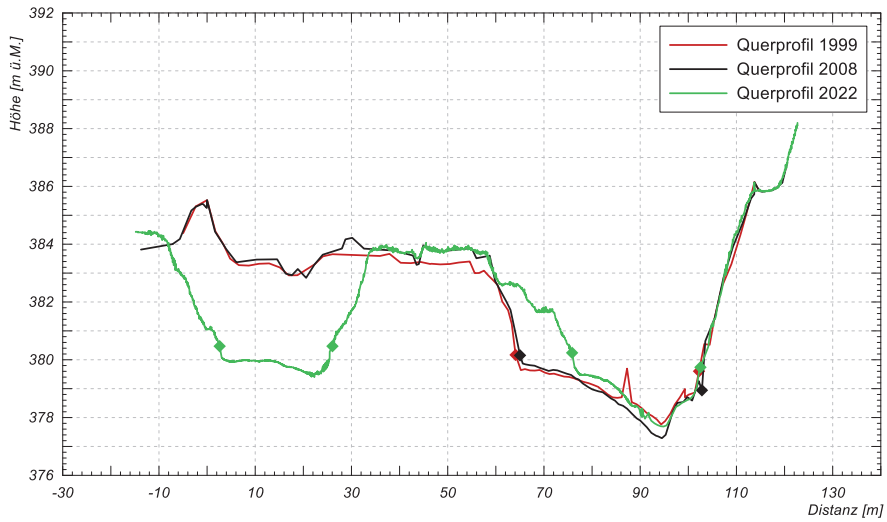
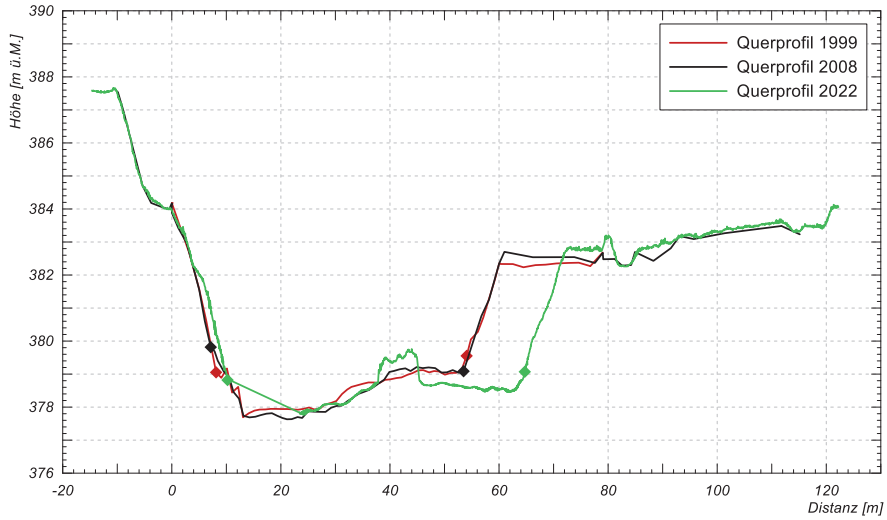


Abbildung 3-2: Sohlenbreiten vor und nach der Realisierung des Projektes sowie Sohlenveränderung zwischen 2008 und 2022

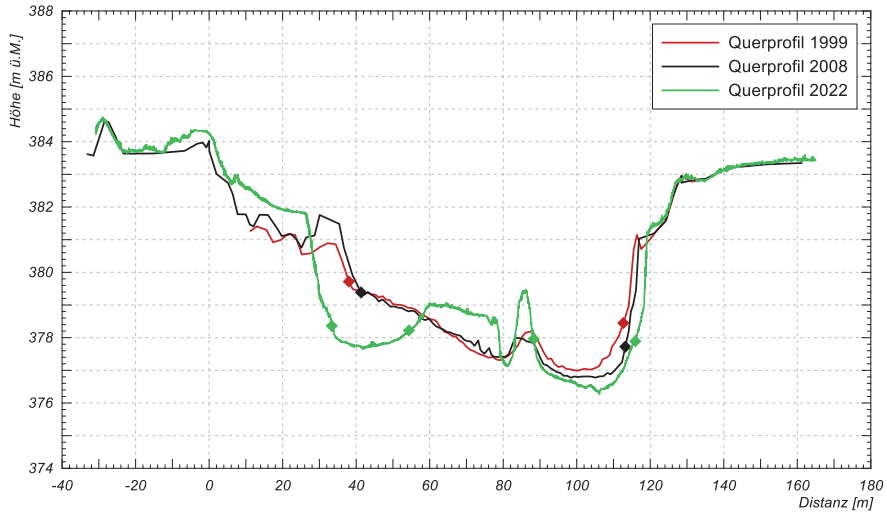
Aare
Querprofil GEWISS Adresse 51302



Aare
Querprofil GEWISS Adresse 50683



Aare
Querprofil GEWISS Adresse 49757



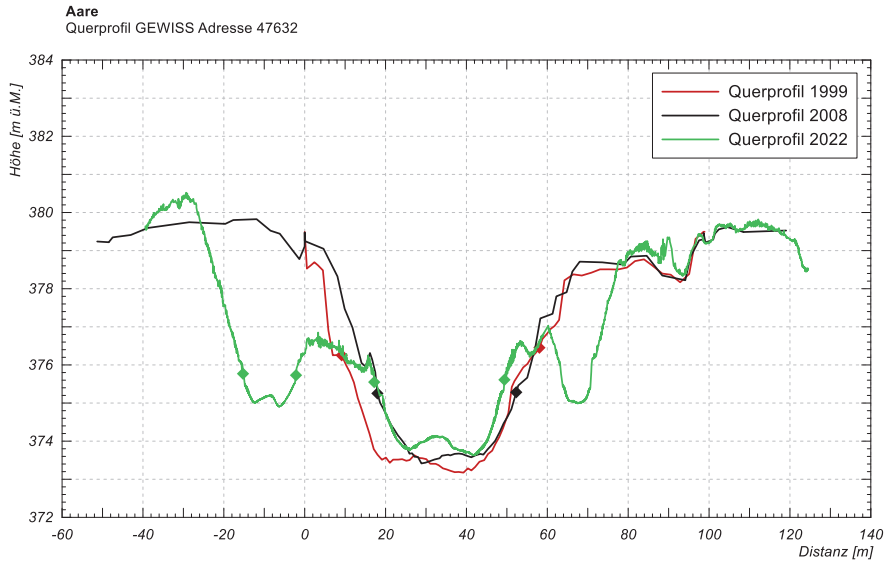


Abbildung 3-3: Vergleich ausgewählter Querprofile. Die Rauten bezeichnen die Sohlenfusspunkte für die Berechnung der mittleren Sohle

3.5. Kurzdiskussion

Der Indikator Geschiebehaushalt kann wie folgt beurteilt werden:

A_{EZG} Wert

Aufgrund der Schüttungen unterhalb Wiggermündung ist eine Verbesserung der Geschiebezufuhr zu erwarten, das Geschiebe (Schüttungen 2021 und 2022) dürfte aber noch nicht bis zur Projektstrecke gelangt sein. Eine Beurteilung der Wirkung eines grösseren Geschiebeeintrages ist darum nicht möglich.

A_{PS} Durchgängigkeit

Beim bestehenden Wehr Winznau wird bei Abflüssen zwischen 650 und 750 m^3/s Geschiebe im tieferen Staubereich abgelagert und beim Anheben der Schützen ab 750 m^3/s schubweise durch das Wehr in die Restwasserstrecke transportiert. Mit der geplanten Wehrerneuerung sollen die Schützen bereits bei einem Abfluss von 650 m^3/s angehoben werden, womit ein relativ kontinuierlicher Geschiebedurchgang möglich wird [10]. Aktuell ist das Wehr jedoch noch nicht erneuert[2].

A_{PS} Seitenerosionsprozesse

Seit der Realisierung des Projektes kann auch in der Restwasserstrecke Gösgen Geschiebe durch Seitenerosionsprozesse mobilisiert werden. Die Ufer sind auf den neu gestalteten Abschnitten mehrheitlich unverbaut.

A_{PS} Geschiebeumlagerungen

Die Beurteilung von Ablagerungs- oder Umlagerungsprozessen ist nach der 1. Aufnahme des Projektzustandes nicht möglich, weil das Gerinne maschinell verändert wurde. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Dynamik bereits zugenommen hat oder noch zunehmen wird. Systematische Auflandungsprozesse können keine festgestellt werden (Abbildung 3-2). Das Transportdiagramm ist nicht aussagekräftig, weil die Sohlenbreiten verändert wurden.

Der Indikator Substrat (Kapitel 4)zeigt immerhin eine wesentliche Verbesserung des Sohlenmaterials. Vermutlich handelt es sich aber um kiesiges Material,

[2] Die Sanierung des Wehres ist ab Ende 2024 mit einer Bauzeit von 5-6 Jahren vorgesehen.

welches bei den Bauarbeiten aus den Ufern in die Aare eingetragen wurde und nicht um Geschiebe, welches aus der Wigger resp. den Schüttungen stammt.

A_{PS} Sohlenerosion

Gemäss den Sohlenlagen von 2008 und 2022 ist keine systematische Sohlenerosion feststellbar (vgl. auch Abbildung 3-2).

A_{PS} Defizit im Unterwasser

Es sind keine Meldungen über Erosionserscheinungen im Unterwasser bekannt.

Abbildung 3-4: Untersuchungsabschnitte

Fazit

Aus Sicht Geschiebehaushalt hat das Projekt vor allem in der Restwasserstrecke Gösgen eine leichte Verbesserung generiert. In der Restwasserstrecke Aarau ist die Bewertung unverändert, weil der lange Anriss am rechten Ufer in der Strecke Wöschnau schon vor der Projektrealisierung eine gute Bewertung ergab.

Tabelle 3-1: Übersicht über die Bewertung des Indikators Geschiebehaushalt.

Bewertungsparameter	Restwasser-strecke Gösgen	Restwasser-strecke Aarau	Restwasser-strecke Gösgen	Restwasser-strecke Aarau
	vorher		nachher	
A_{EZG} Wert	0.3	0.3	0.3	0.3
A_{PS} Durchgängigkeit	0.1	0.1	0.1	0.1
A_{PS} Seitenerosionsprozesse	0.0	0.2	0.1	0.2
A_{PS} Geschiebeumlagerungen	0.1	0.2	0.2	0.2
A_{PS} Sohlenerosion	0.0	0.0	0.0	0.0
A_{PS} Defizit im Unterwasser	0.0	0.0	0.0	0.0
Standardisierter Wert	**0.5**	**0.8**	**0.7**	**0.8**

4. Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats

4.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Qualität und Korngrössenverteilung des Substrates
Indikator	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle Bafu, Indikator 1.6 für Beschaffenheit, Mobilisierbarkeit und Kolmation des Substrats [3] ; Zusätzlich: Analyse der Kornverteilungskurven
Indizierte Ziele	Die Kornverteilung des Sohlsubstrates als wichtiger Indikator im Hinblick auf einen ausgeglichenen Geschiebetransport.
Begründung	Die Korngrössenverteilung des Sohlsubstrates erlaubt Rückschlüsse, ob genügend Geschiebe transportiert wird. Aus ökologischer Sicht ist eine Variabilität der Korngrössen und insbesondere das Vorhandensein von Kies (Korndurchmesser 1-10 cm) wichtig.
Literatur	[3], [9]

4.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Abschätzung der Flächenanteile verschiedener Substratklassen im Flussbett, Korngrössenverteilungen verschiedener Substratklassen für jede Untersuchungsstrecke.
Substratklassen (gem. [3])	Das Substrat wurde in den Untersuchungsstrecken hinsichtlich der Beschaffenheit, der Mobilisierbarkeit und der Kolmation flächig kartiert. Die Einteilung erfolgte durch eine visuelle Beurteilung anhand Tabelle 4-1 bis Tabelle 4-3. Die minimale Grösse der abgegrenzten Flächen betrug 3-5 m^2. Vorhandene Vegetation im betrachteten Gebiet (Bäume, Sträucher, Gras) gilt als inaktive Fläche und wurde nicht kartiert.

Tabelle 4-1: Beschaffenheit des Substrats [3].

Nr.	Beschaffenheit	Beschreibung
1	Silt, Schluff, Feinsedimente	< 0.2 mm
2	Sand	0.2-2 mm
3	Kies	2-16 mm
4	Steine	16-64 mm
5	Grosse Steine	64-250 mm
6	Blöcke	> 250 mm
7	Fels	undurchlässig
8	Organisches Material	z. B. Gräser, Schilf, Wurzeln, Äste, Totholz etc.
9	Künstliches Substrat	z. B. Verbauung der Sohle

Tabelle 4-2: Mobilisierbarkeit des Substrats [3].

Nr.	Mobilisierbarkeit	Beschreibung
1	Schwebstoffablagerungen	Sand, Silt
2	Feingeschiebe	Feinere Anteile des regelmässig transportierten Geschiebes
3	Grobgeschiebe	Gröbere Anteile des regelmässig transportierten Geschiebes
4	Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt	Zwischen den grossen Körnern des Sohlenmaterial sind Körner des Geschiebes abgelagert
5	Grobes Sohlenmaterial	Grosse Körner des Sohlenmaterials dominieren. Sie sind oft dachziegelartig.

Tabelle 4-3: Kolmation des Substrats [3].

Nr.	Kolmation	Beschreibung
1	Keine	Keine bis geringe Verfestigung
2	Mittel	Mittlere Verfestigung
3	Hoch	Starke Verfestigung

Kornverteilung

Die Kornverteilung wurde mittels Linienzahlanalysen an 5 Stellen pro Untersuchungsstrecke erhoben.

Begehung

Die Begehungen der Untersuchungsstrecken fanden am 17.05.2022 und 14.07.2022 bei Niederwasser statt.

Auswertung

Substratklassen: Die Datenauswertung erfolgte mit GIS und Excel. Bisher ist nur eine Bewertung für den Teilindikator «Mobilisierbarkeit des Substrates» vorhanden (gem. Praxisdoku). Die zusätzlichen Erhebungen (Beschaffenheit und Kolmation des Substrates und Kornverteilungskurven) wurden darum verbal-argumentativ beurteilt und sind im Anhang A2 zu finden. Die Beschaffenheit, die Kolmation des Substrates und die Kornverteilungskurven fliessen nicht direkt in die Bewertung ein.

Die Mobilisierbarkeit wird laut [3] mithilfe des standardisierten Wertes bewertet. Dieser liegt zwischen 0 (naturfern) und 1 (naturnah). Ein Wert von 1.0 beschreibt ein strukturiertes Gewässer mit relativ gleichmässig verteilten Substratklassen und ohne Abpflästerung der Sohle, 0.5 eine überwiegend grobe Sohle, wobei örtlich auch feines und mittleres Substrat anzutreffen ist und 0 ein Gewässer mit flächendeckend starker Abpflästerung[3], wobei andere Substratklassen kaum oder nicht vorhanden sind.

[3] Falls die Geschiebezufuhr geringer ist als die Transportkapazität vergröbert sich die Kornverteilung des Sohlenmaterials an der Sohlenoberfläche. Eine ausgeprägte Vergröberung wird als Abpflästerung bezeichnet.

Tabelle 4-4: Standardisierte Werte für den Indikator Mobilisierbarkeit des Substrates gemäss [3].

Beschreibung	Standardisierter Wert
Vorwiegend grobes und abgepflästertes Sohlenmaterial, teilweise mit Geschiebe durchsetzt.	0.00
Vorwiegend grobes und abgepflästertes Sohlenmaterial, teilweise mit Geschiebe durchsetzt. Kleine Flächen mit Geschiebeablagerungen.	0.25
Mehrheitlich grobes, mit Geschiebe durchsetztes Substrat. Bereichsweise Geschiebeablagerungen.	0.50
Ausgeglichene Verteilung aller Klassen.	0.75
Geschiebeablagerungen dominieren. Keine oder wenig grobe, abgepflästerte Bereiche. Eher wenig Feinsedimente.	1.00

Kornverteilung: Die Auswertung der Linienzahlanalysen erfolgte nach dem Verfahren von [9]. Der Feinanteil gemäss [9] wurde zu 25% angenommen. Es wurde nicht von einer Deckschicht auf eine Unterschicht umgerechnet, sondern nur von einer Linienzahlanalyse in eine Volumen-Gewichtsanalyse, um die Kornverteilung an der Sohlenoberfläche beurteilen zu können. Die Ermittlung der charakteristischen Korngrössen d_{35}, d_m und d_{90} erfolgte aus der jeweiligen Kornverteilungskurve.

4.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau					●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen					●		
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien					●		

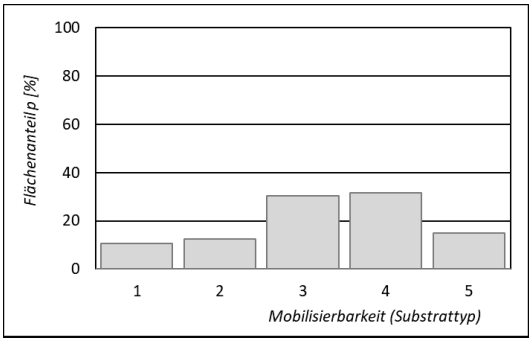
Abbildung 4-1: Übersicht der behandelten Standorte.

4.4. Resultate

4.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Auswertung Nachher-Zustand 2022

Die Aare ist in diesem Abschnitt in zwei Teilgerinne aufgeteilt. Sowohl das rechte Ufer der Insel als auch das rechte Ufer in der Aussenkurve sind mit einer Blockschüttung gesichert. Bei Niedrigwasser sind beide Arme durchflossen, wobei die Wassertiefe im rechten Arm deutlich höher ist (Aussenkurve). Zu Beginn des rechten Seitenarms sorgt eine kurze Steilstrecke für schnellere Fliessgeschwindigkeiten, weshalb dort deutlich gröberes Material (Substrattyp 4, Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt) anzutreffen ist. Es ist davon auszugehen, dass kleinere Anteile durch die hohe Erosionskraft durch die Strecke durchtransportiert werden und sich im darunterliegenden beruhigten Bereich ablagern. Dort wurden vor allem Flächen mit Fein- und Grobgeschiebe aufgenommen. Im linken Seitenarm (Innenkurve) ist das Substrat tendenziell gröber. Besonders am Zusammenfluss der beiden Arme ist eine Korngrössensortierung durch die Diversität der Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe erkennbar (Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5).



Nr.	Mobilisierbarkeit
1	Schwebstoffablagerungen
2	Feingeschiebe
3	Grobgeschiebe
4	Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt
5	Grobes Sohlenmaterial

Abbildung 4-2: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U2 Schachen Winznau

Die Linienzahlanalysen 1 bis 3 wurden innerhalb von Flächen der Substratklasse 2 (Feingeschiebe, geringe Kolmation) aufgenommen, die LZA 4 und 5 in Flächen mit Grobgeschiebe der Substratklasse 3 (Abbildung 4-4). Es handelt sich dabei um laufendes Material, wobei LZA 4 und 5 weniger mobil sind (gröbere Fraktionen, höhere Kolmation).

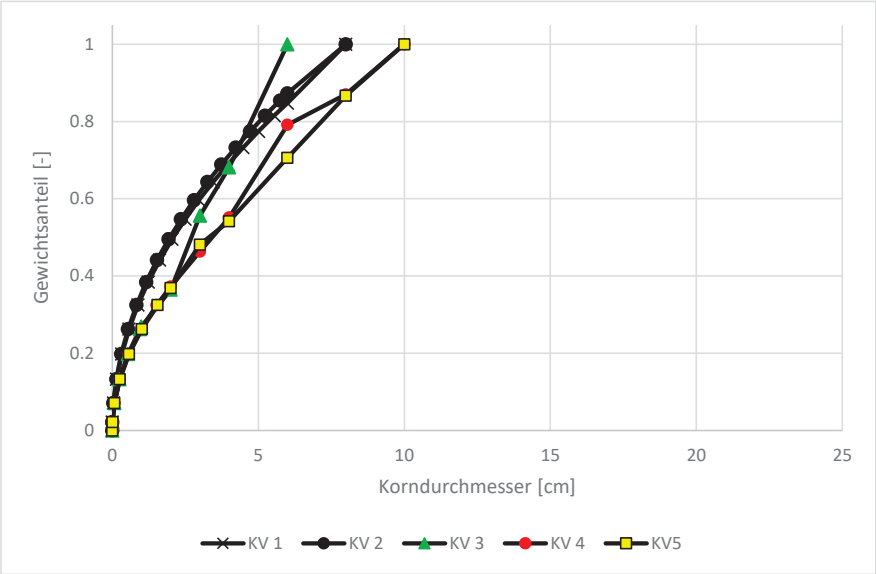


Abbildung 4-3: Kornverteilungskurven in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau. Die Standorte der Linienzahlanalysen sind in Abbildung 4-4 zu sehen.

Charakteristische Korngrössen:

Die Auswertung der charakteristischen Korndurchmesser (Tabelle 4-5) zeigt folgende mittlere Korndurchmesser:

- Substratklasse 2 (Feingeschiebe): ca. 2.7 cm
- Substratklasse 3 (Grobgeschiebe): ca. 3.8 cm

Tabelle 4-5: Charakteristische Korngrössen aus den Linienproben im Abschnitt Winznau.

Untersuchungsstrecke	d_{30} [cm]	d_m [cm]	d_{90} [cm]	d_{max} [cm]	Substrat-klasse
U2 Winznau					
LZA 1	0.76	2.76	6.69	8.00	2
LZA 2	0.72	2.64	6.42	8.00	2
LZA 3	1.32	2.75	5.37	6.00	2
LZA 4	1.31	3.71	8.46	10.00	3
LZA 5	1.34	3.89	8.5	10.00	3

Beurteilung

Standardisierter Wert: Hinsichtlich der Mobilisierbarkeit weist das Substrat im Abschnitt Winznau eine ausgeglichene Verteilung aller Klassen auf mit einer Dominanz der Klasse 3 und 4 (Abbildung 4-2). Da die Klasse 2 (Feingeschiebe) gegenüber der Klasse 4 (Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt) untervertreten ist, ist noch Verbesserungspotenzial vorhanden. Aus diesem Grund wird ein standardisierter Wert von **0.75** vergeben.

Vergleich mit dem Vorher-Zustand 2014

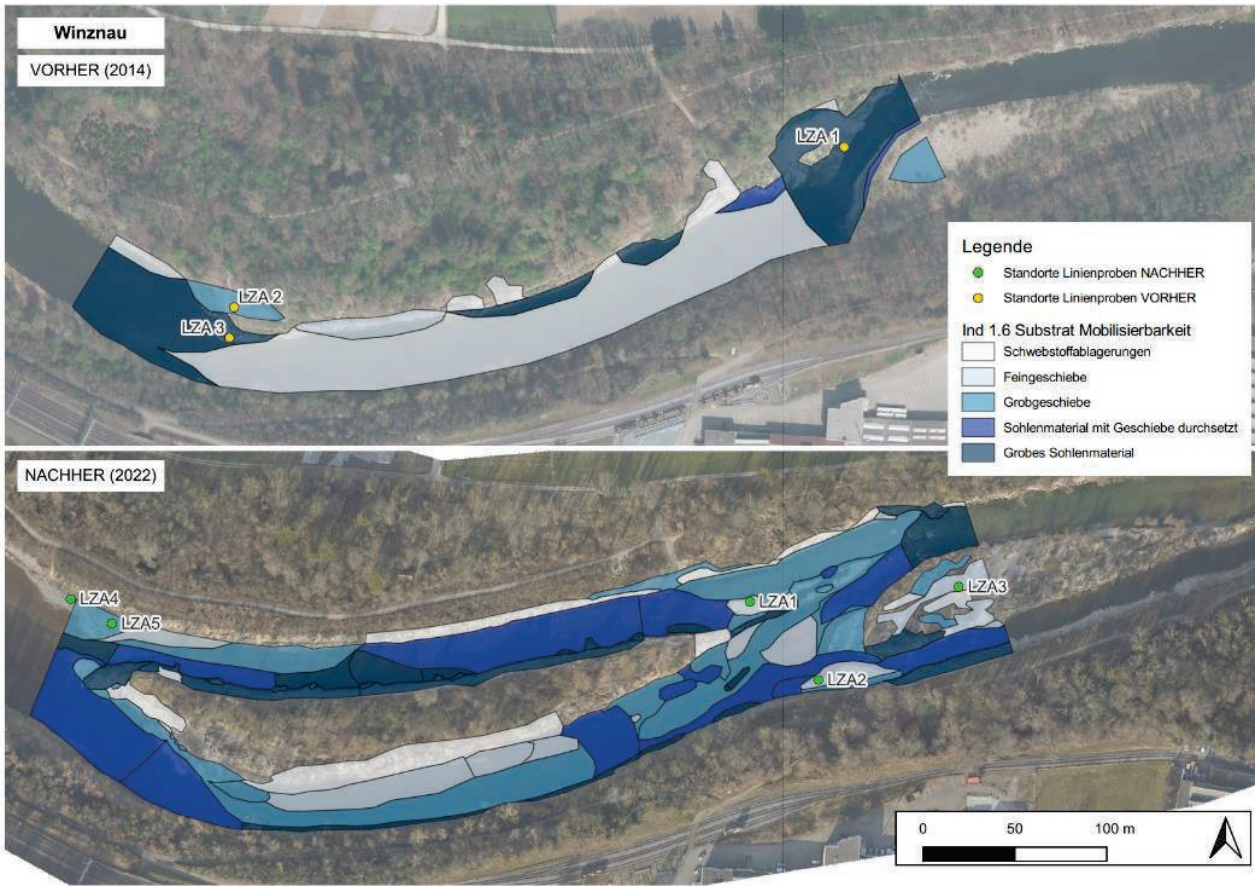
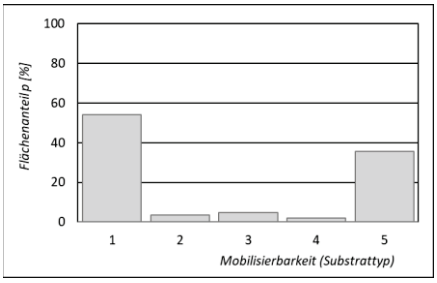
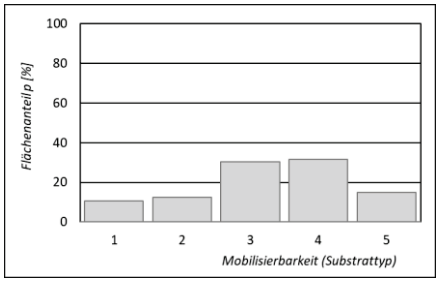
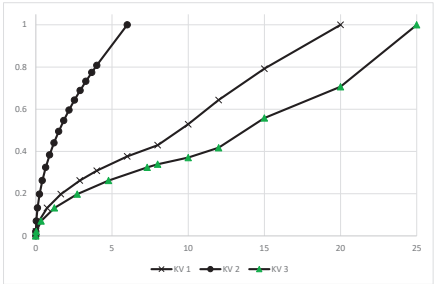
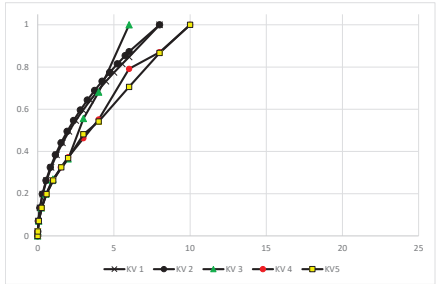


Abbildung 4-4: Mobilisierbarkeit des Substrats in Winznau im Vorher- und Nachher-Zustand.

Vorher (2014)	Nachher (2022)
	
	
Standardisierter Wert: 0.25	Standardisierter Wert: 0.75

Vor den Baumassnahmen (2014) war die Untersuchungsstrecke U2 von Feinsedimenten und abgepflästertem Sohlenmaterial geprägt. Eine kurze Steilstrecke am unteren Ende des Abschnitts sorgte für einen Rückstau mit Auflandungen von Sand und Feinsedimenten flussaufwärts. Die Ufer waren durch die Vegetation gefestigt. Die Substratklassen 2 bis 4 mit regelmässig transportiertem Geschiebe waren nur lokal vertreten.

Die Aufteilung des Gerinnes auf zwei Arme bewirkte eine deutliche Verbesserung hinsichtlich des Substrates. Feinsedimente und abgepflästerte Sohle haben abgenommen. Die Klassen2-4, die auf regelmässigen Geschiebetrieb hinweisen haben hingegen zugenommen. Insbesondere am Zusammenfluss der beiden Arme bildete sich ein vielfältiges Strömungsmuster mit entsprechender Sortierung des Substrates (siehe Abbildung 4-5). Die Linienzahlanalysen liefern ein ähnliches Bild. 2014 war auf den Kiesbänken deutlich gröberes Material anzutreffen als 2022.

Abbildung 4-5: Orthofoto der Befliegung des Abschnitts Winznau am Zusammenfluss der beiden Seitenarme.

Insgesamt ist heute also ein deutlich diverseres, kleinteiligeres Mosaik anzutreffen. Die Schwebstoffablagerungen haben sich stark reduziert und auch der Anteil des groben Sohlenmaterials ist deutlich geringer geworden. Dies resultiert in einer Verbesserung des standardisierten Wertes von 0.25 (2014) auf 0.75 (2022).

4.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Auswertung Nachher-Zustand 2022

Das Gerinne in der Untersuchungsstrecke Niedergösgen ist zweigeteilt. In der Innenkurve befindet sich ein bei geringen Abflüssen nicht durchströmter Seitenarm (siehe Abbildung 4-6). Durch die Aussenkurve fliesst der Hauptabfluss ab.

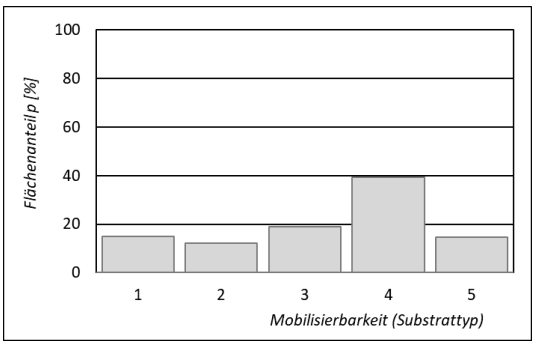
Abbildung 4-6: Im selten durchströmten Seitenarm dominiert grobes Substrat, das stark kolmatiert und veralgt ist. Der Bewuchs auf den Kiesflächen weist auf den geringen Geschiebetrieb hin.

In der Untersuchungsstrecke dominiert mit Geschiebe durchsetztes Sohlenmaterial (Substratklasse 4), insbesondere in der oberen Hälfte des Abschnitts, in der Aussenkurve und teilweise auch im Seitenarm. In der Aussenkurve wird das Geschiebe aufgrund der hohen Transportkapazität durchtransportiert. Unterhalb der Fussgängerbrücke landet Material linksseitig auf, dort sind grosse Flächen mit Fein- und Grobgeschiebe vorhanden (siehe Abbildung 4-10), wobei die Quelle (Baumassnahme oder Transport) des Geschiebes nicht klar zugeordnet werden kann.

Der Grad der Kolmation verhält sich entsprechend: Die Kiesflächen mit Fein- und Grobgeschiebe sind nicht bis gering kolmatiert, wohingegen der Seitenarm und auch das Hauptgerinne stark kolmatiert sind (Abbildung 4-7 und Abbildung 17-2).

Abbildung 4-7: Links: Feingeschiebe auf der Kiesbank unterhalb der Fussgängerbrücke. Rechts: stark kolmatiertes Substrat im selten durchströmten Seitenarm.

Mit knapp 40 % dominiert die Substratklasse 4 (Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt). Die anderen Klassen kommen in etwa gleichverteilt vor. Das morphologisch wünschenswerte Fein- und Grobgeschiebe kommt dabei hauptsächlich unterhalb der Fussgängerbrücke zwischen Haupt- und Seitenarm vor.



Nr.	Mobilisierbarkeit
1	Schwebstoffablagerungen
2	Feingeschiebe
3	Grobgeschiebe
4	Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt
5	Grobes Sohlenmaterial

Abbildung 4-8: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U5 Schachen Niedergösgen.

Die Linienzahlanalysen wurden sowohl im Seitenarm (LZA 1 und 2), als auch im Bereich der Geschiebeablagerungen unterhalb der Brücke (LZA 4 und 5) aufgenommen. Die LZA 3 liegt in einer Senke, welche erst bei höheren Abflüssen durchströmt ist. Das Material ist deshalb recht grob und kolmatiert. Die Kornverteilungskurven zeigen, dass das Substrat im Seitenarm tendenziell gröber ist als das in den Geschiebeablagerungen (LZA 4 und 5). Es ist davon auszugehen, dass es sich bei den beiden letztgenannten Linienzahlanalysen um aus dem Seitenarm abtransportiertes Geschiebe handelt.

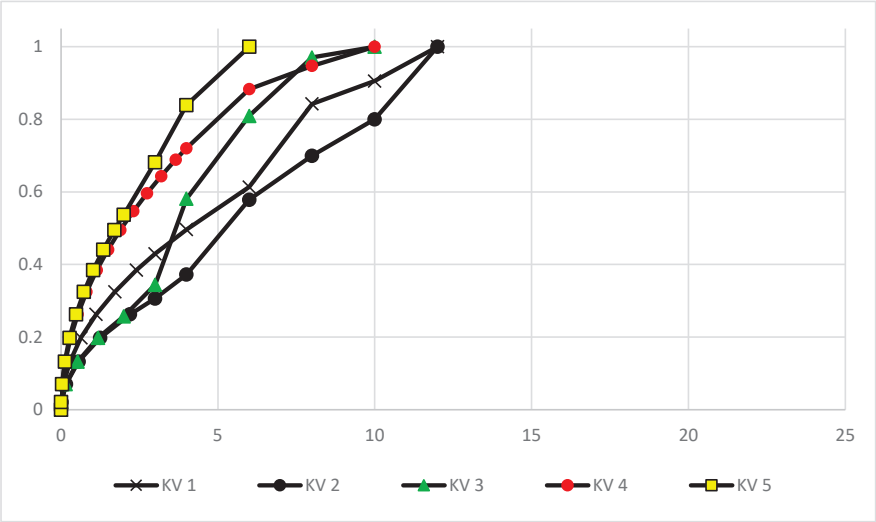


Abbildung 4-9: Kornverteilungskurven in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen. Die Standorte der Linienzahlanalysen sind in Abbildung 4-10 zu sehen.

Charakteristische Korngrössen:

Die Auswertung der Linienzahlanalysen (Tabelle 4-6) ergibt folgende mittlere Korndurchmesser:

- Substratklasse 2 (Feingeschiebe): ca. 2.0 cm
- Substratklasse 3 (Grobgeschiebe): ca. 3.6 cm

Tabelle 4-6: Charakteristische Korngrössen aus den Linienproben im Abschnitt Niedergösgen.

Untersuchungsstrecke	d_{30} [cm]	d_m [cm]	d_{90} [cm]	d_{max} [cm]	Substrat-klasse
U5 Niedergösgen					
LZA 1	1.48	4.46	9.82	12.00	3
LZA 2	2.88	5.52	11	12.00	4
LZA 3	2.49	3.76	7.13	10.00	3
LZA 4	0.7	2.7	6.52	10.00	3
LZA 5	0.63	2.08	4.76	6.00	2

Beurteilung

Standardisierter Wert: Da in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen mehrheitlich grobes, mit Geschiebe durchsetztes Substrat vorkommt und nur lokal Geschiebeablagerungen anzutreffen sind, wurde ein standardisierter Wert von **0.50** vergeben.

Vergleich mit dem Vorher-Zustand 2014

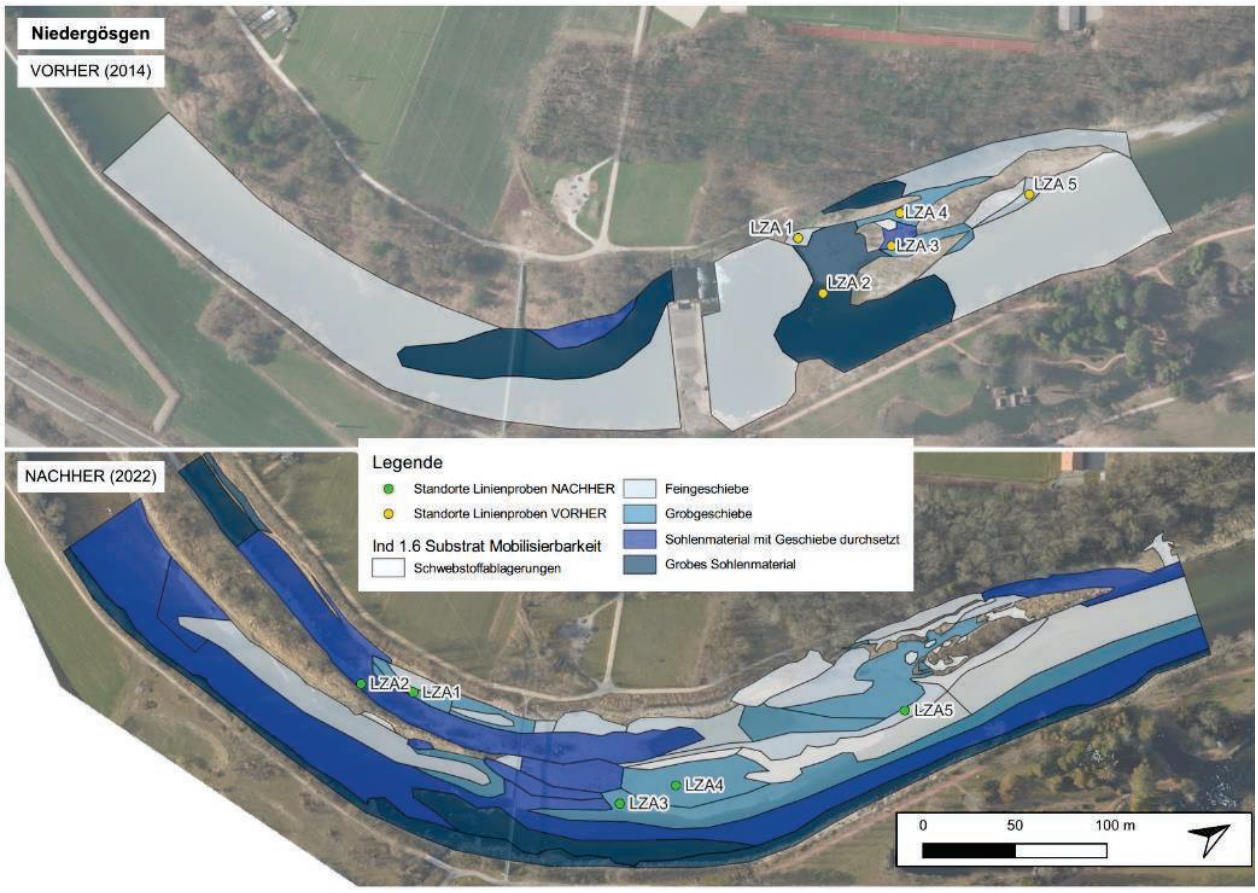
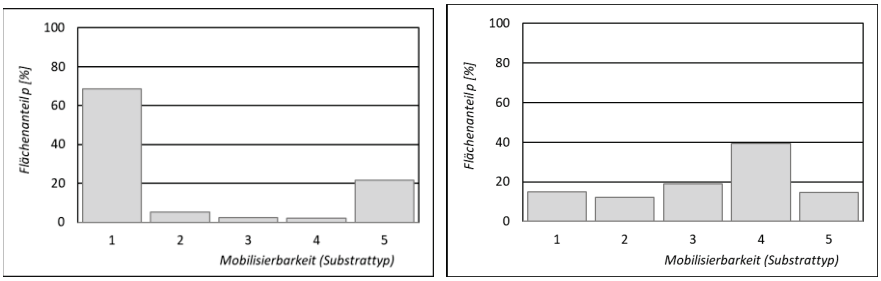
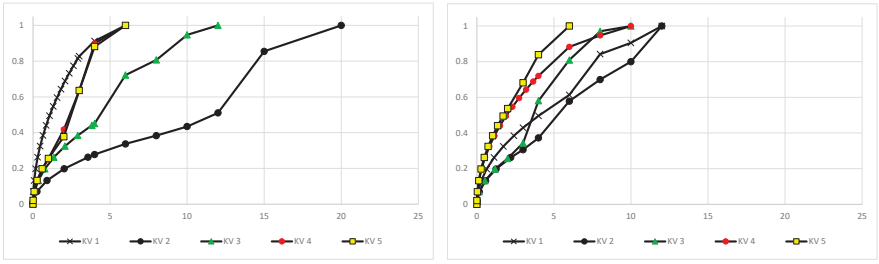


Abbildung 4-10: Mobilisierbarkeit des Substrats in Niedergösgen im Vorher- und Nachher-Zustand.

Vorher (2014) Nachher (2022)





Standardisierter Wert: 0.25 Standardisierter Wert: 0.50

Im Abschnitt Niedergösgen dominiert heute ein mit Geschiebe durchsetztes Sohlenmaterial, welches im Vorher-Zustand 2014 von Feinsedimenten überlagert war. Der Rückbau der Ballyschwelle bewirkte eine starke Abnahme der aufgelandeten Feinsedimente. Allerdings sind auch heute noch im unteren Bereich grosse Flächen mit Schwebstoffablagerungen anzutreffen.

Geschiebeablagerungen fanden im Vorher-Zustand wohl hauptsächlich ausserhalb des Perimeters statt –heute gibt es hingegen eine ausgedehnte Kiesbank unterhalb der Fussgängerbrücke in der Innenkurve. Das Substrat im linken Seitenarm in der Innenkurve ist recht grob, stark kolmatiert und aus ökologischer Sicht nicht wertvoll.

Auch die Kornverteilungskurven bestätigen diese Annahme. Zwar sind die groben Fraktionen auch heute noch in den Kornverteilungskurven zu sehen, allerdings ist die Abpflästerung wesentlich weniger stark ausgeprägt als noch 2014.

Die Zunahme von laufendem, umgelagerten Geschiebe im Abschnitt ist eine positive Entwicklung. Diese beschränkt sich aber leider nur auf einen kleinen Bereich. Das jetzt im System vorhandene Material dürfte jedoch vor allem eine Folge der Bauarbeiten und nicht einer höheren Geschiebezufuhr aus dem Einzugsgebiet sein. Die immer noch grossen Flächen mit Abpflästerung, die Kolmatierung des linken Seitenarms und die Schwebstoffablagerungen im unteren Teil des Perimeters verdeutlichen, dass weiterhin Handlungsbedarf besteht.

Aus diesem Grund hat sich der standardisierte Wert im Abschnitt Niedergösgen nur von 0.25 auf 0.50 verbessert.

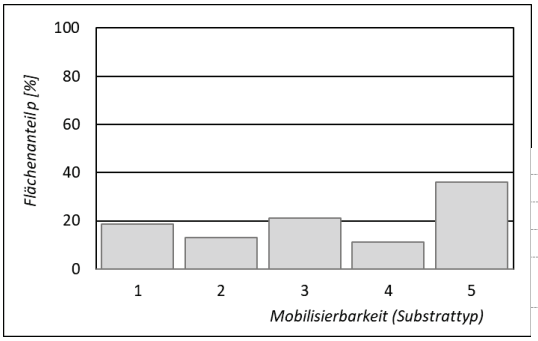
4.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

Auswertung Nachher-Zustand 2022

In der Untersuchungsstrecke Wöschnau wurde ein Seitengerinne in der Innenkurve realisiert. Dieses ist nur selten durchströmt. Geschiebe wird durch den Abschnitt durchtransportiert, nur in den strömungsberuhigten Bereichen in der Innenkurve landet dieses auf. Im Seitenarm ist hauptsächlich Fein- und Grobgeschiebe anzutreffen, im Hauptarm, insbesondere in der Aussenkurve, grobes, abgepflästertes Sohlenmaterial.

Abbildung 4-11: Links: LZA 4 in der Innenkurve des Hauptstroms. Rechts: LZA 1 im selten durchströmten Seitenarm, im Hintergrund ist veralgtes, stehendes Wasser zu sehen.

Insgesamt dominiert im Untersuchungsabschnitt grobes Sohlenmaterial (Substratklasse 5). Mit 20 % der Fläche machen Schwebstoffablagerungen einen grossen Anteil aus. Fein- und Grobgeschiebe (Substratklassen 2 und 3) sind eher unterrepräsentiert.



Nr.	Mobilisierbarkeit
1	Schwebstoffablagerungen
2	Feingeschiebe
3	Grobgeschiebe
4	Sohlenmaterial mit Geschiebe durchsetzt
5	Grobes Sohlenmaterial

Abbildung 4-12: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau.

Auffällig ist die starke Kolmatierung des Substrats im Hauptgerinne am Anfang und am Ende der Untersuchungsstrecke (Abbildung 17-3).

Die Kornverteilungskurven der Linienzahlanalysen zeigen in diesem Abschnitt die Unterschiede in den Korngrössen zwischen Feingeschiebe und Grobgeschiebe (Substratklassen gem. flächiger Kartierung). Die LZA 1 und 3 (in Abbildung 4-13 Kurven links) wurden innerhalb von Flächen mit Feingeschiebe aufgenommen, weshalb das Substrat entsprechend aus feineren Fraktionen besteht. Die übrigen drei LZA wurden hingegen in gröberem Substrat aufgenommen.

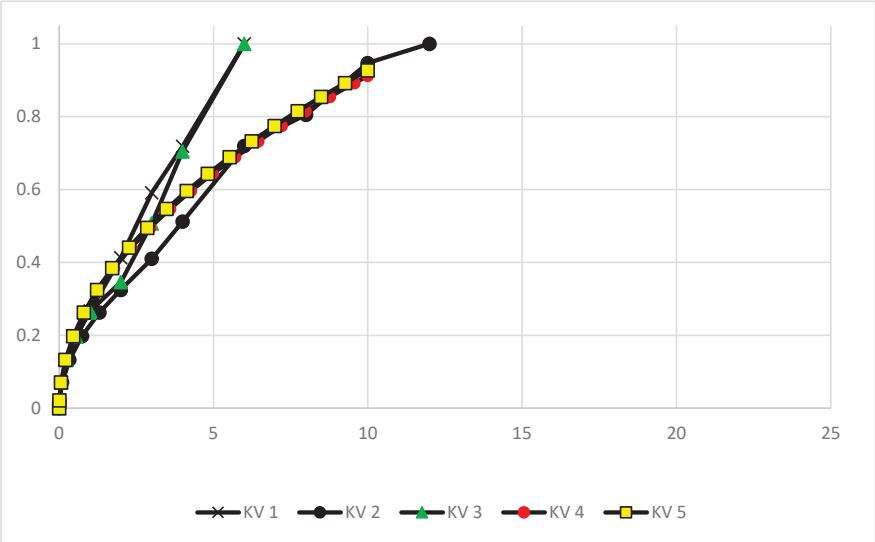


Abbildung 4-13: Kornverteilungskurven in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau. Die Standorte der Linienzahlanalysen sind in Abbildung 4-14 zu sehen.

Charakteristische Korngrössen:

Die Auswertung der charakteristischen Korndurchmesser (Tabelle 4-7) zeigt folgende mittlere Korndurchmesser:

- Substratklasse 2 (Feingeschiebe): ca. 2.7 cm
- Substratklasse 3 (Grobgeschiebe): ca. 4.1 cm

Tabelle 4-7: Charakteristische Korngrössen aus den Linienproben im Abschnitt Wöschnau.

Untersuchungsstrecke	d_{30} [cm]	d_m [cm]	d_{90} [cm]	d_{max} [cm]	Substrat-klasse
U7 Wöschnau					
LZA 1	1.23	2.61	5.29	6.00	2
LZA 2	1.72	4.29	9.34	12.00	3
LZA 3	1.42	2.78	5.32	6.00	2
LZA 4	1.09	4.01	9.73	12.00	3
LZA 5	1.06	3.9	9.42	12.00	3

Beurteilung

Standardisierter Wert: Im Untersuchungsabschnitt U7 Wöschnau dominiert grobes Sohlenmaterial. Die anderen 4 Klassen sind alle mit 10-20 % Flächenanteil vertreten und es sind durchaus unkolmatierte Geschiebeablagerungen vorhanden. Aus diesem Grund wird ein standardisierter Wert von 0.50 vergeben.

Vergleich mit dem Vorher-Zustand 2014

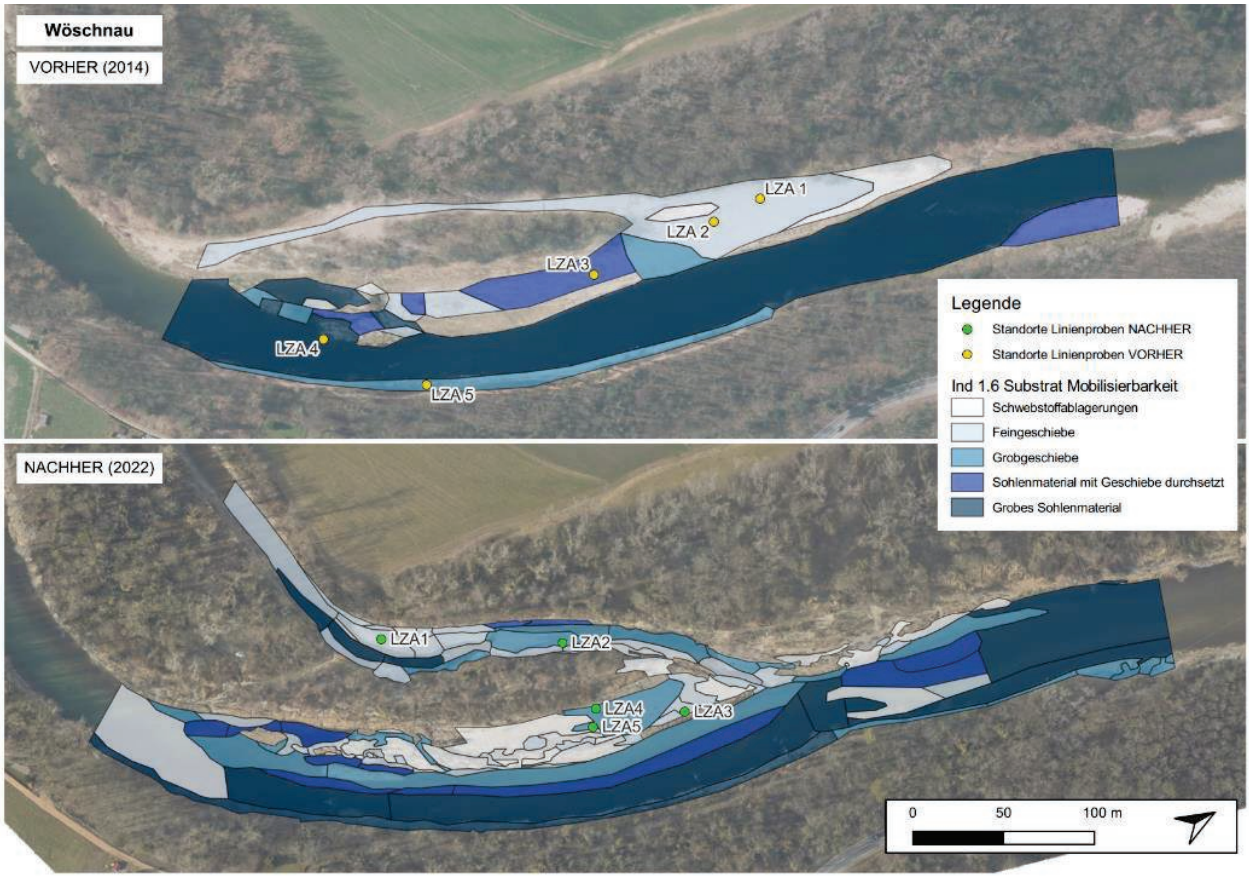
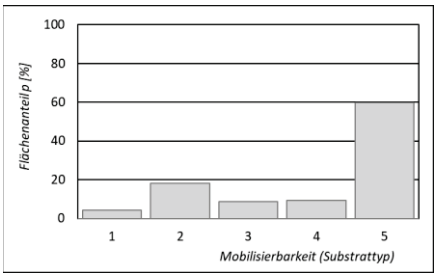
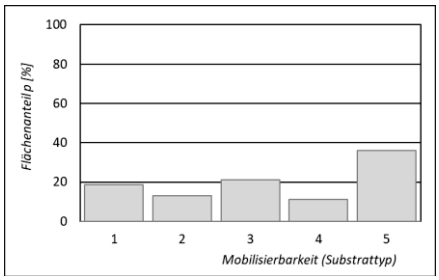


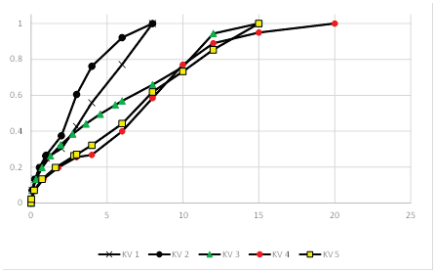
Abbildung 4-14: Mobilisierbarkeit des Substrats in Wöschnau im Vorher- und Nachher-Zustand.

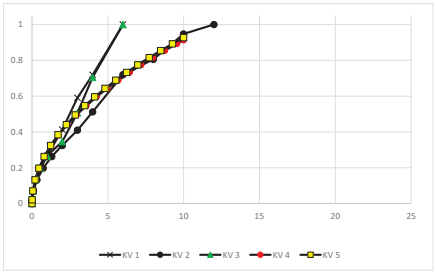
Vorher (2014)



Nachher (2022)







Standardisierter Wert: 0.50

Standardisierter Wert: 0.50

Im Abschnitt U7 Wöschnau haben zwischen 2014 und 2022 die Flächen mit Schwebstoffablagerungen zugenommen. Bereiche mit grobem Sohlenmaterial haben hingegen abgenommen. Der Prallhang ist bereits 2014 nicht befestigt gewesen und bildet somit bis heute eine offene Erosionsfläche, in welcher Geschiebe mobilisiert wird.

Am Zusammenfluss des Seitenarms und des Hauptstroms wurden 2014 noch weitläufige Flächen mit Feingeschiebe kartiert (siehe auch Kornverteilungskurven 1 und 2 im linken Bild). Laut Vorher-Erhebung [2] war dieser Bereich wohl regelmässig überflutet. 2022 ist dieser Bereich bewachsen. Das weist auf einen geringen Geschiebetrieb, zu seltene Überflutungshäufigkeit und zu kleine Abflussmengen hin.

Der westliche Seitenarm war bereits 2014 nur gelegentlich überflutet und es wurde befürchtet, dass er ohne grössere Hochwasser einwachsen würde. Mit den Massnahmen hat sich die Situation nur wenig verbessert (grössere Geschiebeflächen, unterschiedliches Material). Im neuen, angebundenen Seitenarm sind ähnliche Verhältnisse bezüglich des Substrates wie früher vorzufinden. Ob sich die Situation in Zukunft bei einer kontinuierlich grösseren Geschiebezufuhr verbessert, wird sich zeigen.

4.5. Kurzdiskussion

Zwischen 2014 und 2022 zeigt sich in allen drei Abschnitten eine Verbesserung hinsichtlich der Verteilung der Substratklassen. 2022 sind diese wesentlich ausgeglichener, vor allem die 2014 dominierenden Klassen Sand und abgepflästertes Sohlenmaterial sind deutlich zurückgegangen. Im Abschnitt Winznau entfällt 2022 ein hoher Anteil auf Grobgeschiebe, weshalb hier die grösste Veränderung in der Bewertung erreicht wurde (Tabelle 4-8).

In den Abschnitten Niedergösgen und Wöschnau ist weiterhin Verbesserungspotenzial gegeben. Wegen der schlechten Durchströmung der Seitenarme entstanden viele kolmatierte Bereiche. Im Abschnitt Winznau werden hingegen beide Arme bereits bei geringen Abflüssen durchströmt, was für eine charakteristische Korngrössensortierung mit Fein- und Grobgeschiebe im auflandenden Bereich unterhalb des Zusammenflusses sorgt. Eine derartige Weiterentwicklung wäre auch für die beiden anderen Abschnitte wünschenswert.

Noch immer ist die Sohle in der Aussenkurve in allen drei Abschnitten stark abgepflästert. Ob eine grössere Geschiebezufuhr (erforderliche Fracht) in Zukunft ausreicht, um die Abpflästerung in den stark durchströmten Bereichen zu überdecken, ist aber ungewiss.

Es ist davon auszugehen, dass die bisher durchgeführten Schüttungen noch keine wesentlichen Auswirkungen auf die Untersuchungsstrecken hatten (siehe Kapitel 3) und dass das aktuell gefundene Geschiebe der Klassen 3 und 4 vor allem eine Folge der Bauarbeiten (Geschiebe aus der maschinellen Gerinneaufweitung) ist. Deshalb sind weitere Aufnahmen in den nächsten Jahren wichtig, um den Effekt der Schüttungen abschätzen zu können.

Tabelle 4-8: Standardisierte Werte für den Indikator Mobilisierbarkeit des Substrates in den drei Untersuchungsstrecken bei der Vorher-Aufnahme 2014 und der Nachher-Aufnahme 2022.

Beschreibung	U2 Winznau	U5 Niedergösgen	U7 Wöschnau
Vorher (2014)	0.25	0.25	0.50
Nachher (2022)	0.75	0.50	0.50

5. Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit

5.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Quantitative Ermittlung der Variabilität der Wassertiefen und der Fliessgeschwindigkeiten
Indikator	Praxisdokumentation Wirkungskontrolle Bafu, Indikator 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fliessgeschwindigkeit [3] Berechnung des HMID (hydromorphologischer Index der Diversität) [12]
Indizierte Ziele	Erhöhung der Strukturvielfalt und damit der Vielfalt an aquatischen Habitaten
Begründung	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.
Literatur	[3], [12]

5.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten bei Restwasserbedingungen
Vorgehen	Als Grundlage für die Auswertung wurde ein hydraulisches Strömungsmodell erstellt. Hierfür wurden Geländemodelle mit korrigierter Sohlentopografie verwendet. 2014 wurde das Geländemodell mithilfe der LiDAR-Technologie erstellt (Firma AHM, 12.06.2014), 2022 wurden Echolot-Aufnahmen durch die Firma Meisser durchgeführt. Für die Modellierung wurden folgende Restwasserabflüsse in den jeweiligen Strecken verwendet. Es handelt sich dabei um das Restwasser im Winter:

	U2 Winznau	U5 Niedergösgen	U7 Wöschnau
Vorher (2014)	7.5 m^3/s	7.5 m^3/s	10.0 m^3/s
Nachher (2022)	15.0 m^3/s	15.0 m^3/s	15.0 m^3/s

Das Ergebnis ist eine Raster-Datei pro Zeitpunkt (2014 und 2022) mit einer Auflösung von 50x50 cm mit Informationen zu Geländehöhe, Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe an jedem Pixel.

Ermittlung HMID:
Für den Vorher-Zustand 2014 wurde der HMID (Hydromorphologische Index der Diversität) ausgewertet. Dieser wurde zwischenzeitlich vom Indikator 1.3 und 1.4 der Praxisdokumentation [3] abgelöst. Da die Ergebnisse der standardisierten Bewertung gemäss der Praxisdokumentation [3] aus unserer Sicht nicht die tatsächlichen Bedingungen widerspiegeln, wurde zusätzlich der HMID für den Nachher-Zustand berechnet. Hierfür wurden die Strecken in Polygone unterteilt. Die Polygone des Vorher-Zustands wurden (mit Erweiterung bei Aufweitungen) auch für den Nachher-Zustand verwendet. In jedem Polygon wurde der HMID ermittelt und anschliessend der Mittelwert der Gesamtstrecke berechnet. Da sich seit der Vorher-Aufnahme die verwendete Software geändert hat und die Abgrenzung nicht nasser Bereiche deutlich einfacher wurde, wurde auch der Vorher-Zustand neu berechnet, was geringfügige Abweichungen des HMID von max. 0.2 gegenüber dem Ausgangszustand [2] zur Folge hat. Aufgrund der möglichen Bandbreite der HMID-Ergebnisse von 0 bis über 10, spielt die Abweichung eine untergeordnete Rolle.

Ermittlung standardisierter Wert gemäss Praxisdokumentation [3]:
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 [3] wurden keine Querprofile vor Ort aufgenommen, sondern Querprofile in das hydraulische 2D-Strömungsmodell gelegt und die Daten daraus extrahiert.

Pro Abschnitt wurden 16 Querprofile ins Gerinne gelegt und mit einem Punktabstand von 2 m wurden Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen ausgelesen.

Auswertung

Die Auswertung und Beurteilung der Daten erfolgte sowohl für den Vorher- als auch den Nachher-Zustand anhand des HMID [12] und der Praxisdokumentation [3].

HMID:
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 einzelnen Polygone berechnet und anschliessend der Mittelwert daraus gebildet:

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

Standardisierter Wert gemäss Praxisdoku:
Die Wassertiefe wird anhand der maximalen Wassertiefe pro Querprofil ausgewertet. In die Berechnung gehen in diesem Fall also lediglich 16 Werte (da 16 Querprofile) ein. Der Quotient aus Standardabweichung und Mittelwert der maximalen Wassertiefe ergibt den standardisierten Wert.
Die Fliessgeschwindigkeit wird mithilfe des Quotienten aus Standardabweichung und Mittelwert aller Messpunkte aller Querprofile ausgewertet. Der standardisierte Wert wird anhand einer Funktion bestimmt [3].

5.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau				●	●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen				●	●		
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien				●	●		

5.4. Resultate

5.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Vorher-Zustand 2014

Der Abschnitt ist im Vorher-Zustand 2014 durch eine Abfolge mehrerer Rampen, teilweise mit Gerinneverengungen, gekennzeichnet. Auffällig sind die erhöhten Fliessgeschwindigkeiten in den Rampen. Insbesondere beim Querprofil 6 (Engstelle) sind sehr hohe Fliessgeschwindigkeiten bis über 2 m/s vorhanden. In den dazwischenliegenden Bereichen sind die Fliessgeschwindigkeiten deutlich unter 0.5 m/s und das Wasser ist fast stehend (siehe Abbildung 5-2 und Abbildung 5-4).

Entsprechend verhält sich die Wassertiefe (siehe Abbildung 5-1 und Abbildung 5-3). Diese ist in den Staubereichen höher als in den Rampensequenzen. In der Aussenkurven sind Wassertiefen bis zu 3 m vorhanden.

Die Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten im Abschnitt Winznau zeigen ein recht einfaches Muster. Es ist kein vielfältiges Mosaik vorhanden, sondern eine Abfolge aus Stau- und Fliessbereichen. Auch lateral, also quer zur Fliessrichtung gesehen, ist wenig Variabilität zu sehen.

Die mittlere benetzte Breite beträgt 2014 im Abschnitt Winznau ca. 33 m.

Nachher-Zustand 2022

Im Rahmen der Massnahmen wurde eine deutliche Aufweitung des Gerinnes durchgeführt. Die mittlere benetzte Breite liegt bei etwa 52 m und ist damit fast 20 m breiter als 2014. Das Wasser fliesst 2022 zumeist in zwei Gerinnen, um eine Mittelinsel herum. Dies ist sogar bei Restwasserbedingungen im Winter der Fall. Die Gerinnearme unterscheiden sich hinsichtlich Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe, wodurch jederzeit beispielsweise ein Korridor mit langsameren Fliessgeschwindigkeiten oder höherer Wassertiefe zur Verfügung steht. Das Mosaik aus Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit ist vielfältig und auch die laterale Variabilität ist hoch.

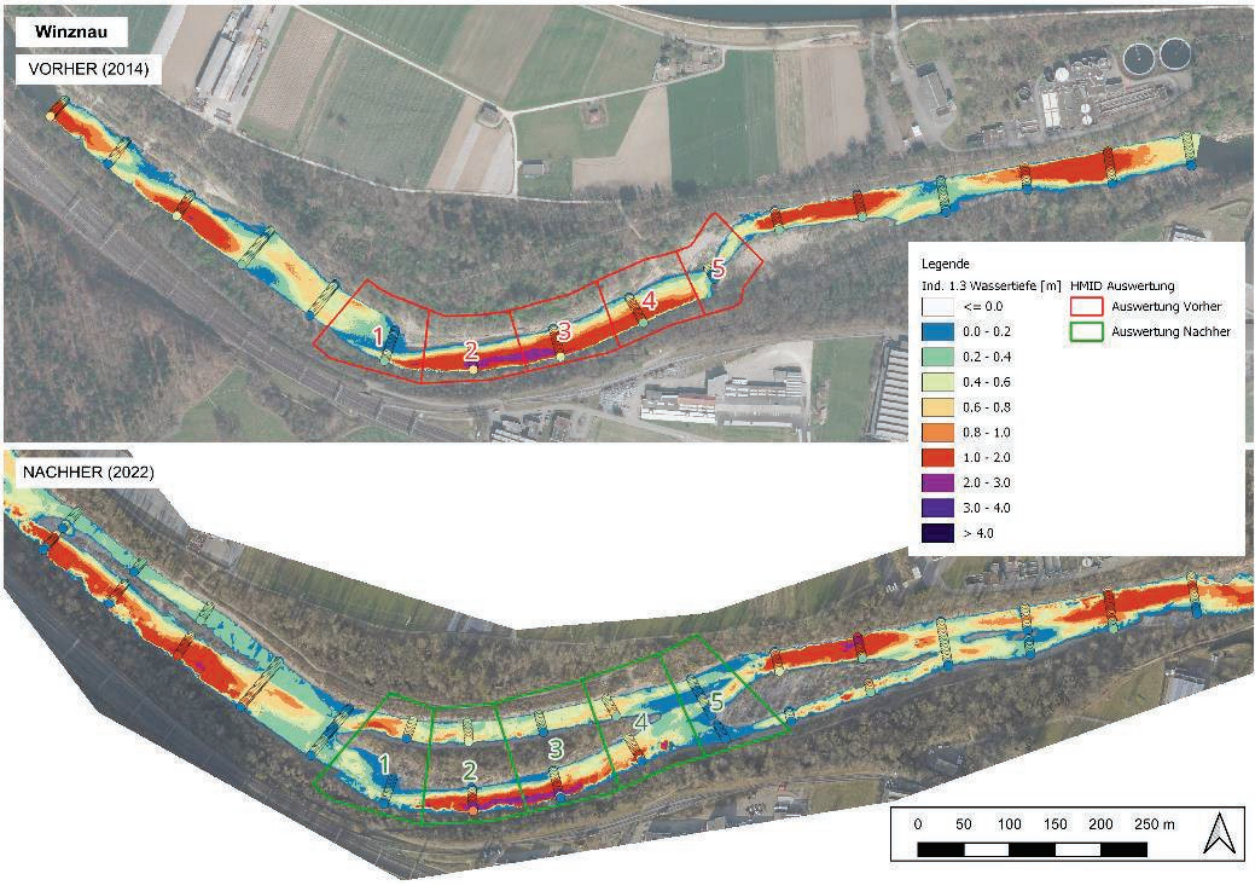


Abbildung 5-1: Wassertiefen im Abschnitt Winznau im Vorher- und Nachher-Zustand.

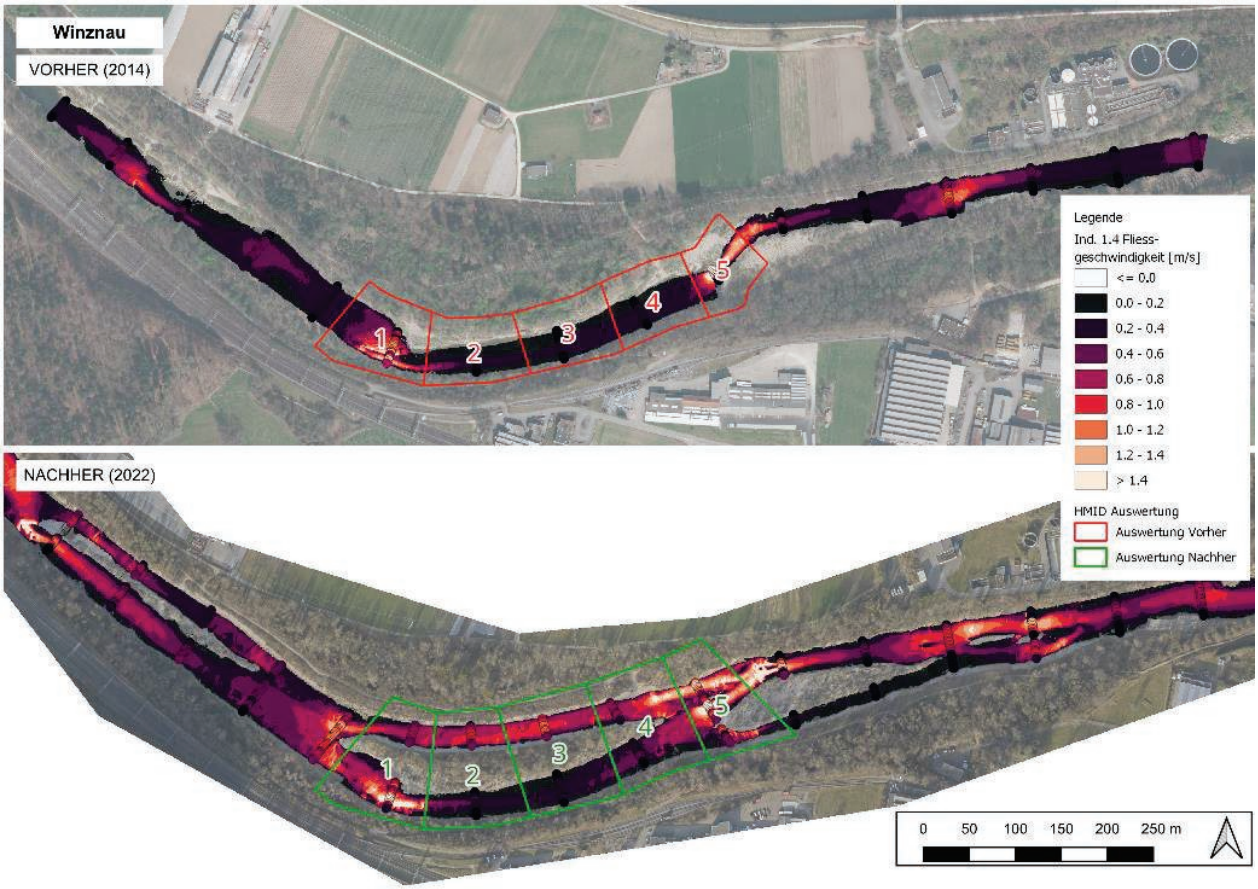


Abbildung 5-2: Fliessgeschwindigkeiten im Abschnitt Winznau im Vorher- und Nachher-Zustand.

Vergleich

HMID und standardisierte Bewertung

Tabelle 5-1: HMID und standardisierte Werte für den Indikator 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fliessgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt U2 Winznau.

WINZNAU	HMID	Wassertiefe	Fliessgeschwindigkeit	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2014)	6.7	0.52	0.83	33.0
Nachher (2022)	8.1	0.50	0.60	52.2

Wassertiefe

Die Wassertiefen sind im Vorher-Zustand 2014 weniger ausgeglichen als im Nachher-Zustand 2022. 2014 sind entweder recht hohe (Staubereich) oder geringe Fliesstiefen (Rampen) vorhanden. 2022 ist die Verteilung deutlich ausgeglichener.

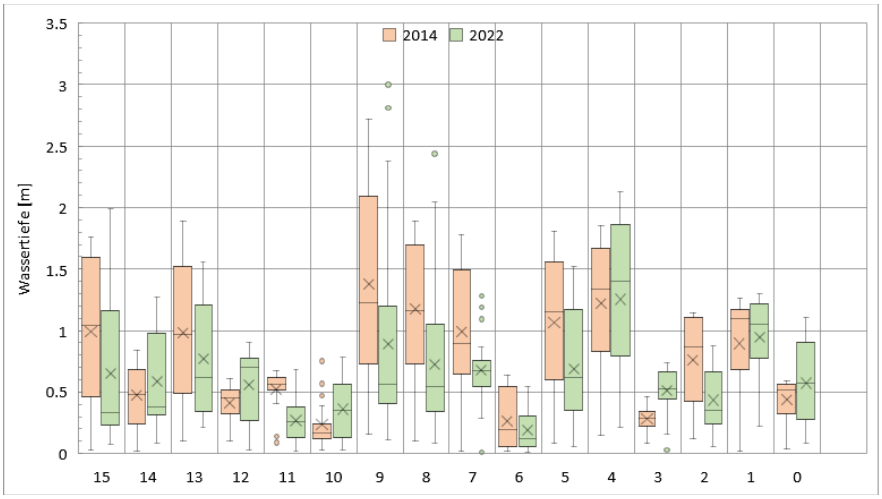


Abbildung 5-3: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Die Bewertung der Wassertiefe anhand des standardisierten Wertes ergibt fast keinen Unterschied zwischen 2014 und 2022 (siehe Tabelle 5-1). Es wird lediglich die maximale Wassertiefe pro Querprofil ausgewertet.

Im Vorher-Zustand 2014 ist die maximale Wassertiefe in den Rampen sehr gering, hingegen die maximale Wassertiefe in den Staubereichen verhältnismässig hoch. Die Standardabweichung, welche ausschlaggebend bei der Bewertung ist, ist somit sehr hoch und führt zu einer vergleichsweise guten Bewertung des Vorher-Zustandes.

Tatsächlich ist 2022 aber ein deutlich diverseres Muster mit verschiedenen Fliesswegen vorhanden.

Aus diesem Grund kommen wir zum Schluss, dass die Variabilität der Wassertiefe im Abschnitt Winznau durch die durchgeführten Massnahmen deutlich verbessert werden konnte. Der HMID bestätigt dies. Er ist 2014 mit 6.7 niedriger (weniger Diversität) als 2022 mit 8.1.

Fliessgeschwindigkeiten

Ähnlich verhält es sich mit den Fliessgeschwindigkeiten. Sie sind im Vorher-Zustand 2014 weniger ausgeglichen als im Nachher-Zustand 2022. Es kommen entweder sehr geringe oder hohe Fliessgeschwindigkeiten vor, es gibt in den einzelnen Querprofilen keine grosse Variabilität. Auch 2022 gibt es Querprofile mit geringen bzw. höheren Fliessgeschwindigkeiten, allerdings weniger extrem als 2014.

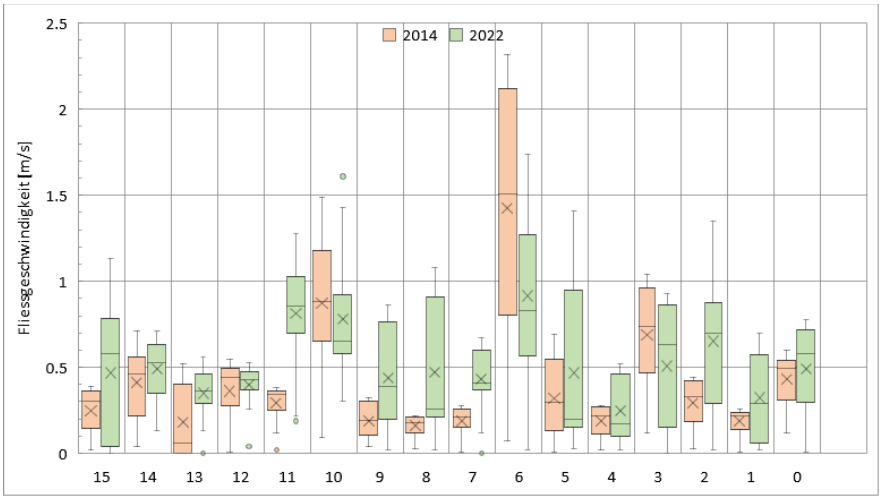


Abbildung 5-4: Boxplots der Fliessgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Bezüglich der Fliessgeschwindigkeit zeigt der standardisierte Wert eine Verschlechterung (siehe Tabelle 5-1). Dies ist auf die Art der Berechnung des Wertes zurückzuführen. Die geringen Fliessgeschwindigkeiten in den Staubereichen und die hohen Fliessgeschwindigkeiten in den Rampen im Vorher-Zustand 2014 treiben den standardisierten Wert aufgrund der hohen Variabilität künstlich in die Höhe. Da die Fliessgeschwindigkeit im Nachher-Zustand ausgeglichener (nicht monoton) ist, ergibt sich ein schlechterer standardisierter Wert.

Aus unserer Sicht spiegeln die Werte in diesem Fall nicht die Realität wider. 2022 zeigt sich ein deutlich diverseres Muster und verschiedene Korridore mit fliessenden Übergängen – im Gegensatz zu 2014, wo Bereiche hoher bzw. niedriger Fliessgeschwindigkeit über die ganze Gerinnebreite klar abgrenzbar sind.

5.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Vorher-Zustand 2014

Im Vorher-Zustand staute die Ballyschwelle die Aare im Abschnitt Niedergösgen zurück. Dadurch ergaben sich in der Aussenkurve grosse Wassertiefen, lokal über 3 m. In Richtung Innenkurve nahm die Fliesstiefe ab.

Die Fliessgeschwindigkeit im Staubereich lag bei nahezu bei 0 m/s. Im Bereich der Ballyschwelle, bei der das Wasser auf der in Fliessrichtung linken Seite vorbeifloss, waren lokal hohe Fliessgeschwindigkeiten vorhanden.

Der Vorher-Zustand zeigt einen klassischen Staubereich mit Wehrsituation mit geringer Variabilität in Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe. Im Abschnitt Niedergösgen lag die mittlere Fliessgeschwindigkeit bei etwa 0.18 m/s.

Nachher-Zustand 2022

Im Rahmen des Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojektes wurde die Ballyschwelle 2017 zurückgebaut und das Gerinne durch die Anlage eines Seitenarms in der Innenkurve deutlich aufgeweitet. Der Wasserstand oberhalb der Ballyschwelle sank dadurch über einen Meter ab [33].

Aus diesen Gründen liegt die Wassertiefe im Nachher-Zustand 2022 in der Aussenkurve mehrheitlich um 1.5 m. Lokal sind auch höhere Wassertiefen bis 3.5 m feststellbar (Abbildung 5-5).

Wegen des Rückbaus der Schwelle fliesst die Aare nun wieder ohne Rückstau ab. Die mittlere Fliessgeschwindigkeit lag 2022 bei 0.37 m/s. An Verengungen erreichten die Werte lokal sogar über 1.4 m/s (Abbildung 5-6).

Auffällig ist, dass bei Restwasserbedingungen im Winter der Seitenarm in der Innenkurve nicht durchströmt ist. Trotz der Aufweitung ist die benetzte Breite deshalb nicht viel höher als 2014 und es ist kein vielfältiges Strömungsmuster im Hauptgerinne zu sehen, wie es beispielsweise im Abschnitt Winznau der Fall ist.

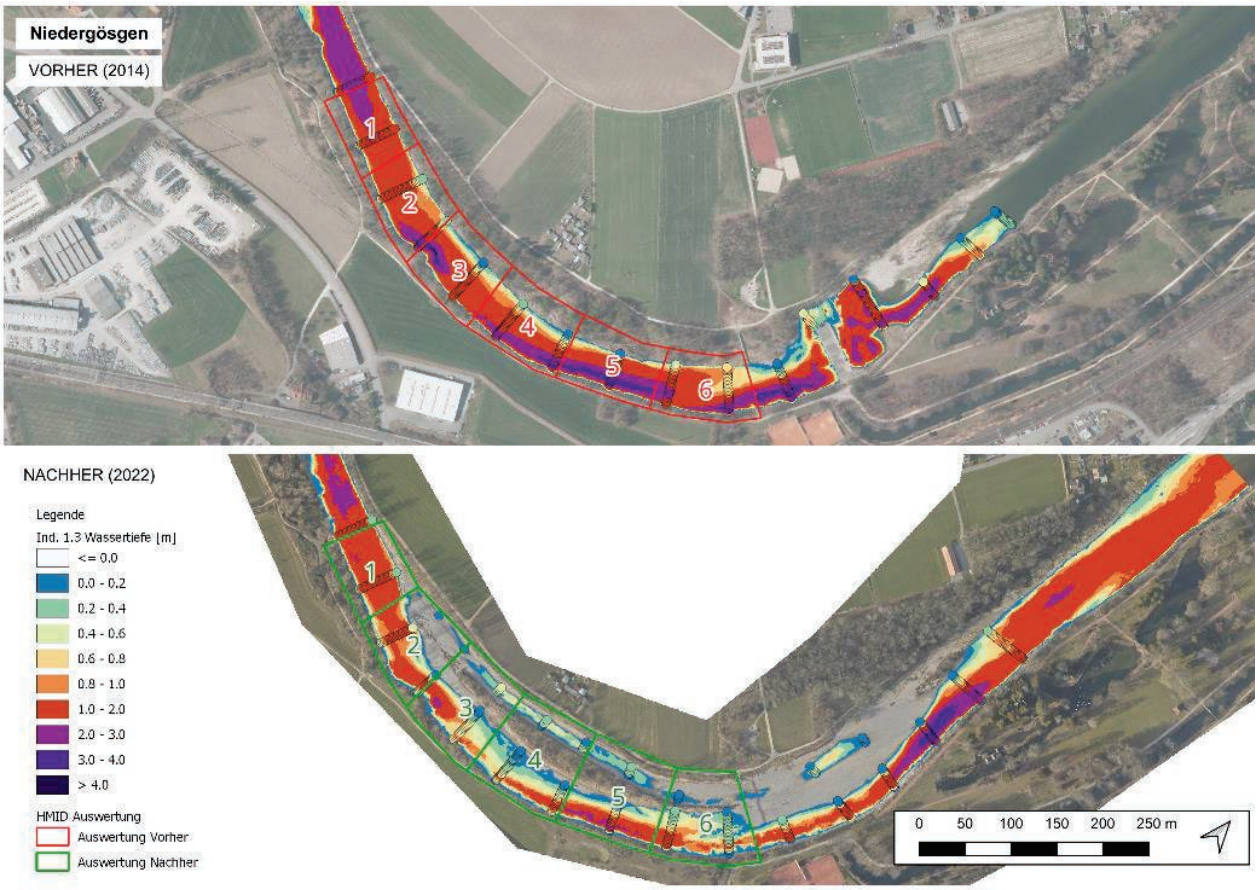


Abbildung 5-5: Wassertiefen im Abschnitt Niedergösgen im Vorher- und Nachher-Zustand.

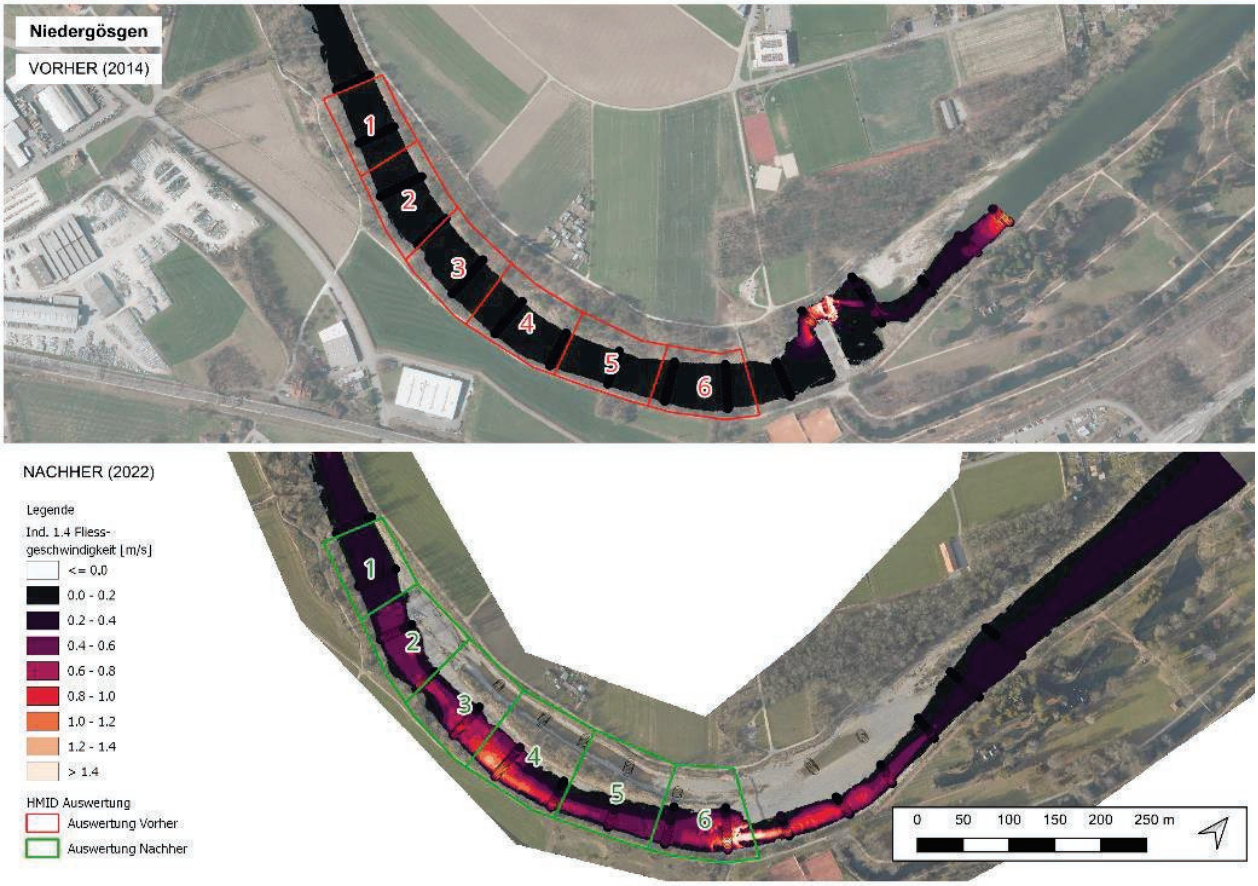


Abbildung 5-6: Fliessgeschwindigkeiten im Abschnitt Niedergösgen im Vorher- und Nachher-Zustand.

Vergleich

HMID und standardisierte Bewertung

Tabelle 5-2: HMID und standardisierte Werte für den Indikator 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fliessgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt U5 Niedergösgen (4 Auswertung ohne QP 0 und 4 = Ausreisser Wehr und Modellgrenze).

NIEDERGÖSGEN	HMID	Wassertiefe	Fliessgeschwindigkeit	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2014)	3.8	0.31 [4]	0.61 [4]	41.6
Nachher (2022)	6.5	0.38	0.71	44.0

[4] Bei der Berechnung des standardisierten Wertes von Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit im Vorher-Zustand 2014 wurden die Werte des Querprofils 0 (unterstes QP) aufgrund der Lage am Modellrand und des Querprofils 4 aufgrund der Lage im beschleunigten Bereich der Ballyschwelle aus der Berechnung ausgeschlossen. Eine Berücksichtigung des QP 0 und 4 hätte eine deutliche Erhöhung des standardisierten Wertes zur Folge, da beide Querprofile als Ausreisser die Standardabweichung in die Höhe treiben würden. Da der standardisierte Wert in der Folge unrealistisch hoch wäre (Ergebnis Wassertiefe: 0.43, Ergebnis Fliessgeschwindigkeit: 1.00), wurden beide Querprofile in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Wassertiefe

Obwohl die Restwasserabflüsse im Winter im Vorher-Zustand mit 7.5 m^3/s nur halb so hoch waren wie 2022 (15 m^3/s), ist die Wassertiefe 2014 deutlich höher. Dies ist auf den Einstau durch die Ballyschwelle zurückzuführen.

Das Mosaik der Wassertiefen (Abbildung 5-5) ist 2022 zwar diverser als 2014, dennoch wäre eine höhere Variabilität wünschenswert (so wie es beispielsweise der Abschnitt Winznau zeigt). Die eingeschränkte Diversität bei Restwasserbedingungen ist vor allem auf die nicht vorhandene Durchströmung des Seitenarms zurückzuführen.

Die benetzte Breite ist trotz der maschinellen Aufweitung im Nachher-Zustand 2022 nur wenige Meter breiter als 2014 (siehe Tabelle 5-2), da der Seitenarm nicht durchströmt ist und somit nicht vollständig in den Wert eingeht.

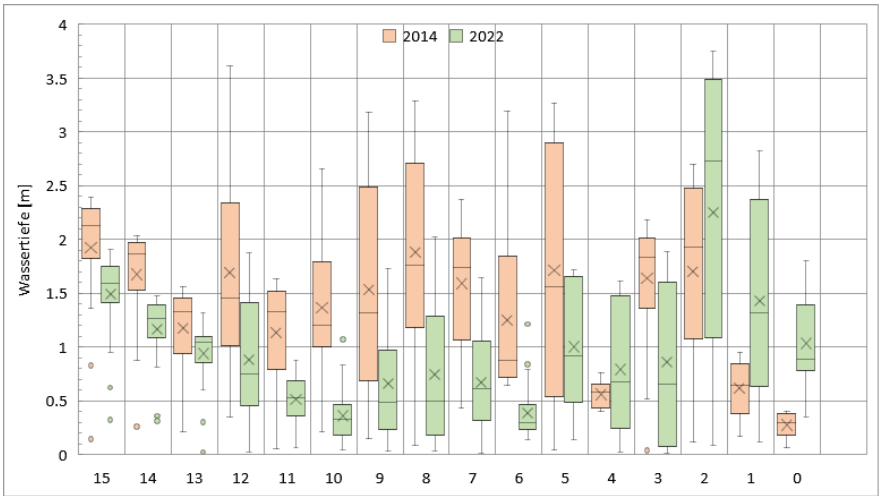


Abbildung 5-7: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Der standardisierte Wert ist im Vorher-Zustand 2014 (0.31) etwas schlechter als im Nachher-Zustand 2022 (0.38) und bestätigt damit die Aussage.

Fliessgeschwindigkeit

In Abbildung 5-6 und Abbildung 5-8 ist 2014 deutlich die geringe Fliessgeschwindigkeit im Staubereich vor der Ballyschwelle zu sehen. Im Nachher-Zustand 2022 ist die Variabilität sowohl in Längs- als auch in Querrichtung deutlich höher.

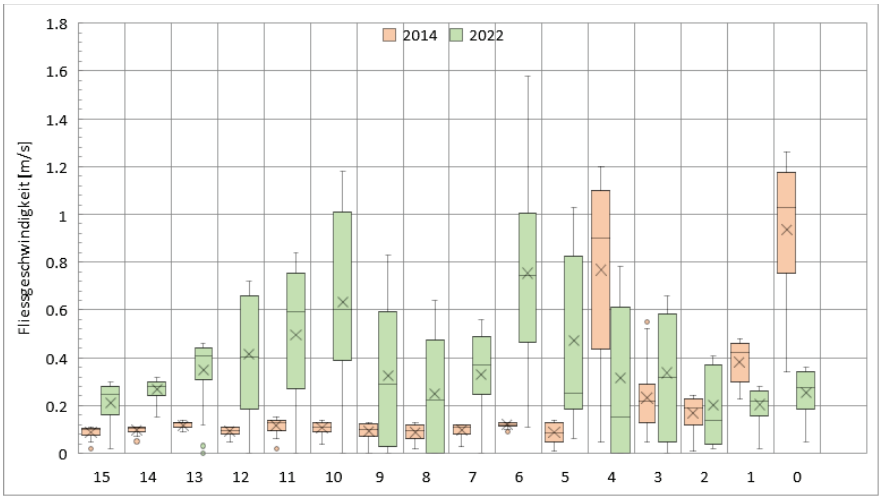


Abbildung 5-8: Boxplots der Fliessgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Der standardisierte Wert im Nachher-Zustand ist entsprechend höher (0.71) als im Vorher-Zustand (0.61), was auf das vielfältigere Strömungsmuster 2022 zurückzuführen ist. Allerdings überschätzt die Berechnung unserer Meinung nach beide Zustände. Dies bestätigt auch der HMID, welcher 2014 im Vorher-Zustand mit 3.8 zwar deutlich niedriger als im Nachher-Zustand 2022 mit 6.5 ist, beide Werte sind aber nicht sehr hoch.

Obwohl eine Aufwertung erreicht wurde, wären weitere Verbesserungen wünschenswert. Das Mosaik von Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen sollte diverser sein und dynamischere Formen annehmen, wie es beispielsweise im Abschnitt Winznau der Fall ist.

5.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

Vorher-Zustand 2014

Im Vorher-Zustand 2014 sind ausgeprägte Bereiche mit grossen Wassertiefen (2-3 m) in der Aussenkurve vorhanden. Flussabwärts wechseln sich Bereiche mit flachem Wasser (bis 0.6 m) über die ganze Gerinnebreite mit etwas tieferen Bereichen ab. Bezüglich der Fliessgeschwindigkeiten zeigt sich ein im Längsverlauf wechselndes Bild. Im oberen Bereich der Strecke ist eine Beschleunigung um die Mittelinsel feststellbar, weiter flussabwärts ein annähernd stehender Bereich, welcher durch die folgende Verengung zurückgestaut wird. In der Verengung fliesst die Aare schneller.

Nachher-Zustand 2022

Im Rahmen der Massnahmen wurde ein Seitengerinne erstellt. Allerdings ist dieses im Nachher-Zustand 2022 nicht durchflossen. Die Massnahmen im Hauptgerinne scheinen sich nur geringfügig auf das Strömungsmuster ausgewirkt zu haben, da das Bild im Nachher-Zustand 2022 sehr ähnlich zum Vorher-Zustand 2014 ist.

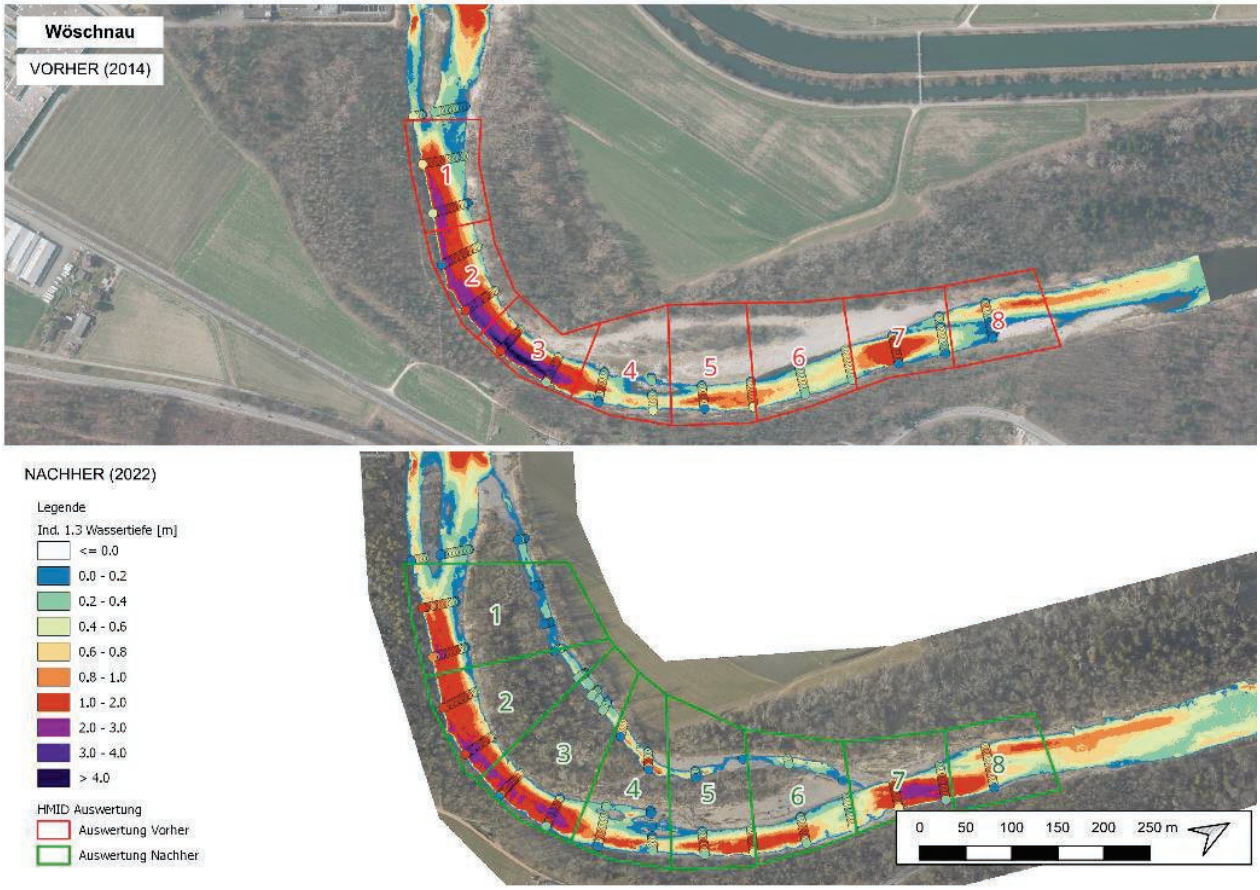


Abbildung 5-9: Wassertiefen im Abschnitt Wöschnau im Vorher- und Nachher-Zustand.

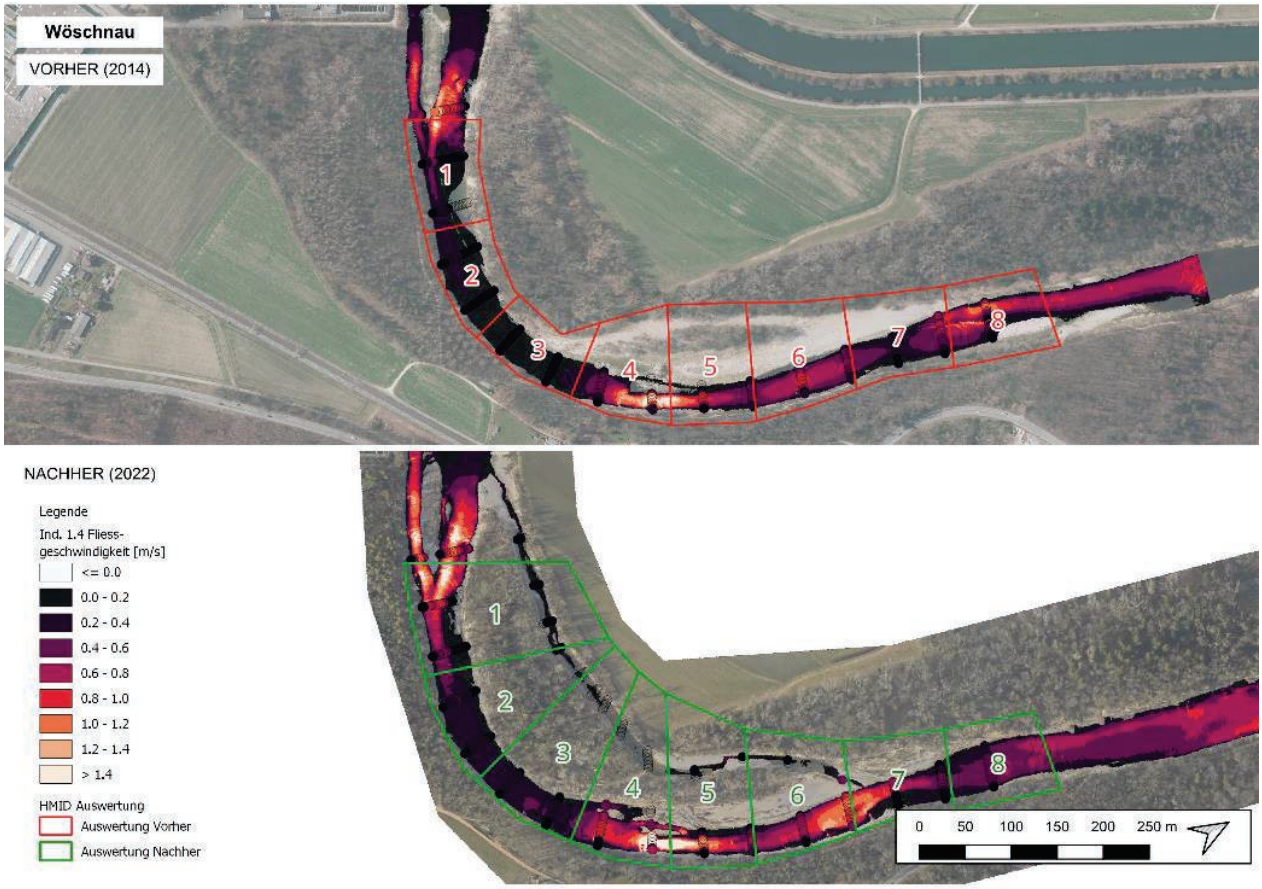


Abbildung 5-10: Fliessgeschwindigkeiten im Abschnitt Wöschnau im Vorher- und Nachher-Zustand.

Vergleich

HMID und standardisierte Bewertung

Tabelle 5-3: HMID und standardisierte Werte für den Indikator 1.3 Wassertiefe und 1.4 Fliessgeschwindigkeit im Vorher- und Nachher-Zustand im Abschnitt U7 Wöschnau.

WÖSCHNAU	HMID	Wassertiefe	Fliessgeschwindigkeit	Mittlere benetzte Breite [m]
Vorher (2014)	7.2	0.73	0.77	37.7
Nachher (2022)	9.0	~~0.44~~ [5]	0.94	47.5

Wassertiefe

Abbildung 5-11 zeigt, dass sich die Wassertiefen längs und quer zur Fliessrichtung im Vorher- und im Nachher-Zustand ähneln. Lediglich die Wassertiefen in den tiefen Bereichen zu Beginn des Abschnitts (QP14 bis QP9) sind 2014 höher als 2022, was auf die in Fussnote [5] beschriebenen Modellfehler zurückzuführen ist.

[5] Aufgrund von Höhenfehlern im Modell in der Aussenkurve des Hauptgerinnes ist die Bewertung der Wassertiefe im Nachher-Zustand im Abschnitt Wöschnau nicht aussagekräftig. Die Höhenfehler zwischen Punktwolke (für 2d-Modell verwendet) und den Bafu-Querprofilen (mit Zusatzmessungen korrigiert) betragen bis zu 1.5 m.

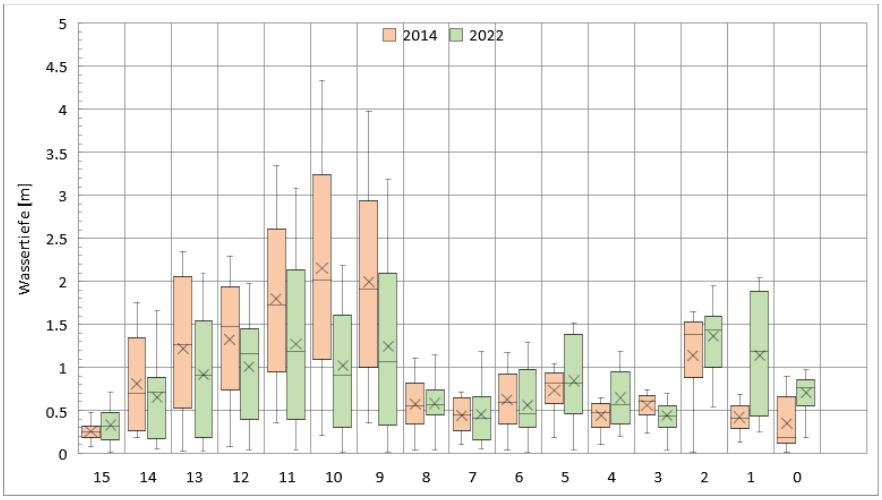


Abbildung 5-11: Boxplots der Wassertiefe der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Die standardisierte Bewertung der Wassertiefe für den Nachher-Zustand ist somit nicht aussagekräftig, aber auch der Vorher-Zustand wird mit einem Wert von 0.73 unserer Meinung nach überschätzt.

Fliessgeschwindigkeit

Das Muster der Fliessgeschwindigkeiten ähnelt sich im Vorher- und Nachher-Zustand. Dies ist darauf zurückzuführen, dass keine grossen Massnahmen im Hauptgerinne stattgefunden haben und bei Restwasserbedingungen der Seitenarm keine Bedeutung für die Auswertung hat. Die Bandbreite der Fliessgeschwindigkeiten zu Beginn des Abschnitts ist 2022 leicht grösser als 2014 (siehe Abbildung 5-12).

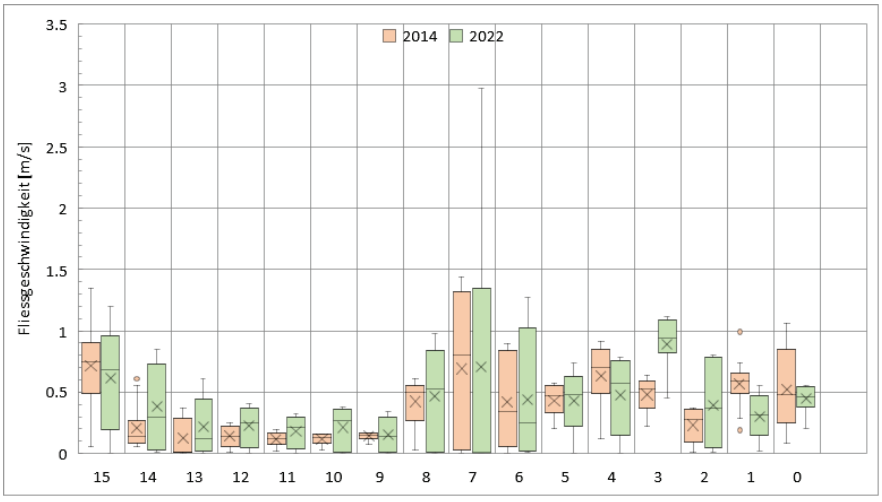


Abbildung 5-12: Boxplots der Fliessgeschwindigkeit der einzelnen Querprofile. In Fliessrichtung von links nach rechts.

Dies resultiert 2022 (0.94) in einem höheren standardisierten Wert als 2014 (0.77). Diese fast perfekte Wertung des Abschnitts (bester möglicher Wert: 1) spiegelt jedoch nicht die Realität wider (vgl. Kapitel 5.2) Der HMID hingegen liefert mit 7.2 (2014) bzw. 9.0 (2022) eine realistischere Einschätzung, wobei auch dieser vor dem Hintergrund weiterer Faktoren, wie der starken Kolmatierung der Sohle am Ende des Abschnitts, tendenziell zu optimistisch ist.

Die benetzte Breite ist im Nachher-Zustand etwa 10 m breiter als 2014, was auf den Seitenarm zurückzuführen ist. Allerdings ist das Wasser bei Restwasserbedingungen im Sommer dort lediglich sehr langsam fliessend bis stehend.

Das Mosaik aus Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten hat sich im Abschnitt Wöschnau im Hauptgerinne also nur geringfügig verändert.

5.5. Kurzdiskussion

Winznau

Sowohl die Auswertungen des 2d-Strömungsmodells als auch der Eindruck vor Ort haben gezeigt, dass sich der Abschnitt Winznau am besten entwickelt hat. Dies wird zwar nicht eindeutig durch den HMID bzw. den standardisierten Wert bestätigt. Allerdings weisen weitere, nicht hydraulische Faktoren ebenfalls darauf hin. Zum einen führt die grössere Variabilität von Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen (Abbildung 5-1, Abbildung 5-2) zu einer Korngrössensortierung des Substrats beim Zusammenfluss der beiden Arme (siehe Abbildung 4-5, Kapitel 4.4.1), zum anderen wird die Erhöhung der benetzten Breite von ca. 20 m bei jeglichen Restwasserbedingungen erreicht. Der nördliche Seitenarm fällt nicht trocken. Die Strömungsvariabilität kann also direkt durch einen anderen Indikator bestätigt werden.

Niedergösgen und Wöschnau

Laut Projektbericht des AfU [33] sollte das Seitengerinne in Niedergösgen die Fischwanderung erlauben und dasjenige in der Wöschnau ständig durchströmt sein und Laichgebiete und Rückzugsräume für Fische bieten. Die Modellierungen und auch Begehungen haben allerdings gezeigt, dass die Seitenarme schlecht durchströmt sind. Weder bei Restwasserbedingungen im Winter (15 m^3/s) noch im Sommer (25 m^3/s) [6] fliesst ausreichend Wasser durch die Gerinne in der Innenkurve. Dies zeigt sich in der geringen Erhöhung der benetzten Breite (trotz Erhöhung der Restwassermengen). Ausserdem spiegelt sich die schlechte Durchströmung auch hier im Indikator Substrat (Kapitel 4) wider. Die Seitengerinne sind im Sommer veralgt, das Substrat grob und kolmatiert (Abbildung 4-6, Abbildung 4-7, Abbildung 4-11).

Ein Vergleich der Orthofotos wenige Jahre nach dem Bau (2017 bzw. 2018) mit aktuellen aus dem Jahr 2022 zeigt die Verlandungstendenz im Anströmbereich der Seitengerinne. Durch die Auflandungen von Kies wird der Beginn der Seitenarme versperrt, sodass erst bei deutlich höheren Abflüssen Wasser in die Seitengerinne strömen kann.

[6] Bei der Feldbegehung am 14.07.2022 waren die Seitengerinne in den Abschnitten Niedergösgen und Wöschnau nicht durchflossen. Die Restwassermenge (Sommer) zu dieser Zeit lag bei 25 m^3/s. Die Abflüsse an den Messstationen Murgenthal (oberhalb Perimeter) bzw. Brugg (unterhalb Perimeter) betrugen 138 bzw. 142 m^3/s.

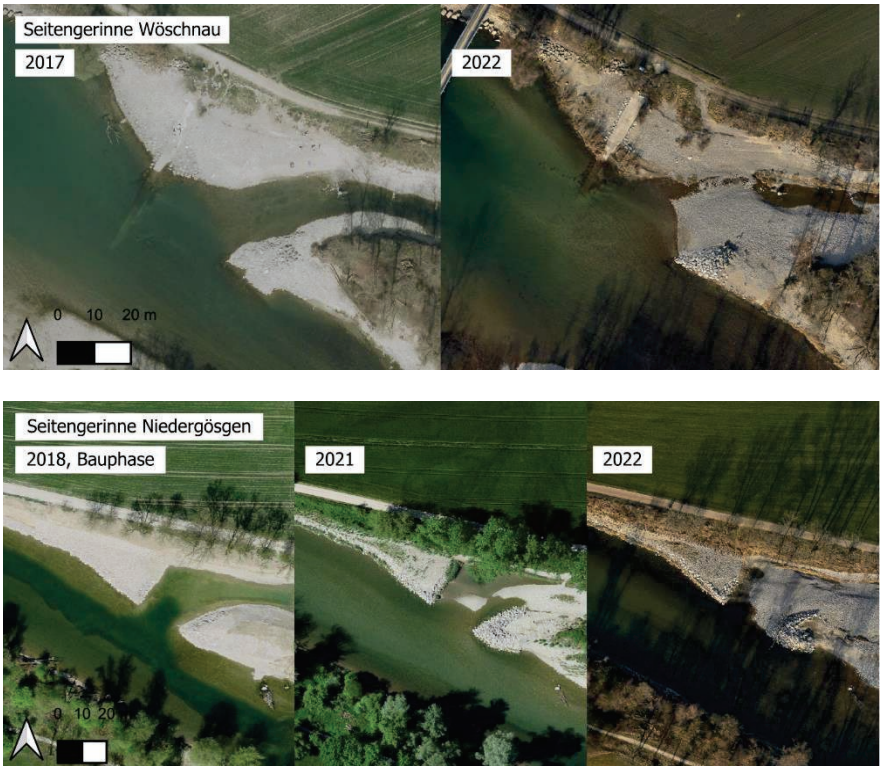


Abbildung 5-13: Vergleich der Seitengerinne in der Wöschnau und in Niedergösgen wenige Jahre nach den Baumassnahmen und 2022. Die Verlandungstendenz zu Beginn der Seitenarme ist deutlich zu sehen.

6. Sohlenstruktur

6.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	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.).
Indikator	Indikatorset 1 «Habitatvielfalt», Indikator 1.1 Sohlenstruktur
Indizierte Ziele	Erhöhung der Strukturvielfalt und damit der Vielfalt an aquatischen Habitaten.
Begründung	Ein naturnahes Fliessgewässer besteht aufgrund unterschiedlicher hydraulischer Bedingungen aus verschiedenen Sohlenformen und somit aus verschiedenen Habitatstrukturen. Die Vielfalt, die Grösse und die räumliche Verteilung dieser Habitate bestimmen massgeblich die Artenzusammensetzung und Häufigkeit der aquatischen Flora und Fauna. Die Fliessgeschwindigkeit und die Wassertiefe in den Restwasserstrecken der Kraftwerke Gösgen und Aarau weisen bereits heute eine relativ hohe Variabilität auf, die aber nicht den natürlichen Verhältnissen entspricht. Eine hohe Variabilität dieser Parameter gehört zu den wichtigsten gewässerökologischen Projektzielen.
Literatur	[3]

6.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Lage und Fläche der einzelnen Sohlenstrukturen
Vorgehen	Im Gegensatz zu den im Indikatorbeschrieb aufgeführten Sohlenstrukturen werden die räumlich feiner aufgelösten Mesohabitate kartiert (siehe Anhang A4). Die minimale Ausdehnung einer als Mesohabitat zu kartierenden Fläche beträgt in der grössten linearen Dimension (Länge, Breite, Diagonale) etwa der mittleren 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 [1]. Für die Auswertung wurden die Mesohabitate dem entsprechenden Sohlenstrukturtyp zugeordnet (Tabelle 4). Im Unterschied zum Ausgangszustand wurde im 1. Projektzustand die Sohlenstruktur Rinne zusätzlich zu den Mesohabitaten erfasst. Die Rinne, gemäss Definition [3], liefert eine zusätzliche Struktur, welche hinsichtlich Wassertiefe und Fliessgeschwindigkeit monotone Bereiche umschreiben kann. Diese Struktur bringt also einen zusätzlichen Detaillierungsgrad in die Untersuchung der Mesohabitate mit ein. Zudem ist sie relevant für die Auswertung des Indikators 1.1 «Sohlenstrukturen».

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 leichte Trübung, kein oder nur sehr wenig Wind). Zur Verortung der Mesohabitatflächen wurde ein submetergenaues GPS verwendet. Die Erfassungsgenauigkeit betrug je nach Standort 50-150 cm. Sie wurde durch die Mittelwertbildung von jeweils 3 Messwerten zusätzlich erhöht[7].

Erhebungen

<u>Restwasserstrecke KW Gösgen (Untersuchungsstrecken U2 und U5)</u>

3.2.2022 (U2) respektive 10.2.2022 (U5) bei einem Restwasserabfluss von 15 m^3/s
2.3.2022 (U2) respektive 11.3.2022 (U5) bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s

Koordinaten Strecke U2:
unten: 2'637'534 / 1'245'391 oben: 2'637'127 / 1'245'331

Koordinaten Strecke U5:
Unten: 2'641'873 / 1'246'017 oben: 2'641'373 / 1'245'982

<u>Restwasserstrecke KW Aarau (Untersuchungsstrecke U7)</u>

23.2.2022 und 25.2.2022 bei einem Restwasserabfluss von 15 m^3/s
10.3.2022 bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s
Koordinaten Strecke U7:
Unten: 2'644'050 / 1'248'729 oben: 2'643'559 / 1'248'270

Auswertung

Indikator Nr. 1.1: Anzahl Strukturen pro Einheitslänge. Standardisierung auf Werte zwischen 0 und 1. Details vgl. [3]

Die Bewertung erfolgte in Anlehnung an [3]. Aufgrund der neu geschaffenen Seitengerinne ist die Gerinnesohlenbreite (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzte Bereiche, ausschliesslich bewachsene Insel) 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 20 m^3/s berechnete Einheitslänge auch für 15 m^3/s sowie für den Ausgangszustand verwendet. Aus diesem Grund wurde die Bewertung des Ausgangszustandes neu gemacht. Die Vorgaben zu den Bewertungsklassen in [3] wurden präzisiert. Die Bewertungskriterien sind in Tabelle 16 ersichtlich[8].

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

[7] 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.

[8] 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.

6.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau	●			●	●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	●			●	●		
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien	●			●	●		

6.4. Resultate

6.4.1. Ausgangszustand

Korrekturen

Die Bewertung des Ausgangszustandes wurde unter Verwendung derselben Einheitslänge wie im 1. Projektzustand und unter Berücksichtigung derselben Bewertungsklassen neu berechnet (Tabelle 4; Tabelle 16; Tabelle 17; Tabelle 18; Tabelle 19; Tabelle 20). Die Gesamtbewertung ändert sich nur in der Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien), welche mit dieser Berechnung neu eine Stufe schlechter mit 0.25 bewertet wird.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 7.5 m³/s				Abfluss 10 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	Schnelle	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	1	1.4	160	0.9	1	1.4	117	0.7
Lauf	Schnelle	2	2.8	1467	8.5	2	2.7	1309	7.3
Furt	Furt	5	6.9	1955	11.4	4	5.4	2040	11.4
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	2	2.8	5476	31.8	2	2.7	6394	35.7
Staukolk	Rinne	1	1.4	4588	26.7	1	1.4	5330	29.7
Flachwasser	Flachwasser	6	8.3	2049	11.9	6	8.1	1761	9.8
Hinterwasser	Hinterwasser	1	1.4	13	0.1	0	0.0	0	0.0
Nebengerinne-kolk	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	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	4	5.5	1500	8.7	5	6.8	980	5.5
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Summe		22	30.5	17207	100	21	28.5	17931	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	37
Länge Untersuchungsstrecke [m]	487
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)	661

Tabelle 4 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau im Ausgangszustand (2014). EL = Einheitslänge

	2014	
	7.5 m³/s	10 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	ja	ja
Flächenanteil Rinne [%]	58.5	65.4
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	6	5
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8	4-8
Anzahl Schnelle / EL	4.2	4.1
Anzahl Furt / EL	6.9	5.4
Anzahl Rinne / EL	4.2	4.1
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.5**	**0.5**

Tabelle 16 Kennwerte für die Strecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau für den Ausgangszustand (2014), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 10 m³/s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Schnelle	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0.0
Lauf	Schnelle	0	0.0	0	0.0
Furt	Furt	0	0.0	0	0.0
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	1	1.2	629	2.2
Staukolk	Rinne	1	1.2	26402	94.4
Flachwasser	Flachwasser	8	9.7	939	3.4
Hinterwasser	Hinterwasser	0	0.0	0	0.0
Nebengerinnekolk	Hinterwasser	0	0.0	0	0.0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0.0
Bank unbewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0
Summe		10	12.1	27970	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	47
Länge Untersuchungsstrecke [m]	595
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)	718

Tabelle 17 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen im Ausgangszustand (2014). EL = Einheitslänge

	2014
	10 m^3/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	ja
Flächenanteil Rinne [%]	96.6
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	nein
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	2
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	nein
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	0-3
Anzahl Schnelle / EL	0.0
Anzahl Furt / EL	0.0
Anzahl Rinne / EL	2.4
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.25**

Tabelle 18 Kennwerte für die Strecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen für den Ausgangszustand (2014), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 10 m³/s			
		Anzahl	Anzahl pro EL	Fläche [m²]	Fläche [%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0.0
Schussrinne	Schnelle	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0.0
Lauf	Schnelle	4	2.9	3329	7.3
Furt	Furt	5	3.6	5308	11.6
Rinne	Rinne	0	0.0	0	0.0
Gleite	Rinne	3	2.1	11240	24.6
Staukolk	Rinne	1	0.7	8783	19.2
Flachwasser	Flachwasser	6	4.3	3035	6.6
Hinterwasser	Hinterwasser	4	2.9	345	0.8
Nebengerinne-kolk	Hinterwasser	0	0.0	0	0.0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0.0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0.0
Bank unbe-wachsen	Bank	1	0.7	276	0.6
Bank bewach-sen	Bank	6	4.3	13389	29.3
Summe		30	21.4	45705	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	54
Länge Untersuchungsstrecke [m]	869
Einheitslänge [m] (aus 1. Projektzustand)	620

Tabelle 19 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien im Ausgangszustand (2014). EL = Einheitslänge

	2014
	10 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein
Flächenanteil Rinne [%]	43.8
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?	0-3
Anzahl Schnelle / EL	2.9
Anzahl Furt / EL	3.6
Anzahl Rinne / EL	2.9
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.25**

Tabelle 20 Kennwerte für die Strecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien für den Ausgangszustand (2014), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

6.4.2. Projektzustand 1

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Insgesamt konnten 12 unterschiedliche Mesohabitate festgestellt werden, die sich auf 8 Sohlenstrukturen verteilen (vgl. Tabelle 21). Ein einziger der gemäss Indikator zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen fehlt (Stufe). Viele Sohlenstrukturen kommen in grosser Anzahl vor, am meisten davon Flachwasser. Obwohl viele einzelne Flachwasserflächen vorkommen, dominiert mit einem Flächenanteil von 55 % die Sohlenstruktur Rinne (vgl. Abbildung 15). Weiter kommen Schnelle und Furt auf einer namhaften Fläche (Flächenanteil > 10 %) vor. Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheiden sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen nur wenig (vgl. Abbildung 33). Insgesamt wird dem Indikator «Sohlenstruktur» der Wert 0.5 zugeordnet (Tabelle 22).

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 15 m³/s				Abfluss 20 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	Schnelle	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	4	5.5	356	1.4	4	5.5	356	1.4
Lauf	Schnelle	6	8.3	3326	12.9	7	9.6	3328	12.9
Furt	Furt	10	13.8	4633	18.0	9	12.4	5026	19.5
Rinne	Rinne	2	2.8	10343	40.2	2	2.8	10339	40.1
Gleite	Rinne	2	2.8	3742	14.5	2	2.8	3741	14.5
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	14	19.3	1430	5.6	15	20.7	1216	4.7
Hinterwasser	Hinterwasser	7	9.6	395	1.5	7	9.6	395	1.5
Nebengerinnekolk	Hinterwasser	2	2.8	7	0.0	2	2.8	7	0.0
Stufenkolk	Becken	2	2.8	141	0.5	2	2.8	141	0.5
Lateralkolk	Kolk	1	1.4	46	0.2	1	1.4	46	0.2
Bank unbewachsen	Bank	10	13.8	1287	5.0	7	9.6	1107	4.3
Bank bewachsen	Bank	1	1.4	28	0.1	2	2.8	67	0.3
Summe		61	84.0	25’735	100	60	82.6	25’771	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	55
Länge Untersuchungsstrecke [m]	480
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	661

Tabelle 21 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau im Jahr 1. Projektzustand (2022). EL = Einheitslänge

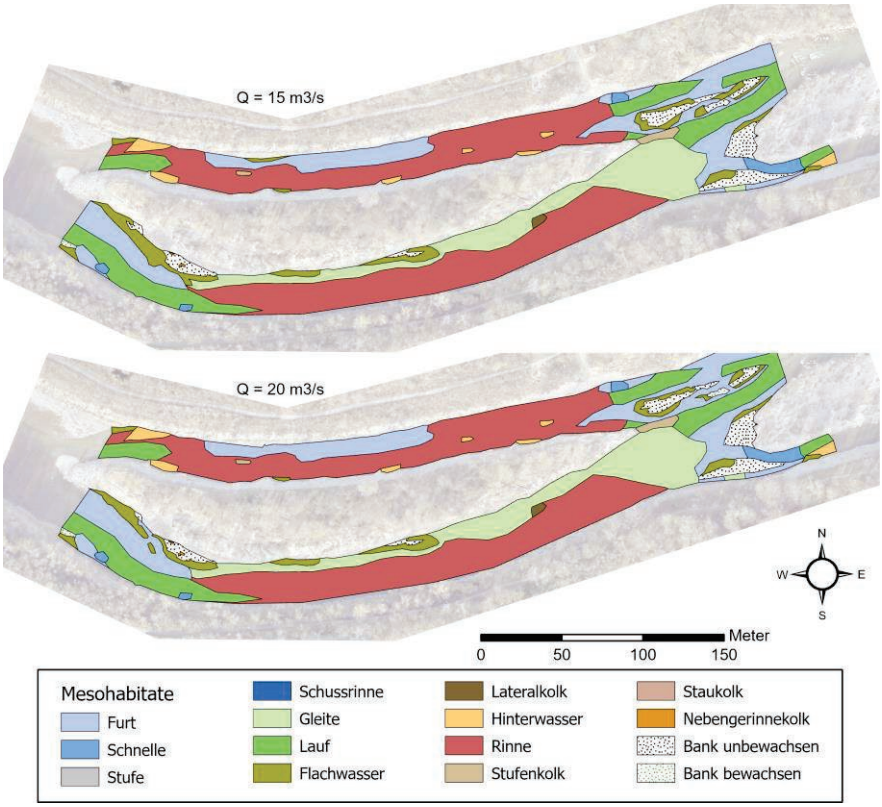


Abbildung 33 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau am 3.2.2022 (Abfluss 15 m3/s) und am 2.3.2022 (Abfluss 20 m3/s). Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

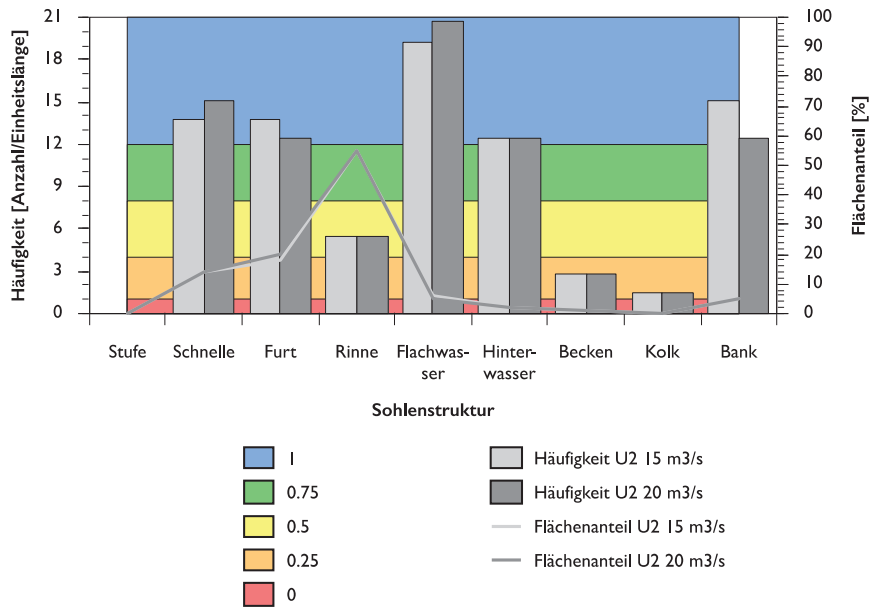


Abbildung 15 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau und Zuordnung der standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah)

	15 m³/s	20 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	ja	ja
Flächenanteil Rinne [%]	54.7	54.6
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	8	8
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8	4-8
Anzahl Schnelle / EL	13.8	15.1
Anzahl Furt / EL	13.8	12.4
Anzahl Rinne / EL	5.5	5.5
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.5**	**0.5**

Tabelle 22 Kennwerte für die Strecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau für den 1. Projektzustand (2022), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Das Seitengerinne war zum Erhebungszeitpunk nicht durchflossen. Sämtliche benetzten Bereiche wurden dort dem Mesohabitat Nebengerinnekolk zugeordnet. Es konnten 11 (15 m³/s) bis 12 (20 m³/s)[9] unterschiedliche Mesohabitate festgestellt werden. Sie entsprechen 8 der gemäss Indikator zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen (vgl. Tabelle 23). Ein einziger Strukturtyp fehlt (Stufe). Die einzelnen Typen kommen meist nur in geringer Anzahl vor. Lediglich der Typ Hinterwasser ist häufig (vgl. Abbildung 36). Die Sohlenstruktur Rinne dominiert die Untersuchungsstrecke mit einem Flächenanteil von über 50 %. Daneben kommen einzig die Typen Hinterwasser und Bank mit > 10 % Flächenanteil vor.
Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheidet sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen nur wenig (Abbildung 35). Dem Indikator «Sohlenstruktur» wird der Wert 0.5 zugeordnet (Tabelle 24).

[9] Bei 20 m³/s wurde eine einzige kleine unbewachsene Kiesinsel erfasst.

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 15 m³/s				Abfluss 20 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	Schnelle	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	2	2.4	97	0.3	2	2.4	97	0.3
Lauf	Schnelle	2	2.4	2211	6.7	2	2.4	2211	6.6
Furt	Furt	4	4.8	2814	8.5	4	4.8	2814	8.4
Rinne	Rinne	2	2.4	11925	36.0	2	2.4	11925	35.5
Gleite	Rinne	2	2.4	5328	16.1	2	2.4	5328	15.9
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	8	9.6	1734	5.2	8	9.6	1801	5.4
Hinterwasser	Hinterwasser	10	12.0	576	1.7	10	12.0	576	1.7
Nebengerinnekolk	Hinterwasser	5	6.0	4423	13.4	7	8.4	3575	10.6
Stufenkolk	Becken	3	3.6	193	0.6	3	3.6	193	0.6
Lateralkolk	Kolk	1	1.2	48	0.1	1	1.2	48	0.1
Bank unbewachsen	Bank	7	8.4	3770	11.4	7	8.4	5033	15.0
Bank bewachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	1	1.2	5	0.0
Summe		46	55.0	33120	100	49	58.6	33606	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	60
Länge Untersuchungsstrecke [m]	600
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	718

Tabelle 23 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

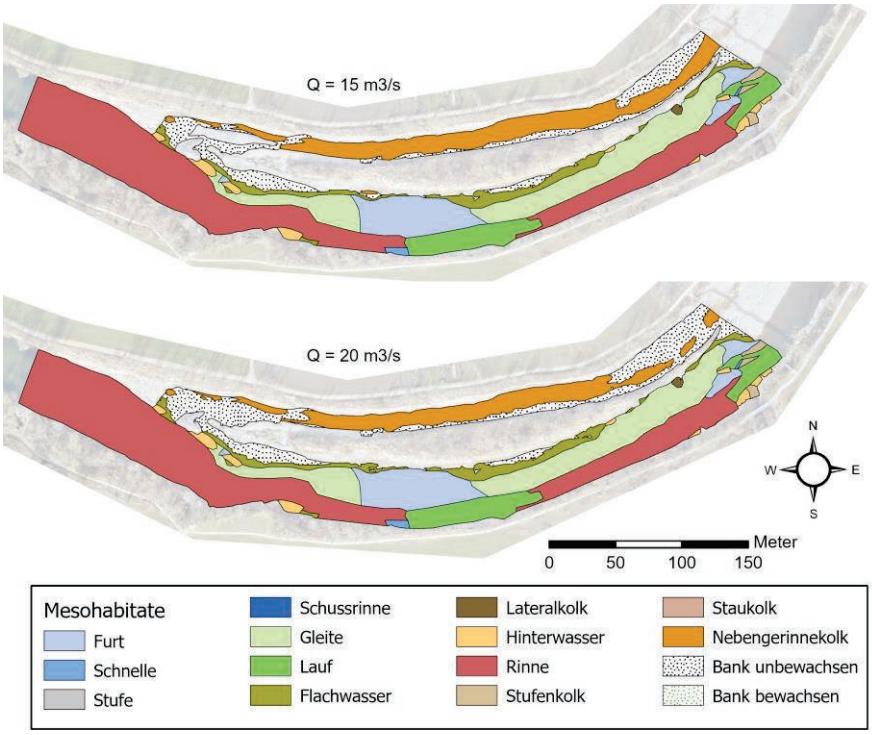


Abbildung 35 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen am 10.2.2022 (Abfluss 15 m3/s) und am 11.3.2022 (Abfluss 20 m3/s). Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

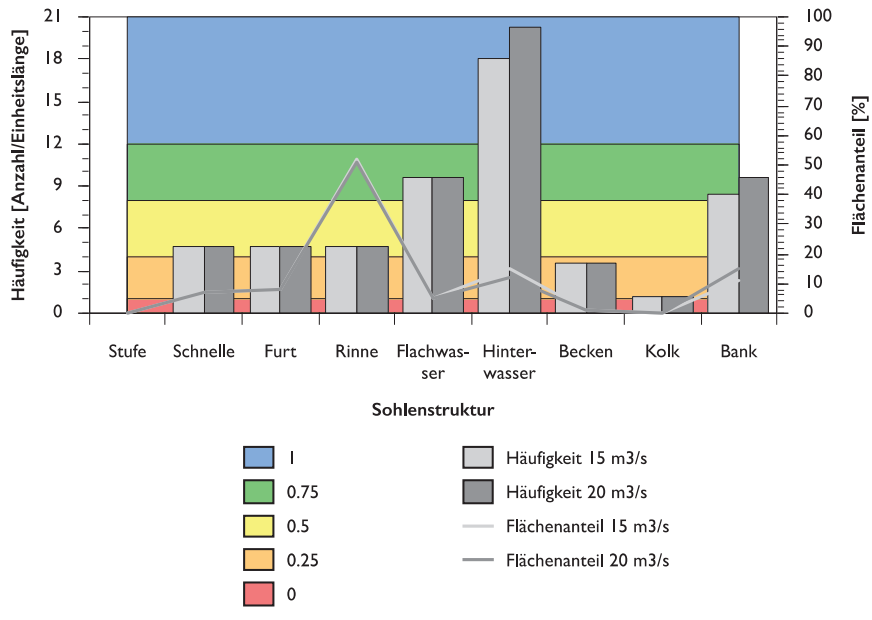


Abbildung 36 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen und Zuordnung der standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah)

	15 m³/s	20 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	ja	ja
Flächenanteil Rinne [%]	52.1	51.3
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	8	8
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8	4-8
Anzahl Schnelle / EL	4.8	4.8
Anzahl Furt / EL	4.8	4.8
Anzahl Rinne / EL	4.8	4.8
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.50**	**0.50**

Tabelle 24 Kennwerte für die Strecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen für den 1. Projektzustand (2022), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

Es wurden 11 unterschiedliche Mesohabitate festgestellt. Sie entsprechen 8 der gemäss Indikator zu unterscheidenden 9 Typen von Sohlenstrukturen (vgl. Tabelle 25). Auch in dieser Strecke fehlt nur der Typ Stufe. Die einzelnen Typen kommen oft in grosser Anzahl vor. Flachwasser, Hinterwasser und Bank sind am häufigsten vertreten (vgl. Abbildung 38). Der Strukturtyp Rinne dominiert flächenmässig mit 42 %. Daneben kommen Furt und Hinterwasser mit einem Flächenanteil von > 10 % vor.

Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheidet sich kaum zwischen den beiden untersuchten Abflüssen (Abbildung 37). Analog zu den anderen beiden Untersuchungsstrecken wird dem Indikator «Sohlenstruktur» der Wert 0.5 zugeordnet (Tabelle 26).

Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [28]	Abfluss 15 m³/s				Abfluss 20 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	Schnelle	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Schnelle	Schnelle	3	2.1	103	0.2	3	2.1	103	0.2
Lauf	Schnelle	4	2.8	3979	9.1	5	3.5	4024	9.2
Furt	Furt	11	7.8	8019	18.3	11	7.7	7974	18.2
Rinne	Rinne	5	3.5	14107	32.1	5	3.5	14107	32.1
Gleite	Rinne	3	2.1	4085	9.3	3	2.1	4085	9.3
Staukolk	Rinne	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Flachwasser	Flachwasser	23	16.2	3104	7.1	23	16.1	3276	7.5
Hinterwasser	Hinterwasser	6	4.2	2365	5.4	6	4.2	2365	5.4
Nebengerin-nekolk	Hinterwasser	10	7.0	3922	8.9	11	7.7	3945	9.0
Stufenkolk	Becken	1	0.7	113	0.3	1	0.7	113	0.3
Lateralkolk	Kolk	3	2.1	394	0.9	3	2.1	394	0.9
Bank unbe-wachsen	Bank	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bank be-wachsen	Bank	15	10.6	3309	7.5	17	11.9	3133	7.1
Summe		88	62.0	43901	100	92	64.2	43917	100

Kennwerte	
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	52
Länge Untersuchungsstrecke [m]	888
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	620

Tabelle 25 Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

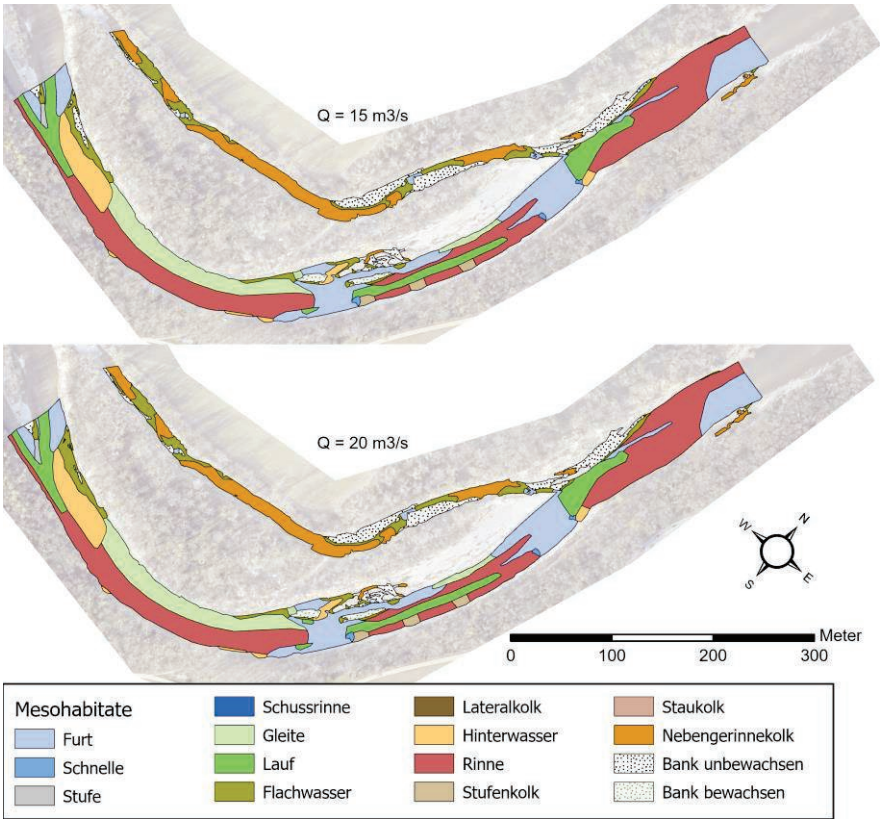


Abbildung 37 Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien am 23.2.2022 und 25.2.2022 (Abfluss 15 m3/s) und am 10.3.2022 (Abfluss 20 m3/s). Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

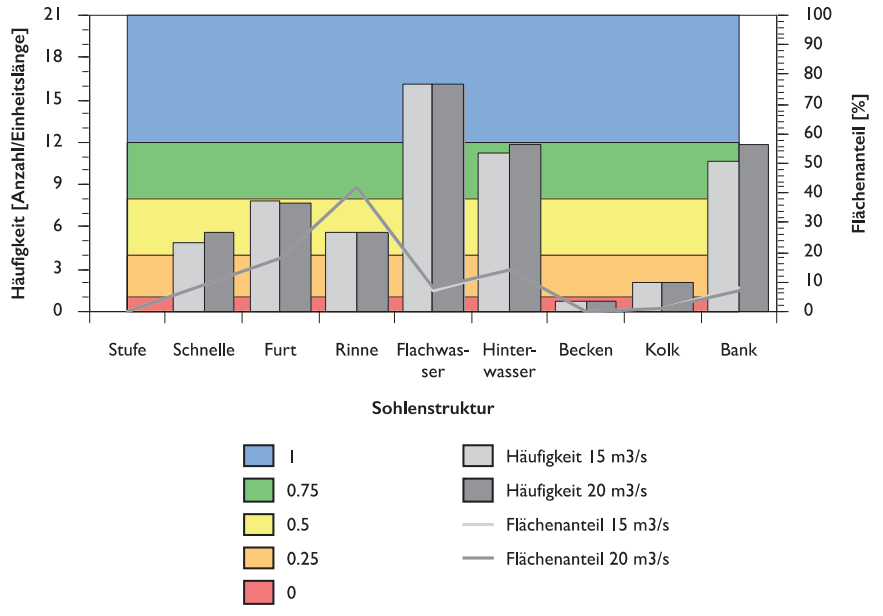


Abbildung 38 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien und Zuordnung der standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah)

	15 m³/s	20 m³/s
Dominiert Strukturtyp Rinne?	nein	nein
Flächenanteil Rinne [%]	41.8	41.8
Sind 4 oder mehr Strukturtypen vorhanden?	ja	ja
Anzahl verschiedener Sohlenstrukturtypen	8	8
Sind alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden?	ja	ja
Dichte dieser drei Strukturen pro EL?	4-8	4-8
Anzahl Schnelle / EL	4.9	5.6
Anzahl Furt / EL	7.8	7.7
Anzahl Rinne / EL	5.6	5.6
Bewertung Indikator «Sohlenstruktur»	**0.50**	**0.50**

Tabelle 26 Kennwerte für die Strecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien für den 1. Projektzustand (2022), welche für die Bewertung nach dem Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» relevant sind.

Bewertung

Für alle drei Strecken wird dem Indikator «Sohlenstruktur» der standardisierte Wert von 0.5 zugeordnet, was einer mittleren Bewertung entspricht.

6.4.3. Vergleich

Gegenüber dem Ausgangszustand verbessert sich die Bewertung der Strecken U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) und U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) um 0.25 auf 0.5, diejenige der Strecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) bleibt unverändert bei 0.5 (vgl. Tabelle 16).

Bewertungsklasse Beschreibung	**Standardisierter Wert**	**U2 Seitengerinne Schachen Winznau**	**U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen**	**U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien**
Nur ein Strukturtyp vorhanden	0			
Der Strukturtyp Rinne dominiert. Weitere Strukturtypen kommen mit vereinzelten, räumlich isolierten Strukturen vor.	0.25		X (2014)	X (2014)
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 (2014 und 2022)	X (2022)	X (2022)
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 16 Bewertungsklassen und Zuordnung der standardisierten Werte nach [3] für die untersuchten Strecken im Ausgangszustand (2014) sowie im 1. Projektzustand (2022).

Der augenfälligste Unterschied zwischen dem Ausgangszustand und dem 1. Projektzustand ist, dass in letzterem grosse Flächen der Sohlenstruktur Rinne zugeordnet wurden. Dies ist ein methodisches Problem, da diese Klasse im Ausgangszustand nicht kartiert wurde. Auf Stufe der Auswertung wurden die kartierten Mesohabitate als Sohlenstrukturen zusammengefasst. So auch für den Ausgangszustand. Folglich ist ein Vergleich trotz fehlender Erhebung des Sohlenstrukturtyps Rinne im Ausgangszustand möglich, da die Mesohabitattypen Gleite, Rinne und Staukolk gesamthaft dem Sohlenstrukturtyp Rinne zugeordnet werden.

Im Vergleich zum Ausgangszustand änderte sich in allen Untersuchungsstrecken insbesondere die Häufigkeit der einzelnen Sohlenstrukturflächen (Anzahl Flächen pro Einheitslänge; Abbildung 39; Abbildung 40; Abbildung 41).

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

In der Strecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) befand sich im Ausgangszustand die grösste Vielfalt an Sohlenstrukturen an den beiden Gefällstufen an den beiden Enden der Untersuchungsstrecke. Dies ist im ersten Projektzustand – trotz Seitengerinne - immer noch der Fall. Allerdings konnten im Projektzustand auf dieselbe Einheitslänge bezogen deutlich mehr Strukturen bei jeglichen Strukturtypen kartiert werden.

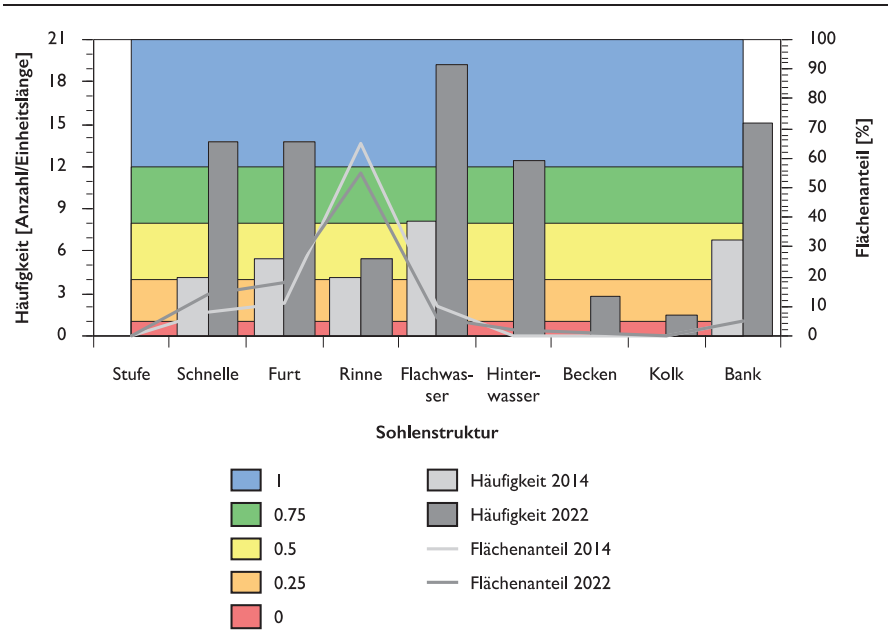


Abbildung 39 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau im Ausgangszustand (2014 bei 10 m^3/s) und im 1. Projektzustand (2022 bei 15 m^3/s) und Zuordnung der standardisierten Werte (0 = naturfern, 1 = naturnah)

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Im Ausgangszustand war die Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) durch den Rückstau der Ballyschwelle geprägt und bestand beinahe komplett aus einem Staukolk. Im ersten Projektzustand gibt es mehr Strukturtypen, wobei deren Vielfalt in der Streckenmitte sowie am unteren Streckenende am grössten ist. Zudem nahm auch deren Anzahl zu, was den Eindruck einer vielfältigeren Strecke hinsichtlich der Strukturtypen verglichen zum monotonen Ausgangszustand bestätigt.

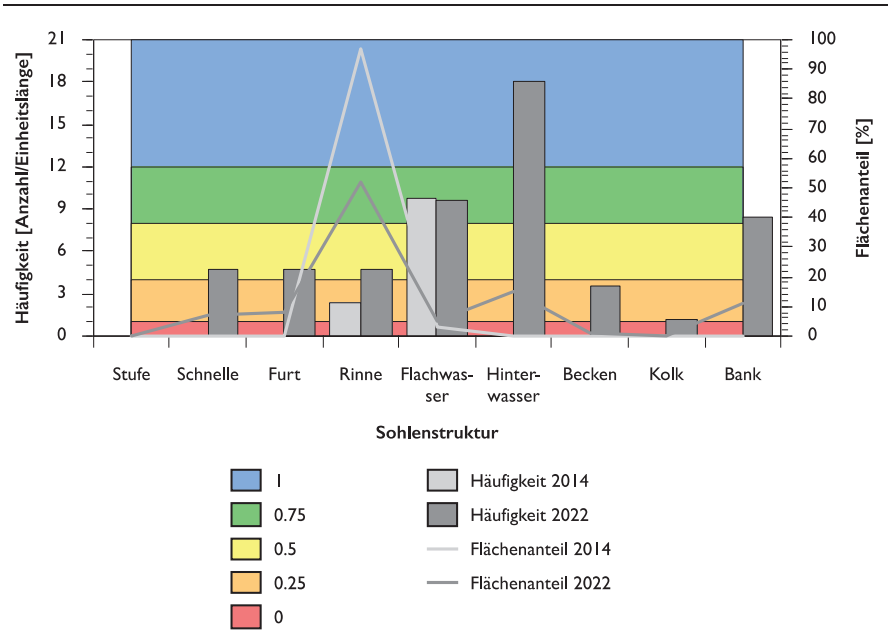


Abbildung 40 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen im Ausgangszustand (2014 bei 10 m3/s) und im 1. Projektzustand (2022 bei 15 m3/s) und Zuordnung der standardisierten Werte; (0 = naturfern, 1 = naturnah)

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

In der Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) ist die Vielfalt an Sohlenstrukturen – wie schon im Ausgangszustand - am oberen Streckenende sowie unterhalb der Kurve bis zum unteren Streckenende am grössten. Auch hier zeigt sich zudem, dass jegliche Strukturtypen häufiger vorliegen als dies im Ausgangszustand der Fall war.

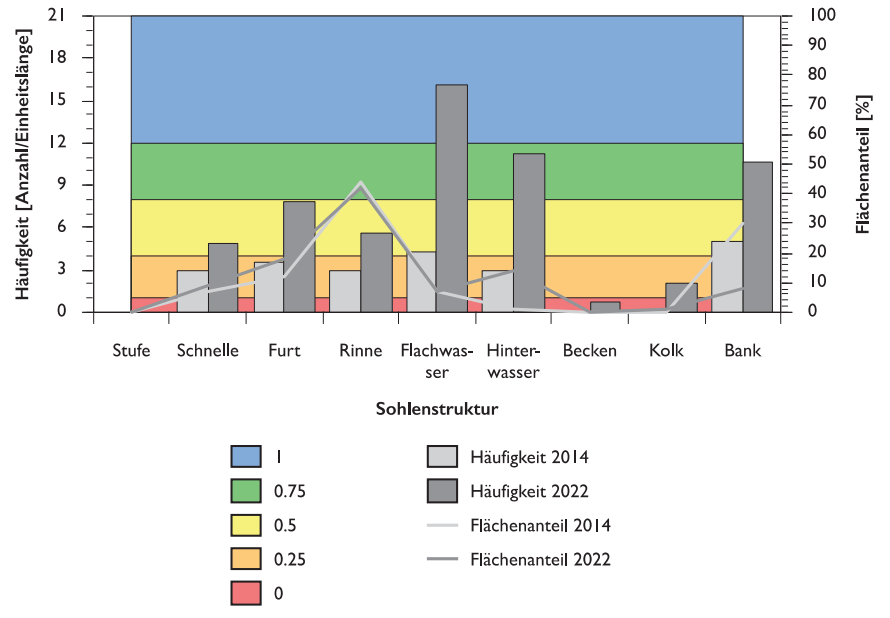


Abbildung 41 Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien im Ausgangszustand (2014 bei 10 m3/s) und im 1. Projektzustand (2022 bei 15 m3/s) und Zuordnung der standardisierten Werte ; (0 = naturfern, 1 = naturnah)

6.5. Kurzdiskussion

Die untersuchten Strecken zeigen alle eine grosse Vielfalt an Mesohabitaten resp. an Sohlenstrukturen. Die Anzahl Strukturen pro Einheitslänge ist in der Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) deutlich geringer als in den anderen beiden Strecken. In allen Strecken dominiert der Typ Rinne, wobei dessen Flächenanteil in der Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) am geringsten ist.

In allen drei Strecken ist das Hauptgerinne mehrheitlich noch im selben Gewässerbett mit oft steilen oder verbauten Ufern und hat geringe Möglichkeiten zur eigendynamischen Entwicklung. Eine Ausuferung und damit die Bildung unterschiedlicher peripher gelegener Mesohabitate - insbesondere bei höheren Abflüssen - kann sich oft nicht ausbilden. Im Seitengerinne im Abschnitt U5 kommt ein ansonsten in dieser Strecke nicht vorhandener Mesohabitattyp vor (Nebengerinnekolk). Es ist jedoch das einzige Mesohabitat neben den trockenen Bänken. Das Vorhandensein dieses zusätzlichen Mesohabitattypes ist somit kein Hinweis auf eine vielfältiger strukturierte Strecke. In den Seitengerinnen in den Strecken U2 und U7 kommen dieselben Mesohabitattypen wie im Hauptgerinne vor. Das Nebengerinne der Strecke U2 zeigt einen ähnlichen Charakter wie das Hauptgerinne, allerdings in einer anderen Grössenordnung. Das Nebengerinne der Strecke U7 hingegen ist viel kleiner und wird vom Mesohabitat Nebengerinnekolk dominiert.

Trotz vereinzelter Einbauten fehlen zudem in allen Untersuchungsabschnitten weitgehend grössere Totholzstrukturen im Gerinne, welche im Naturzustand wohl deutlich häufiger vorzufinden wären. Totholz verändert lokal das Strömungsmuster und induziert damit die Bildung unterschiedlicher Mesohabitate (Lateralkolk, Lauf, Hinterwasser usw.). Dies ist wohl mit ein Grund, dass die Bewertung im 1. Projektzustand mit dem standardisierten Wert 0.5 in allen Strecken nur mittelmässig ausfällt. Allerdings ist die Bewertungsmethodik nicht auf Grossgewässer wie die Aare ausgelegt. Zudem stellt die Bewertung gemäss Indikator 1.1 «Sohlenstruktur» eine Vereinfachung der Realität dar und kann nicht jede Veränderung abbilden. Bei der Erhebung des 1. Projektzustandes entstand der Eindruck, dass das Gewässer bezüglich der Sohlenstrukturen deutlich vielfältiger ist, als noch im Ausgangszustand. Dies zeigen auch die Resultate der Erhebungen zum Fischbestand in den jeweiligen Strecken als biologische Antwort auf die Vielfalt der Strukturtypen. So konnten im Projektzustand 1 deutlich mehr Fische und auch mehr Arten nachgewiesen werden.

Ausblick

Die Verteilung der Mesohabitate unterschied sich bei den zwei erhobenen Restwasserabflüssen nur geringfügig. Für die Erhebung des 2. Projektzustandes wird empfohlen nur einen Restwasserabfluss zu erheben.

7. Dynamik der Sohlenstruktur

7.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	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.).
Indikator	Indikatorset 2 «Dynamik», Indikator 2.1 Dynamik Sohlenstruktur
Indizierte Ziele	Eigendynamische Entwicklung und Erhöhung der Strukturvielfalt und damit der Vielfalt an aquatischen Habitaten.
Begründung	In natürlichen Fliessgewässern bewirken Hochwasser, dass die Sohle umgelagert wird und sich die morphologischen Strukturen verändern. Der Indikator zeigt die Dynamik des Gewässers.
Literatur	[3]

7.2. Methode Erhebung und Auswertung

Vorgehen	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. 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. 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. Betrachtet wird die gesamte Gerinnefläche (von Böschungsfuss links zu Böschungsfuss rechts, einschliesslich unbenetzte Bereiche, ausschliesslich bewachsene Inseln). 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.

Erhebungen AZ2

Als 2. Ausgangszustand wurde der März 2007 festgelegt. Somit liegen 7 Jahre zwischen dem 1. und dem 2. Ausgangszustand. Am 9.8.2007 fand ein grosses Hochwasser statt, welches gemäss der Messstation Aare Murgenthal eine Wiederkehrperiode von über 150 Jahren hat. Als Grundlage für den AZ2 dienten Orthofotos des Kantons Solothurn mit einer Pixelgrösse von 12.5 cm und einer Lagegenauigkeit von 15 cm mit Flugdaten 12. - 14. März 2007. Zu diesem Zeitpunkt floss in den Strecken Restwasserabfluss.
Basierend auf dem Orthofoto von 2007 wurde die Sohlenstruktur für 2007 erfasst. Hierbei diente die Sohlenstrukturerhebung von 2014 (1. Ausgangszustand) als Grundlage und wurde nur angepasst, falls Veränderungen erkennbar waren. Im Zweifelsfall erfolgte keine Änderung. Die Wassertiefe konnte auf dem Luftbild kaum erkannt werden. Daher ist die Zuordnung von Sohlenstrukturen, welche auf der Wassertiefe beruhen, schwierig. Die Zuordnung der Sohlenstrukturtypen für 2007 ist deshalb mit Unsicherheiten behaftet.

Daten AZ1

Für den 1. Ausgangszustand wurden die im Kapitel 6 Sohlenstruktur beschriebenen und erhobenen Daten verwendet.

7.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

7.4. Resultate

7.4.1. Ausgangszustand

Vergleich AZ1 mit AZ2

In allen drei Untersuchungsstrecken kamen Flächen vor, bei welchen sich der Sohlenstrukturtyp änderte.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

In der Strecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) wurde auf 22 % der Fläche eine Veränderung der Sohlenstruktur festgestellt (vgl. Abbildung 42). Zu beiden Ausgangszuständen kamen grundsätzlich dieselben Sohlenstrukturtypen vor, allerdings waren sie in der Lage etwas verschoben. Im Uferbereich hingegen gab es auch Änderungen der Sohlenstrukturtypen. Diese betrafen vor allem die Typen «Flachwasser» und «Bank». Für den Indikator «Dynamik Sohlenstruktur» resultiert ein standartisierter Wert von 0.29 (vgl. Tabelle 28).

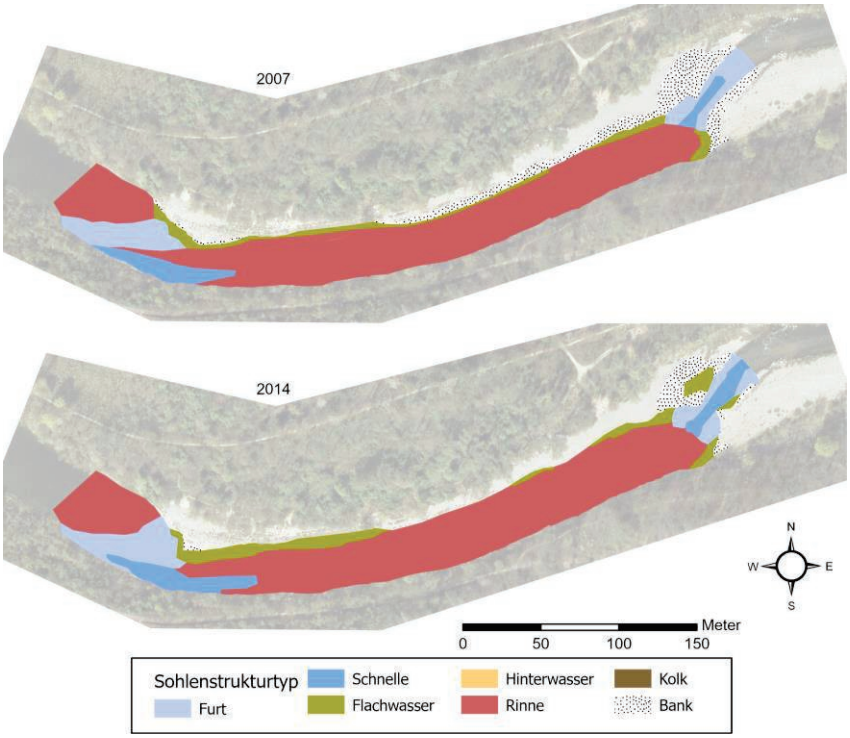


Abbildung 42 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2007 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

In der Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) änderte sich der Sohlenstrukturtyp kaum (vgl. Abbildung 43). Lediglich auf 3 % der Fläche gab es Veränderungen. Es wird ein standardisierter Wert von 0 zugewiesen (vgl. Tabelle 28).

Abbildung 43 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2007 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

In der Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) wurde auf 30 % der Fläche eine Veränderung der Sohlenstrukturtypen zwischen dem AZ1 und dem AZ2 registriert (vgl. Abbildung 44). Analog zur Strecke U2 kamen in den beiden Ausgangszuständen grundsätzlich dieselben Sohlenstrukturtypen vor, allerdings waren sie in der Lage etwas verschoben. Kleinflächig kamen auch gänzlich andere Typen vor. Der Strecke wurde für den Indikator «Dynamik Sohlenstruktur» ein standartisierter Wert von 0.5 zugewiesen (vgl. Tabelle 28).

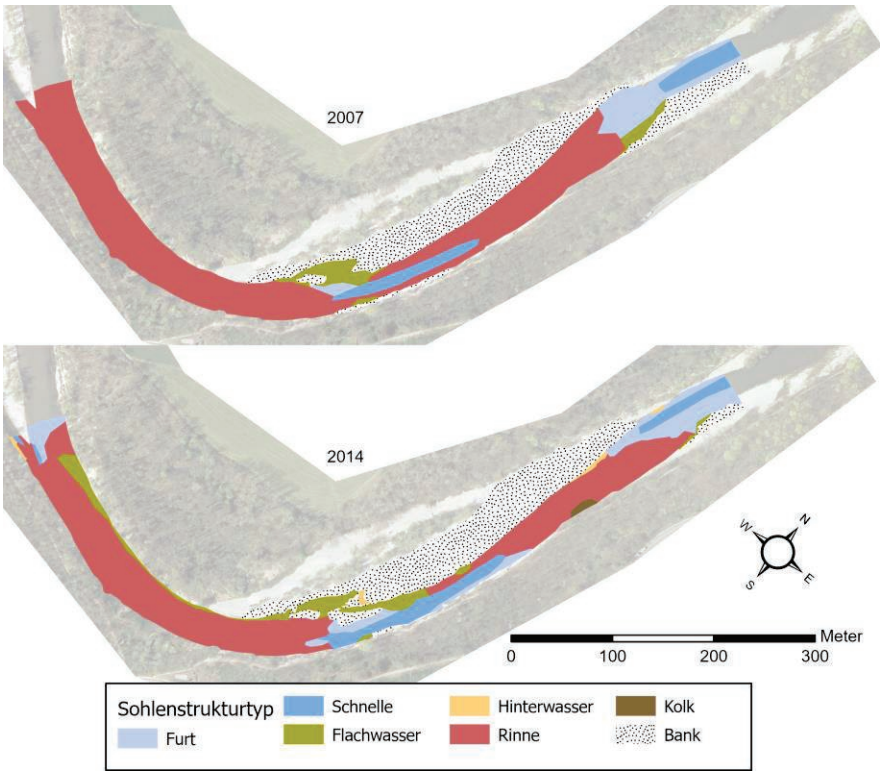


Abbildung 44 Sohlenstrukturtypen in den Jahren 2007 (oben) und 2014 (unten) in der Strecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

Bewertung

Bewertungsparameter	U2 Seitengerinne Schachen Winznau	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien
Summe der Flächen mit Veränderung [m²]	3817	756	13162
Summe der Flächen ohne Veränderung [m²]	13875	27122	30805
P = Fläche mit Veränderung /Gesamtfläche	0.22	0.03	0.30
Standardisierter Wert	0.29	0.00	0.50

Tabelle 28 Bewertung des Indikators „Dynamik Sohlenstruktur“.

Kritik

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

7.4.2. Projektzustand

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

7.4.3. Vergleich

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

7.5. Kurzdiskussion

Im Ausgangszustand weisen die drei Untersuchungsstrecken eine fehlende (U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen) bis mittelmässige (U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) Dynamik der Sohlenstruktur auf. Aufgrund des über weite Strecken eingeengten oder aufgestauten Gerinnes ist dies bei den Untersuchungsabschnitten U2 und U5 nicht anders zu erwarten. Lediglich der Abschnitt U7 weist bereits im Ausgangszustand grössere Kiesbänke auf, welche grundsätzlich Platz und Raum für grössere Gerinneverlagerungen bieten.

8. Uferstruktur

8.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Verteilung der Uferstrukturen
Indikator	Steckbriefnr. 45, Ufer: Uferstruktur [28]
Indizierte Ziele	Erhöhung der Strukturvielfalt und damit der lateralen Wasser-Land-Vernetzung
Begründung	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. Die Uferlinie in den Restwasserstrecken der Kraftwerke Gösgen und Aarau weist bereits heute eine relativ hohe Variabilität auf, die aber weit von naturnahen Verhältnissen entfernt ist.
Literatur	[28]

8.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Art, Länge und Lage der Uferstrukturtypen sowie Anteil der Längsverbauung bei Restwasserabfluss.
Vorgehen	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. Gleichzeitig erfolgte die Kartierung der Strukturelemente. Die Uferlinie wurde entlang des Haupt- und des Nebengerinnes erhoben. Bei vollständig von Wasser umgebenen Kiesbänken (Kiesinseln) sowie bei vom Gerinne getrennten landseitigen Wasserflächen wurde keine Uferlinie erhoben. Eine Ausnahme stellt die Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) dar, da das Seitengerinne nicht durchflossen war und aus einzelnen getrennten Wasserflächen bestand. Diese wurden erfasst und dem Nebengerinne zugeordnet.
Erhebung	<u>Restwasserstrecke KW Gösgen (Untersuchungsstrecken U2 und U5)</u> 10.2.2022 (U5) bei einem Restwasserabfluss von 15 m^3/s 2.3.2022 (U2) bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s Koordinaten Strecke U2: unten: 2’637'534 / 1’245'391 oben: 2’637'127 / 1’245’331 Koordinaten Strecke U5: unten: 2’641'873 / 1’246'017 oben: 2’641'373 / 1’245’982

Restwasserstrecke KW Aarau (Untersuchungsstrecke U7)

23.2.2022 und 25.2.2022 bei einem Restwasserabfluss von 15 m^3/s
Koordinaten Strecke U7:
unten: 2'644'050 / 1'248'729 oben: 2'643'559 / 1'248'270

Auswertung

In Anlehnung an Steckbriefnr. 45 sind die Anzahl Strukturelemente pro Einheitslänge sowie die Länge des verbauten Ufers relevant für die Auswertung. Die Ufer des Haupt- und des Nebengerinnes wurden für die Auswertung zusammengefasst. 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 definiert.
Die Untersuchungsstrecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) und U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) sind kürzer als die berechnete Einheitslänge. In diesem Fall wurde n als «Anzahl vorkommende Strukturtypen» definiert, da eine Extrapolation nicht zulässig ist. Die Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) hingegen ist länger als die berechnete Einheitslänge. Hier wurde die Strecke in einen oberen, 1 Einheitslänge langen Abschnitt und einen Restabschnitt unterteilt. Für beide Abschnitte wurde die Anzahl vorkommender Strukturtypen bestimmt. Der Gesamtwert der Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge über beide Abschnitte wurde durch eine mit der Länge gewichtete Mittelwertberechnung bestimmt. Die Werte der Anzahl pro Einheitslänge (n) werden wie folgt standardisiert:

Anzahl pro Einheitslänge (n)	Standardisierter Wert
$n \leq 1$	$A_{Struktur} = 0$
$1 < n < 5$	AStruktur = 0.125*n - 0.125
$5 \geq n$	$A_{Struktur} = 0.5$

Die Parameter A_{Verb} und $A_{Struktur}$ werden addiert. Dabei resultiert ein standardisierter Endwert zwischen 0 (naturfern) und 1 (naturnah). Details vgl. [28].

8.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau	●			●	●		
U4 Uferstrukturierung Schachen Niedergösgen	●			●	●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	●			●	●		
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien	●			●	●		

8.4. Resultate

8.4.1. Ausgangszustand

Die Bewertung des Ausgangszustandes wurde neu berechnet aufgrund der geänderten Berechnung der Einheitslänge und der Anzahl vorkommender Strukturtypen pro Einheitslänge (vgl. Tabelle 29). Somit resultieren neue Werte für n, $A_{Struktur}$ und A. Alle drei Strecken werden mit dieser Berechnung deutlich besser bewertet.

Bewertungsparameter	U2 Seitengerinne Schachen Winznau	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien
Länge Längsverbau rau [m]	384	118	334
Länge Längsverbau glatt [m]	0	0	0
Gesamtlänge der Uferlinie [m]	1020	615	1842
Mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	37	47	54
Einheitslänge (aus 1. Projektzustand) [m]	661	718	620
Länge Untersuchungsabschnitt	487	595	869
Anzahl Strukturtypen (ohne Längsverbau)	4	3	4
n (Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge)	4	3	3.7
A_{Verb} (Parameter Längsverbau)	0.41	0.45	0.45
$A_{Struktur}$ (Parameter Strukturtypen)	0.38	0.25	0.34
A (A_{Verb} + $A_{Struktur}$)	0.78	0.70	0.79

Tabelle 29 Standardisierte Bewertung der Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand (2014). A = Standardisierter Wert

8.4.2. Projektzustand 1

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die rechte Uferböschung des Hauptgerinnes ist entlang der Aussenkurve mit rauem Blockwurf verbaut.

Die zusätzlich vorkommenden Strukturtypen sind Flachufer, Steilufer und Wurzelwerk (vgl. Tabelle 30 und Abbildung 45). Mehrheitlich dominieren Steilufer (insbesondere entlang der Inseln).

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		Insel		Alle Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	93	22	64	12	331	37	488	26
Steilufer	118	28	138	26	465	52	721	39
Fels	0	0	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0	0	0
Bucht	0	0	0	0	0	0	0	0
Wurzelwerk	216	51	0	0	71	8	286	15
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	337	63	20	2	357	19
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	426	100	539	100	887	100	1852	100

Tabelle 30 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau am 2.3.2022.

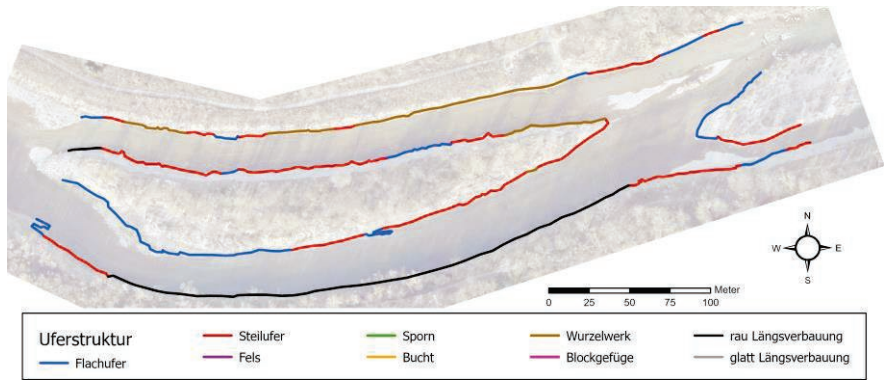


Abbildung 45 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau am 2.3.2022. Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Die rechte Uferböschung des Hauptgerinnes ist entlang der Aussenkurve grösstenteils mit Blockwurf verbaut. Zudem ist der oberste Bereich des linken Ufers des Hauptgerinnes bis nach dem Einlauf in das Nebengerinne verbaut.

Die zusätzlich vorkommenden Strukturtypen sind Flachufer, Steilufer, Bucht und Wurzelwerk (vgl. Tabelle 31 und Abbildung 46). Flachufer sind anteilsmässig der dominierende Strukturtyp. Das Nebengerinne war zum Untersuchungszeitpunkt

nicht durchflossen. Beim eigentlichen Einlauf ins Nebengerinne war lediglich eine Bucht vorhanden. Wäre das Nebengerinne durchflossen, würde die Struktur «Bucht» in der Untersuchungsstrecke vermutlich nicht vorkommen, da sie an keinem anderen Ort in der Strecke erfasst wurde.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		Insel		Alle Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	222	41	14	2	894	85	1130	50
Steilufer	217	40	112	17	95	9	425	19
Fels	0	0	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0	0	0
Bucht	12	2	0	0	19	2	31	1
Wurzelwerk	0	0	81	12	24	2	105	5
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	91	17	447	68	24	2	562	25
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	542	100	653	100	1058	100	2252	100

Tabelle 31 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen am 10.2.2022.

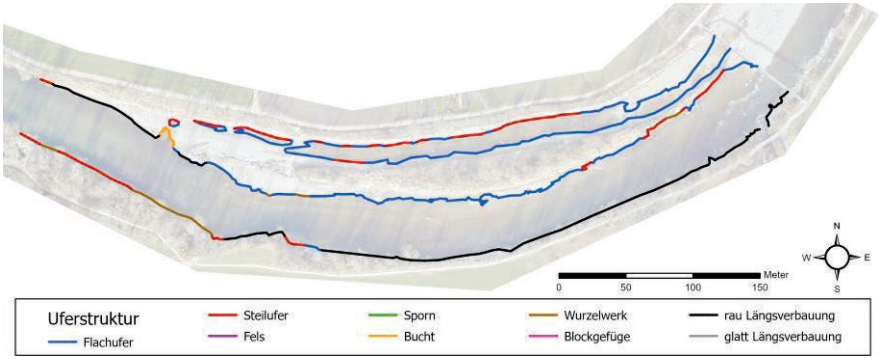


Abbildung 46 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen am 10.2.2022. Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

Im obersten Abschnitt ist die rechte Uferböschung des Hauptgerinnes (Aussenkurve) mit Blockwurf verbaut.

Die zusätzlich vorkommenden Strukturtypen sind Flachufer, Steilufer, Bucht und Wurzelwerk (vgl. Tabelle 32 und Abbildung 47). Analog zum Abschnitt U2 dominieren Steilufer bezüglich des Längenanteils.

Strukturtyp	linkes Ufer		rechtes Ufer		Insel		Alle Ufer	
	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
Flachufer	353	46	190	20	416	29	958	30
Steilufer	222	29	407	43	655	46	1284	41
Fels	0	0	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0	0	0
Bucht	0	0	0	0	143	10	143	5
Wurzelwerk	196	25	0	0	220	15	416	13
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	343	37	0	0	343	11
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	771	100	940	100	1433	100	3143	100

Tabelle 32 Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien am 23.2.2022 und 25.2.2022.

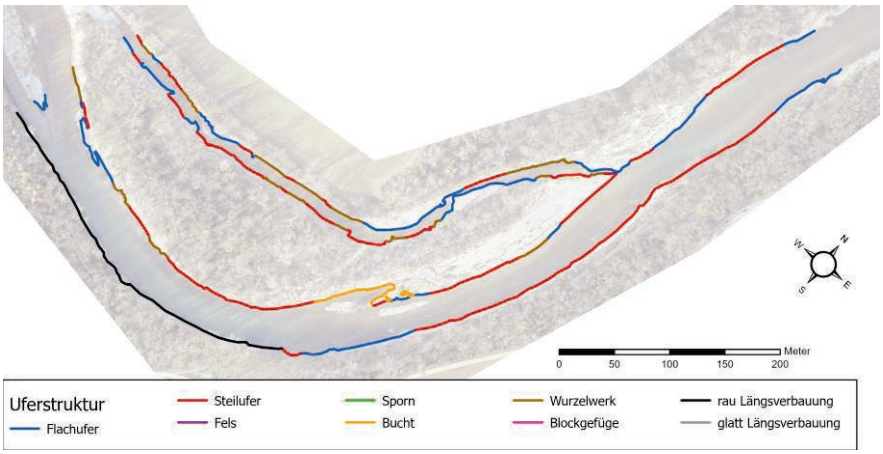


Abbildung 47 Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien am 23.2.2022 und 25.2.2022. Orthofoto vom Januar 2022 (© Meisser GEO).

Bewertung

Für alle Untersuchungsstrecken resultiert ein Wert zwischen 0.70 und 0.81 (Maximum = 1; vgl. Tabelle 33), was einer relativ guten Bewertung entspricht.

Bewertungsparameter	U2 Seitengerinne Schachen Winznau	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien
Länge Längsverbau rau [m]	357	562	343
Länge Längsverbau glatt [m]	0	0	0
Gesamtlänge der Uferlinie [m]	1852	2252	3143
Mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	55.1	59.8	51.6
Einheitslänge [m]	661	718	620
Länge Untersuchungsabschnitt	480	600	880
Anzahl Strukturtypen (ohne Längsverbau)	3	4	4
n (Anzahl Strukturtypen pro Einheitslänge)	3	4	3.7
A_{Verb} (Parameter Längsverbau)	0.45	0.44	0.47
$A_{Struktur}$ (Parameter Strukturtypen)	0.25	0.38	0.34
A (A_{Verb} + $A_{Struktur}$)	0.70	0.81	0.81

Tabelle 33 Standardisierte Bewertung der Untersuchungsstrecken im 1. Projektzustand (2022). A = Standardisierter Wert

8.4.3. Vergleich

Verglichen mit dem Ausgangszustand verbessert sich die Bewertung in der Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) im 1. Projektzustand leicht, während sie sich in der Strecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) leicht verschlechtert (vgl. Abbildung 48; Tabelle 33). Die Bewertung der Strecke U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) bleibt in etwa gleich. Die erwähnte Verbesserung in der Strecke U5 beruht darauf, dass der Einlauf in den nicht durchflossenen Nebenarm als Bucht erfasst wurde – ein Strukturtyp, der im Ausgangszustand (2014) nicht erfasst wurde und auch im 1. Projektzustand (2022) nur am erwähnten Ort vorkam. Der Vergleich der Strecke U5 ist zudem mit Vorsicht vorzunehmen, da im Ausgangszustand eine wesentlich kürzere Strecke erfasst wurde.
Die Verschlechterung in der Strecke U2 kommt daher, dass im Ausgangszustand in dieser Strecke vier Strukturtypen erfasst wurden, wobei der Typ Wurzelwerk nur an einem Ort auf 6 m Länge und der Typ Blockgefüge nur auf 4 m Länge vorkam. Würde man den Längenanteil der verschiedenen Typen in die Bewertung miteinbeziehen, so würde die Strecke U2 wohl im 1. Projektzustand besser bewertet.

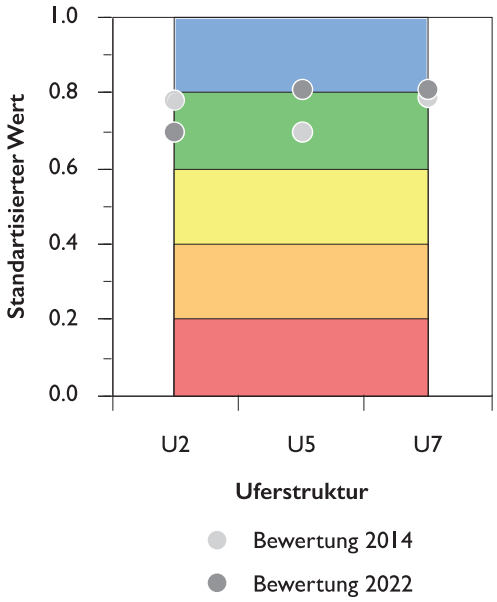


Abbildung 48 Zuordnung der standardisierten Werte für den Indikator «Uferstruktur» für die untersuchten Strecken im Ausgangszustand (2014) sowie im 1. Projektzustand (2022).

8.5. Kurzdiskussion

Strukturelemente

Von den in den Steckbriefen [28] aufgeführten 7 unterschiedenen Uferstrukturtypen kommen nur 4 vor. Fels, Sporn und Blockgefüge fehlen. Blockgefüge kommen natürlicherweise vor allem in steileren Gewässern vor und können an der Aare nicht erwartet werden. Ein natürlicher Sporn kann bei einem Felsvorsprung entstehen. Ohne anstehender Fels ist dieser Uferstrukturtyp somit nicht zu erwarten. Flach- und Steilufer dominieren. 11 % (U7) bis 25 % (U5) der Uferlinie weisen eine raue Verbauung (lockerer Blocksatz) auf. Glatter Verbau kommt generell nicht vor.

Lebensräume

Die Uferzonen sind wichtige Fischlebensräume. Flachufer bieten Habitat für Jungfische, aber auch für die Adultstadien der Kleinfischarten (z. B. Schmerle, Elritze). In der Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) sind Flachufer ausreichend vorhanden, insbesondere im Nebengerinne. Dies liegt daran, dass der Wasserspiegel im Nebengerinne aufgrund des fehlenden Durchflusses sehr niedrig ist und somit die Uferlinie an den flachen Kiesbänken anstatt an der steileren Böschungskante zu liegen kommt. Bei Restwasserabfluss stehen die Flachufer des Seitengerinnes in der Strecke U5 den in diesen abgetrennten Wasserflächen lebenden Fischen zur Verfügung. Fische im Hauptgerinne haben aufgrund der fehlenden Vernetzung keinen Zugang dazu. Sie können auf die – ebenfalls reichlich vorhandenen – Flachwasser entlang der Insel im Hauptgerinne ausweichen.

In den Strecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) und U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) ist das Angebot an Flachufern – zumindest im Hauptgerinne - knapper.

Bei Hochwasser finden die Fische natürlicherweise in strömungsberuhigten Zonen (Wurzelwerk, Sporn, Bucht) Schutz vor dem Verdriften. Solche Strukturen kommen in sämtlichen Hauptgerinnen nur in geringem Ausmass vor. Bei Hochwasser finden die Fische möglicherweise im jeweiligen Seitengerinne ein Rückzugshabitat, sofern dieses keine zu starke Strömung aufweist. In den Strecken U2 und U7 bestehen die Ufer des Seitengerinnes zu einem grossen Teil aus Wurzelwerk und können somit strömungsberuhigte Zonen bieten.

Kritik

Der Indikator stützt auf die Anzahl Strukturtypen ab, die auf lediglich sieben Typen begrenzt ist. Die Wahrscheinlichkeit ist gross, dass sich die Anzahl zwischen dem Ausgangs- und dem Projektzustand nicht wesentlich ändert. Es wäre daher vermutlich sinnvoll, wenn die Anzahl Strukturen sowie der Längenanteil der Strukturtypen an der Uferlinie Eingang in die Bewertung finden würden.

9. Dynamik der Uferstruktur

9.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Veränderung der Uferstrukturen mit der Zeit
Indikator	Indikatorset 2 «Dynamik», Indikator 2.2 Dynamik Uferstruktur
Indizierte Ziele	Erhöhung der Strukturvielfalt und damit der lateralen Wasser-Land-Vernetzung
Begründung	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.
Literatur	[3]

9.2. Methode Erhebung und Auswertung

Vorgehen

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. 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 des Hauptgerinnes respektive des Nebengerinnes.

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 Aare wird deshalb eine Mindestgrenze von 3 m verwendet. 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

Datengrundlage fehlt. Es wurde folgende Klassifizierung für den Betrag der Verschiebung der Uferlinie [m] ($\triangle Y$) verwendet[10]:

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

Gemäss Indikator 2.2 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 Indikator 2.2 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 dem Mittelwert der unverbauten Uferlänge der beiden betrachteten Jahre.

Erhebung AZ2

Als 2. Ausgangszustand wurde der März 2007 festgelegt. Somit liegen 7 Jahre zwischen dem 1. und dem 2. Ausgangszustand. Am 9.8.2007 fand ein grosses Hochwasser statt, welches gemäss der Messstation Aare Murgenthal eine Wiederkehrperiode von über 150 Jahren hat. Als Grundlage für den AZ2 dienten Orthofotos des Kantons Solothurn mit einer Pixelgrösse von 12.5 cm und einer Lagegenauigkeit von 15 cm mit Flugdaten 12. - 14. März 2007. Zu diesem Zeitpunkt floss in den Strecken Restwasserabfluss.

Basierend auf dem Orthofoto von 2007 wurde die Uferstruktur für 2007 erfasst. Hierbei diente die Uferstruktur von 2014 (1. Ausgangszustand) als Grundlage und wurde nur angepasst, falls Veränderungen erkennbar waren. Im Zweifelsfall erfolgte keine Änderung. Die Erkennung des Uferstrukturtyps war auf dem Luftbild schwierig.

Daten AZ1

Für den 1. Ausgangszustand wurden die im Kapitel 8 Uferstruktur beschriebenen Daten verwendet.

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

9.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

9.4. Resultate

9.4.1. Ausgangszustand

Vergleich AZ1 mit AZ2

In den Strecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) und U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) kamen Verschiebungen der Uferlinie vor, welche grösser als der Mindestwert von 3 m waren (vgl. Abbildung 49 und Abbildung 51). In der Strecke U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen) gab es weder relevante Verschiebungen der Uferlinie noch Veränderungen des Uferstrukturtyps (vgl. Abbildung 50). Für den Indikator «Dynamik Uferstruktur» resultiert für die Strecke U2 ein p-Wert von 0.52 und für die Strecke U7 von 0.78 (vgl. Tabelle 34). Gemäss Abbildung 2.3 in der Indikatorbeschreibung [3] entspricht dies einem standardisierten Wert von 1 für beide Abschnitte, was einer sehr guten Bewertung entspricht.

Bewertungsparameter	U2 Seitengerinne Schachen Winznau	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen	U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien
Verschiebung der Uferlinie (Summe aus der mit k gewichteten Länge aller Abschnitte) [m]	215	0	821
Veränderung Uferlinie (Summe der Längen) [m]	93	0	225
Gesamtlänge unverbaute Uferlinie 2007 [m]	594	567	1355
Gesamtlänge unverbaute Uferlinie 2014 [m]	586	567	1343
Mittelwert **Gesamtlänge** unverbaute Uferlinie [m]	590	567	1349
p = (Veränderung+Verschiebung)/Gesamtlänge	0.52	0.00	0.78
Standardisierter Wert	1	0	1

Tabelle 34 Bewertung des Indikators „Dynamik Uferstruktur“. Hierzu wurde nur die unverbaute Uferlinie berücksichtigt.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

In der Strecke U2 wies vor allem die linke Uferseite Verschiebungen der Uferlinie auf, da das rechte Ufer grösstenteils verbaut ist.

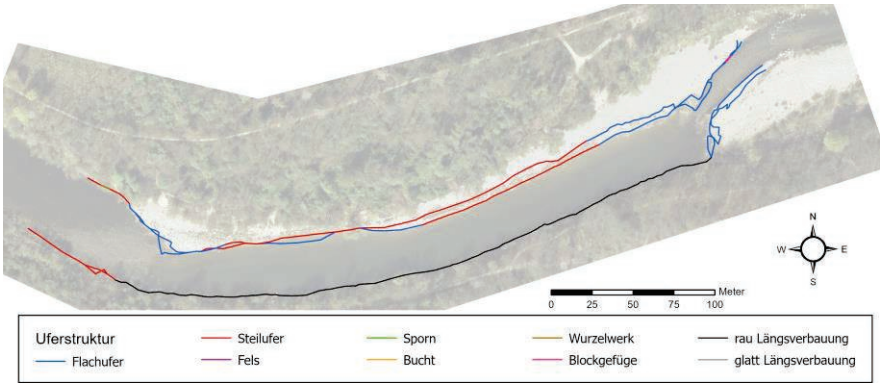


Abbildung 49 Uferlinien in den Jahren 2007 (meistens innere Uferlinie) und 2014 (meistens äussere Uferlinie) in der Strecke U2 Seitengerinne Schachen Winznau. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Für die Strecke U5 wird ein p-Wert von 0 berechnet, was einem standardisierten Wert von 0 entspricht. Da diese Strecke in beiden Ausgangszuständen im Einflussbereich der unterhalb gelegenen Ballyschwelle lag, ist es plausibel, dass keine Dynamik stattfand.

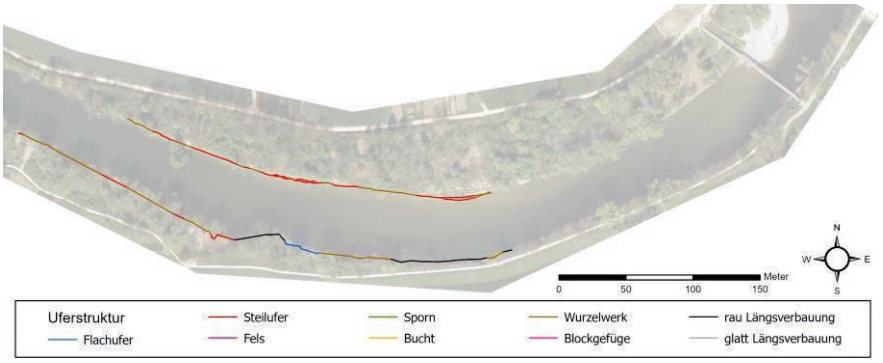


Abbildung 50 Uferlinien in den Jahren 2007 und 2014 in der Strecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

In der Strecke U7 kamen Verschiebungen der Uferlinie sowie Veränderungen des Ufertyps unterhalb der Kurve vor. In diesem Bereich ist das Gerinne breiter und das Gewässer hat somit mehr Platz für eigendynamische Entwicklungen.

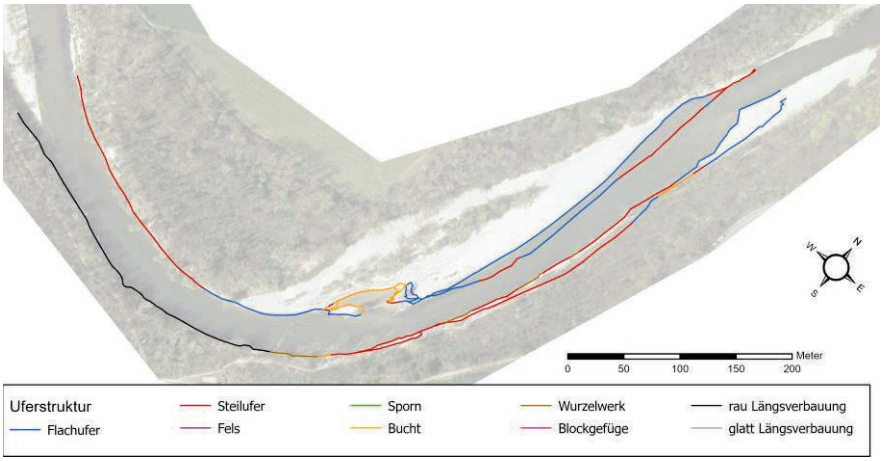


Abbildung 51 Uferlinien in den Jahren 2007 (westliche Uferlinie) und 2014 (östliche Uferlinie) in der Strecke U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien. Hintergrund: Luftbild 2007, Copyright Kanton Solothurn.

Kritik

Die Standardisierung gemäss Abbildung 2.3 in der Indikatorbeschreibung [3] ergibt bereits für p-Werte ab 0.3 einen standardisierten Wert von 1. In der Aare wurden in den Strecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) und U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) einigen Abschnitten ein k von 2 (mittlere Verschiebung der Uferlinie) zugeordnet. In der Strecke U7 einem Abschnitt gar ein k von 3 (Gerinneverlagerung). Da die Abschnittlänge mit k multipliziert wird, resultiert für diese Strecken ein grosser Wert für die Verschiebung und somit auch für p. Die Standardisierung nach [3] ergibt für die Aare eine zugute Bewertung. Dies wäre wohl auch dann der Fall, wenn die Definition von k, welche sich am Vorgehen in der Indikatorbeschreibung anlehnte, etwas angepasst würde. Gemäss unserer Einschätzung wäre im Referenzzustand eine noch viel grössere Verschiebung der Uferlinie nach einem >150-jährigen Hochwasser zu erwarten gewesen.

9.4.2. Projektzustand

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

9.4.3. Vergleich

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

9.5. Kurzdiskussion

Die Auswertung legt nahe, dass in den Untersuchungsstrecken U2 und U7 im Ausgangszustand eine natürliche Dynamik stattfand. Dieses Resultat ist nicht plausibel, auch wenn eine gewisse Dynamik beobachtet werden konnte. Die Standardisierung nach [3] wird kritisiert, da sie die Gewichtung mit k nicht berücksichtigt.

10. Veränderung des Fischbestandes

10.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Methode und Auswertung: Fischwerk GmbH Erhebungen: Aquatica GmbH, Fischwerk GmbH
Definition	Halbquantitative Erhebung des Fischbestandes (Uferbefischung)
Indikatoren	Indikatorset 7 «Fische», Indikatoren 7.1 Fischgemeinschaft, 7.3 Gilden Fische – Indikator 7.2 Altersstruktur Fische wurde nicht betrachtet, da Erhebungsmethode nicht auf eine Auswertung ausgelegt ist (halbquantitative Uferbefischung – mehrheitlich Jungfische)
Indizierte Ziele	Förderung der standorttypischen Diversität der aquatischen Fauna
Begründung	Die Förderung aquatischer Strukturen ist gemäss Leitbild eines der wichtigsten Entwicklungsziele. Davon sollen in erster Linie die Fische profitieren. Der Aufbau und die Zusammensetzung der Fischartengemeinschaft zeigen, wieweit die Fischfauna den gewässertypischen Gegebenheiten entspricht, wie gross ihr Reproduktionspotenzial ist und wie gross das Ressourcenangebot und die Habitatvielfalt des Gewässers sind.
Literatur	[3], [28]

10.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Art, Länge und Anzahl der gefangenen Fische
Vorgehen	Halbquantitative elektrische Befischung (ein Befischungsdurchgang) der Uferstrecken und aller Mesohabitate (min. 3 Mesohabitate pro Uferstrukturtyp) im watbaren Bereich der Untersuchungsstrecken. Die gefangenen Fische wurden sinnvollen Längenklassen zugewiesen.
Erhebung	Sämtliche Befischungen der 3 Untersuchungsstrecken wurden zwischen dem 7.10.2022 und 14.10.2022 bei guten Verhältnissen (Trübung und Wetter) durchgeführt. In jeder Untersuchungsstrecke wurden Haupt- und Nebenarme auf beiden Uferseiten auf einer Länge von je 100 m befischt. Durch die Befischung entlang der Ufer werden vor allem Jungfische gefangen. Diese sind mehrheitlich an strömungsarme Uferbereiche und Flachwasserzonen gebunden. Restwasserstrecke Kraftwerk Gösgen (Untersuchungsstrecken U2 und U5): 7.10.2022, 12.10.2022 und 13.10.2022 bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau (Untersuchungsstrecke U7): 13.10.2022 und 14.10.2022 bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s

Auswertung

Entgegen der Empfehlung in der Indikatorbeschreibung wurden Fische < 30 mm nicht von den Auswertungen ausgeschlossen, da keine Längenvermessung sondern eine Zuordnung zu Längenklassen erfolgte. Für den Indikator 7.1 Fischgemeinschaft wurden die Parameter Artenvorkommen (Anzahl standorttypischer Arten) und Artenhäufigkeit (Dichte-Anteile standorttypischer Arten) ausgewertet. Für den Indikator 7.3 Gilden Fische wurde der Parameter Gildenzahl (Anzahl verschiedener Gilden) ausgewertet[11]. Die Gildenstärke (Dichte-Anteile der verschiedenen Gilden) wurde zwecks Interpretation ebenfalls betrachtet, konnte aber aufgrund der Erhebungsmethode (Uferbefischung mit einem Befischungsdurchgang) nicht quantitativ ausgewertet werden. Bei der Betrachtung der Parameter Gildenstärke und der Artenhäufigkeit wurde zusätzlich nach Haupt- und Nebenarmen aufgeteilt, um ergänzende Aussagen zur Entwicklung der Nebengerinne treffen zu können. Die neuen Ergebnisse werden mit den Ergebnissen des Ausgangszustandes verglichen und kurz diskutiert.

Referenzfauna

Die Angaben zur Referenzfauna basieren auf historischen Daten zur Fischfauna um 1900 [8], [13], [14], [15], [26]. Für die Auswertungen wurde davon ausgegangen, dass der Italienische Steinbeisser (*Cobitis bilineata*)[12] nicht zur ursprünglichen Fischfauna der Aare gehört. Im Gegensatz zur Auswertung des Ausgangszustands wurde die Felche nicht mehr der Referenzfauna zugeordnet. Dies wurde auch für die damalige Auswertung des Ausgangszustands berücksichtigt.

10.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau			●		●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen			●		●		
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien			●		●		

[11] Bei der Zuteilung der generellen Strömungspräferenz wurde gemäss Zauner und Eberstaller (1999) [31] von Woolsey et al. (2005) [28] abgewichen: Alet, Elritze und Hasel wurden als indifferent, der Stichling als limnophil eingestuft.

[12] Der in den Abfischungen nachgewiesene Italienische Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) kommt natürlicherweise im Tessin vor. Er wurde vermutlich ins Rhein-Einzugsgebiet eingeführt [18]. Ob der Italienische Steinbeisser schon früher natürlicherweise im Einzugsgebiet der Aare vorkam, kann allerdings nicht ausgeschlossen werden.

10.4. Resultate

10.4.1. Ausgangszustand

Korrekturen

Bei der Gegenüberstellung der Resultate des Ausgangs- und Projektzustands 1 wurden Fehler in der Auswertung des Ausgangszustandes entdeckt. Eine Art (Wels) wurde nicht erfasst. Zudem wurde die Felche aus dem Referenzartenset entfernt (vgl. Tabelle 35; Tabelle 36). Die Daten wurden nochmals neu ausgewertet, nachdem die Fehler korrigiert wurden. Beide Korrekturen hatten allerdings keinen Einfluss auf die Bewertungen der Parameter Artenvorkommen und Gildenzahl.

Weiter wurden in der Tabelle 9-6 des Berichts «Erhebung Ausgangszustand» fälschlicherweise in der Überschrift «Anzahl standortgerechter Arten» verwendet statt «Anzahl fehlender standortgerechter Arten». Dies wurde ebenfalls korrigiert.

	Anzahl fehlender standortgerechter Arten			Bewertung		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten standortgerechten Arten fehlen						
viele standortgerechte Arten fehlen		19	16		**0.25**	**0.25**
mehrere standortgerechte Arten fehlen	9			**0.5**		
einzelne standortgerechte Arten fehlen						
keine oder fast keine standortgerechte Art fehlt						

Tabelle 35 Bewertung des Artenvorkommens im Ausgangszustand in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standortgerechter Arten. Die Referenzfauna umfasst 25 Arten.

	Anzahl fehlender standorttypischer Gilden			Bewertung		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten Gilden fehlen						
viele Gilden fehlen						
mehrere Gilden fehlen		7	6		**0.5**	**0.5**
einzelne Gilden fehlen	1			**0.75**		
keine Gilde fehlt						

Tabelle 36 Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 26 Gilden vertreten.

10.4.2. Projektzustand 1

Artenvorkommen

Im Rahmen der Uferbefischungen konnten insgesamt 19 Fischarten nachgewiesen werden (Tabelle 37; Abbildung 52). Die historische Referenz umfasst 25 Arten. Neun Arten des Referenzartensets konnten in keiner Untersuchungsstrecke nachgewiesen werden. Drei heute vorkommende Arten sind historisch nicht dokumentiert (Sonnenbarsch, Steinbeisser und Stichling).

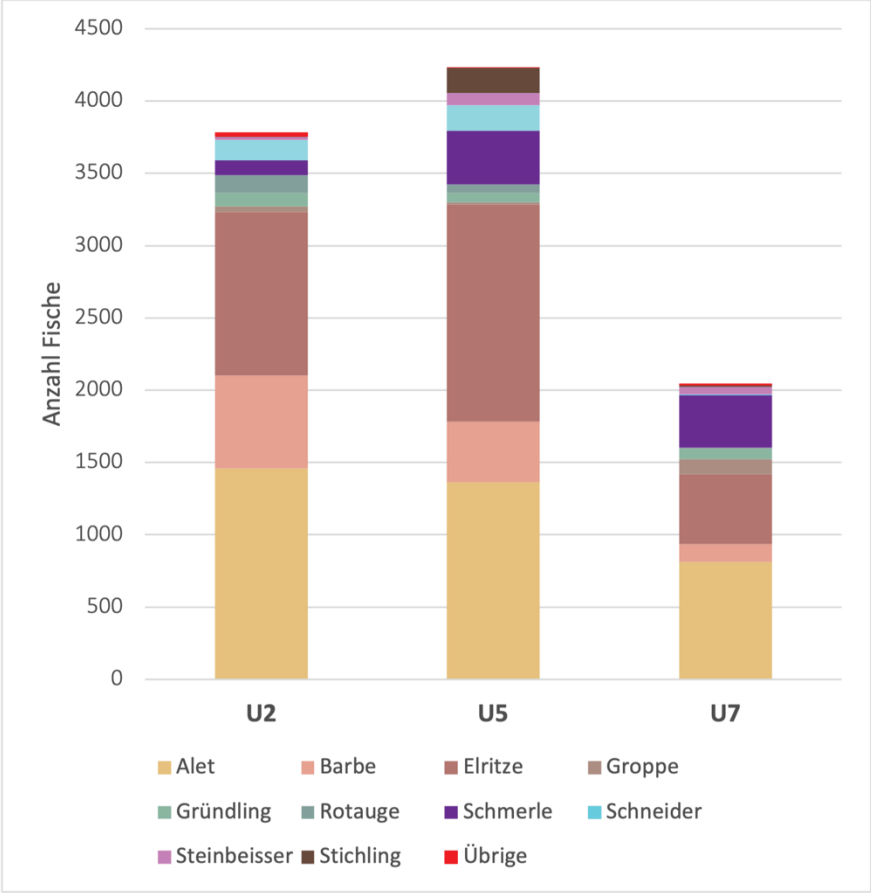


Abbildung 52 Artenvorkommen und -häufigkeiten der bei den Uferbefischungen in der Aare zwischen Olten und Aarau im Oktober 2022 gefangenen Fische. Als übrige Arten wurden folgende Arten zusammengefasst: Äsche (1), Bachforelle (6), Bachneunauge (7), Egli (11), Hecht (1), Nase (7), Rotfeder (6), Schleie (6), Sonnenbarsch (1).

Der Abschnitt U2 war der Artenreichste mit 17 Arten, gefolgt von Abschnitt U7 (15) und U2 (13) (Tabelle 37).

Art	U2	U5	U7	Referenzfauna
Aal				x
Alet	x	x	x	x
Äsche			x	x
Bachforelle	x	x	x	x
Bachneunauge	x		x	x
Barbe	x	x	x	x
Blicke				x
Brachsmen				x
Egli	x		x	x
Elritze	x	x	x	x
Groppe	x	x	x	x
Gründling	x	x	x	x
Hasel				x
Hecht			x	x
Karpfen				x
Laube				x
Nase	x	x		x
Rotauge	x	x	x	x
Rotfeder	x			x
Schleie	x	x		x
Schmerle	x	x	x	x
Schneider	x	x	x	x
Sonnenbarsch	x			
Steinbeisser	x	x	x	
Stichling	x	x	x	
Strömer				x
Trüsche				x
Wels				x
Artenzahl	17	13	15	25

Tabelle 37 Nachgewiesene Arten in den drei Untersuchungsstrecken

Standortgerechtigkeit (Arten)

Es wurden deutlich mehr standortgerechte Arten (Tabelle 38) als nicht standortgerechten Arten gefangen.

	U2		U5		U7	
	[Anzahl Arten]	[%]	[Anzahl Arten]	[%]	[Anzahl Arten]	[%]
standortgerecht	14	50	11	40.7	13	48.1
nicht standortgerecht	3	10.7	2	7.4	2	7.4
standortgerechte Art fehlt	11	39.3	14	51.9	12	44.4

Tabelle 38 Standortgerechtigkeit der vorkommenden Arten

Artenhäufigkeit

Alet und Elritze waren in allen drei Abschnitten die zahlenmässig dominierenden Arten. Ebenfalls in allen drei Abschnitten häufig waren Barben und Schmerlen (Tabelle 39). In den Abschnitten U2 und U5 (beide in Restwasserstrecke Kraftwerk Gösgen) wurden insgesamt deutlich mehr Fische gefangen als in Abschnitt U7 (Restwasserstrecke KW Aarau).

Art	U2					U5					U7				
	Hauptarm		Nebenarm		Total	Hautparm		Nebenarm		Total	Hauptarm		Nebenarm		Total
	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[%]	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[%]	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[%]
Alet	918	24.3	542	14.3	38.6	636	15.0	726	17.1	32.2	263	12.9	548	26.8	39.7
Äsche	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.0	0	0.0	0.0
Bachforelle	0	0.0	1	0.0	0.0	1	0.0	1	0.0	0.0	2	0.1	1	0.0	0.1
Bachneunauge	4	0.1	1	0.0	0.1	0	0.0	0	0.0	0.0	1	0.0	1	0.0	0.1
Barbe	301	8.0	340	9.0	17.0	421	9.9	1	0.0	10.0	125	6.1	0	0.0	6.1
Egli	6	0.2	0	0.0	0.2	0	0.0	0	0.0	0.0	2	0.1	3	0.1	0.2
Elritze	170	4.5	962	25.4	29.9	708	16.7	790	18.7	35.4	316	15.5	168	8.2	23.7
Groppe	1	0.0	39	1.0	1.1	10	0.2	6	0.1	0.4	95	4.6	8	0.4	5.0
Gründling	87	2.3	4	0.1	2.4	65	1.5	0	0.0	1.5	68	3.3	4	0.2	3.5
Hecht		0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	1	0.0	0.0
Nase	6	0.2	0	0.0	0.2	1	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
Rotauge	70	1.9	55	1.5	3.3	61	1.4	0	0.0	1.4	7	0.3	1	0.0	0.4
Rotfeder	6	0.2	0	0.0	0.2	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
Schleie	1	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	2	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
Schmerle	4	0.1	99	2.6	2.7	112	2.6	258	6.1	8.7	137	6.7	226	11.1	17.8
Schneider	120	3.2	20	0.5	3.7	176	4.2	0	0.0	4.2	2	0.1	0	0.0	0.1
Sonnenbarsch	1	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.0
Steinbeisser	12	0.3	5	0.1	0.4	75	1.8	8	0.2	2.0	2	0.1	53	2.6	2.7
Stichling	1	0.0	5	0.1	0.2	7	0.2	170	4.0	4.2	8	0.4	1	0.0	0.4
Summe	1708	45.2	2073	54.8	100.0	2273	53.7	1962	46.3	100.0	1029	50.3	1015	49.7	100.0
Total gefangene Individuen	3781					4235					2044				

Tabelle 39 Anteile der einzelnen Fischarten am Gesamtfang in den drei Untersuchungsstrecken, jeweils unterteilt in Haupt- und Nebenarm. Die Werte beziehen sich jeweils auf 100 m Flusslänge. Es wurde jeweils das linke und rechte Ufer befischt.

Standortgerechtigkeit (Anteile)

Bezüglich der Abundanz (Individuenanzahl pro 100 m Flussstrecke) dominieren die standortgerechten Arten (Tabelle 40).

	U2		U5		U7	
	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]
standortgerecht	3757	99.4	3975	93.9	1980	96.9
nicht standortgerecht	24	0.6	260	6.1	64	3.1

Tabelle 40 Abundanz der standortgerechten sowie der standortfremden Arten in den Untersuchungsstrecken. Die Werte beziehen sich jeweils auf 100 m Flusslänge.

Gilden

In Tabelle 41 ist ersichtlich welchen Gilden die gefangenen Fische angehören. Verglichen mit der Referenzfauna sind die meisten erwarteten Gilden vertreten. Die beiden einzigen Gilden, die in keiner Untersuchungsstrecke nachgewiesen wurden, sind «pelagophil» (Gilde Substrat) und der Migrationstyp «lang». Beide Gilden werden durch den Aal repräsentiert, welcher bei der Befischung nicht nachgewiesen werden konnte.

Art	Strömungs-präferenz			Struktur-bezug			Tempe-ratur-präfer-enz		Substrat						Ernährungstyp als Adulttier					Zurückgelegte Distanz			Tole-ranz		Langlebigkeit		
	rheophil	indifferent	limnophil/stagnophil	strukturgebunden	mässig strukturgebunden	strukturungebunden	meso-eurytherm	oligo-stenotherm	lithophil	pelagophil	phytophil	psammophil	ostracophil	speleophil	detritivor	benthivor/ insectivor	omnivor/ euryphag	herbivor	piscivor	kurz	mittel	lang	tolerant	intolerant	kurzlebig	mittlere Lebensdauer	langlebig
Alet		X		X			X		X								X				X		X			X	
Äsche	X				X			X	X							X					X			X		X	
Bachforelle	X			X				X	X							X				X				X		X	
Bachneun-auge	X					X		X	X						X						X			X		X	
Barbe	X				X		X		X							X					X			X			X
Egli		X				X		X	X							X				X			X			X	
Elritze		X			X			X			X					X				X			X		X		
Groppe	X			X				X						X		X				X				X	X		
Gründling	X				X		X					X				X				X			X		X		
Hecht		X		X			X				X								X	X			X				X
Nase	X				X		X		X									X			X			X		X	
Rotauge		X				X	X				X						X			X			X			X	
Rotfeder			X		X		X				X						X			X			X			X	
Schleie			X	X			X				X						X			X			X				X
Schmerle	X				X		X		X							X				X			X			X	
Schneider	X				X		X		X							X				X				X	X		
Sonnen-barsch			X			X	X									X				X			X		X		
Steinbeis-ser	X			X			X				X					X				X			X		X		
Stichling			X			X	X				X						X			X			X		X		

Tabelle 41 Verteilung der gefangenen Fische auf die verschiedenen Gilden13.

Strömungspräferenz

In allen Strecken dominieren überwiegen die bezüglich Strömungspräferenz indifferenten Arten (Abbildung 53). Strömungsliebende (rheophile) Fischarten sind in den Hauptarmen gegenüber den jeweiligen Nebenarmen häufiger, am stärksten ist der Unterschied im Abschnitt U5. Limnophile (ruhigwasserliebende) Arten kommen nur im Nebenarm U5 häufiger vor. Dies dürfte damit zusammenhangen, dass der Nebenarm U5 im Restwasserzustand nicht durchflossen war.

[13] Bemerkung: Der Sonnenbarsch wird bezüglich dem Laichsubstrat der Gilde polyphil zugewiesen. In der Referenzfauna kommt diese Gilde nicht vor. Da die Auswertung nur die Referenzgilden berücksichtigt, wurde die zusätzliche Gilde nicht in die Grafik aufgenommen.

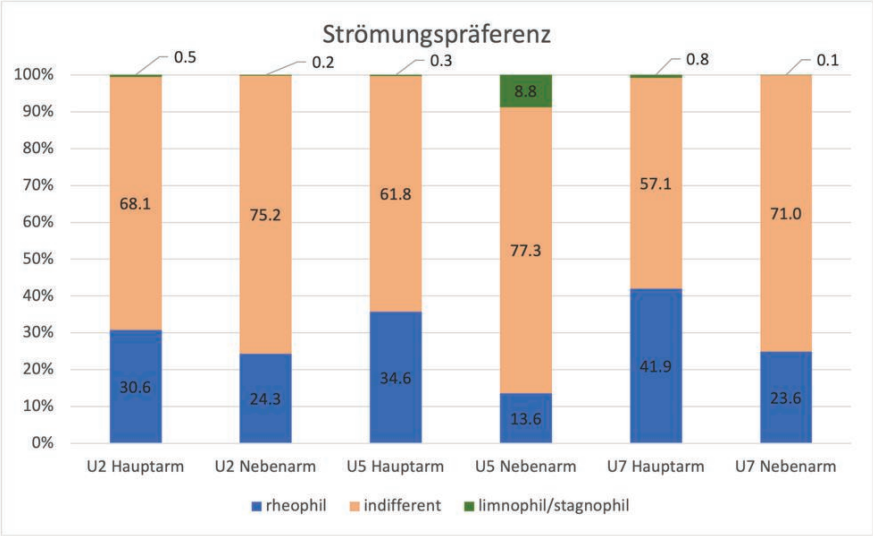


Abbildung 53 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer generellen Strömungspräferenz
rheophil = strömungsliebend
indifferent = keine klare Präferenz von strömenden oder stehenden Bereichen
limnophil / stagnophil = ruhigwasserliebend

Strukturbezug

Die weitaus meisten der vorkommenden Fischarten sind mittelmässig bis stark auf Strukturen angewiesen (Abbildung 54).

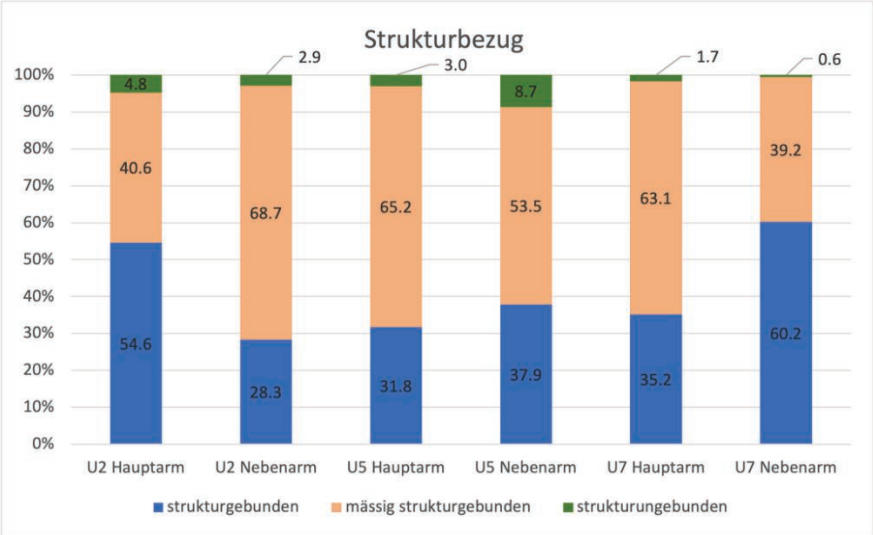


Abbildung 54 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres Strukturbezugs

Temperaturtoleranz

An mittlere Temperaturen angepasste Arten (meso-eurytherm) dominieren gegenüber den kälteliebenden Arten (oligo-stenotherm), besonders stark im Hauptarm der Untersuchungsstrecke U2 (Abbildung 55).

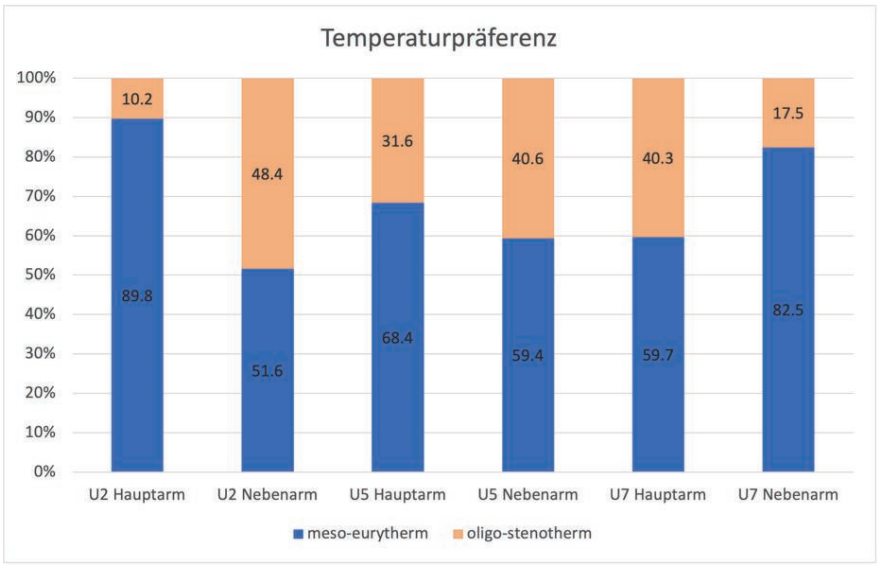


Abbildung 55 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer Temperaturtoleranz
oligo-stenotherm = an niedrige Temperaturen angepasst
meso-eurytherm = an mittlere Temperaturen angepasst

Laichsubstrat

Der grösste Teil der gefangenen Fische gehört in allen Untersuchungsstrecken zu den kieslaichenden (lithophilen) Arten (Abbildung 56).

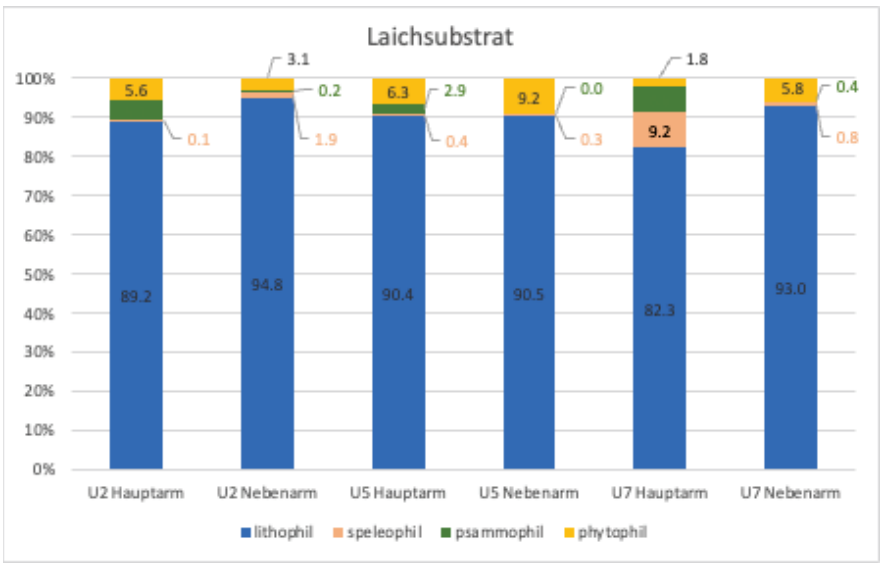


Abbildung 56 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres bevorzugten Laichsubstrats
lithophil = Steine
phythophil = Pflanzen
psammophil = Sand
speleophil = Hohlräume/Höhlen

Ernährungstyp

Makrozoobenthos (benthivor/insectivor) bildet mehrheitlich die bevorzugte Nahrungsgrundlage der Adultfische (Abbildung 57). Im Hauptarm der Strecke U2 sowie in den Nebenarmen der der Strecke U5 & U7 sind jedoch auch vergleichbar viele allesfressende Arten (omnivor) vorhanden.

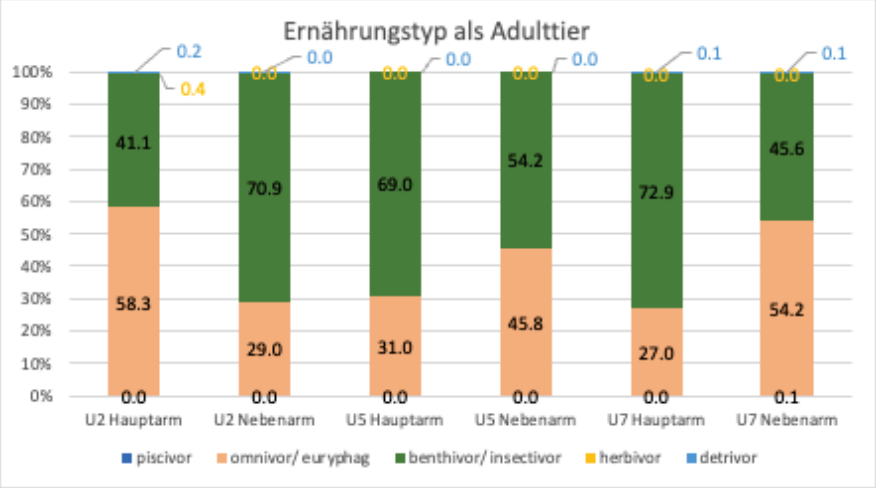


Abbildung 57 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Ernährungstyps
detrivor = Algen und Detritus fressend
benthivor/insectivor = Bodennahrung und Insekten fressend
omnivor/euryphag = Allesfresser
herbivor = Pflanzenfresser
piscivor = Fischfresser

Migrationstyp

Der Anteil an typischen Wanderfischen (Mitteldistanzwanderer) war im Hauptarm der Untersuchungsstrecke U2 am höchsten (Abbildung 58). Auch im Nebenarm der Strecke U7 sind die Mitteldistanzwanderer häufiger vertreten. In den übrigen Strecken und Armen hingegen sind es meist die Kurzdistanzwanderer, welche häufiger vertreten sind.

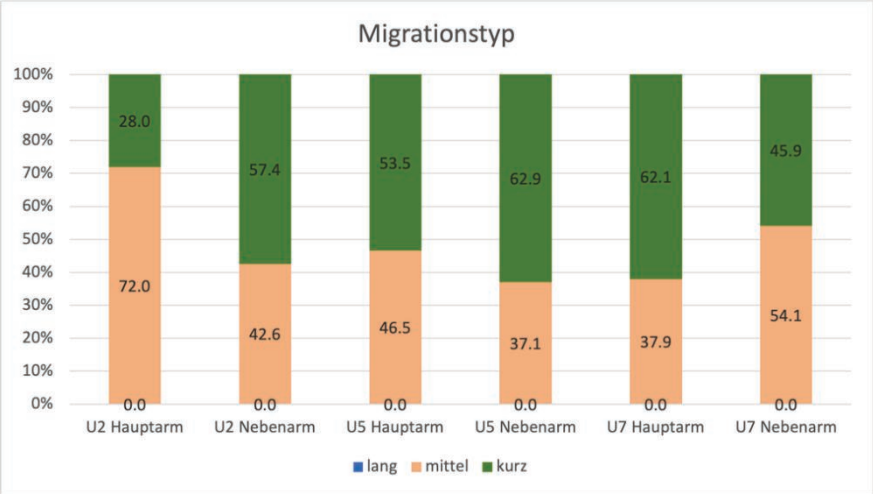


Abbildung 58 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Migrationstyps

Verschmutzungstoleranz

Der Grossteil der Fische ist wenig empfindlich gegenüber anthropogenen Gewässereingriffen. In den Nebenarmen U5 und U7 liegt der Anteil der anspruchsvollen Fische (intolerant) lediglich bei 0.4 % resp. 1 % (Abbildung 59) und wird folglich noch deutlich stärker von toleranten Arten dominiert.

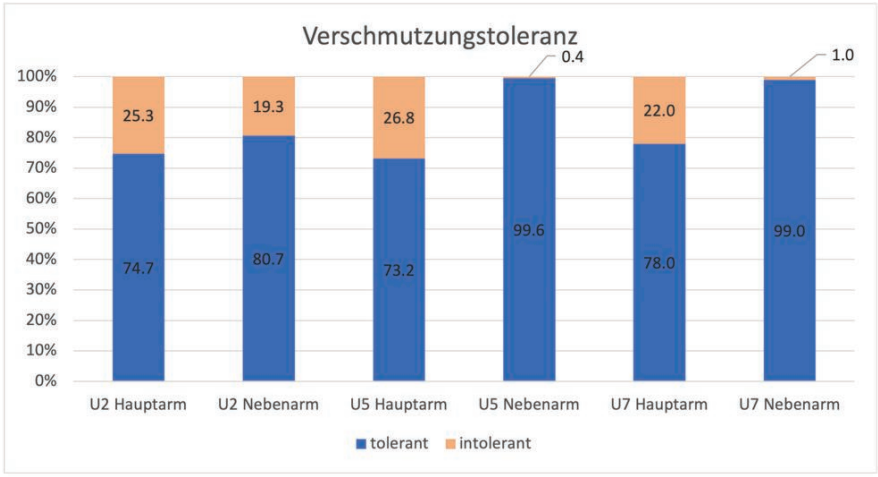


Abbildung 59 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich Toleranz gegenüber Verschmutzung und Degradierung der Gewässer

Langlebigkeit

Langlebige Fische kommen nur in den Hauptarmen der Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 sowie im Nebenarm der Strecke U2 in vergleichsweise kleiner Anzahl vor. In den Nebenarmen U5 und U7 fehlen sie fast gänzlich (Abbildung 60).

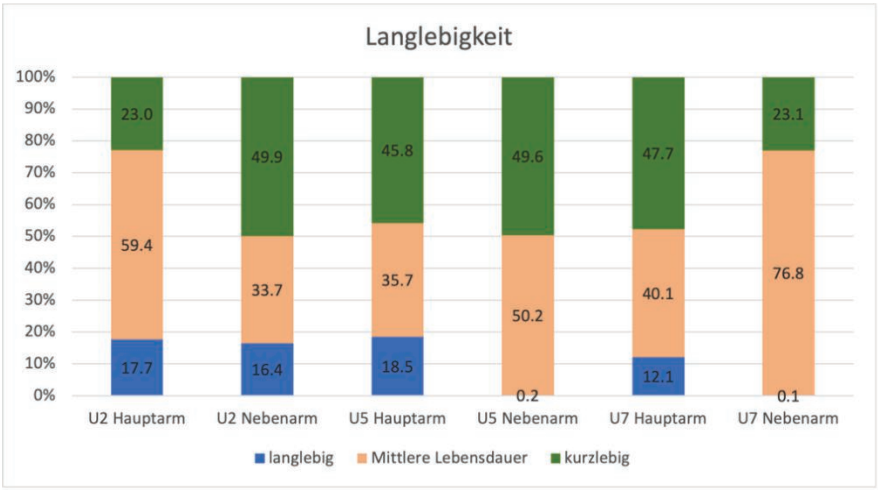


Abbildung 60 Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich der Langlebigkeit

Bewertung

Da aufgrund der Erhebungsmethode (Uferbefischung mit einem Durchgang) keine aussagekräftigen Daten zu den absoluten Häufigkeiten der Arten oder auch Altersstadien vorliegen, konnte keine Bewertung der Fischdichte, der Populationsstruktur oder der Gildenstärke vorgenommen werden.

Das Fehlen einer grossen Anzahl standortgerechter Arten führt in allen Untersuchungsstrecken zu einer mittelmässigen Bewertung des Artenvorkommens (Tabelle 42). Hinsichtlich der Abundanz standortfremder Arten ist die Bewertung etwas besser (Tabelle 43). Die schlechtere Einstufung der Strecken U5 und U7 ist vor allem auf einen beträchtlichen Individuenanteil der historisch nicht nachgewiesenen resp. nicht bekannten Arten Steinbeisser und Stichling zurückzuführen.

	Anzahl fehlender standortgerechter Arten			Bewertung		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten standortgerechten Arten fehlen viele standortgerechte Arten fehlen mehrere standortgerechte Arten fehlen einzelne standortgerechte Arten fehlen keine oder fast keine standortgerechte Art fehlt	11	14	12	**0.5**	**0.5**	**0.5**

Tabelle 42 Bewertung des Artenvorkommens im 1. Projektzustand in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standortgerechter Arten.

	Anteil standortfremde Individuen [%]			Bewertung		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
Standortfremde Arten dominieren die Gemeinschaft (> 50 %) Beträchtlicher Anteil standortfremde Arten (10 – 50 %) Standortfremde Arten zahlreich vorhanden (2 – 10 %) Standortfremde Arten als Einzeltiere vorhanden (< 2 %) Keine standortfremde Art vorhanden	0.6	6.1	3.1	**0.75**	**0.5**	**0.5**

Tabelle 43 Bewertung der Artenhäufigkeit im 1. Projektzustand in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten.

Durch die Präsenz der meisten historisch vorkommenden Gilden (hergeleitet über die historische Referenzfauna) resultiert eine gute Bewertung der Untersuchungsstrecken (Tabelle 44). Es fehlen in allen Untersuchungsstrecken die Gilden Langdistanzwanderer und pelagophile Arten. Zudem fehlen in der Untersuchungsstrecke U2 polyphile und piscivore Arten, in der Strecke U5 detrivore und piscivore Arten und in der Strecke U7 herbivore Arten.

	Anzahl fehlender standorttypischer Gilden			Bewertung		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten Gilden fehlen						
viele Gilden fehlen						
mehrere Gilden fehlen						
einzelne Gilden fehlen	4	4	3	**0.75**	**0.75**	**0.75**
keine Gilde fehlt						

Tabelle 44 Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken im 1. Projektzustand basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 26 Gilden vertreten.

10.4.3. Vergleich

Fangzahlen

Beim Vergleich der Daten des Ausgangszustandes und des 1. Projektzustandes gilt es zu beachten, dass im Ausgangszustand die Daten zweier Befischungen vereint wurden, während im 1. Projektzustand nur eine halbquantitative Befischung mit einem Befischungsdurchgang durchgeführt wurde. Dadurch ist vor allem die Anzahl der gefangenen Fische schlecht vergleichbar, da es theoretisch möglich ist, dass ein Individuum im Ausgangszustand zweimal gefangen wurde. Zusätzlich hat sich die befischte Uferlänge durch die neuen Inseln verdoppelt. Wir verzichten deshalb auf einen Vergleich der absoluten Fangzahlen.

Artenvorkommen

Bei der Befischung des 1. Projektzustandes wurden insgesamt 19 Arten nachgewiesen. Gegenüber der Befischung des Ausgangszustandes fehlen Aal, Brachsmen, Hasel, Bitterling und Wels. Dagegen wurden neu Nase, Sonnenbarsch, Hecht und Schleie nachgewiesen (Tabelle 45). In den Strecken U5 und U7 hat die Artenzahl gegenüber dem Ausgangszustand zugenommen, während sie im Abschnitt U2 leicht abnahm, was aber nicht in einer Änderung der Bewertung resultierte. Gegenüber dem Ausgangszustand verbessert sich somit die Bewertung des Artenvorkommens in den Strecken U5 und U7 um eine Klasse auf «mässig» (vgl. Tabelle 46).

Art	U2		U5		U7		Referenz
	2022	2014	2022	2014	2022	2014	
Aal		x					x
Alet	x	x	x	x	x	x	x
Äsche		x			x	x	x
Bachforelle	x	x	x		x	x	x
Bachneunauge	x	x			x		x
Barbe	x	x	x		x	x	x
Bitterling		x					
Blicke							x
Brachsmen		x					x
Egli	x	x			x		x
Elritze	x	x	x	x	x	x	x
Groppe	x	x	x	x	x	x	x
Gründling	x	x	x	x	x	x	x
Hasel		x					x
Hecht					x		x
Karpfen							x
Laube							x
Nase	x		x				x
Rotauge	x	x	x	x	x		x
Rotfeder	x	x					x
Schleie	x		x				x
Schmerle	x	x	x	x	x	x	x
Schneider	x	x	x		x		x
Sonnenbarsch	x						
Steinbeisser	x	x	x	x	x	x	
Stichling	x	x	x	x	x		
Strömer							x
Trüsche							x
Wels						x	x
Artenzahl	17	19	13	8	15	10	25

Tabelle 45 Artenvorkommen in den drei Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand (2014), im 1. Projektzustand (2022) und im Referenzzustand

	Bewertung 2014			Bewertung 2022		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten standortgerechten Arten fehlen						
viele standortgerechte Arten fehlen		0.25	0.25			
mehrere standortgerechte Arten fehlen	0.5			0.5	0.5	0.5
einzelne standortgerechte Arten fehlen						
keine oder fast keine standortgerechte Art fehlt						

Tabelle 46 Bewertung des Artenvorkommens im Ausgangszustand (2014) und im 1. Projektzustand (2022) in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standortgerechter Arten.

Artenhäufigkeit

Es gab einige Änderungen der Anteile verschiedener Arten in den Strecken gegenüber dem Ausgangzustand. Tabelle 47 bietet eine Übersicht über die verschiedenen Änderungen. Nur vereinzelt gefangene Arten werden in der Tabelle nicht dargestellt. In den Strecken U5 und U7 wurde der Alet deutlich häufiger. Der Anteil Elritzen hat in U2 stark zugenommen, während er in U5 deutlich abnahm. Der Anteil Schmerlen hat über alle Abschnitte abgenommen, im Abschnitt U7 besonders stark.

Abschnitt	U2			U5			U7		
Art	Anteil [%] 2022	Anteil [%] 2014	Differenz	Anteil [%] 2022	Anteil [%] 2014	Differenz	Anteil [%] 2022	Anteil [%] 2014	Differenz
Alet	38.6	43.3	-4.7	32.2	17.4	14.8	39.7	5.9	33.8
Barbe	17	5.9	11.1	10	0	10	6.1	3	3.1
Egli	0.2	14.7	-14.5	0	0	0	0.2	0	0.2
Elritze	29.9	0.4	29.5	35.4	47.9	-12.5	23.7	19	4.7
Groppe	1.1	2.8	-1.7	0.4	1.8	-1.4	5	7.8	-2.8
Gründling	2.1	0.5	1.6	1.5	0.2	1.3	3.5	1.3	2.2
Rotauge	3.3	0.5	2.8	1.4	0.1	1.3	0.4	0	0.4
Schmerle	2.7	6.8	-4.1	8.7	14.9	-6.2	17.8	60.6	-42.8
Schneider	3.7	22.1	-18.4	4.2	0	4.2	0.1	0	0.1
Steinbeisser	1.8	1.9	-0.1	2	16.4	-14.4	2.7	1.7	1
Stichling	0.2	0.4	-0.2	4.2	1.3	2.9	0.4	0	0.4

Tabelle 47 Relative Abundanz der einzelnen Fischarten (in Bezug auf die gesamte Anzahl gefangener Fische) in den drei Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand (2014) und im 1. Projektzustand (2022).

Die Bewertung der Artenhäufigkeit bezüglich der Abundanz standortfremder Arten verbesserte sich gegenüber dem Ausgangszustand in den Strecken U2 und U5 um je eine Klasse, während sie sich in der Strecke U7 um eine Klasse verschlechterte (vgl. Tabelle 48).

	Bewertung 2014			Bewertung 2022		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
Standortfremde Arten dominieren die Gemeinschaft (> 50 %)						
Beträchtlicher Anteil standortfremde Arten (10 – 50 %)		0.25				
Standortfremde Arten zahlreich vorhanden (2 – 10 %)	0.5				0.5	0.5
Standortfremde Arten als Einzeltiere vorhanden (< 2 %)			0.75	0.75		
Keine standortfremde Art vorhanden						

Tabelle 48 Bewertung der Artenzusammensetzung im Ausgangszustand (2014) und im 1. Projektzustand (2022) in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten.

Gildenzahl

Die Bewertung der Gildenzahl verbesserte sich für die Abschnitte U5 und U7 von «mässig» auf «gut» (Tabelle 49). Im Abschnitt U2 sind zwei Gilden verloren gegangen, die Bewertung bleibt jedoch gleich. Die Ergebnisse sind allerdings zu relativieren, da die Veränderungen durch Einzelnachweise verursacht wurden. So sind die beiden fehlenden Gilden in U2 auf das Fehlen des Aales zurückzuführen und den Fang einer einzelnen Schleie in Abschnitt U5 zurückzuführen.

	Bewertung 2014			Bewertung 2022		
	U2	U5	U7	U2	U5	U7
die meisten Gilden fehlen						
viele Gilden fehlen						
mehrere Gilden fehlen		0.5	0.5			
einzelne Gilden fehlen	0.75			0.75	0.75	0.75
keine Gilde fehlt						

Tabelle 49 Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken im Ausgangszustand (2014) und im 1. Projektzustand (2022) basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden.

10.5. Kurzdiskussion

Artenvorkommen

Im Rahmen der Uferbefischungen konnten im Projektzustand 1 insgesamt 19 Fischarten nachgewiesen werden. Der Abschnitt U2 war der Artenreichste mit 17 Arten, gefolgt von Abschnitt U7 (15) und U2 (13). Es fehlten im Vergleich zur Referenzfauna von 25 Arten also in sämtlichen Abschnitten einige Arten. Die Fischfauna wird von standortgerechten Arten dominiert.
Es wurden drei standortfremde Arten gefunden: Stichling, italienischer Steinbeisser und Sonnenbarsch. Während es sich beim Sonnenbarsch um einen Einzelfund handelte (U2) kamen der italienische Steinbeisser und Stichling in grösseren Zahlen vor. Der Grossteil der Stichlinge (>90 %) wurde im Abschnitt U5 im nicht durchflossenen Nebengerinne gefangen. Der Stichling als limnophil/stagnophile Art sowie die dominierenden bezüglich der Strömungspräferenz indifferenten Arten sind ein Indiz, dass Abschnitt U5 wohl nur sehr selten durchflossen wird.

Zudem konnte im Rahmen der Habitaterhebungen (Set 1 «Habitatvielfalt», Indikator 1.1 Sohlenstruktur) festgestellt werden, dass das Seitengerinne nach längerer Trockenperiode bis auf einzelne getrennte Gewässerflächen austrocknete und so zur Fischfalle für viele eingeschwommene Fische wurde.

Sieben der nachgewiesenen Arten befinden sich auf der roten Liste der Schweiz. Darunter eine vom Aussterben bedrohte Art (Nase), zwei stark gefährdete Arten (Bachneunauge, Äsche), eine gefährdete Art (Schneider) und drei potenziell gefährdete Arten (Bachforelle, Barbe, Groppe). Die italienische Dorngrundel gilt ebenfalls als stark gefährdet, wurde aber aufgrund ihres standortfremden Status nicht mitgezählt. Im Gegensatz zur Befischung im Ausgangszustand konnte im Projektzustand die Nase in den Hauptgerinnen der Abschnitte U2 und U5 nachgewiesen werden. Als rheophile, kieslaichende Art zeugt dieser Nachweis von einer grösseren Strömungsvariabilität und Habitatvielfalt im Vergleich zum Ausgangszustand. Insbesondere der ehemals monotone und wannenartige Abschnitt U5 präsentierte sich denn auch deutlich variabler hinsichtlich der genannten Aspekte. Im Abschnitt U7 wurden in beiden Untersuchungsjahren deutlich mehr Groppen und Schmerlen verglichen mit den anderen Untersuchungsabschnitten gefangen. Beide Arten nutzen eher stark durchströmte, eher flache Bereiche mit Furtcharakter als Habitat. Genau dieses Habitat bietet die links gerichtete Aussenkurve im U7 über einen längeren Abschnitt.

Artenhäufigkeit

Alet und Elritze waren sowohl im Projektzustand 1 als auch im Ausgangszustand in allen drei Abschnitten die zahlenmässig dominierenden Arten. Als indifferente und tolerante Arten zeugen sie davon, dass sie mit verschiedenen Umweltbedingungen gut umgehen können, weshalb grundsätzlich davon auszugehen ist, dass sie in grosser Abundanz vorkommen. In allen drei Abschnitten häufig waren im Projektzustand 1 Barben und Schmerlen (Abbildung 2). Als rheophile Arten der Barben und Äschenregion sind sie auf strömende Abschnitte angewiesen. Ihr deutlich gehäuftes Vorkommen zeugt von einer stärkeren Strömungsvariabilität in den Untersuchungsabschnitten verglichen zum Ausgangszustand. Die Absenz der Barben, welche noch etwas stärker auf strömende Abschnitte angewiesen sind, in den Nebenarmen der Untersuchungsabschnitte U5 und U7 ist ein weiteres Indiz dafür, dass diese Nebenarme über die meiste Zeit des Jahres nicht oder nur gering durchströmt werden.

Gilden

Die erwarteten Gilden wurden sowohl im Ausgangszustand als auch im Projektzustand 1 grossmehrheitlich nachgewiesen. Interessant ist deren Verteilung zwischen den Untersuchungsabschnitten resp. auch zwischen Haupt- und Nebenarm des jeweiligen Abschnitts, insbesondere bei Betrachtung des Projektzustands 1. So deuten nicht nur die bereits erwähnten geringeren Dichten an rheophilen Arten in den Nebenarmen der Abschnitte U5 und U7 auf eine seltene bis kaum vorhandene Anbindung der Nebenarme ans Hauptgewässer, sondern auch die fast vollkommene Dominanz von toleranten Arten in diesen Nebengerinnen. Selbes gilt auch für die kaum vorhandenen langlebigen Arten. Das entgegengesetzte Bild zeigt sich im Abschnitt U2. Der Nebenarm ist dort konstant mit guter Wasserführung gespiesen und weist Habitate für verschiedene Gilden vor. Die Fische bzw. deren Gildenzugehörigkeit sind hierbei ein relativ guter Indikator, da sie solche Umweltbedingungen, Auswirkungen oder Effekte über eine längere Zeit aufzeigen können.

Im Vergleich zum Ausgangszustand zeigt sich zudem, dass im Projektzustand 1 speziell im Untersuchungsabschnitt U7 der Anteil an rheophilen Arten deutlich zurückgegangen ist. Die mit der Reaktivierung des Nebenarmes einhergehende Bildung eines nur leicht bis kaum durchströmten Bereichs bietet Lebensraum für

indifferente Arten. Gleichzeitig nahm auch der Anteil an omnivoren Arten im Abschnitt U7 zu.

Im Abschnitt U5 hingegen ist der Anteil an intoleranten Arten im Vergleich vom Ausgangszustand zum Projektzustand 1 im Hauptgerinne deutlich gestiegen. Tolerante Arten sind meist indifferent was die Strömungspräferenz anbelangt und waren im ehemaligen Staubereich des U5 sehr dominant. Durch die Beseitigung der Ballyschwelle erfuhr das Gerinne eine Veränderung des Gefälles, was auch eine stärkere Strömung bedingte. Folglich stieg der Anteil an intoleranten Arten im Projektzustand 1 an.

Kritik

Die elektrische Befischung fokussierte primär auf den Uferbereich. Abschnitte in der Flussmitte waren wegen der starken Strömung und der teilweise grossen Wassertiefe nicht watbar und konnten folglich nicht befischt werden. Gerade bei grosswüchsigen rheophilen Arten wie der Äsche ist ein Nachweis einer gesunden Populationsstruktur sowie deren Dichte somit kaum möglich. Alternative Methoden wie Laichgrubenkartierungen oder Larvenkartierungen wären diesbezüglich als ergänzende Methoden sinnvoll. Generell sind Dichteabschätzungen und Beurteilungen der Längenhäufigkeitsverteilungen aufgrund der oft nicht befischbaren Adulthabitate nicht sinnvoll möglich. Folglich mussten diese wichtigen Kennzahlen eines Fischbestands bei der Auswertung weggelassen werden. Diese Prolematik stellt sich aber bei jeglichen Grossgewässern.

Bei der Bewertung der Gilden führte der Fang oder das Fehlen eines einzelnen Fisches z.T. zum Gewinn respektive Verlust gleich mehrerer Gilden. Beispielsweise verbesserte das Fangen einer einzelnen Schleie im Projektzustand 1 das Ergebnis im Abschnitt U5 gleich um zwei Gilden verglichen zum Ausgangszustand. Das Fehlen des Aals hingegen führte zum Verlust von 2 Gilden im Projektzustand 1.

Fazit

Der Fischbestand hat nicht nur zahlenmässig zugenommen, es wurden auch mehr standortgerechte Arten und Gilden nachgewiesen. Zudem konnten, wenn auch nur vereinzelt, bedrohte Leitarten wie die Äsche und Nase nachgewiesen werden. Die verschiedenen Gilden zeigen auf, dass die Nebengerinne der Abschnitte U5 und U7 nicht oder nur äusserst leicht durchströmt werden. Da deren dauerhafte Anbindung ein definiertes Ziel des Revitalisierungsprojekts waren, ist in dieser Hinsicht Potenzial für Nachbesserungen vorhanden. Stark strukturgebundene Arten wie die Bachforelle finden zwar etwas mehr Deckungsstrukturen vor, allerdings wären weitere und grösser ausgelegte Strukturierungsmassnahmen von Vorteil.

11. Durchgängigkeit für Fische

11.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Freie Fischwanderung flussauf- und flussabwärts
Indikator	Indikatorset 11 «Spezifische Ziele»
Indizierte Ziele	Hauptziel: Verbesserung der Vernetzung Teilziel: Vernetzung longitudinal verbessern Zielbereich: Fischwanderung in den Restwasserstrecken
Begründung	Die meisten Fischarten suchen im Laufe ihres Lebens eine Vielzahl verschiedener Habitate auf (Laichhabitat, Nahrungshabitat, Winterhabitat, usw.). Sie sind somit auf uneingeschränkte Wandermöglichkeiten angewiesen. Die Durchwanderbarkeit muss auch für grosse Fische gewährleistet werden. Die grösste standorttypische Fischart ist der Lachs. Die Aare ist ein vom BAFU ausgewiesenes Lachspotenzialgewässer. Die verschiedenen Massnahmen im Gerinne (Seitengerinne, Rückbau Ballyschwelle) führten zu einer Veränderung der Gerinnetopografie.
Literatur	[21], [7]

11.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Längsprofile der Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (Talweg)
Vorgehen	Die Längsprofile wurden den 2d-Simulationen der Abflusstiefen für die Modellabflüsse 15 m^3/s, 20 m^3/s, 25 m^3/s entnommen. Die Wassertiefen entlang einer möglichen Route für aufwärts wandernde Fische wurden alle 0.3 m abgegriffen. Die Schwimmroute wurde so gelegt, dass sie durch die jeweils tiefsten Bereiche führte, was weitgehend dem Talweg entspricht.
Erhebung	Die mittels 2d-Simulation untersuchten Restwasserabflüsse für den Winter und den Frühling/Herbst. Die Strecke U4 wurde im Projektzustand 1 nicht mehr betrachtet. Koordinaten Strecke U2: Unten: 2'638'049 / 1'245'467 oben: 2'636'786 / 1'245'514 Koordinaten Strecke U5/U6: Unten: 2'642'012 / 1'246'308 oben: 2'641'212 / 1'246'057

Auswertung

Stellvertretend für die grossen Fische wurde der Lachs genommen[14]. Als Referenzlänge für die Lachse wurden 90 cm definiert. Die benötigte Wassertiefe wurde basierend auf biometrischen Angaben zur relativen Körperhöhe (0.2 gemäss [21]) nach [7] berechnet. Demnach benötigen die Lachse generell eine Wassertiefe von 45 cm, um frei wandern zu können Für Untiefen auf einer Länge von maximal 45 m sind 36 cm Wassertiefe tolerierbar.

Die Längsprofile wurden hinsichtlich der Häufigkeit und der Länge der Unterschreitungen der generellen Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen ausgewertet.

11.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau					●		
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen					●		
U6 Rückbau Ballyschwelle					●		

11.4. Resultate

11.4.1. Ausgangszustand

Die Referenzlänge für den Lachs wurde von 100 cm auf 90 cm herabgesetzt. Auf Grund der Änderung in der Referenzlänge wurden die Auswertungen neu gemacht.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die Länge der gewählten Wanderroute beträgt 1'461 m. Entlang der Route liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 7 Stellen unter 45 cm (Abbildung 61; Abbildung 62; Abbildung 63). Die Länge dieser Unterschreitungen beträgt insgesamt 5 % des Talwegs. Die längste Unterschreitung ist 36 m lang. Diese beträgt auch bei einem Abfluss von 15 m^3/s immer noch 20 m Länge. Mit zunehmendem Abfluss verringern sich die Anzahl Unterschreitungen sowie deren Anteil an der Gesamtlänge.

Das Kriterium, dass die generelle Mindestwassertiefe auf maximal 45 m unterschritten werden darf, wird bei allen Abflüssen eingehalten. Hingegen wird das Kriterium, dass die Wassertiefe nicht unter 36 cm liegen darf bei keinem der

[14] Im Bericht zum Ausgangszustand wurde empfohlen, die Mindestwassertiefe basierend auf Forellen zu berechnen, da angenommen wurde, dass grosse Forellen eine grössere Körperhöhe als Lachse aufweisen. Mit den in [21] verfügbaren biometrischen Angaben zeigt sich jedoch, dass grosse Lachse eine noch grössere Körperhöhe haben.

untersuchten Abflüsse eingehalten. Die Lachse sind bei den untersuchten Abflüssen somit in ihrer Wanderung beeinträchtigt.

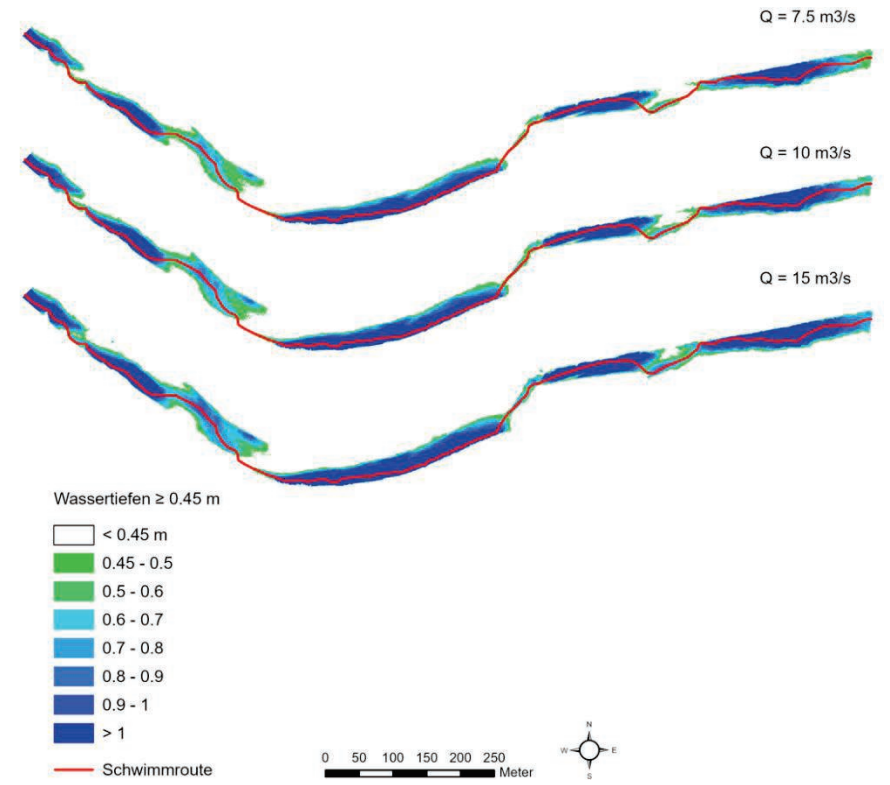


Abbildung 61 Verteilung der Wassertiefen von mindestens 45 cm bei den untersuchten Abflüssen im Ausgangszustand in U2 (Seitengerinne Schachen Winznau) und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit.

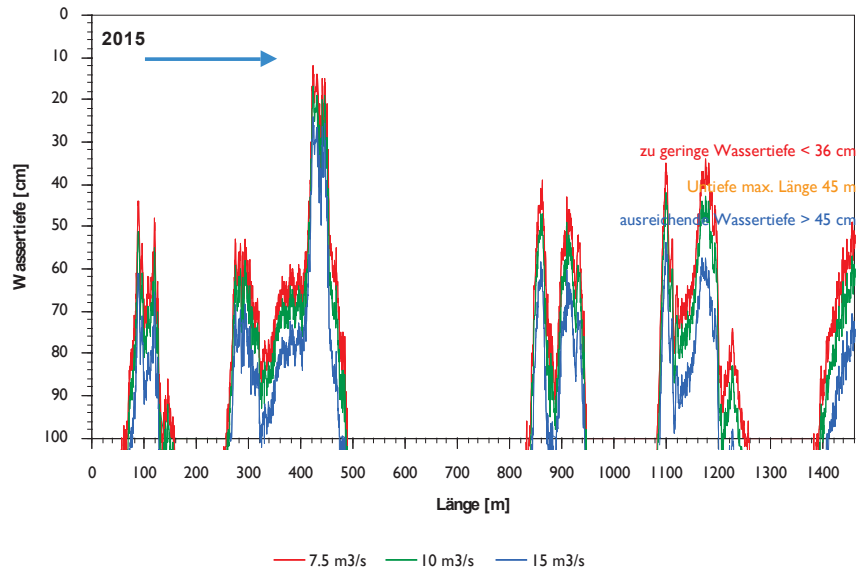


Abbildung 62 Untersuchungsstrecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand (2015). Bezeichnung der ausreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm). Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

Abfluss [m³/s]	Lachs *Referenzlänge 90 cm*						Einhaltung Mindestrestwasserkriterien	
	Generell 45 cm			Untiefen 36 cm			Kriterium 1: Generelle Mindestwassertiefe wird auf weniger als der max. Länge für Untiefen unterschritten.	Kriterium 2: Mindestwassertiefe für Untiefen wird nicht unterschritten.
	Anzahl	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*	*Anzahl*	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*		
7.5	7	5	36	3	2	33	eingehalten	nicht eingehalten
10	4	3	34	3	2	20	eingehalten	nicht eingehalten
15	3	2	20	4	1	13	eingehalten	nicht eingehalten

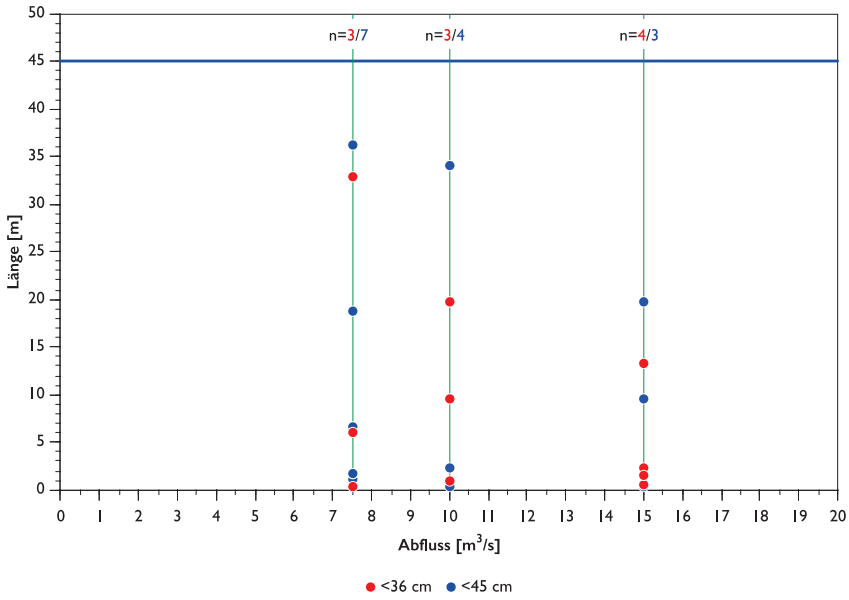


Abbildung 63 Untersuchungsstrecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand. Bezeichnung der maximalen Länge passierbarer Untiefen (blaue Linie).
Lesehilfe: Die Anforderungen an die freie Fischwanderung sind dann erfüllt, wenn kein roter Punkt auftritt und kein blauer Punkt über der blauen Linie liegt.

U4 und U5 Niedergösgen

Im Bereich der Insel bei Schachen Niedergösgen (U4) wurden zwei Talwege definiert, sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite der Insel. Die Länge der gewählten Route beträgt je 1'282 m (Abbildung 64).

Entlang dem rechten Talweg liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 2 Stellen unter 45 cm (Abbildung 65; Abbildung 67; Abbildung 68). Entlang dem linken Talweg sind es 9 Stellen (Abbildung 66; Abbildung 67; Abbildung 69). Die längste Unterschreitung ist bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s 27 m (rechter Talweg) respektive 42 m (linker Talweg) lang. Die Länge aller Unterschreitungen beträgt insgesamt 4 % des Talweges. Mit zunehmendem Abfluss verringert sich der Anteil Unterschreitungen an der Gesamtlänge.

Die generelle Mindestwassertiefe wird bei keinem Abfluss auf länger als 45 m unterschritten. Dieses Kriterium wird also eingehalten. Das Kriterium, dass die Wassertiefe bei Untiefen nicht unter 36 cm liegen darf, wird einzig beim linken Talweg bei 15 m^3/s eingehalten. Die freie Fischwanderung ist somit nur beim linken Talweg und ab einem Abfluss von 15 m^3/s gewährleistet.

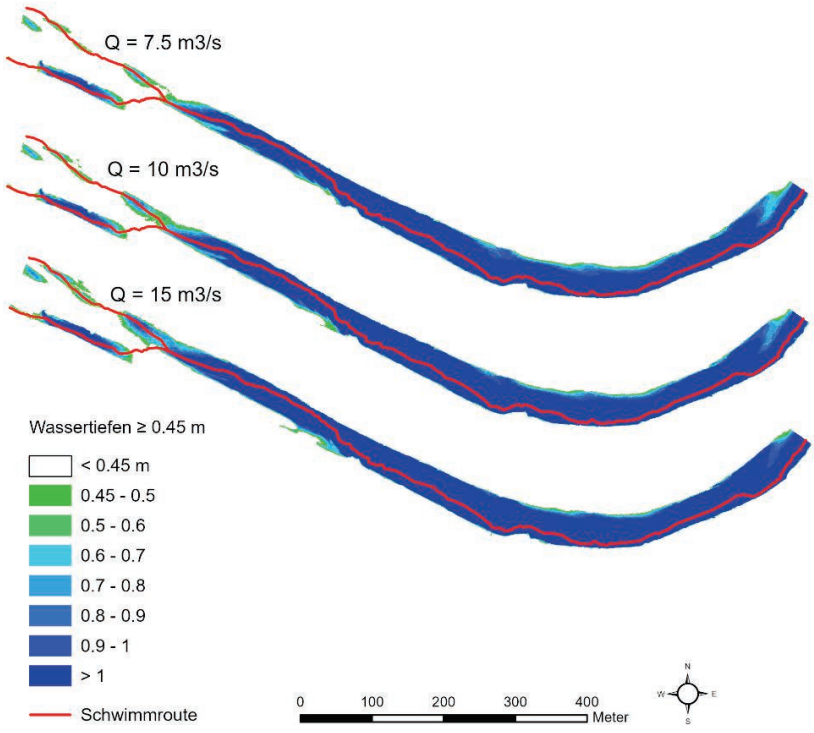


Abbildung 64 Verteilung der Wassertiefen von mindestens 45 cm bei den untersuchten Abflüssen im Ausgangszustand in U4/U5 (Niedergösgen) und Lage der gewählten Schwimmrouten für die Berechnung der Durchwanderbarkeit.

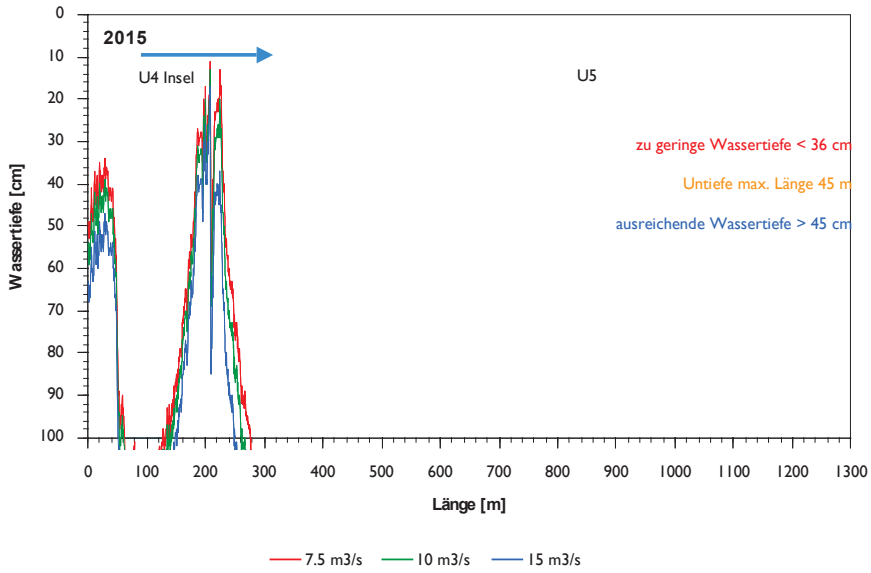


Abbildung 65 Untersuchungsstrecke U4/U5 (Niedergösgen). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für den rechten Talweg für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der ausreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm) im Ausgangszustand. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

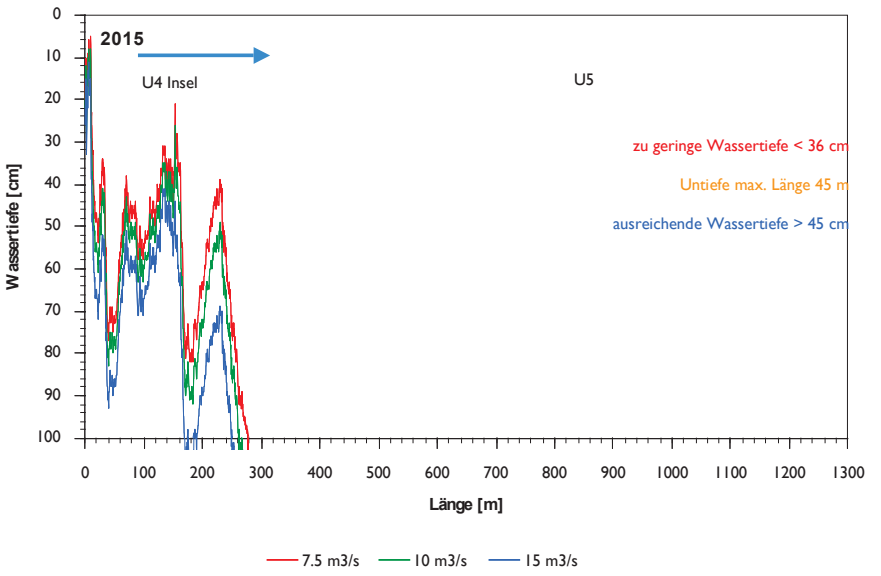


Abbildung 66 Untersuchungsstrecke U4/U5 (Niedergösgen). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für den linken Talweg für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der ausreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm) im Ausgangszustand. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

Talweg	Abfluss [m^3/s]	Lachs *Referenzlänge 90 cm*						Einhaltung Mindestrestwasserkriterien	
		Generell 45 cm			Untiefen 36 cm			Kriterium 1: Generelle Mindestwassertiefe wird auf weniger als der max. Länge für Untiefen unterschritten.	Kriterium 2: Mindestwassertiefe für Untiefen wird nicht unterschritten.
		Anzahl	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*	*Anzahl*	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*		
rechts	7.5	2	4	27	3	3	15	eingehalten	nicht eingehalten
	10	2	3	25	3	3	13	eingehalten	nicht eingehalten
	15	3	2	12	3	0.6	5	eingehalten	nicht eingehalten
links	7.5	9	4	42	6	1	7	eingehalten	nicht eingehalten
	10	4	2	21	3	0.2	2	eingehalten	nicht eingehalten
	15	1	0.4	5	0	0	0	eingehalten	eingehalten

Abbildung 67 Untersuchungsstrecke U4/U5 (Niedergösgen). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang der beiden gemessenen Längsprofile für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand.

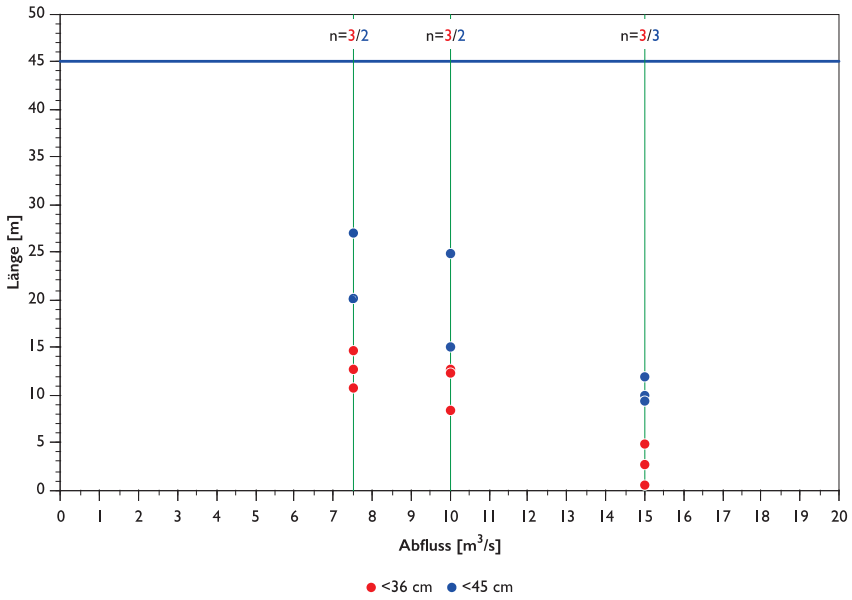


Abbildung 68 Untersuchungsstrecke U4/U5 (Niedergösgen). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des rechten gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand. Bezeichnung der maximalen Länge passierbarer Untiefen (blaue Linie).

Lesehilfe: Die Anforderungen an die freie Fischwanderung sind dann erfüllt, wenn kein roter Punkt auftritt und kein blauer Punkt über der blauen Linie liegt.

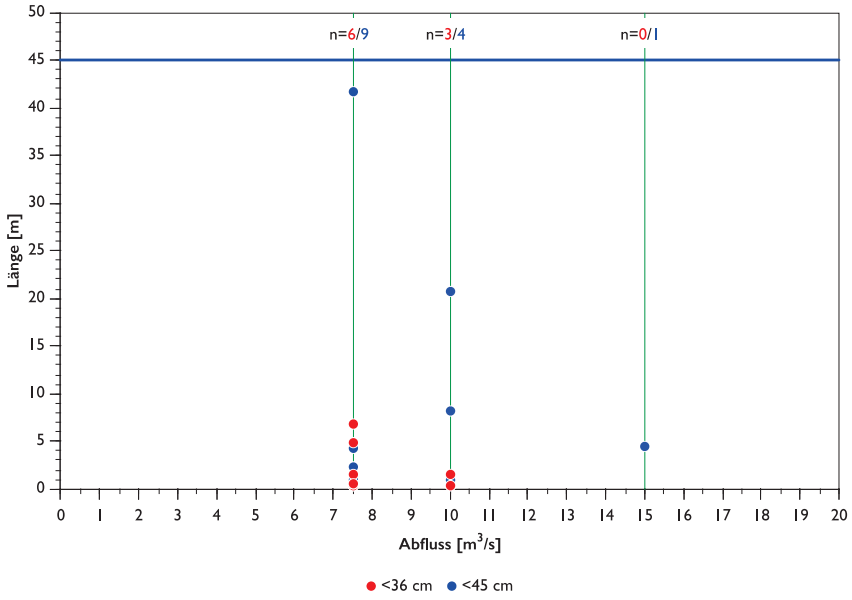


Abbildung 69 Untersuchungsstrecke U4/U5 (Niedergösgen). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des linken gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand. Bezeichnung der maximalen Länge passierbarer Untiefen (blaue Linie).

Lesehilfe: Die Anforderungen an die freie Fischwanderung sind dann erfüllt, wenn kein roter Punkt auftritt und kein blauer Punkt über der blauen Linie liegt.

U6 Rückbau Ballyschwelle

Die Länge der gewählten Wanderroute beträgt 407 m (Abbildung 70). Entlang der Route liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 4 Stellen unter 45 cm (Abbildung 71; Abbildung 72). Die Länge dieser Unterschreitungen beträgt insgesamt 2 % des Talwegs. Die längste Unterschreitung ist 4 m lang. Mit zunehmendem Abfluss verringern sich die Anzahl Unterschreitungen sowie deren Anteil an der Gesamtlänge. Die Strecke unterhalb der Ballyschwelle liegt im Rückstaubereich des Kraftwerks Aarau.

Das Kriterium, dass die generelle Mindestwassertiefe auf maximal 45 m unterschritten werden darf, wird bei allen Abflüssen eingehalten. Hingegen wird das Kriterium, dass die Wassertiefe nicht unter 36 cm liegen darf bei keinem der untersuchten Abflüsse eingehalten. Die Lachse sind somit in ihrer Wanderung eingeschränkt.

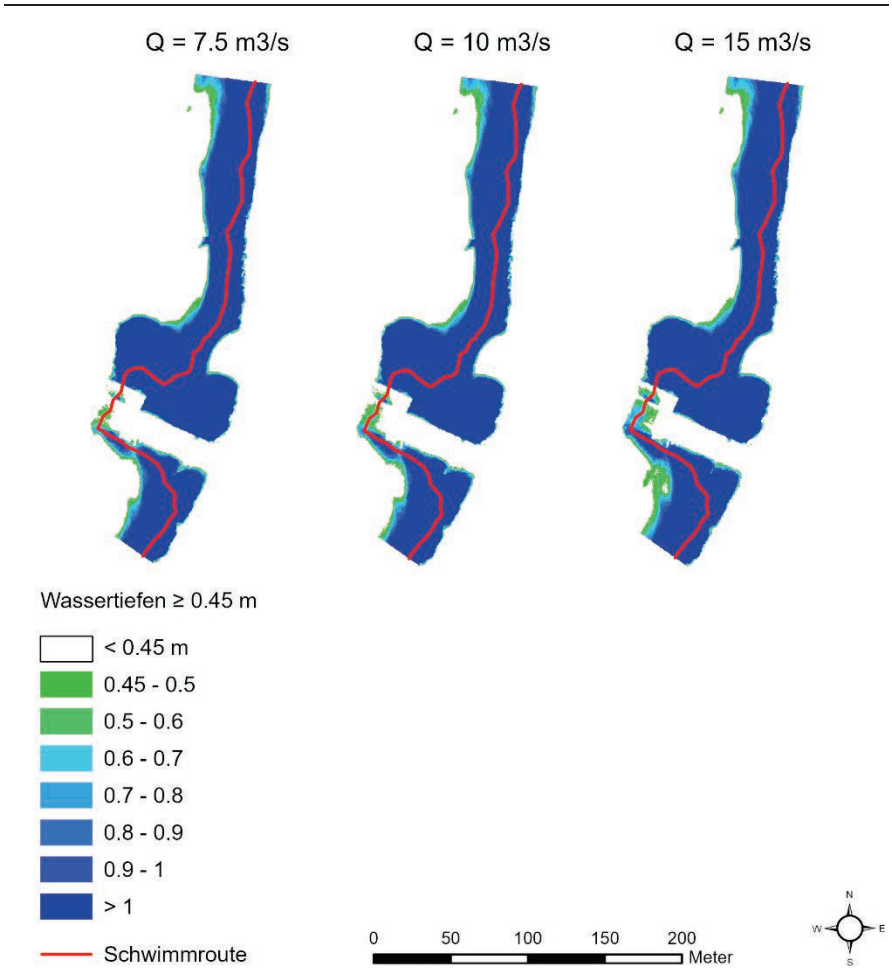


Abbildung 70 Verteilung der Wassertiefen von mindestens 45 cm bei den untersuchten Abflüssen im Ausgangszustand in U6 (Ballyschwelle) und Lage der gewählten Schwimmrouten für die Berechnung der Durchwanderbarkeit.

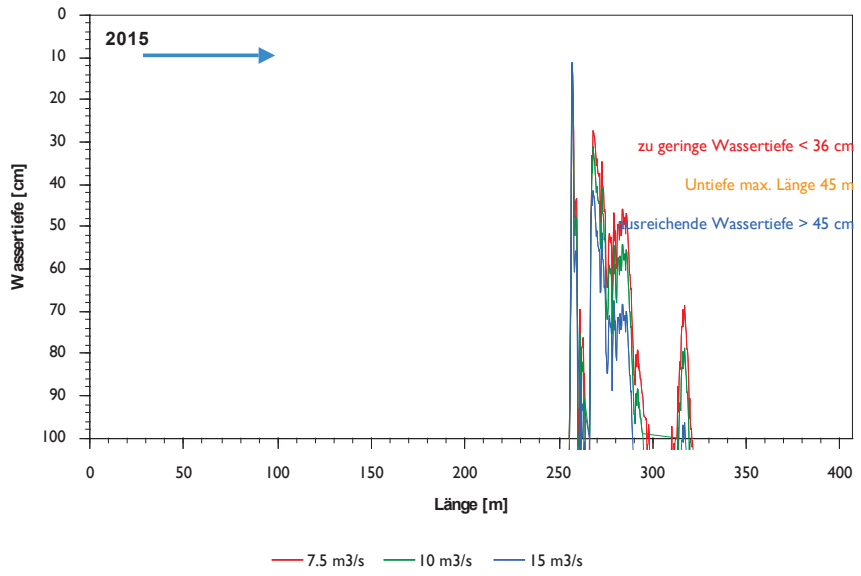


Abbildung 71 Untersuchungsstrecke U6 (Rückbau Ballyschwelle). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der ausreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm) im Ausgangszustand. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

Abfluss [m^3/s]	Lachs *Referenzlänge 90 cm*						Einhaltung Mindestrestwasserkriterien	
	Generell 45 cm			Untiefen 36 cm			Kriterium 1: Generelle Mindestwassertiefe wird auf weniger als der max. Länge für Untiefen unterschritten.	Kriterium 2: Mindestwassertiefe für Untiefen wird nicht unterschritten.
	Anzahl	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*	*Anzahl*	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*		
7.5	4	2	4	2	0.9	2	eingehalten	nicht eingehalten
10	2	1	4	2	0.6	1	eingehalten	nicht eingehalten
15	2	0.6	1	1	0.2	0.9	eingehalten	nicht eingehalten

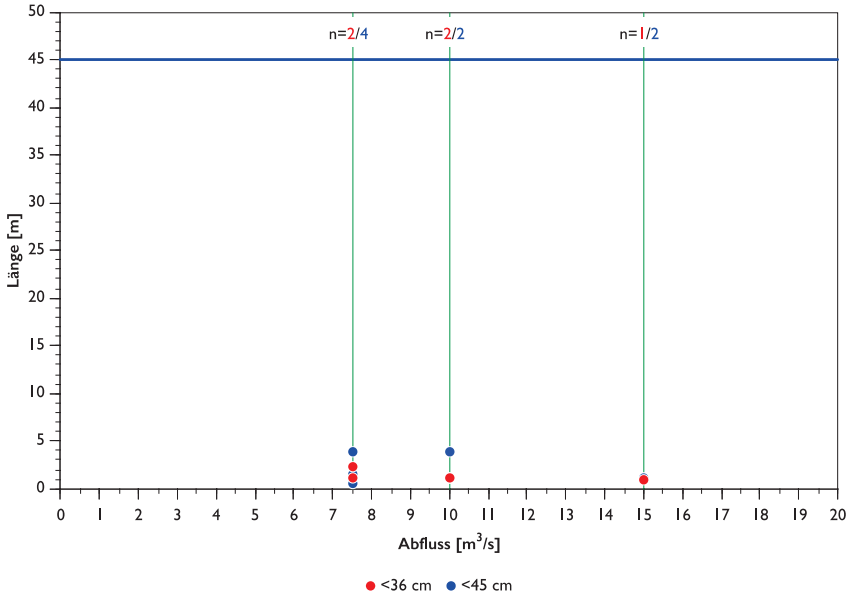


Abbildung 72 Untersuchungsstrecke U6 (Rückbau Ballyschwelle). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im Ausgangszustand. Bezeichnung der maximalen Länge passierbarer Untiefen (blaue Linie).

Lesehilfe: Die Anforderungen an die freie Fischwanderung sind dann erfüllt, wenn kein roter Punkt auftritt und kein blauer Punkt über der blauen Linie liegt.

11.4.2. Projektzustand 1

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die Länge der gewählten Wanderroute beträgt 1’597 m (Abbildung 73). Das Kriterium, dass die generelle Mindestwassertiefe von 45 cm auf maximal 45 m Länge unterschritten werden darf, wird bei allen untersuchten Abflüssen eingehalten (Abbildung 74; Abbildung 75). Hingegen wird das Kriterium, dass die Wassertiefe in Untiefen nicht unter 36 cm liegen darf, erst bei einem Abfluss von 25 m^3/s eingehalten. Bei 15 m^3/s wird die Mindestwassertiefe für Untiefen noch an 6 Stellen unterschritten. Die grösste Länge misst 5 m. Mit zunehmendem Abfluss nimmt sowohl die Anzahl Unterschreitungen sowie deren Anteil am Talweg ab. Grosswüchsige Fische müssen allerdings entlang des Hauptgerinnes wandern, da das Nebengerinne Unterbrechungen der Mindestwassertiefe aufweist.

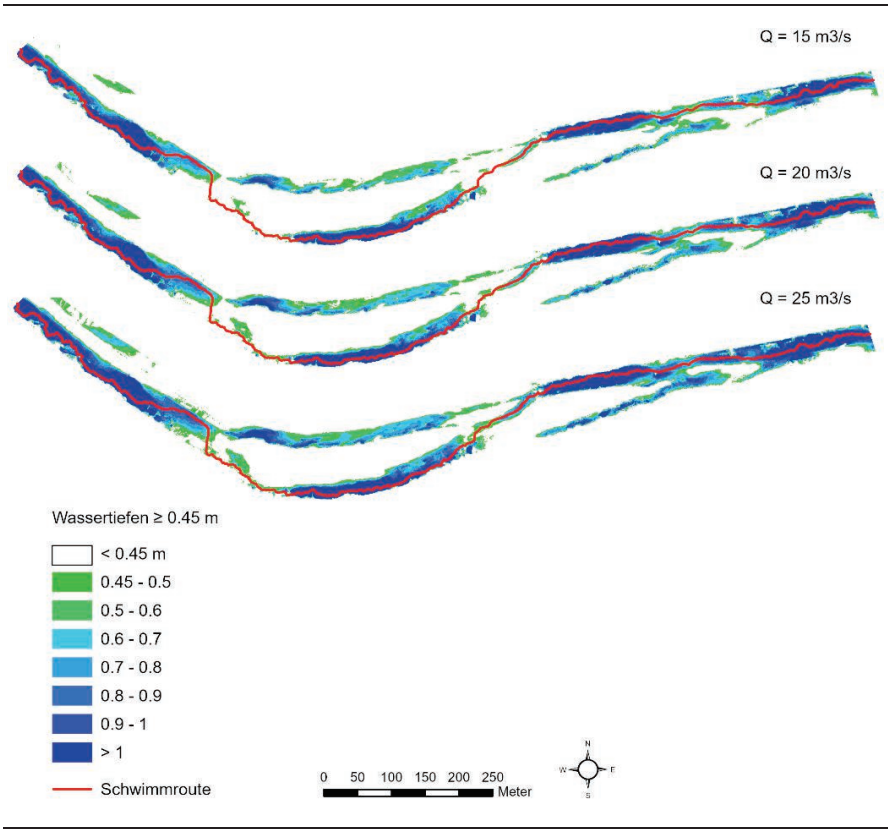


Abbildung 73 Verteilung der Wassertiefen von mindestens 45 cm bei den untersuchten Abflüssen im 1. Projektzustand in U2 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit.

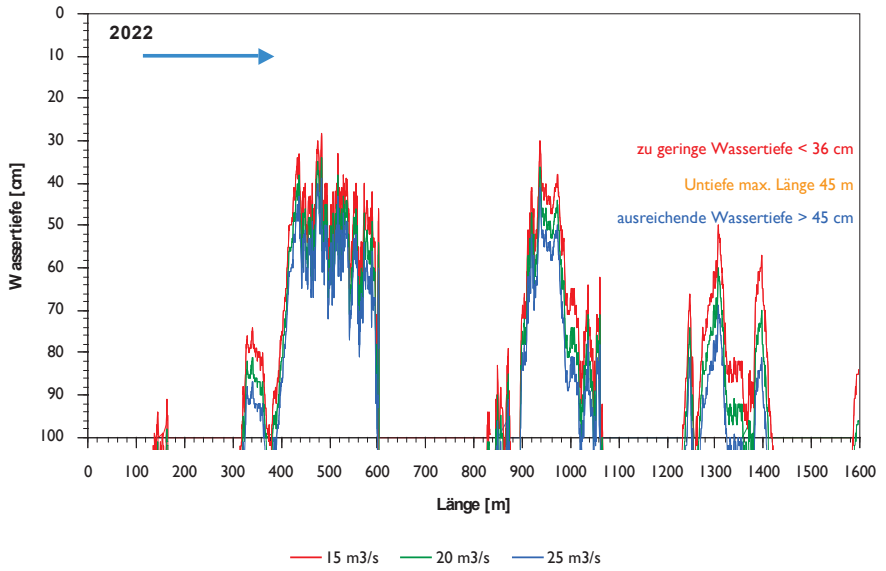


Abbildung 74 Untersuchungsstrecke U2 (Seitengerinne Schachen Winznau). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der auschreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm) im 1. Projektzustand. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.
Unterschreitungen der Grenztiefen an nur einem Messpunkt in Folge wurden für die weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

Abfluss [m³/s]	Lachs *Referenzlänge 90 cm*						Einhaltung Mindestrestwasserkriterien	
	Generell 45 cm			Untiefen 36 cm			Kriterium 1: Generelle Mindestwassertiefe wird auf weniger als der max. Länge für Untiefen unterschritten.	Kriterium 2: Mindestwassertiefe für Untiefen wird nicht unterschritten.
	Anzahl	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*	*Anzahl*	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*		
15	25	4	26	6	0.5	5	eingehalten	nicht eingehalten
20	9	2	8	2	0	1	eingehalten	nicht eingehalten
25	6	0.7	5	0	0	0	eingehalten	eingehalten

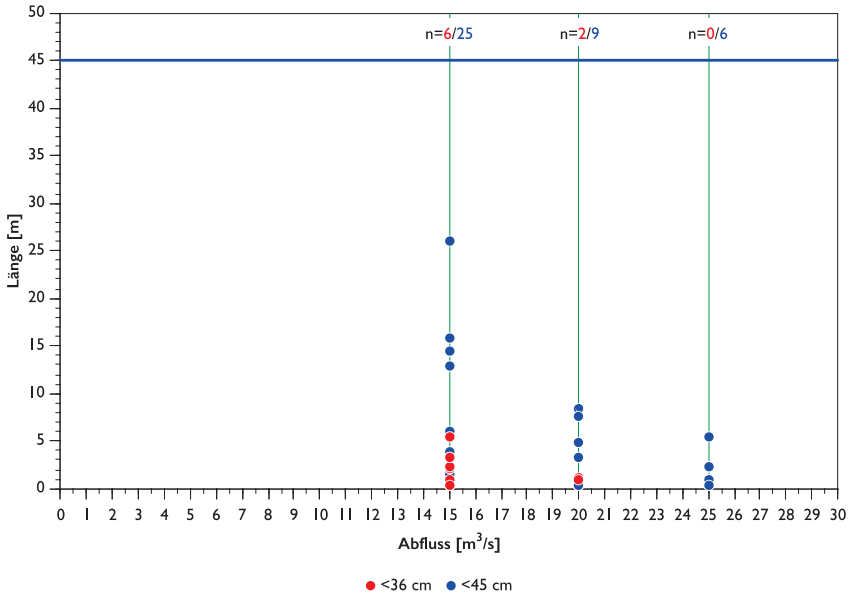


Abbildung 75 Untersuchungsstrecke U2 (Winznau). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im 1. Projektzustand. Bezeichnung der maximalen Länge passierbarer Untiefen (blaue Linie).
Lesehilfe: Die Anforderungen an die freie Fischwanderung sind dann erfüllt, wenn kein roter Punkt auftritt und kein blauer Punkt über der blauen Linie liegt.

U5[15] Seitengerinne Schachen Niedergösgen / U6 Rückbau Ballyschwelle

Die Länge der gewählten Wanderroute beträgt 1’289 m (Abbildung 76). Bei den untersuchten Abflüssen wird die generelle Mindestwassertiefe von 45 cm an keiner Stelle unterschritten (Abbildung 77; Tabelle 50). Die beiden Kriterien zur Mindestwassertiefe werden somit schon beim tiefsten untersuchten Abfluss von 15 m³/s eingehalten. Ein Durchwandern des Nebengerinnes ist aufgrund des nicht vorhandenen Durchflusses für sämtliche Fischarten nicht möglich.

[15] Der Abschnitt U4 wurde im Projektzustand nicht mehr erhoben.

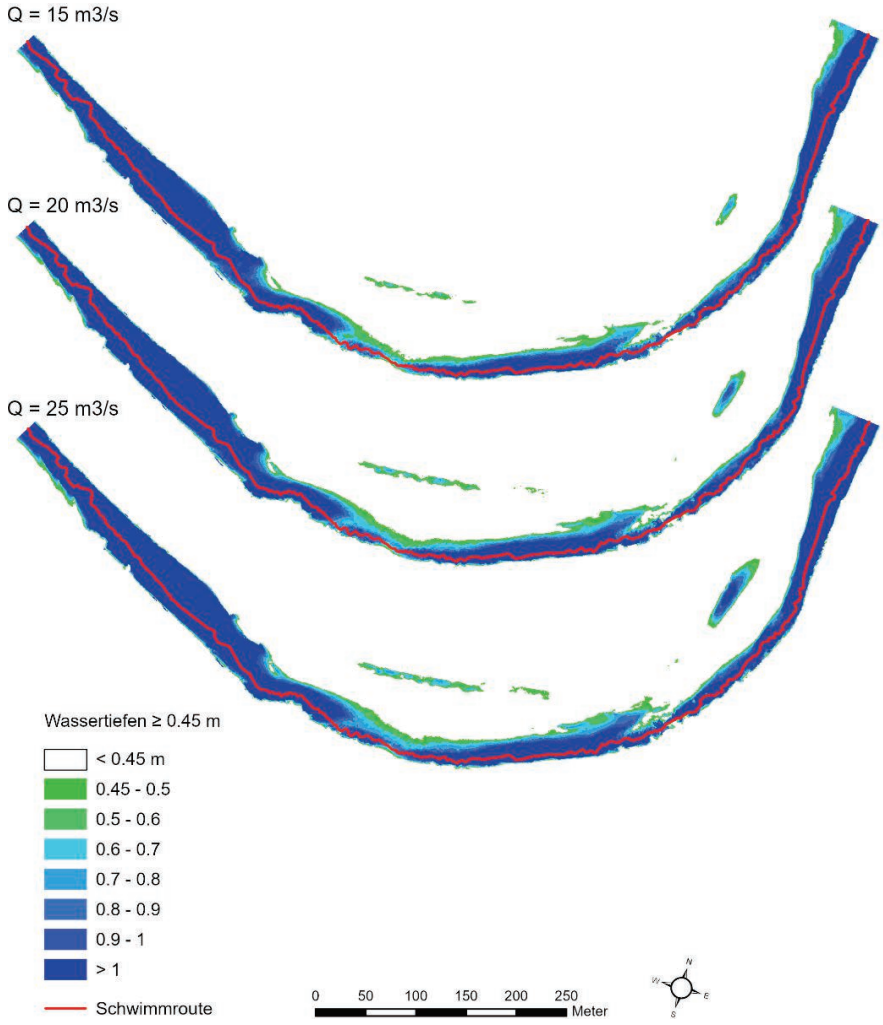


Abbildung 76 Verteilung der Wassertiefen von mindestens 45 cm bei den untersuchten Abflüssen im 1. Projektzustand in U5/U6 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit.

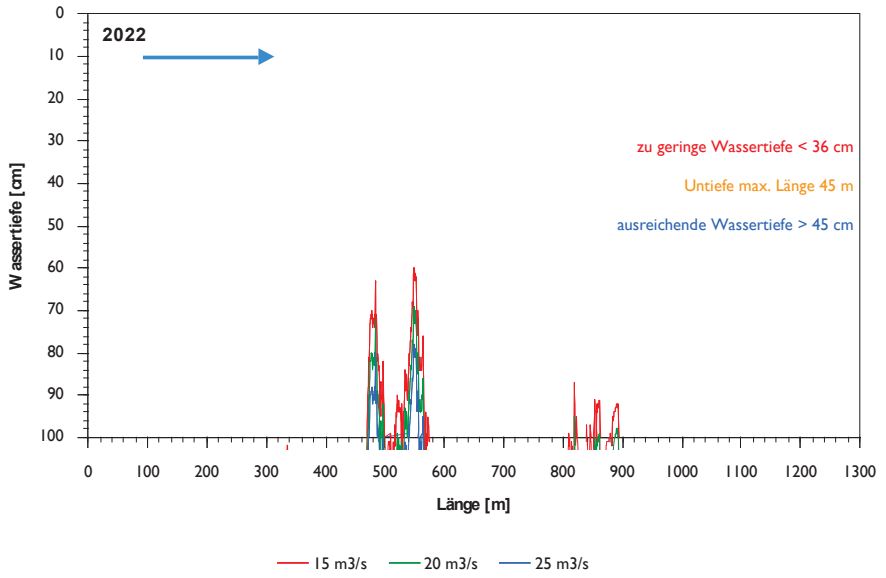


Abbildung 77 Untersuchungsstrecke U5/U6 (Niedergösgen / Ballyschwelle). Wassertiefen entlang der tiefsten Rinne (aufgetragen in Fliessrichtung) für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der ausreichenden Wassertiefe (≥ generelle Mindestwassertiefe), der Wassertiefe für Untiefen sowie der zu geringen Wassertiefe für Lachse (Referenzlänge 90 cm) im 1. Projektzustand. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

Abfluss [m³/s]	Lachs *Referenzlänge 90 cm*						Einhaltung Mindestrestwasserkriterien	
	Generell 45 cm			Untiefen 36 cm			Kriterium 1: Generelle Mindestwassertiefe wird auf weniger als der max. Länge für Untiefen unterschritten.	Kriterium 2: Mindestwassertiefe für Untiefen wird nicht unterschritten.
	Anzahl	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*	*Anzahl*	*Anteil Talweg [%]*	*grösste Länge [m]*		
15	0	0	0	0	0	0	eingehalten	eingehalten
20	0	0	0	0	0	0	eingehalten	eingehalten
25	0	0	0	0	0	0	eingehalten	eingehalten

Tabelle 50 Untersuchungsstrecke U5/U6 (Niedergösgen/Ballyschwelle). Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der generellen der Mindestwassertiefe sowie der Mindestwassertiefe für Untiefen für den Lachs (Referenzlängen 90 cm) entlang des gemessenen Längsprofils für die untersuchten Abflüsse im 1. Projektzustand.

11.4.3. Vergleich

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Sowohl im Ausgangszustand als auch im 1. Projektzustand ist die freie Fischwanderung bei einem Abfluss von 15 m^3/s eingeschränkt. Im 1. Projektzustand wurden auch höhere Abflüsse untersucht. Ab einem Abfluss von 25 m^3/s können Lachse in der Strecke U2 frei wandern.

U4 und U5 Niedergösgen

Die Durchwanderbarkeit der Strecke U4 wurde nur im Ausgangszustand untersucht. Dort zeigte sich, dass die Durchwanderbarkeit entlang dem rechten Talweg (rechts der Insel) beim höchsten untersuchten Abfluss von 15 m^3/s immer noch eingeschränkt ist. Entlang dem linken Talweg (links der Insel) ist die freie Fischwanderung ab einem Abfluss von 15 m^3/s gewährleistet. Die Strecke U5 ist sowohl im Ausgangszustand als auch im 1. Projektzustand frei durchwanderbar.

U6 Rückbau Ballyschwelle

Gegenüber dem Ausgangszustand hat sich die Durchwanderbarkeit in der Strecke U6 durch den Rückbau der Ballyschwelle deutlich verbessert. Die Lachse können im 1. Projektzustand bereits beim tiefsten untersuchten Abfluss von 15 m^3/s frei wandern.

11.5. Kurzdiskussion

Seit 2022 gilt in den Restwasserstrecke KW Gösgen eine neue Restwasserdotierung. Am wenigsten Wasser wird in den Monaten November bis Februar abgegeben mit 15 m^3/s. Im März, April, September und Oktober sind es 20 m^3/s, zwischen Mai und August 25 m^3/s.

Die in der Strecke U2 für die freie Wanderung benötigten 25 m^3/s sind somit in den Sommermonaten vorhanden. In den übrigen Monaten ist die Wanderung der grossen Fische bei Restwasserbedingungen eingeschränkt. Gemäss [27] wandern die Lachse im Sommer aufgrund der warmen Wassertemperaturen kaum. Erst im Herbst wären sie in der Aare zu erwarten. In diesen Monaten sind sie jedoch auf Grund der Restwasserdotation in der Strecke U2 in der Wanderung eingeschränkt.

Die benötigten 15 m^3/s, damit die Strecke U4 – zumindest entlang eines Talweges – frei durchschwommen werden kann, werden während dem ganzen Jahr im Minimum dotiert. Auch die Strecken U5 und U6 können während dem ganzen Jahr frei durchschwommen werden. Während die freie Fischwanderung in der Strecke U5 schon im Ausgangszustand möglich war, ist die Strecke U6 erst dank dem Rückbau der Ballyschwelle frei passierbar.

12. Libellen

12.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Methode, Erhebungen und Auswertung: Sieber & Liechti GmbH
Definition	Vorkommen Libellen (Adulte und/oder Larven und/oder Exuvien)
Indikator	Set 11 «Spezifische Ziele»
Indizierte Ziele	Hauptziel: Förderung der standorttypischen Diversität Teilziel: Terrestrische Fauna fördern Zielbereich: Libellen
Begründung	Die Förderung der standorttypischen Diversität der terrestrischen Fauna ist ein wichtiges Ziel. Libellen sind eine Zielartengruppe, bei der die Lebensraumansprüche der einzelnen Arten sehr gut bekannt sind und deren Larvenstadium in Still- oder Fliessgewässern stattfindet.
Literatur	[4]

12.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Erhoben wurde die Abundanz der vorkommenden Libellenarten, unterteilt in „frisch geschlüpfte Individuen“, „Weibchen“, „Männchen“ und „Adulte unbestimmten Geschlechts und das aktuelle Verhalten (Tandem, Paarung, Eiablage, nur qualitativ) sowie die Anzahl gefundener Exuvien [4].
Vorgehen	Die Libellen wurden an kleineren Stillgewässern (entspricht einem Beobachtungspunkt) und am Fliessgewässer auf einem Abschnitt von maximal 200 m Länge erhoben. Die Beobachtungszeit hing von der Grösse des Objektes ab und variierte zwischen 10 und 30 Minuten. In der Regel ging der Beobachtende weiter, sobald keine neuen Arten beobachtet wurden. Bei Flussufern wurde jeweils von der Fluss- und Landseite her kartiert [4].
Erhebungszeitpunkt	Die Untersuchungsstrecken wurden viermal begangen. Es gab aber über den ganzen Sommer 2022 genug schöne Tage, sodass die Aufnahmen wie geplant durchgeführt werden konnten. Die Aufnahmedaten waren: 26.05.22, 15.06.22, 12.07.22, 11.08.22. Die Aufnahmen wurden zwischen 9 und 18 Uhr und entsprechend der Jahreszeit unter günstigen meteorologischen Bedingungen durchgeführt, d.h. sonniges Wetter, Temperatur höher als 17°C, vorzugsweise windstill.

Auswertung

Ausgewertet wurden die Anzahl der festgestellten Arten (inkl. Exuvien) und die Veränderung in der Abundanz der vorkommenden Libellenarten (Tagesmaxima). Eine Darstellung mit den Unterteilungen in „frisch geschlüpftes Tier“, „Weibchen“, „Männchen“ und „Adulte unbestimmten Geschlechts“ und mit dem aktuellen Verhalten kann dem Fachbericht (Anhang A3) entnommen werden.

12.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●					
U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen		●					
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		●					

12.4. Resultate

In der nachfolgenden Tabelle sind die Gesamtergebnisse über die einzelnen Untersuchungsabschnitte mit Vergleich Ausgangszustand zu Projektzustand aufgeführt. Die detaillierten Resultate sind im Fachbericht im Anhang A3 enthalten.

Tabelle 51: Im Sommerhalbjahr 2014 vor dem Bau und 2022 Projektzustand in den Untersuchungsgebieten nachgewiesene Libellenarten mit Tagesmaxima der Funde. Fett gedruckt: Ziel- und Leitarten Flüsse [29]. Keine der gefundenen Arten fungiert auf der aktuellen Roten Liste der Libellen [22].

Artname	U2		U3		U7			Alle Gebiete	
	2014	2022	2014	2022	2014	2022		2014	2022
Aeshna cyanea				1					1
Anax imperator	1	2		10	3	7		4	19
Calopteryx splendens splendens	10	29	3	30	83	61		96	120
Calopteryx virgo virgo	1	3	1	20	1	9		3	32
Chalcolestes viridis						1			1
Coenagrion puella	7		3	35		39		10	74
Cordulia aenea				3	2			2	3
Crocothemis erythraea				3		1			4
Enallagma cyathigerum				41		18			59
Erythromma najas				1					1
Gomphus vulgatissimus	1					1		1	1
Ischnura elegans	6		4	26		9		10	35
Ischnura pumilio			2			3		2	3
Libellula depressa	1		1			1		2	1
Libellula fulva				1					1
Libellula quadrimaculata	1			2		1		1	3
Onychogomphus forcipatus forcipatus		4		3	1	7		1	14
Orthetrum brunneum			3		3	9		6	9
Orthetrum cancellatum				2	4	12		4	14
Platycnemis pennipes		1		22	10	32		10	55
Pyrrhosoma nymphula					1	4		1	4
Sympetrum fonscolombii				2					2
Sympetrum striolatum				15		3			18
Sympetrum vulgatum						1			1
Total Funde	**28**	**39**	**17**	**217**	**108**	**219**		**153**	**475**
Total Arten	**8**	**5**	**7**	**17**	**9**	**19**		**15**	**24**
Ziel- und Leitarten Flüsse	**3**	**4**	**2**	**5**	**4**	**5**		**5**	**6**

12.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Durch den Bau des Seitengewässers entwickelten sich zusätzliche mit Rohrglanzgras bewachsene Ufer sowie aquatischer Fliessgewässerlebensraum mit unterschiedlichen Strömungsverhältnissen. Ebenso entstanden besonnte Kiesbänke und Uferpartien, auf denen sich Libellen aufwärmen können.

Die Zahl von Ziel- und Leitarten von Fliessgewässern stieg im Vergleich zu 2014 von 3 auf 4 Arten. Insbesondere verdreifachte sich die Zahl der Funde der Gebänderten Prachtlibelle *Calopterix splendens* und der Blauflügeligen Prachtlibelle *Calopterix virgo*. Neu trat die Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* auf. Die Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* konnte 2022 nicht mehr nachgewiesen werden, was aber nicht heisst, dass sie aus dem Gebiet verschwunden ist.

Im Unterschied zu 2014 fehlen 2022 Arten von stehenden Gewässern. Diese besiedelten 2014 vom Regenwasser gespiesene Tümpel, die durch die Rodungsarbeiten entstanden waren.

12.4.2. U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen

Grundwasser-Weiher

Im Gebiet U3 Schachenwald Obergösgen wurde zum einen ein neu angelegter grosser, vom Grundwasser beeinflusster Weiher untersucht, sowie ein neu angelegter Seitenarm der Aare. 2014 wurden nur am Waldrand und an Kleingewässer Beobachtungen gemacht, nicht aber am Aareufer.

Der 20222 untersuchte Weiher zeichnete sich durch gute Besonnung, einer Wassertiefe von 0.5 bis 1 m und einen Bewuchs von Armleuchteralgen sowie Laichkraut aus. Das Ufer war nicht mit Schilf, sondern mit verschiedenen Seggen, Froschlöffel und Binsen bewachsen. Mit 13 Arten, davon 9 mit Vermehrung im Gewässer, ist der Weiher erst mässig artenreich. Bemerkenswert ist der Fund von Spitzenfleck *Libellula fulva* einer typischen Art von Auen, die weiträumig in der Gegend noch nie nachgewiesen wurde. Ebenfalls neu für die Gegend ist der Fund des Grossen Granatauges *Erythromma najas*, eine Art von Schwimmblattfluren.

Seitenarm Aare

Der neue Seitenarm der Aare zeichnet sich durch unterschiedliche Wassertiefen und Strömungsverhältnisse aus. Dies hat auch zu unterschiedlichen Substratablagerungen wie z.B. grossen Sandbänken geführt. Die Artenvielfalt ist mit 9 Arten für ein Fliessgewässer hoch. Es kommen 4 Leit- und Zielarten von Flüssen vor, darunter die Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* und die beiden Prachtlibellenarten *Calopterix virgo* und *Calopterix splendens* in grösseren Populationen.

12.4.3. U7 Eigendynamik Wöschnau

Seitengerinne

In der Wöschnau wurde ein Seitengerinne mit relativ geringer Strömung angelegt. Entsprechend finden sich hier auch einige Stillgewässerarten wie die in der Region nicht häufige Weidenjungfer *Chalcolestes viridis*. An einer Stelle ist die Wassertemperatur wegen eines Grundwasseraufstosses im Seitengerinne deutlich tiefer. Nur hier wurde die kühlere Gewässer bevorzugende Frühe Adonislibelle

Pyrrhosoma nymphula gefunden. Die Flussarten Kleine Zangenlibellen *Onychogomphus forcipatus* und Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* wurden hauptsächlich beim Ein- und Ausfluss des Seitengerinnes beobachtet.

Aue

Im dynamischeren Teil der Aue sind beim Hochwasser 2021 meist in ehemaligen Kolken hinter Strünken seichte Flutmulden mit besonntem, warmem Wasser entstanden, Hier finden sich Pionierarten wie Plattbauch *Libellula depressa*, Südlicher Blaupfeil *Orthetrum brunneum* und die in der Gegend noch kaum nachgewiesene Kleine Pechlibelle *Ischnura pumilio*. Auch die Feuerlibelle *Crocothemis erythraea* als wärmeliebende Art wurde hier gefunden sowie Amphibienlarven, wahrscheinlich von Seefröschen.

Aareufer

Das Aareufer in den Wöschnau-Auen weist sowohl sehr flache Bereiche mit Flachwasserzonen und vielen Jungfischen und Pionierlibellen wie Südlichem Blaupfeil *Orthetrum brunneum* auf. Es gibt aber auch dicht mit Rohrglanzgras und Schwanenblumen bewachsene Ufer mit stärkerer Strömung und vielen Prachtlibellen *Calopterix sp*.

12.5. Kurzdiskussion

Untersuchungsperimeter

Die untersuchten Perimeter 2014 und 2022 entsprechen sich nicht genau. Vor allem beim Gebiet U3 in Obergösgen wurden unterschiedliche Flächen untersucht, da 2014 im Projektgebiet noch dichter Wald wuchs. Die Untersuchung von 2014 zeigt also primär das Artenspektrum des Untersuchungsgebietes auf.

Artenzahl und Funde

Die nachgewiesene Artenzahl hat sich über alle Gebiete über die Jahre von 15 auf 24 Arten erhöht. Alle 2014 nachgewiesene Arten konnten wieder gefunden werden. Dank einem grösseren Habitatsangebot hat sich neben den Artenzahlen auch die die Anzahl Individuen in etwa verdreifacht. In der Roten Liste der Libellen von 2002 [11] galten noch die Kleine Zangenlibelle und die Gemeine Keiljungfer als potenziell gefährdet. Bei der neue Roten Liste von 2021 [22] werden sie als nicht mehr gefährdet eingestuft.

Im Kanton Solothurn wurden in den letzten 10 Jahren gemäss CSCF 50 Libellenarten nachgewiesen. In einer grösseren Auenlandschaft mit Altarmen, Flutmulden, Giessen und verschiedenen Fliessgewässertypen können bis 40 Arten vorkommen. Für die hier untersuchten Auen dürfte ein Potenzial von rund 30 Arten vorliegen.

Tabelle 52: Zu erwartende weitere Arten bei guter Habitatsentwicklung; Rote Liste Status 2021: LC nicht gefährdet, NT: Potenziell gefährdet, VU: verletzlich. Fett markiert sind Zielarten von Flüssen [29].

Artname Deutsch *Artname Latein*	RL-Status 2021	Habitat
Braune Mosaikjungfer *Aeshna grandis*	LC	Grosse Weiher
Keilfleck-Mosaikjungfer *Aeshna isoceles*	LC	Weiher mit Schilf
Herbst-Mosaikjungfer *Aeshna mixta*	LC	Weiher
Kleine Königslibelle *Anax parthenop*	LC	Grosse Weiher, Ruhige Flüsse
Früher Schilfjäger *Brachytron pratens*	LC	Weiher mit Schilf
Gabel-Azurjungfer *Coenagrion scitulum*	LC	Weiher
Saphirauge ***Erythromma lindeni***	**NT**	**Fliessgewässer mit Wasserpflanzen**
Kleines Granatauge *Erythromma viridulum*	LC	Weiher mit Schwimmblattfluren
Grüne Flussjungfer ***Ophiogomphus cecilia***	**VU**	**Flüsse, Grosse Bäche**
Östlicher Blaupfeil *Orthetrum albistylum*	NT	Weiher
Glänzende Smaragdlibelle *Somatochlora metallica*	LC	Weiher
Gemeine Winterlibelle *Sympecma fusca*	LC	Weiher
Blutrote Heidelibelle *Sympetrum sanguineum*	LC	Tümpel, Weiher

Zudem wurden die gefundenen Arten mit den empfohlenen Zielarten für Flüsse nach Wildermuth & Küry [29] verglichen. Von den 8 potenziell an der Aare vorkommenden Zielarten wurden 6 Arten nachgewiesen. Gegenüber 2014 kam der Spitzenfleck *Libellula fulva* dazu. Diese typische Auenart wurde weiträumig in der Gegend noch nie nachgewiesen. Der neu geschaffene Weiher bzw. Altarm in Obergösgen dürfte als wichtiger Trittstein für diese und auch weitere Arten wie das Grosse Granatauge *Erythromma najas* für die weiter Besiedlung und Vernetzung des Mittellands gelten.

Hochwasserereignisse

2021 gab es in der Aare grosse Hochwasser, wie die vielen frischen Sedimentablagerungen zeigen. Feinsedimente wie Sand sind Larvenhabitate für Flussliebellenarten wie die Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus*, welche aber nur einmal nachgewiesen werden konnte. Die Entwicklung dieser Arte dauert mindestens 2 Jahre, so dass 2022 die positiven Effekte von mehr Feinsedimenten durch das Hochwasser noch nicht sichtbar sind. Zudem kann ein Hochwasser zu starken Verdriftungen von Larven führen so dass im Folgejahr die Populationen kleiner sind. Das Aufnahmejahr 2022 war also trotz schöner Witterung nicht optimal für Libellenaufnahmen, was sich in nicht sehr grossen Individuenzahlen spiegelt.

13. Zeitliches Mosaik und Sukzession

13.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	IC Infraconsult AG
Definition	Vegetation und Lebensraumkartierung
Indikator	Set 8 «Ufervegetation», Indikator 8.3 «Zeitliches Mosaik»
Indizierte Ziele	Anhand der Indikatoren Pflanzenarten, Pflanzengesellschaften und dem Zeitlichen Mosaik wird die Dynamik sowie die Beeinträchtigung der Ufer- und Auenvegetation beurteilt [3].
Begründung	Eine natürliche Ufer- und Auenvegetation ist ökologisch sehr wertvoll: Sie fördert die seitliche Vernetzung, dient vielen Tieren als Lebensraum und Nahrungsquelle, stabilisiert die Ufer und senkt in heissen Sommern die Wassertemperatur durch Beschattung. Damit eine natürliche, vielfältige Ufervegetation entstehen kann, braucht es eine Dynamik des Ökosystems. Doch auch wenn die Dynamik gegeben oder wiederhergestellt wurde, können invasive Arten Ufer- und Auenvegetation beeinträchtigen [3].
Literatur	[3]

13.2. Methode Erhebung und Auswertung

Erhebung Projektzustand	Die Bestimmung der Auenformationen erfolgte gemäss des Methodenbeschriebs «Steckbrief Indikator-Set 8 Ufervegetation» [3]. Dabei wurde das aktuelle SWISSIMAGE aus dem Jahr 2020 von swisstopo sowie die Drohnenaufnahmen vom 07.11.2021 (DEM, Hillshade, Orthophoto) verwendet. Die mittels GIS erfassten Auenformationen wurden im Feld verifiziert. Die Erhebungen wurden während der Vegetationsperiode am 28.05.2022 und 03.06.2022 durchgeführt.
Bewertung	Die Bewertung erfolgt gemäss Methodenbeschrieb der Praxisdokumentation zur Wirkungskontrolle. Es wurde von 5 potenziell vorkommenden Auenformationen ausgegangen. Für den Ausgangszustand wurde die ursprüngliche Bewertung gemäss dem Handbuch EAWAG Steckbrief Nr. 48 und 49 vorgenommen. Um der neuen Methodik für die Wirkungskontrolle bei Revitalisierung zu entsprechend, wurde die Auswertung des Ausgangszustandes gemäss der neuen Methodik wiederholt [3].

13.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●					
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen		●					
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		●					

13.4. Resultate

Die Bewertung erfolgt gemäss Methodenbeschrieb der Praxisdokumentation zur Wirkungskontrolle. Es wurde von 5 potenziell vorkommenden Auenformationen ausgegangen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate zur Vielfalt der Auenformationen (Analyse 1; Optimum ist eine ausgeglichene Verteilung) sowie der Anteil an Pionierformationen (Analyse 2; Optimum liegt bei 50-60%) aufgeführt.

13.4.1. U2 Seitengerinne Schachen Winznau

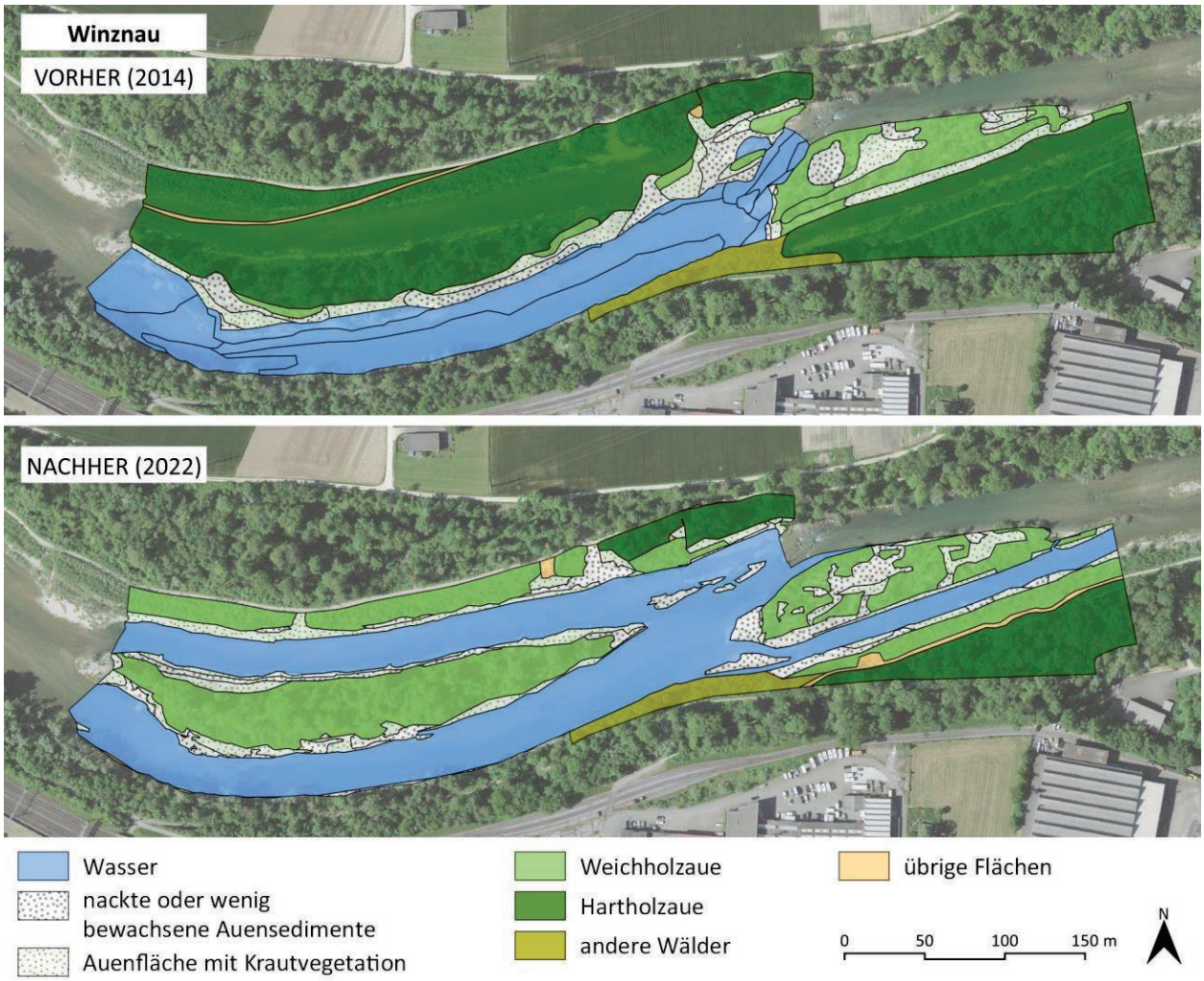


Tabelle 53: Anzahl kartierter Auen- und Pionierformationen um Abschnitt U2.

	U2	
	Ausgangszustand	Projektzustand 1
Anzahl kartierter Auenformationen	5	5
Shannon-Index	1.35	1.52
Standardisierter Wert Anteil Auenformationen	0.95	1
Anteil Pionierformationen	15%	38%
Standardisierter Wert Pionierformationen	0.2	0.6

Vielfalt der Auenformationen	Bereits im Ausgangszustand 2014 gibt der Shannon-Index (1.35) eine ausgeglichene Verteilung der Formationen wieder. Dies führt zu einem hohen standardisierten Wert von 0.95. Während im Jahr 2014 die Hartholzaue die Auenformationen dominierten (52% der Fläche), waren es im 2022 die Wasserflächen (40%). Die Vielfalt der Auenformationen erreicht für den Projektzustand einen Shannon-Index von 1.52 und somit den höchsten Wert von 1 für den standardisierten Wert. Insgesamt hat sich daher eine etwas gleichmässigere Verteilung bzw. Vielfalt der Auenformationen etabliert.
Anteil an Pionierformationen	Gegenüber dem Ausgangszustand haben sich im Projektzustand die Weichholzauen-Flächen fast vervierfacht. Dies spiegelt sich im deutlich höheren Wert der Pionierformationen (Auenflächen mit Krautvegetation & Weichholzaue) wider, welcher anteilmässig von 15% auf 38% zugenommen hat. Der standardisierte Wert hat sich daher von 0.2 auf 0.6 verbessert.

13.4.2. U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

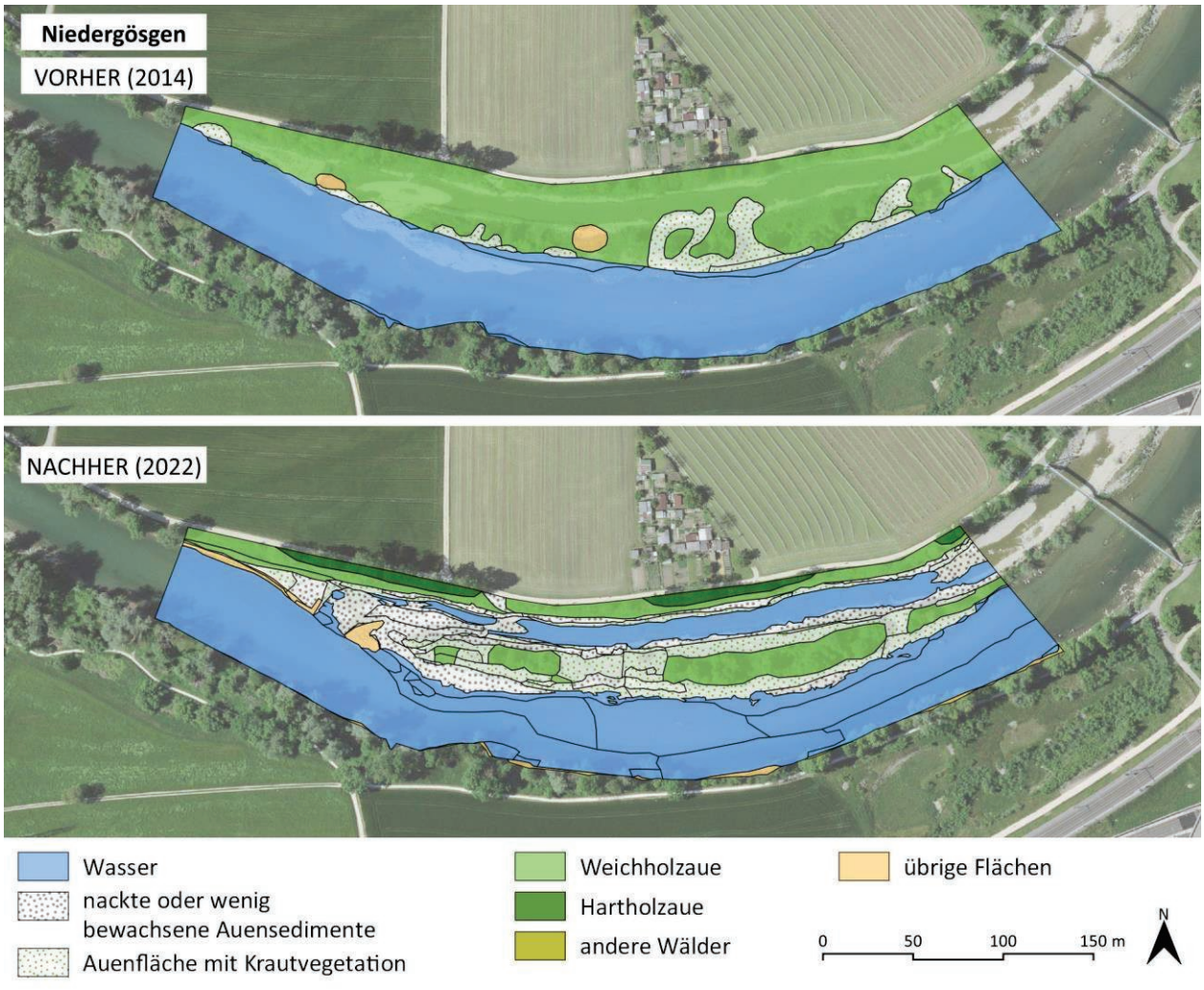


Tabelle 54: Anzahl kartierter Auen- und Pionierformationen um Abschnitt U5.

	U5	
	Ausgangszustand	Projektzustand 1
Anzahl kartierter Auenformationen	3	5
Shannon-Index	0.91	1.28
Standardisierter Wert Anteil Auenformationen	0.46	0.87
Anteil Pionierformationen	43%	26%
Standardisierter Wert Pionierformationen	0.8	0.4

Vielfalt der Auenformationen

Im Ausgangszustand wurde im Untersuchungsabschnitt nur drei Auenformationen angetroffen. Im Projektzustand konnten insgesamt fünf Auenformationen festgestellt werden. Dies widerspiegelt sich auch im berechneten Shannon-Index welcher eine deutlich höhere Vielfalt der Auenformationen feststellt. Der standardisierte Wert erhöhte sich von 0.46 auf 0.87. Die Wasserfläche hat sich nicht verändert. Durch das neue Seitengerinne gab es hauptsächlich eine Verlagerung von der Weichholzaue zu nackten zu mit krautigen Pflanzen bewachsenen Auensedimenten. Im Ausgangszustand waren keine Kiesflächen vorhanden, diese konnten sich durch die Bildung der Insel ausbilden.

Anteil an Pionierformationen

Der Anteil an Pionierformationen (Auenflächen mit Krautvegetation & Weichholzaue) hat sich gegenüber dem Ausgangszustand deutlich verringert. Bei der Ausgangserhebung wurden grosse Flächen von Weichholzauen kartiert. Durch die Ausbildung des neuen Seitengerinnes gingen diese vor allem zugunsten der nackten oder wenig bewachsenen Auensedimenten verloren.

13.4.3. U7 Eigendynamik
Wöschnau/Seitengerinne Grien

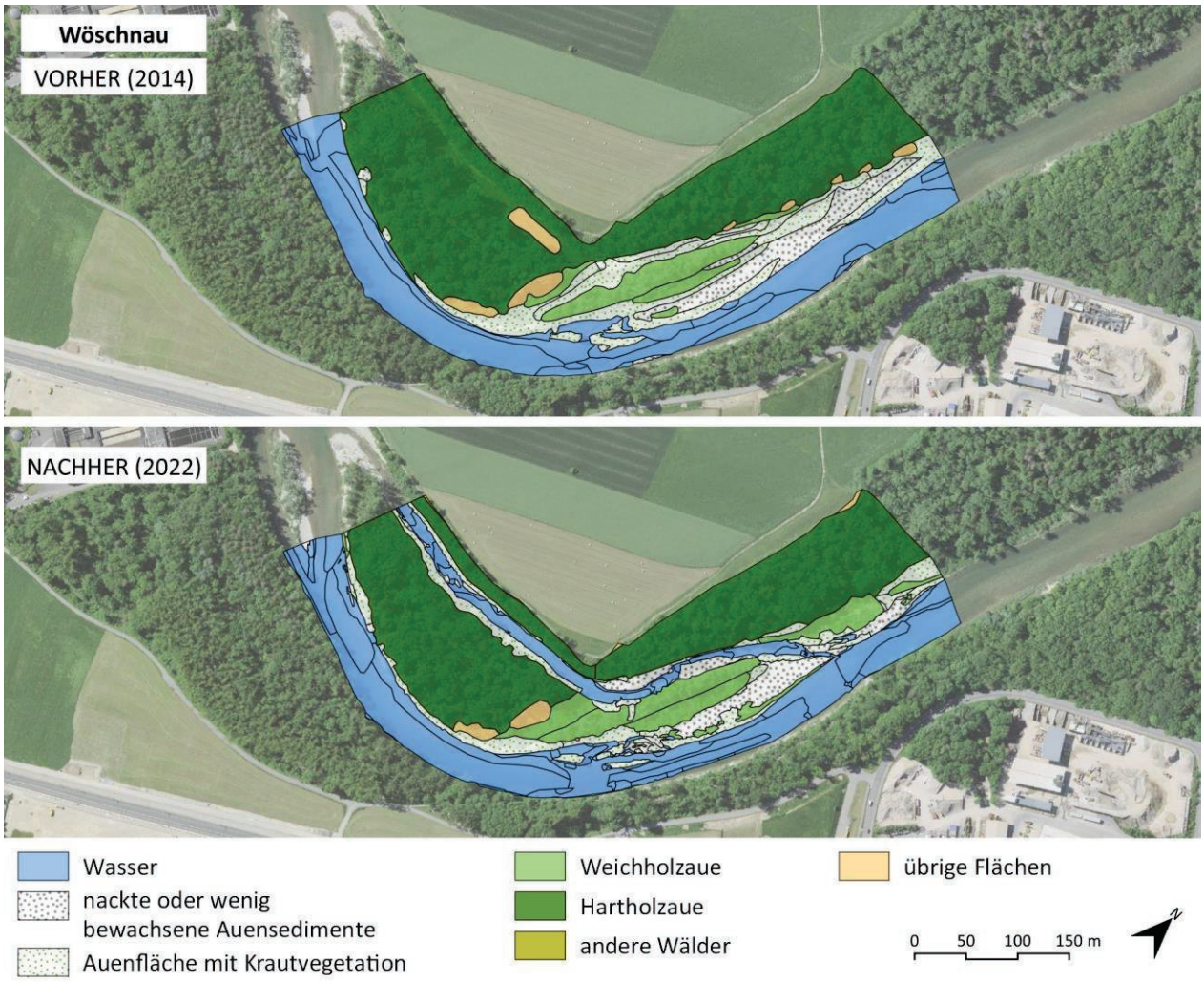


Tabelle 55: Anzahl kartierter Auen- und Pionierformationen um Abschnitt U7

	U7	
	Ausgangs-zustand	Projektzustand 1
Anzahl kartierter Auenformationen	5	5
Shannon-Index	1.38	1.41
Standardisierter Wert Anteil Auenformationen	0.98	1
Anteil Pionierformationen	18%	19%
Standardisierter Wert Pionierformationen	0.2	0.2

Vielfalt der Auenformationen

Bereits im Ausgangszustand 2014 gibt der Shannon-Index (1.38) eine ausgeglichene Verteilung der Formationen wieder. Dies führt zu einem hohen standardisierten Wert von 0.98. Die dominierende Formation war mit 46% die Hartholzaue. Diese dominiert auch im Projektzustand mit 41% die Untersuchungsfläche. Der Projektzustand erreicht einen Shannon-Index von 1.41 und somit den höchsten Wert von 1 für den standardisierten Wert. Insgesamt hat sich daher eine noch etwas gleichmässigere Verteilung bzw. Vielfalt der Auenformationen etabliert.

Anteil an Pionierformationen

Gegenüber dem Ausgangszustand haben sich die Pionierformationen innerhalb der Untersuchungsstrecke praktisch nicht verändert. Es gab lediglich eine Verschiebung von Auenflächen mit krautiger Vegetation hin zu mehr Weichholzauen (ca. +2%). Auf die Auswertung hat diese Verschiebung jedoch keine Auswirkungen der standardisierte Wert bleibt mit 0.2 relativ gering.

13.5. Kurzdiskussion

Vielfalt der Auenformationen

Insgesamt konnte bei allen Untersuchungsabschnitten eine Verbesserung der Vielfalt der Auenformationen festgestellt werden. Jedoch gibt der Wert im U2 und U7 bereits für den Ausgangszustand eine gute Vielfalt der Auenformationen wieder. Im U5 konnte im Projektzustand eine deutliche Verbesserung ermittelt werden. Dies lässt sich vor allem darauf zurückführen, dass neu fünf statt drei Auenformationen festgestellt wurden. Dies führt auch zu einer gleichmässigeren Verteilung der Auenformationen.

Die Methode bzw. das Auswertungsformular gibt vor, dass die Verteilung über alle Formationen inkl. «andere Wälder» und «übrige Flächen» berechnet wird. Daher kann sich auch eine gleichmässige Verteilung mit nicht auentypischen Flächen positiv auf die Vielfalt der (Auen-)Formation auswirken. Da innerhalb der Untersuchungsflächen nur kleine Flächen dieser Formationen vorhanden waren, war dieser Einfluss auf die Auswertung klein. Es wäre jedoch zu diskutieren, ob es nicht sinnvoller wäre bei der Auswertung nur die Auenformationen zu berücksichtigen oder dass ein hoher Anteil an «Nicht-Auenformationen» zu einer Verminderung des standardisierten Wertes führen würde.

Anteil an Pionierformationen

Der Anteil an Pionierformationen hat sich nur im Abschnitt U2 deutlich erhöht. Teilweise lassen sich die höheren Anteile an Pionierformationen noch auf die Auswirkungen der Bauarbeiten zurückführen (Rodungen, Bodenarbeiten). Das neue Seitengerinne führt jedoch zu einer grösseren Uferlinie und damit auch zu mehr Uferflächen, welche dynamische Prozesse ausgesetzt sind und somit das Vorkommen von Pionierformationen begünstigt.

Der geringere Anteil an Pionierformationen im U5 lässt sich darauf zurückführen, dass im Ausgangszustand eine grosse Fläche als Weichholzaue vorhanden war welcher zugunsten des neuen Seitengerinnes teilweise gerodet wurde. Es ist daher eine deutliche Verschiebung von Weichholzauenflächen zu nackten oder wenig bewachsenen Auensedimenten feststellbar.

Im U7 ist keine Zunahme der Pionierformationen feststellbar. Dies lässt sich wohl darauf zurückführen, dass das gesamte System relativ stabil ist. Somit sind die Flächen welche sporadisch umgestaltet werden und auf welchen sich

Pionierformationen ausbilden können relativ klein. Durch die Ausbildung des Seitengerinnes konnte keine Erhöhung der Anteil Pionierformationen erreicht werden. Dies vermutlich auch, weil die Ufer relativ steil sind und von nackten Kiesflächen direkt in Hartholzauenwälder übergehen. Es fehlen daher die Übergangszonen, welche für die Ausbildung von Pionierformationen zentral sind.

14. Besucherzahl

14.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	IC Infraconsult AG
Definition	Erholungswert der revitalisierten Flusslandschaft basierend auf der Anzahl Personen, welche das Gebiet besuchen
Indikator	Set 11 «Spezifische Ziele» bzw. Steckbrief Nr. 5 (Handbuch EAWAG)
Indizierte Ziele	Hauptziel: Optimierung Erholungsnutzung Teilziel: Erholungsdruck erkennen Zielbereich: Besucherzahl
Begründung	Naturnahe Flusslandschaften sind sehr beliebte Naherholungsgebiete. Die Flusslandschaft kann dabei für ganz verschiedene Aktivitäten genutzt werden. Durch Revitalisierungen kann die Attraktivität weiter gesteigert werden. Für die Interpretation der Ergebnisse sollen die Besucherzahlen nach Nutzungsart aufgetrennt werden. So kann unterschieden werden, wie die BesucherInnen den Flussraum zur Erholung nutzen und welche Nutzungsarten anzahlmässig zu- oder abnehmen.
Literatur	[28]

14.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Erhoben wurde die Anzahl Personen pro Tag. Jeder gezählten Person wurde eine Nutzungsart zugewiesen (z. B. Baden, Fischen, Reiten, Spazieren, Fahrrad fahren, Picknicken, Hund ausführen, Schlauchboot/Kanu fahren, Umweltbeobachtungen, etc.).
Vorgehen	Die Besucherzahlen wurde monatlich in den Sommermonaten Mai bis September an insgesamt zwei Untersuchungsstrecken erhoben. Jeweils eine/ein Zählerin/Zähler notierte während sechs Stunden (ca. 10 bis 16 Uhr) die in der Untersuchungsstrecke anwesenden Personen und wies sie einer Nutzungsart zu.
Erhebungszeitpunkt	Die Zählungen wurden an Tagen durchgeführt, an denen eine hohe Besucherzahl erwartet wurde, damit der Erholungsdruck möglichst umfassend aufgezeichnet werden konnte. Daher wurden die monatlichen Zählungen an Wochenenden in den Sommermonaten (Mai bis September) und an Tagen mit schönem Wetter durchgeführt. Die Zählungen des Projektzustandes an folgenden Daten: 21.05.2022 (Samstag), 26.06.2022 (Sonntag), 23.07.2022 (Samstag), 28.08.2022 (Sonntag), 18.09.2022 (Sonntag).
Auswertung	Über die monatlich erhobenen Besucherzahlen wurde der Mittelwert je Nutzungsart gebildet und verglichen [28].

14.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●					
U6 Rückbau Ballyschwelle		●					

14.4. Resultate

Gesamtbesucherzahlen

In Abbildung 14-1 sind die Mittelwerte der Gesamtbesucherzahlen von Untersuchungsabschnitt U2 und U6 in den Jahren 2014 und 2022 abgebildet.

Die mittlere Gesamtbesucherzahl nimmt im U2 von 2014 auf 2022 zu.
In U2 steigt die mittlere Gesamtbesucherzahl von 2014 auf 2022 von 55 auf 97 Besuchende. In U6 hingegen sinkt sie von 465 auf 301 Besuchende.

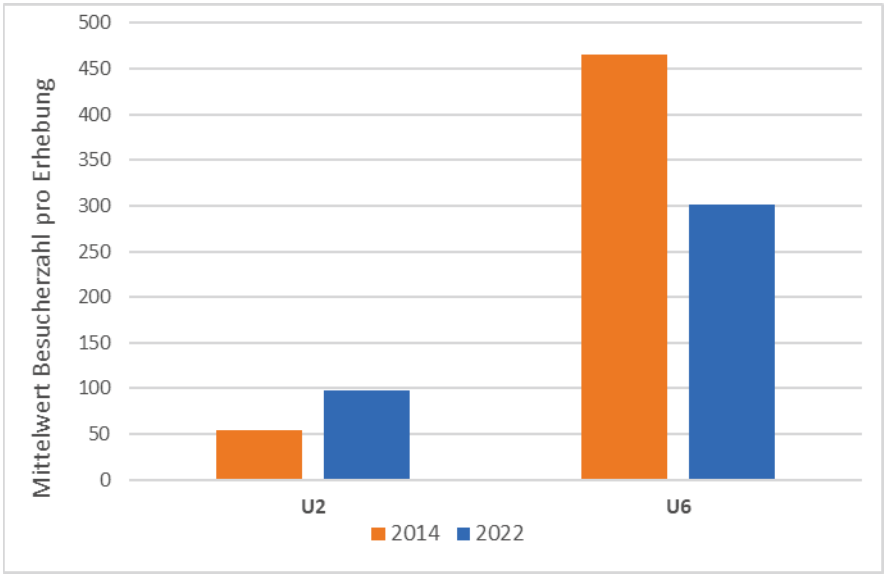


Abbildung 14-1: Mittelwerte Gesamtbesucherzahl 2014 und 2022 für die Untersuchungsstrecken U2 und U6.

Besucherzahlen nach Nutzungsarten

In Abbildung 14-2 und Abbildung 14-3 sind die mittleren Besucherzahlen der Untersuchungsstrecken U2 und U6 in den Jahren 2014 und 2022 dargestellt, aufgetrennt nach Nutzungsarten. In beiden Untersuchungsstrecken und Erhebungsjahren sind Spazieren, Velo fahren und Hund ausführen die dominantesten Nutzungsarten.

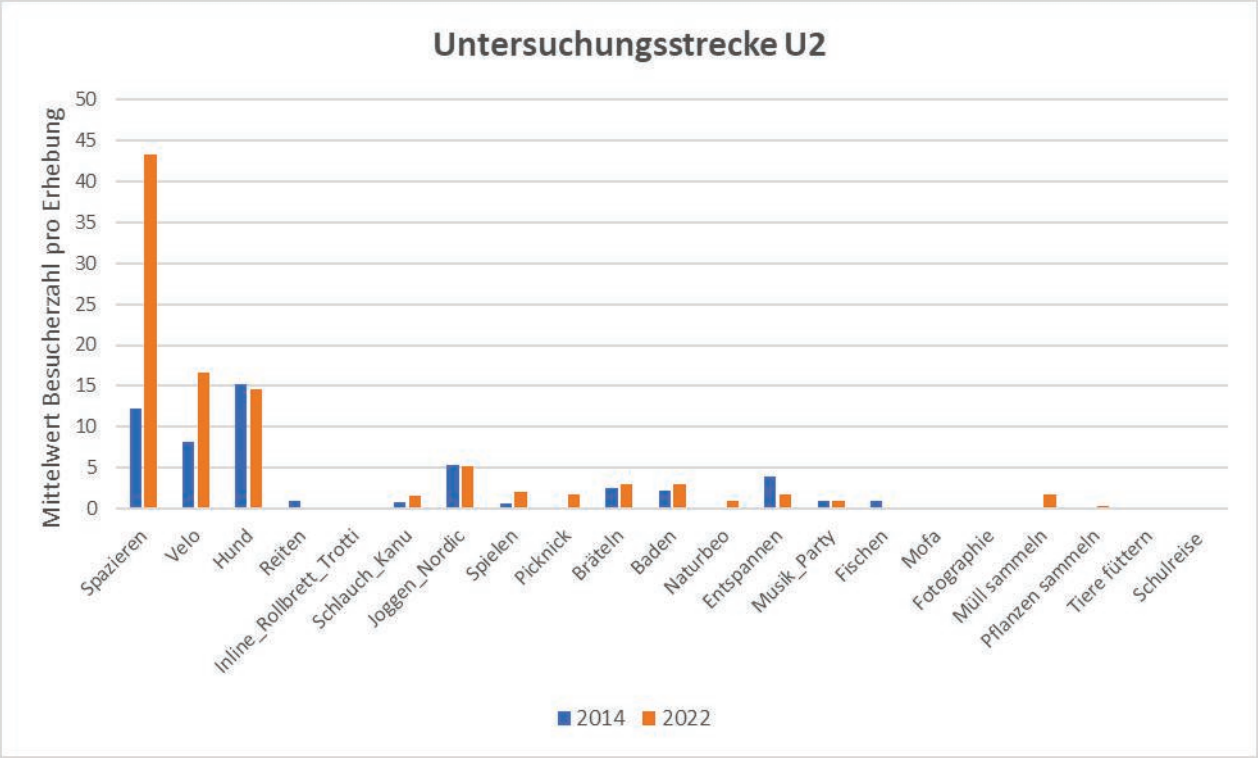


Abbildung 14-2: Mittlere Besucherzahl 2014 und 2022 für die Untersuchungsstrecke U2, aufgetrennt nach Nutzungsarten.

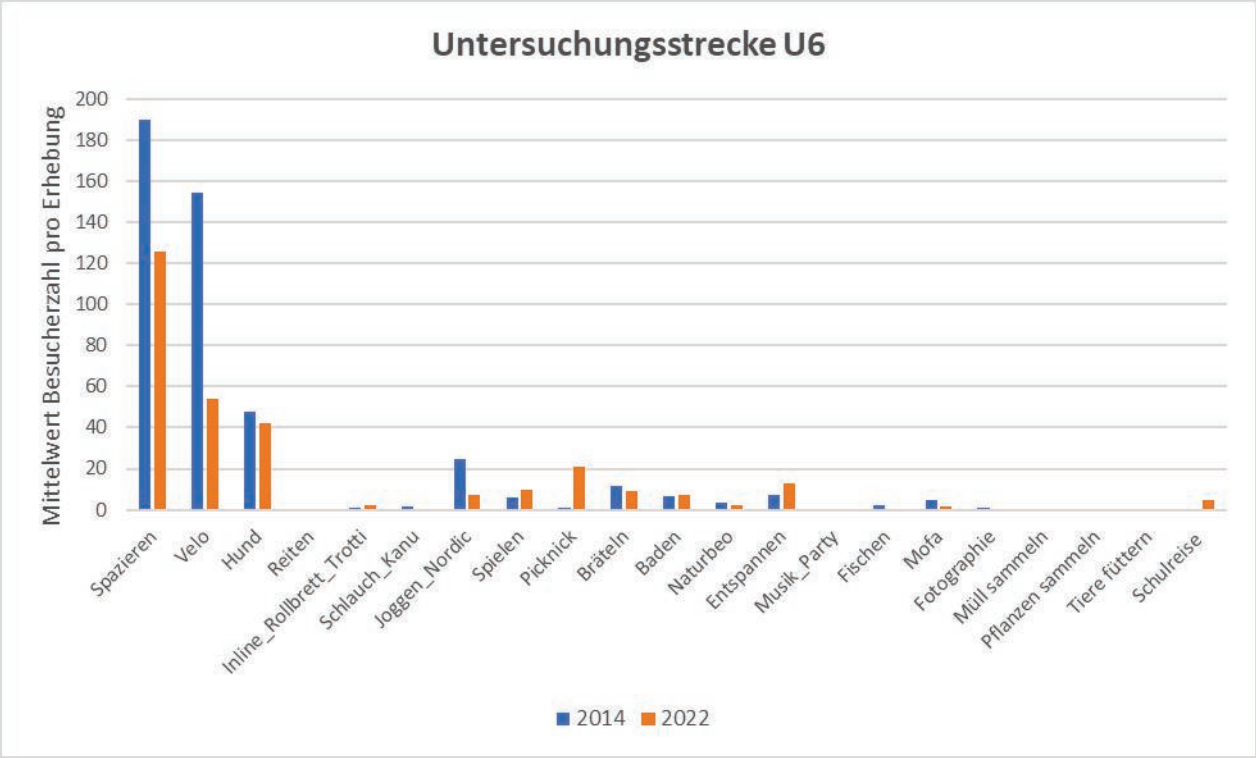


Abbildung 14-3: Mittlere Besucherzahl 2014 und 2022 für die Untersuchungsstrecke U6, aufgetrennt nach Nutzungsarten.

14.5. Kurzdiskussion

Für den Indikator wird auf eine Standardisierung der Besucherzahlen verzichtet.

Im U2 nimmt die Gesamtbesucherzahl von 2014 auf 2022 zu. Sowohl 2014 wie 2022 machten bei allen Untersuchungsstrecken Spaziergänger*Innen, Velofahrer*innen und Hundehalter*innen den grössten Anteil der Besuchenden aus. Alle anderen Nutzungsarten hatten eine untergeordnete Bedeutung.

Die Zunahme ist möglichweise darauf zurückzuführen, dass der neue Uferweg näher der Aare entlangführt, der Blick auf die Aare offener ist und mehr Strukturen aufweist (Seitenarm mit Totholz-Haufen, Kiesinsel). Dies macht den Weg attraktiver für die Naherholung.

Im U6 hat die Gesamtbesucherzahl 2022 abgenommen. Dennoch wurden bei beiden Erhebungen 2014 und 2022 in U6 höhere Gesamtbesucherzahlen als in U2 gemessen. Dies liegt vermutlich daran, dass U6 näher am städtischen Siedlungsgebiet liegt als U2. Welche Faktoren zu einer Abnahme der Gesamtbesucherzahlen im U6 geführt hat, ist unklar. Klar ersichtlich ist, dass es vor allem eine Abnahme an Spazierenden und Velofahrenden gab. In U6 bestehen zudem Unsicherheiten bezüglich der Erhebung von Velofahrer*Innen: 2022 wurde Velofahrer*Innen, welche um den Ballypark herum umgeleitet wurden, nicht gezählt. Ob dies im Jahr 2014 ebenso gemacht wurde, ist nicht mehr rekonstruierbar.

Genaue Rückschlüsse auf die Gründe für die Zunahme bzw. Abnahme der Besucherzahlen sind nicht ganz einfach zu interpretieren. Insbesondere da Besucherzahlen extrem variabel sind (z.B. Faktor Temperatur, Wetterbedingungen, Wassertemperatur, Ferienzeit, etc.) und damit stark abhängig vom Erhebungszeitpunkt und somit kaum reproduzierbar.

15. Fotografische Dokumentation

15.1. Beschrieb

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Geografisch eindeutig definierte fotografische Aufnahmen der Strukturen
Indikator	Indikatorset 11 «Spezifische Ziele»
Indizierte Ziele	Hauptziel: Entstehung zusätzlicher fluss- und auentypischer Lebensräume Teilziel: Strukturvielfalt erhöhen und zusätzliche gewässertypische Lebensräume schaffen Zielbereich: Fotodokumentation
Begründung	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 optische Entwicklung festhalten.
Literatur	—

15.2. Methode Erhebung und Auswertung

Zu erhebende Daten	Fotos der Untersuchungsstrecken
Vorgehen	Die im Ausgangszustand verwendeten Fotostandorte wurden auch im 1. Projektzustand verwendet (Details vgl. Anhang A5).
Erhebungen	Jeder Fotostandort wurden je einmal während der Vegetationsruhe und einmal während der Vegetationszeit aufgesucht. Restwasserstrecke KW Gösgen (Untersuchungsstrecken U2, U5 und U6) Winteraspekt: 18.3.2022 bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s Sommeraspekt: 1.6.2022 bei einem Restwasserabfluss von 25 m^3/s Restwasserstrecke KW Aarau (Untersuchungsstrecke U7) Winteraspekt: 19.3.2022 bei einem Restwasserabfluss von 20 m^3/s Sommeraspekt: 1.6.2022 bei einem Restwasserabfluss von 25 m^3/s
Auswertung	Zusammenstellung der Fotopaare (Foto Ausgangszustand und Foto 1. Projektzustand) in einer Dokumentation.

15.3. Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●		●			
U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen		●		●			
U6 Rückbau Ballyschwelle		●		●			
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		●		●			

15.4. Resultate

15.4.1. Vergleich

Eine ausführliche fotografische Dokumentation, bei welcher Fotos des Ausgangszustandes mit Fotos des 1. Projektzustandes verglichen werden, befindet sich im Anhang A5.

15.5. Kurzdiskussion

Die grössten Veränderungen zwischen dem Ausgangszustand und dem 1. Projektzustand sind auf bauliche Massnahmen zurückzuführen. Der Verlauf der neu geschaffenen Seitengerinne ist auf den Luftbildern am besten erkennbar. Durch die Betrachtung der Fotopaare (Vergleich Ausgangszustand mit 1. Projektzustand, gleicher Standort und gleiche Blickrichtung) können jedoch lokale Veränderungen besser erkannt werden.
Wo früher die Ballyschwelle (U6) lag, fliesst die Aare nun in einem breiten Gerinne mit vielen Kiesbänken. Aufgrund des Rückstaus der Ballyschwelle lag auch die Untersuchungsstrecke U5 im Staubereich. Nun ist aus dem ehemaligen Staubereich eine Abfolge von verschiedenen Mesohabitaten (resp. Sohlenstrukturen) entstanden, mit Variation in der Fliessgeschwindigkeit und der Wassertiefe.

Auch die neu geschaffenen Seitengerinne stellen grössere Veränderungen dar. Das Seitengerinne Schachen Winznau (U2), durch welches ein beträchtlicher Teil des Gesamtabflusses fliesst, führt im Mündungsbereich zu einer deutlichen Veränderung im Hauptgerinne. Beim kleiner dimensionierten Seitengerinne Grien (U7) hingegen, sind im Hauptgerinne nur Veränderungen im Uferbereich zu erkennen. In allen Abschnitten führen zudem eingesetzte Strukturen zu Veränderungen des Fliessverhaltens und es entstanden kleinräumig diversere Mesohabitate.

Eigendynamische Entwicklungen - wie Verschiebungen von Kiesbänken - wurden mit dem Fotovergleich nur wenige festgestellt. Dies, obwohl seit dem Bau Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von über 2 Jahren stattgefunden haben. Viele Kiesbänke sind bewachsen und scheinen sich kaum zu verändern. Interessant ist, wie sich die Bereiche, in denen bauliche Massnahmen umgesetzt wurden, mit der Zeit verändern werden. Inwiefern sich die Aare mit den neu entstandenen Seitengerinnen und ohne die Ballyschwelle eigendynamisch entwickelt, wird die Fotodokumentation des 2. Projektzustandes zeigen, sofern bis dahin morphologisch wirksame Hochwasser stattgefunden haben.

16. Schlussfolgerungen

16.1.1. Beurteilung Projektzustand

Nachfolgend werden die betrachteten Unterabschnitte im Projektzustand zusammenfassend beschrieben:

Geschiebehaushalt gesamter Abschnitt

Eine Aussage über die Wirkung der Schüttungen flussaufwärts des Projektperimeters ist noch nicht möglich, weil diese erst in den Jahren 2021 und 2022, also kurz vor den Aufnahmen der Erfolgskontrolle, erfolgten und sich somit noch kein neues Transportniveau auf Basis der erforderlichen Fracht einstellen konnte. Aus Sicht Geschiebehaushalt hat das Projekt vor allem in der Restwasserstrecke Gösgen aber eine leichte Verbesserung generiert. In der Restwasserstrecke Aarau ist die Bewertung unverändert, weil der lange Anriss am rechten Ufer in der Strecke Wöschnau schon vor der Projektrealisierung eine gute Bewertung ergab.

Noch immer ist die Sohle in der Aussenkurve in den drei Abschnitten U2, U5 und U7 stark abgepflästert. Ob eine grössere Geschiebezufuhr (erforderliche Fracht) in Zukunft ausreicht, um die Abpflästerung in den stark durchströmten Bereichen zu überdecken, ist ungewiss.

Nachfolgend werden einzelne Unterabschnitte zusammenfassend dargestellt:

U2

Habitatvielfalt: Durch den höheren Anteil an Grobgeschiebe ergibt sich eine Verbesserung in der Bewertung. Es zeigt sich eine grössere Variabilität von Fliessgeschwindigkeiten und Wassertiefen. Die benetzte Breite von ca. 20 m wird bei jeglichen Restwasserbedingungen erreicht. Der nördliche Seitenarm fällt nicht trocken.

Sohlenstruktur: Es sind 8 verschieden Sohlenstrukturtypen vorhanden und alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden. Im Vergleich zum Ausgangszustand änderte sich in allen Untersuchungsstrecken insbesondere die Häufigkeit der einzelnen Sohlenstrukturflächen (Anzahl Flächen pro Einheitslänge).

Uferstruktur: Der Indikator zeigt eine geringe Verschlechterung; mit einer leicht modifizierten Bewertung würde sich jedoch eine Verbesserung ergeben.

Fische: Die Artenzahl hat leicht abgenommen. Die Bewertungen des Artenvorkommens und der Gildenzahl bleiben jedoch unverändert. Die Artenhäufigkeit hingegen hat sich verbessert. Die freie Fischwanderung ist eingeschränkt. Grosswüchsige Fische müssen entlang des Hauptgerinnes wandern, da das Nebengerinne Unterbrechungen der Mindestwassertiefe aufweist.

Vegetation: Es zeigen sich erhöhte Anteile an Pionierformationen und Flächen, die dynamischen Prozessen ausgesetzt sind.

Libellen: Durch den Bau des Seitengewässers entwickelten sich zusätzliche mit Rohrglanzgras bewachsene Ufer sowie aquatischer Fliessgewässerlebensraum; es konnte eine Zunahme der Arten und Anzahl Individuen festgestellt werden.

U5

Habitatvielfalt: Der Seitenarm ist schlecht durchströmt. Weder bei Restwasserbedingungen im Winter (15 m^3/s) noch im Sommer (25 m^3/s) fliesst ausreichend

Wasser durch die Gerinne in der Innenkurve. Es besteht weiterhin Verbesserungspotenzial.

Sohlenstruktur: Es sind 8 verschiedene Sohlenstrukturtypen vorhanden und alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden. Im Vergleich zum Ausgangszustand änderte sich in allen Untersuchungsstrecken insbesondere die Häufigkeit der einzelnen Sohlenstrukturflächen (Anzahl Flächen pro Einheitslänge).

Uferstruktur: Der Indikator zeigt eine leichte Verbesserung; dies ist jedoch auf ein deutlich grössere Uferstrecke zurückzuführen.

Fische: Die Artenzahl und -häufigkeit hat zugenommen. Die Bewertungen des Artenvorkommens, der Artenhäufigkeit und der Gildenzahl haben sich verbessert. Die Gildenzusammensetzung zeigt auf, dass das Nebengerinne nicht oder nur äusserst leicht durchströmt werden. Entlang dem linken Talweg (links der Insel) ist die freie Fischwanderung ab einem Abfluss von 15 m^3/s gewährleistet. Ein Durchwandern des Nebengerinnes ist aufgrund des nicht vorhandenen Durchflusses für sämtliche Fischarten nicht möglich.

Vegetation: Im Abschnitt U5 zeigt sich eine Verschiebung von Weichholzauen hinzu nackten/wenig bewachsenen Auensedimenten.

U6

Gegenüber dem Ausgangszustand hat sich die Durchwanderbarkeit in der Strecke U6 durch den Rückbau der Ballyschwelle deutlich verbessert.

U7

Habitatvielfalt: Der Seitenarm ist schlecht durchströmt. Weder bei Restwasserbedingungen im Winter (15 m^3/s) noch im Sommer (25 m^3/s) fliesst ausreichend Wasser durch die Gerinne in der Innenkurve. Es ist weiterhin Verbesserungspotenzial gegeben.

Sohlenstruktur: Es sind 8 verschieden Sohlenstrukturtypen vorhanden und alle Strukturen der Rinne-Furt-Schnelle-Sequenz vorhanden. Im Vergleich zum Ausgangszustand änderte sich in allen Untersuchungsstrecken insbesondere die Häufigkeit der einzelnen Sohlenstrukturflächen (Anzahl Flächen pro Einheitslänge).

Uferstruktur: Es zeigt sich keine Veränderung im Abschnitt U7.

Fische: Die Artenzahl hat zugenommen. Die Bewertungen des Artenvorkommens und der Gildenzahl haben sich verbessert, jene der Artenhäufigkeit etwas verschlechtert. Die Gildenzusammensetzung zeigt auf, dass das Nebengerinne nicht oder nur äusserst leicht durchströmt werden.

Vegetation: keine Zunahme der Pionierformationen, kaum Flächen, die dynamischen Prozessen unterworfen sind und Überganszonen fehlen.

Libellen: In der Wöschnau zeigen sich im Seitengerinne mit relativ geringer Strömung einige Stillgewässerarten.

16.1.2. Vergleich Ausgangs- und Projektzustand

Nachfolgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Indikatoren für die jeweiligen Untersuchungsabschnitte als Übersicht. In der Tabelle sind die ermittelten Werte für die Erhebung des Ausgangszustands (2014) sowie des Projektzustandes (2022) dargestellt. Hellgrün hinterlegte Werte zeigen eine Verbesserung, rote eine Verschlechterung der ermittelten Werte. Gleichbleibende Werte sind nicht farblich hinterlegt.

Tabelle 56: Vergleich Ausgangs- und Projektzustand

	2014	2022
Geschiebehaushalt		
Restwasserstrecke Gösgen	*0.5*	*0.7*
Restwasserstrecke Aarau	*0.8*	*0.8*
Qualität und Korngrössen-verteilung		
U2	*0.25*	*0.75*
U5	*0.25*	*0.5*
U7	*0.5*	*0.5*
Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe		
U2	*Wassertiefe 0.52* *Fliessgeschwindigkeit 0.83* ***HMID: 6.7***	*Wassertiefe: 0.50* *Fliessgeschwindigkeit 0.6* ***HMID: 8.1***
U5	*Wassertiefe 0.31* *Fliessgeschwindigkeit 0.61* ***HMID: 3.8***	*Wassertiefe: 0.38* *Fliessgeschwindigkeit 0.71* ***HMID: 6.5***
U7	*Wassertiefe 0.73* *Fliessgeschwindigkeit 0.77* ***HMID: 7.2***	*Wassertiefe Höhenfehler Modell* *Fliessgeschwindigkeit 0.94* ***HMID: 9***
Sohlenstruktur		
U2	*0.5*	*0.5*
U5	*0.25*	*0.5*
U7	*0.25*	*0.5*
Dynamik der Sohlenstruktur	*Kein Vergleich möglich – braucht 2. Projektzustand*	
Uferstruktur		
U2	*0.78*	*0.7*
U5	*0.7*	*0.81*
U7	*0.79*	*0.81*
Dynamik der Uferstruktur	*Kein Vergleich möglich – braucht 2. Projektzustand*	
Veränderung Fischbestand		
U2	*Artenvorkommen: 0.5* *Artenzusammensetzung:0.5* *Gilden: 0.75*	*Artenvorkommen: 0.5* *Artenzusammensetzung: 0.75* *Gilden: 0.75*
U5	*Artenvorkommen: 0.25* *Artenzusammensetzung:0.25* *Gilden: 0.5*	*Artenvorkommen: 0.5* *Artenzusammensetzung: 0.5* *Gilden: 0.75*
U7	*Artenvorkommen: 0.25* *Artenzusammensetzungt:0.75* *Gilden: 0.5*	*Artenvorkommen: 0.5* *Artenzusammensetzung:0.5* *Gilden: 0.75*

Durchgängigkeit für Fische		
U2	*Freie Fischwanderung eingeschränkt: bei Q 15m³/s*	*Freie Fischwanderung möglich im Sommer; eingeschränkt bei Q 15m3/s*
U4	*Freie Fischwanderung eingeschränkt: bei Q 15m³/s*	*Nicht mehr betrachtet*
U5	*Frei durchwanderbar*	*Frei durchwanderbar*
U6	*Bally-Schwelle Wanderhindernis*	*Frei durchwanderbar*
Libellen		
U2	***3 Ziel-/Leitarten*** *8 Arten total*	***4 Ziel-/Leitarten*** *5 Arten total*
U3	***2 Ziel-/Leitarten*** *7 Arten total*	***5 Ziel-/Leitarten*** *17 Arten total*
U7	***4 Ziel-/Leitarten*** *9 Arten total*	***5 Ziel-/Leitarten*** *19 Arten total*
Zeitliches Mosaik		
Vielfalt Auenformationen		
U2	*Vielfalt Auenformation: 0.95* *Anteil Pionierformationen: 0.2*	*Vielfalt Auenformation: 1* *Anteil Pionierformationen: 0.6*
U5	*Vielfalt Auenformation: 0.46* *Anteil Pionierformationen: 0.8*	*Vielfalt Auenformation: 0.87* *Anteil Pionierformationen: 0.4*
U7	*Vielfalt Auenformation: 0.98* *Anteil Pionierformationen: 0.2*	*Vielfalt Auenformation: 1* *Anteil Pionierformationen: 0.2*
Besucherzahl		
U2	*Mittlere Besucherzahl: 55*	*Mittlere Besucherzahl: 97*
U6	*Mittlere Besucherzahl: 465*	*Mittlere Besucherzahl: 301*

Gesamthaft zeigt sich an der Aare ein Trend hin zu einer verbesserten Situation hinsichtlich Habitatvielfalt und Dynamik. Auch für Fische und Libellen ergibt sich mit der Umsetzung der Massnahmen eine verbesserte Situation.

Defizite:

- Massnahmen

Die mittels Indikatoren aufgezeigten Verbesserungen bedeuten jedoch nicht für alle Aspekte, dass die Massnahmen vor Ort effektiv zu einer ökologischen Verbesserung geführt haben. Insbesondere die Seitengewässer in den Untersuchungsabschnitten U5 und U7 führen nicht ausreichend Wasser und sind schlecht durchströmt, kolmatiert und veralgt. Sie werden zudem zu einer Fischfalle bei unterschiedlichen Wasserständen.

- Methode

Bei der Auswertung der Erhebungsdaten und der Bestimmung der Indikatorenwerte zeigten sich teilweise Unklarheiten bzw. Anpassungsbedarf (vgl. Bemerkungen bei der Interpretation der einzelnen Indikatoren) (bspw. beim Indikator «Uferstrukturen» bzw. «Dynamik der Uferstruktur» oder «Zeitliches Mosaik und Sukzession»).

16.1.3. Schlussfolgerungen

Es zeigt sich, dass sich bei allen Indikatoren mehrheitlich eine Verbesserung der ermittelten Indikatoren-Werte ergab. Eine abschliessende und umfassende Gesamtbewertung anhand dieser Werte, kann jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht gemacht werden.

Ein Vergleich der Orthofotos wenige Jahre nach dem Bau (2017 bzw. 2018) mit aktuellen aus dem Jahr 2022 zeigt die Verlandungstendenz im Anströmbereich der Seitengerinne im Abschnitt U5 und U7. Durch die Ablagerung von Kies wird der Einlauf in die Seitenarme versperrt, sodass erst bei deutlich höheren Abflüssen Wasser in die Seitengerinne strömen kann. Da eine dauerhafte Anbindung der Seitengerinne ein definiertes Ziel des Revitalisierungsprojekts war, zeigt sich hier Potenzial für Nachbesserungen.

Zudem wären für stark strukturgebundene Fischarten, wie die Bachforelle, weitere und grösser ausgelegte Strukturierungsmassnahmen von Vorteil.

Empfehlungen

Für die kommenden Jahre bzw. die Erhebung des 2. Projektzustandes lassen sich folgende Empfehlungen formulieren:

Es ist davon auszugehen, dass die bisher durchgeführten Schüttungen noch keine wesentlichen Auswirkungen auf die Untersuchungsstrecken hatten (siehe Kapitel 3) und dass das aktuell gefundene Geschiebe der Klassen 3 und 4 vor allem eine Folge der Bauarbeiten (Geschiebe aus der maschinellen Gerinneaufweitung) ist. Deshalb erachten wir weitere Aufnahmen in den nächsten Jahren als wichtig, um den Effekt der Schüttungen beurteilen zu können.

Zudem hat sich gezeigt, dass die Verteilung der Mesohabitate sich bei den zwei erhobenen Restwasserabflüssen nur geringfügig unterschieden hat. Für die Erhebung des 2. Projektzustandes empfehlen wir nur einen Restwasserabfluss zu erheben.

17. Verzeichnisse

17.1. Literaturverzeichnis

[1] Arend K (1999) Macrohabitat identification in: Bain, M. B., Stevenson, N. J. Aquatic Habitat Assessment – Common Methods, American Fisheries Society

[2] Arge AareErfolg (2015) Erfolgskontrolle Aare, Olten bis Aarau. Erhebung Ausgangszustand. Hrsg.: Amt für Umwelt, Kanton Solothurn

[3] BAFU Weber, C., Sprecher, L., Åberg, U., Thomas, G., Baumgartner, S., Haertel-Borer, S. 2019: Zusammenfassung und Inhalt. In: Wirkungskontrolle Revitalisierung – Gemeinsam lernen für die Zukunft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern

[4] Centre Suisse de Cartographie de la Faune CSCF (2012) Feldprotokoll für die Rote Liste der Libellen

[5] Delarze R und Gonseth Y (2008) Lebensräume der Schweiz: Ökologie – Gefährdung – Kennarten. Ott Verlag

[6] Dönni W (2014) Freie Fischwanderung nach Art. 31 Abs. 2 Bst. d GSchG – Mindestwassertiefen für See- und Bachforellen. Biologische Grundlagen und Empfehlungen. Bundesamt für Umwelt (BAFU)

[7] Dönni W, Boller L, Zaugg C (2016) Mindestwassertiefen für See- und Bachforellen. Biologische Grundlagen und Empfehlungen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt: 42 S.

[8] Fatio V (1882) Faune des vertébrés de la Suisse. Volume iv. Histoire. Naturelle des Poissons. 1re partie I. Anarthroptérygiens II. Physotomes Cyprinidés. Genève et Bâle : H.Georg, libraire-éditeur

[9] Fehr R (1987) Einfache Bestimmung der Korngrössenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse. Schweizer Ingenieur und Architekt, Abwassertechnik / Wasserbau, Zürich

[10] Flussbau AG SAH (2014) Aare Bielersee – Rhein, Sanierungsplanung Geschiebehaushalt, Schlussbericht

[11] Gonseth Y und Monnerat C (2002) Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt

[12] Gostner W und Schleiss A (2011) Der hydromorphologische Index der Diversität. Wasser Energie Luft 103

[13] Hofer J (1911) Die Fischfauna des Kantons Aargau. Band 12. Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft

[14] Hofer J (1911) Notizen über die Fischfauna des Kantons Argau. Band 19. Schweizerische Fischereizeitung

[15] Hofer J (1911) Notizen über die Fischfauna des Kantons Argau. Band 20. Schweizerische Fischereizeitung

[16] Kanton Solothurn, Amt für Umwelt (2013) Zusammenstellung der Anforderungen der Kantone AG und SO

[17] Kanton Solothurn, Amt für Umwelt (2011) Ökologischen Leitbild Aare Olten bis Aarau

[18] Kanton Solothurn, Amt für Wald, Jagd und Fischerei (2010-2014) Fangstatistik Patentgewässer

[19] Kottelat M F (2007) Handbook of European Freshwater Fishes. Eigenverlag

[20] Lang S und Blaschke T (2007) Landschaftsanalyse mit GIS. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

[21] LUBW (Hrsg.; 2016) Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen – Fachliche Grundlagen. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 30 S.

[22] Monnerat C., Wildermuth H., Gonseth Y. (2021): Rote Liste der Libellen. Gefährdete Arten der Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 2120: 70 S.

[23] Requena P und von Pfuhlstein M (2011) Erfolgskontrolle der morphologischen Entwicklungen bei Flussaufweitungen – Erfahrungen aus der Praxis. Wasser Energie Luft 103

[24] Rey P, Ortlepp J, Mürbe U, Werner S (2013) Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011 - 2013. Gewässerschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn

[25] Schälchli und Abegg (1996) Reaktivierung des Geschiebehaushaltes der Aare zwischen der Emme und dem Rhein

[26] Von dem Borne M (1881) Die Fischerei-Verhältnisse des Deutschen Reiches, Österreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs. Berlin: Hofbuchdruckerei

[27] Vonlanthen P, Dönni W, Ninck L, Kreienbühl T. (2020) Wiederansiedlungskonzept Atlantischer Lachs Schweiz – Für die Jahre 2021-2035. Aquabios GmbH, Fischwerk GmbH. Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU.

[28] Woolsey S et. al. (2005) Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. EAWAG

[29] Wildermuth, H., Küry, D. (2009): Libellen schützen, Libellen fördern. Leitfaden für die Naturschutzpraxis.

[30] Wyrick J R, Senter A E, Pasternack G B (2013) Revealing the natural complexity of fluvial morphology through 2D hydrodynamic delineation of river landforms. Geomorphology 210, 14-22

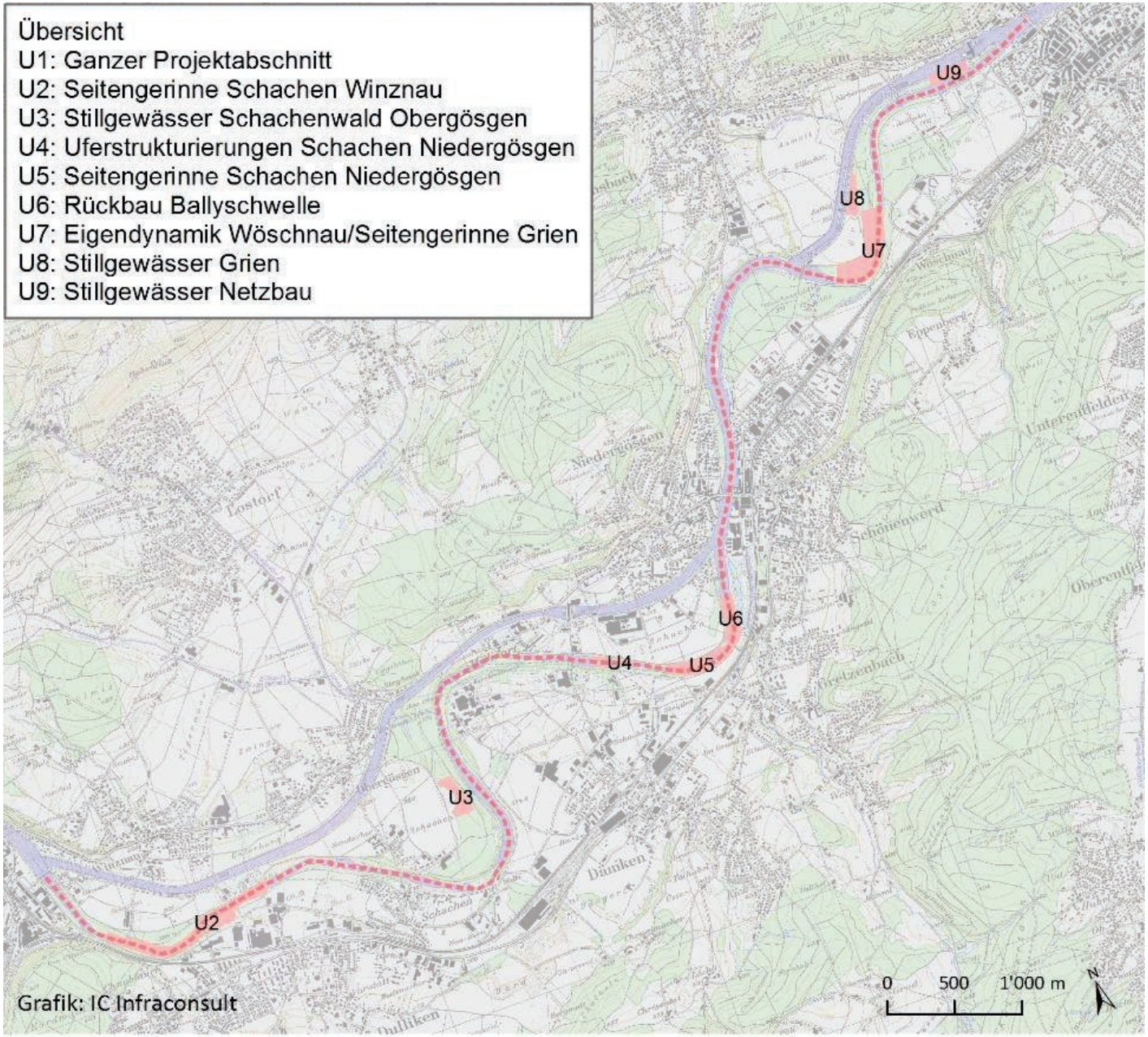
[31] Zauner G und Eberstaller J (1999) Klassifizierungsschema der österreichischen Flussfischfauna in bezug auf deren Lebensraumansprüche. Österreichs Fischerei 52, 198-205

[32] Zaugg B P C (2003) Psices-Atlas. Band 7. Centre suisse de cartographie de la faune, Schweizerische Entomologische Gesellschaft

[33] Zenklusen G, Zimmermann R, Dietschi C (2020) Ein Fluss ist immer im Fluss. Hochwasserschutz und Revitalisierung entlang der Aare zwischen Olten und Aarau (2008-2020). Hrsg.: Amt für Umwelt, Kanton Solothurn.

Anhang

A1 Untersuchungsperimeter


Übersicht
U1: Ganzer Projektabschnitt
U2: Seitengerinne Schachen Winznau
U3: Stillgewässer Schachenwald Obergösgen
U4: Uferstrukturierungen Schachen Niedergösgen
U5: Seitengerinne Schachen Niedergösgen
U6: Rückbau Ballyschwelle
U7: Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien
U8: Stillgewässer Grien
U9: Stillgewässer Netzbau
U9
U8
U7
U6
U4
U5
U3
U2
Grafik: IC Infraconsult
0
500
1'000 m
N
Perimeter Untersuchungsstrecken
U1

A2 Beschaffenheit des Substrates

A2.1 Winznau

Etwa die Hälfte der Fläche wurde hinsichtlich der Beschaffenheit als Steine (16-64 mm) klassifiziert, ein weiteres Drittel als grosse Steine (64-250 mm). Ca. 10 % der Fläche sind Sand. Bis auf wenige Ausnahmen sind die Flächen mit Kies (2-16 mm) und Steinen (16-64 mm) gering bis mittel kolmatiert. Im linken Seitenarm und beim Zusammenfluss der beiden Arme fällt die Kolmation am geringsten aus, was wohl am laufenden Geschiebe liegt.

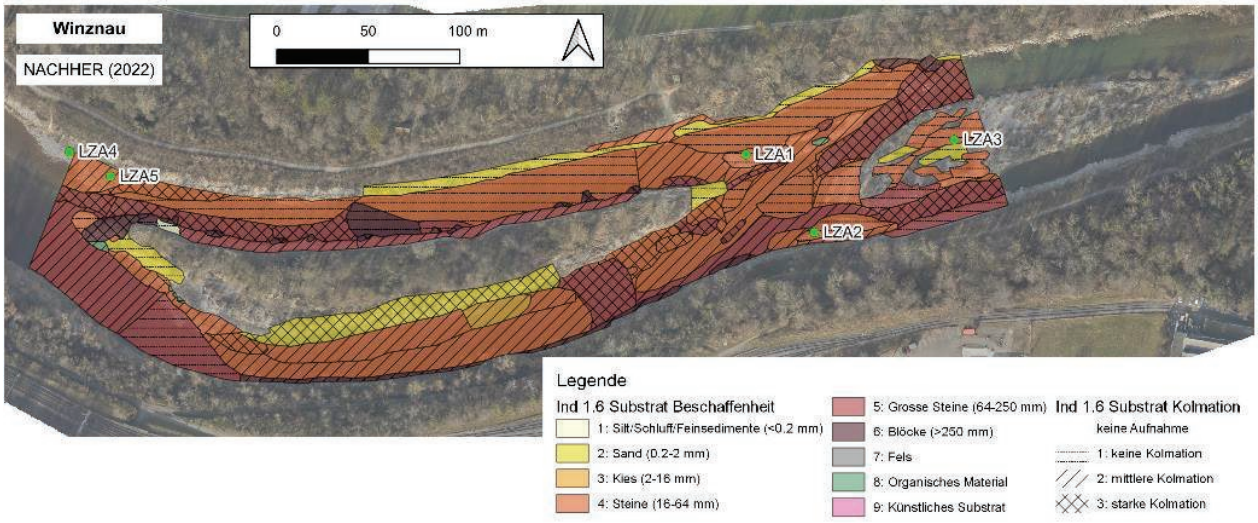


Abbildung 17-1: Beschaffenheit und Kolmation des Substrats in Winznau im Nachher-Zustand.

A2.2 Niedergösgen

Betrachtet man die Beschaffenheit des Substrates dominieren grosse Steine (64-250 mm, knapp 40 % der Fläche), gefolgt von Steinen (16-64 mm). Grössere, zusammenhängende Flächen mit Kies (2-16 mm) kommen nicht vor.

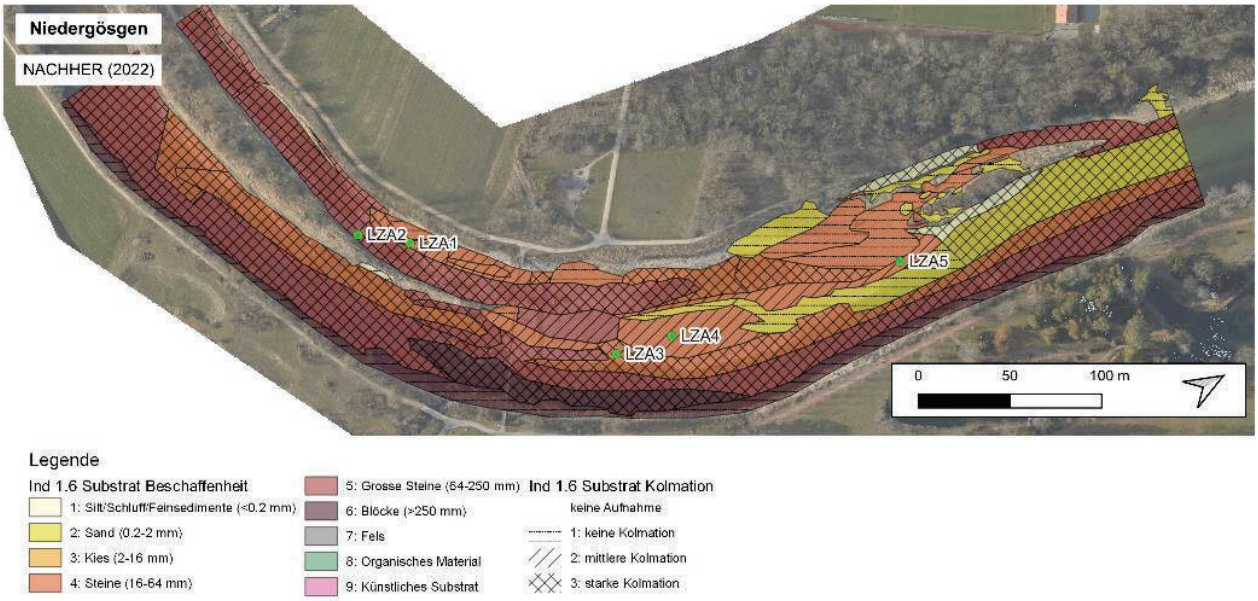


Abbildung 17-2: Beschaffenheit und Kolmation des Substrats in Niedergösgen im Nachher-Zustand.

A2.3 Wöschnau

Im Abschnitt Wöschnau dominieren Steine (16-64 mm) und grosse Steine (64-250 mm) mit je um die 40 % Flächenanteil. Feinsedimente und Sand folgen mit unter 10 %. Auffällig ist die starke Kolmatierung des Substrats im Hauptgerinne am Anfang und am Ende der Untersuchungsstrecke (Abbildung 17-3).

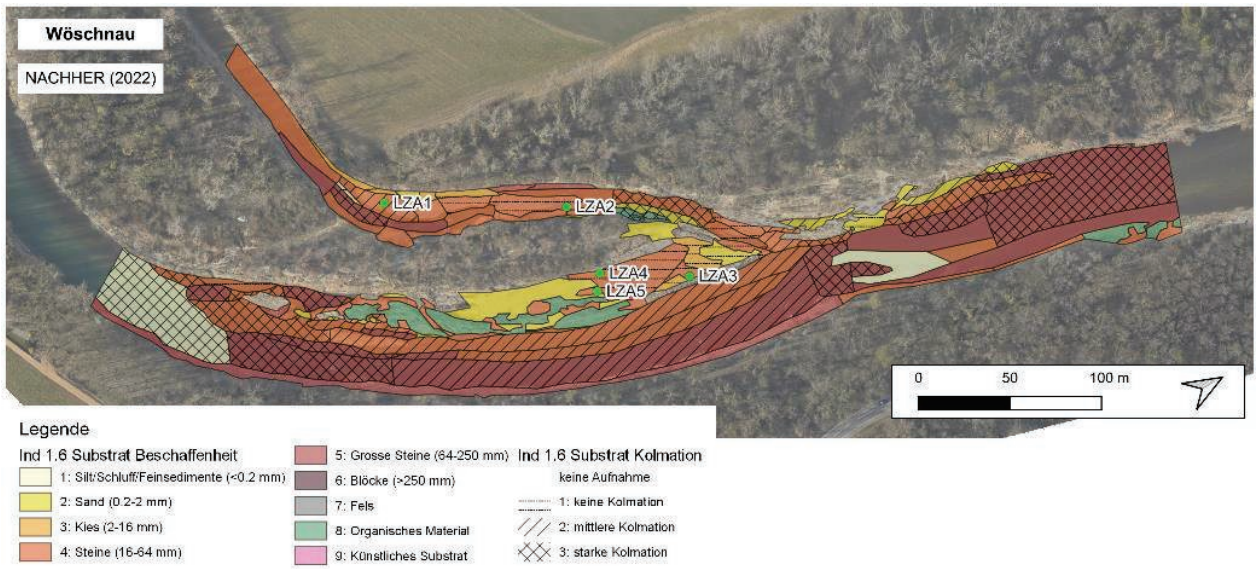


Abbildung 17-3: Beschaffenheit und Kolmation des Substrats in Wöschnau im Nachher-Zustand.

A3 Fachbericht Libellen

ARGE AareErfolg

Erfolgskontrolle Aareprojekte / Erhebung 1. Projektzustand
Indikator Libellen

26. Oktober 2022

sieber liechti

Auftraggeber:

ARGE AareErfolg

Vertreten durch IC Infraconsult AG

Nicole Schiltknecht

Kasernenstrasse 27

3013 Bern

Auftragnehmer/Berichtverfasser:

Sieber & Liechti GmbH

Limmatauweg 9

5408 Ennetbaden

Tel. 056 203 40 33

info@sieberliechti,ch

www.Sieberliechti.ch

Tobias Liechti	Feldarbeit und Bericht
Thomas Burger	Qualitätskontrolle

Titelbild: Männchen der Kleinen Zangenlibelle beim Seitengerinne Obergösgen. Foto Tobias Liechti

1 Einleitung und Auftrag 1

2 Methode 1

2.1 Aufnahmemethode 1

2.2 Untersuchungsgebiet 2

3 Ergebnisse 3

3.1 Gesamtergebnis 3

3.2 U2 Seitengerinne Schachen Winznau 4

3.3 U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen 6

3.4 U7 Eigendynamik Wöschnau 9

4 Diskussion 13

4.1 Untersuchungsperimeter 13

4.2 Artenzahlen und Funde 13

4.3 Witterung und Hochwasserereignisse 14

Quellen 15

Anhang 16

1 Einleitung und Auftrag

Auf dem Aareabschnitt zwischen Olten und Aarau wurden in den letzten 12 Jahren verschiedene Hochwasser- und Revitalisierungsprojekte realisiert. Es wurden verschiedene Eingriffe wie die Anlage von Seitengwässern oder eines vom Grundwasser beeinflussten Weihers durchgeführt. Ziel der Aufwertungsmassnahmen war es, vom Wasser geprägte wertvolle Lebensräume zu schaffen.

Im Rahmen der Wirkungskontrolle (s. Konzept Erfolgskotrolle Aare Olten bis Aarau, 2014, ARGE AareErfolg) wurden auch die Libellen als Indikatorartengruppe für ausgewählte Gebiet bestimmt. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der 1. Aufnahme Projektzustand vorgestellt, mit dem Ausgangszustand vor dem Bau verglichen und diskutiert.

2 Methode

2.1 Aufnahmemethode

Die Aufnahmen erfolgen nach untenstehenden Vorgaben:

Definition	Vorkommen Libellen (Adulte und/oder Larven und/oder Exuvien)
Handbuch EAWAG	Nicht enthalten
Indizierte Ziele	Hauptziel: Förderung der standorttypischen Diversität Teilziel: Terrestrische Fauna fördern Zielbereich: Libellen
Begründung	Die Förderung der standorttypischen Diversität der terrestrischen Fauna ist ein wichtiges Ziel. Libellen sind eine Zielartengruppe, bei der die Lebensraumansprüche der einzelnen Arten sehr gut bekannt sind und deren Larvenstadium in Still- oder Fliessgewässern stattfindet.
Zu erhebende Daten	Abundanz vorkommender Libellenarten, unterteilt in „frisch geschlüpfte Individuen“, „Weibchen“, „Männchen“ und „Adulte unbestimmten Geschlechts“ und das aktuelle Verhalten (Tandem, Paarung, Eiablage, nur qualitativ) sowie Exuvien. Details vgl. Feldprotokoll für die Rote Liste der Libellen.
Vorgehen	Die Libellen werden an kleineren Stillgewässern (entspricht einem Beobachtungspunkt) und am Fliessgewässer auf einem Abschnitt von maximal 200 m Länge erhoben. Die Beobachtungszeit hängt von der Grösse des Objekts ab und variiert zwischen 10 und 30 Minuten. In der Regel geht der/die Beobachter/in weiter, sobald keine neuen Arten beobachtet werden. Details vgl. Feldprotokoll für die Rote Liste der Libellen. Bei Flussufern wurde jeweils von der Fluss- und Landseite her kartiert.
Erhebungszeitpunkt	4 Begehungen jeweils in den Kalenderwochen 19 bis 21, 23 bis 25, 27 bis 28 und 31 bis 33. Die Aufnahmen werden zwischen 9 und 18 Uhr entsprechend der Jahreszeit unter günstigen meteorologischen Bedingungen durchgeführt, d.h. bei sonnigem Wetter, Temperatur höher als 17°C, vorzugsweise windstill.
Auswertung	Die Veränderung in der Abundanz vorkommender Libellenarten, dem aktuellen Verhalten und der Anzahl Exuvien wird analysiert. Bei Funden von Tandem, eierlegenden Weibchen oder frischgeschlüpften Imagines wird von einer Vermehrung im Gewässer ausgegangen, bei einzelnen Männchen von noch nicht etablierten Populationen.

2.2 Untersuchungsgebiet

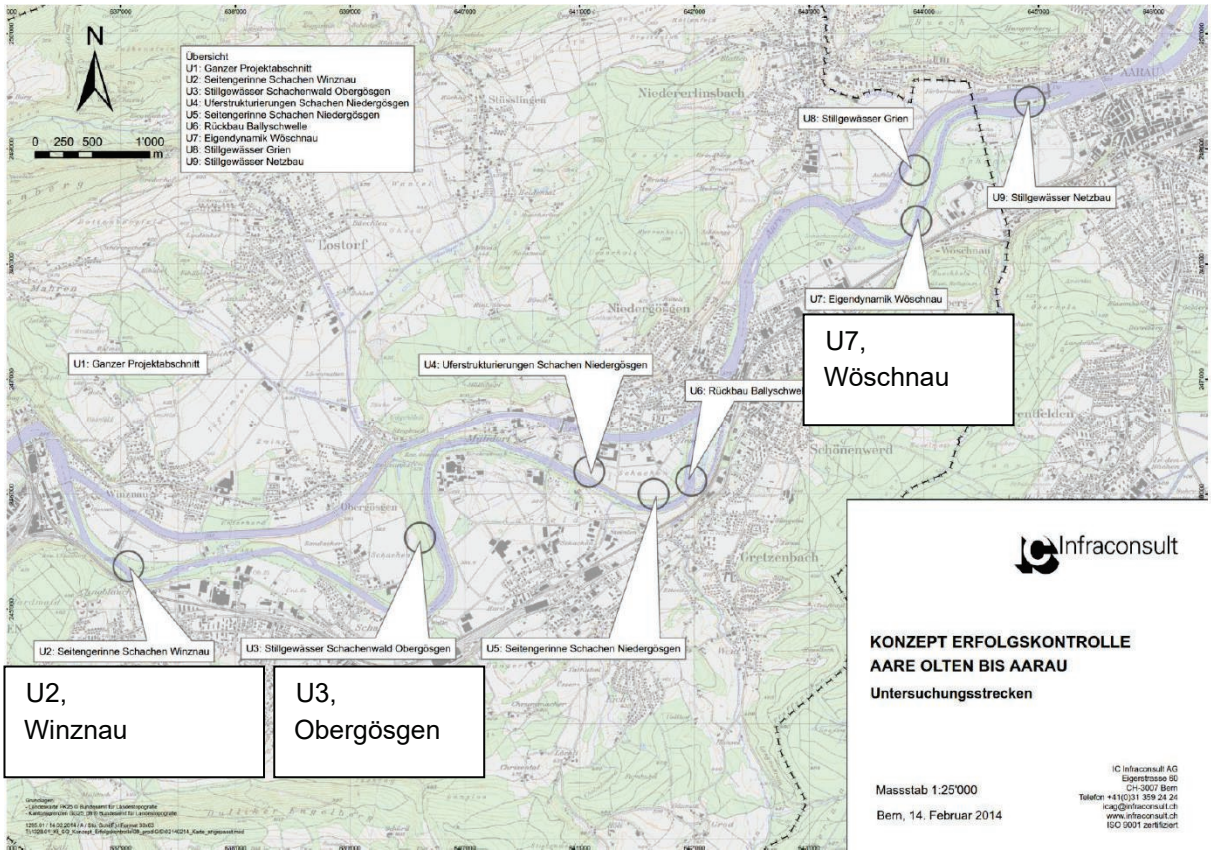


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete gemäss Erfolgskontrollkonzept entlang der Aare. Libellen werden bei der 1. Aufnahmen Projektzustand nur in den Gebieten U2, Seitengerinne Schachen Winznau, U3, Stillgewässer Schachenwald Obergösgen, und U7 Eigendynamik Wöschnau aufgenommen.

Die Untersuchungsgebiete werden in einem separaten Kapitel des Erfolgskontrollberichtes beschrieben. Die Pläne zum Aufnahmeperimeter 2022 sowie eine Tabelle mit den Fundorten (Koordinaten) finden sich im Anhang. Alle Daten wurden in der Datenbank Webfauna Centre Suisse de Cartographie de la Faune eingegeben.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamtergebnis

Tabelle 1: Im Sommerhalbjahr 2014 vor dem Bau und 2022 Projektzustand in den Untersuchungsgebieten nachgewiesene Libellenarten mit Tagesmaxima der Funde. Fett gedruckt: Ziel- und Leitarten Flüsse (WILDERMUTH & KÜRY 2009). Keine der gefundenen Arten fungiert auf der aktuellen Roten Liste der Libellen (MONNERAT ET AL. 2021).

Artname	***U2***		***U3***		***U7***			***Alle Gebiete***	
	2014	***2022***	***2014***	***2022***	***2014***	***2022***		***2014***	***2022***
Aeshna cyanea				1					1
Anax imperator	1	2		10	3	7		4	19
Calopteryx splendens splendens	10	29	3	30	83	61		96	120
Calopteryx virgo virgo	1	3	1	20	1	9		3	32
Chalcolestes viridis						1			1
Coenagrion puella	7		3	35		39		10	74
Cordulia aenea				3	2			2	3
Crocothemis erythraea				3		1			4
Enallagma cyathigerum				41		18			59
Erythromma najas				1					1
Gomphus vulgatissimus	1					1		1	1
Ischnura elegans	6		4	26		9		10	35
Ischnura pumilio			2			3		2	3
Libellula depressa	1		1			1		2	1
Libellula fulva				1					1
Libellula quadrimaculata	1			2		1		1	3
Onychogomphus forcipatus forcipatus		4		3	1	7		1	14
Orthetrum brunneum			3		3	9		6	9
Orthetrum cancellatum				2	4	12		4	14
Platycnemis pennipes		1		22	10	32		10	55
Pyrrhosoma nymphula					1	4		1	4
Sympetrum fonscolombii				2					2
Sympetrum striolatum				15		3			18
Sympetrum vulgatum						1			1
Total Funde	**28**	**39**	**17**	**217**	**108**	**219**		**153**	**475**
Total Arten	**8**	**5**	**7**	**17**	**9**	**19**		**15**	**24**
Ziel- und Leitarten Flüsse	**3**	**4**	**2**	**5**	**4**	**5**		**5**	**6**

3.2 U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Durch den Bau des Seitengewässers entwickelten sich zusätzliche mit Rohrglanzgras bewachsene Ufer sowie aquatischer Fliessgewässerlebensraum mit unterschiedlichen Strömungsverhältnissen. Ebenso entstanden besonnte Kiesbänke und Uferpartien, auf denen sich Libellen aufwärmen können.

Die Zahl von Ziel- und Leitarten von Fliessgewässern stieg im Vergleich zu 2014 von 4 auf 5 Arten. Insbesondere verdreifachte sich die Zahl der Funde der Gebänderten Prachtlibelle *Calopterix splendens* und der Blauflügeligen Prachtlibelle *Calopterix virgo.* Neu trat die Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* auf. Die Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* konnte 2022 nicht mehr nachgewiesen werden, was aber nicht heisst, dass sie aus dem Gebiet verschwunden ist.

Im Unterschied zu 2014 fehlen 2022 Arten von stehenden Gewässern. Diese besiedelten 2014 vom Regenwasser gespiesene Tümpel, die durch die Rodungsarbeiten entstanden waren.

Tabelle 2: Anzahl Funde im Gebiet U2 Seitengerinne Schachen Winznau 2014 ohne Seitengerinne und 2022 mit diesem. Der Status gibt an, ob die Art sich in diesem Gewässer sehr wahrscheinlich vermehrt (V) oder erst mit einzelnen Tieren als Nahrungsgast (G) auftritt. Fett gedruckt: Ziel- und Leitarten Flüsse (WILDERMUTH & KÜRY 2009).

Artname		***2014***	***2022***	
		Aareufer	***Seitengerinne***	***Status***
Anax imperator	Grosse Königslibelle	1	2	V
Calopteryx s. splendens	**Gebänderte Prachtlibelle**	10	29	V
Calopteryx v. virgo	**Blauflügel-Prachtlibelle**	1	3	V
Coenagrion puella	Hufeisen-Azurjungfer	7		
Gomphus vulgatissimus	**Gemeine Keiljungfer**	**1**		
Ischnura elegans	Grosse Pechlibelle	6		
Libellula depressa	Plattbauch	1		
Libellula quadrimaculata	Vierfleck	1		
Onychogomphus f. forcipatus	**Kleine Zangenlibelle**		4	V
Platycnemis pennipes	**Blaue Federlibelle**		1	G
Total Funde	**Total Funde**	**28**	**39**	
Total Arten	**Total Arten**	**8**	**5**	
Ziel- und Leitarten Flüsse	**Ziel- und Leitarten Flüsse**	**3**	**4**	

Abbildung 2: Neues Seitengerinne mit Rohrglanzgras am 26.05.2022, typischer Lebensraum der Prachtlibellen.

Abbildung 3: Auf kiesigen Uferpartien sonnen sich jeweils Kleine Zangenlibellen. Foto vom 11.08.2022.

3.3 U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen

Im Gebiet U3 Schachenwald Obergösgen wurde zum einen ein neu angelegter grosser, vom Grundwasser beeinflusster Weiher untersucht, sowie ein neu angelegter Seitenarm der Aare. 2014 wurden nur am Waldrand und an Kleingewässer Beobachtungen gemacht, nicht aber am Aareufer.

Der 20222 untersuchte Weiher zeichnete sich durch gute Besonnung, einer Wassertiefe von 0.5 bis 1 m und einen Bewuchs von Armleuchteralgen sowie Laichkraut aus. Das Ufer war nicht mit Schilf, sondern mit verschiedenen Seggen, Froschlöffel und Binsen bewachsen. Mit 13 Arten, davon 9 mit Vermehrung im Gewässer, ist der Weiher erst mässig artenreich. Bemerkenswert ist der Fund von Spitzenfleck *Libellula fulva* einer typischen Art von Auen, die weiträumig in der Gegend noch nie nachgewiesen wurde. Ebenfalls neu für die Gegend ist der Fund des Grossen Granatauges *Erythromma najas,* eine Art von Schwimmblattfluren.

Abbildung 4: Neu angelegter, Grundwasser beeinflusster Weiher oder Altarm. Foto 15.06.2022.

Abbildung 5: Der Spitzenfleck nutzt Sitzwarten am Weiherrand. Sichtbar am Abdomen sind Paarungsmarken.

Der neue Seitenarm der Aare zeichnet sich durch unterschiedliche Wassertiefen und Strömungsverhältnisse aus. Dies hat auch zu unterschiedlichen Substratablagerungen wie z.B. grossen Sandbänken geführt.

Die Artenvielfalt ist mit 9 Arten für ein Fliessgewässer hoch. Es kommen 4 Leit- und Zielarten von Flüssen vor, darunter die Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* und die beiden Prachtlibellenarten *Calopterix virgo* und *Calopterix splendens* in grösseren Populationen.

Abbildung 6: Neuer Seitenarm mit Strunk, der zu unterschiedlichen Strömungsverhältnissen führt.

Abbildung 7: Paarungsrad der Blauflügeligen Prachtlibelle. Die Larven dieser Art leben zwischen ins Wasser ragenden Wurzeln von Uferpflanzen z.B. Rohrglanzgras.

Tabelle 3: Anzahl Funde im Gebiet U3 Schachenwald in Obergösgen nach Fundhabitat. Für das Jahr 2014 wird nicht nach Fundort differenziert. Der Status gibt an, ob die Art sich in diesem Gewässer sehr wahrscheinlich vermehrt (V) oder erst mit einzelnen Tieren als Nahrungsgast (G) auftritt. Fett gedruckt: Ziel- und Leitarten Flüsse (WILDERMUTH & KÜRY 2009).

		2014	2022			
Artname			**Weiher**	**Status**	**Flussufer**	**Status**
Aeshna cyanea	Blaugrüne Mosaikjungfer		1	V		
Anax imperator	Grosse Königslibelle		5	V	5	V
Calopteryx s. splendens	**Gebänderte Prachtlibelle**	3	1	G	29	V
Calopteryx v. virgo	**Blauflügel-Prachtlibelle**	1			20	V
Coenagrion puella	Hufeisen-Azurjungfer	3	35	V		
Cordulia aenea	Falkenlibelle		3	V		
Crocothemis erythraea	Westliche Feuerlibelle		3	V		
Enallagma cyathigerum	Gemeine Becherjungfer		31	V	10	V
Erythromma najas	Grosses Granatauge		1	G		
Ischnura elegans	Grosse Pechlibelle	4	11	V	15	G
Ischnura pumilio	Kleine Pechlibelle	2				
Libellula depressa	Plattbauch	1				
Libellula fulva	**Spitzenfleck**		1	G		
Libellula quadrimaculata	Vierfleck		2	V		
Onychogomphus f. forcipatus	**Kleine Zangenlibelle**				3	V
Orthetrum brunneum	Südlicher Blaupfeil	3				
Orthetrum cancellatum	Grosser Blaupfeil				2	V
Platycnemis pennipes	**Blaue Federlibelle**		2	G	20	V
Sympetrum fonscolombii	Frühe Heidelibelle				2	G
Sympetrum striolatum	Grosse Heidelibelle		15	V		
Total Funde	**Total Funde**	**17**	**111**		**106**	
Total Arten	**Total Arten**	**7**	**13**		**9**	
Ziel- und Leitarten Flüsse	**Ziel- und Leitarten Flüsse**	**2**	**3**		**4**	

3.4 U7 Eigendynamik Wöschnau

In der Wöschnau wurde ein Seitengerinne mit relativ geringer Strömung angelegt. Entsprechend finden sich hier auch einige Stillgewässerarten wie die in der Region nicht häufige Weidenjungfer *Chalcolestes viridis*. An einer Stelle ist die Wassertemperatur wegen eines Grundwasseraufstosses im Seitengerinne deutlich tiefer. Nur hier wurde die kühlere Gewässer bevorzugende Frühe Adonislibelle *Pyrrhosoma nymphula* gefunden. Die Flussarten Kleine Zangenlibellen *Onychogomphus forcipatus* und Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus* wurden hauptsächlich beim Ein- und Ausfluss des Seitengerinnes beobachtet.

Abbildung 8: Neu angelegtes Seitengewässer bei relativ tiefem Wasserstand am 26.05.2022

Abbildung 9: Männchen der Frühen Adonislibelle 26.05.2022 im Seitengerinne Wöschnau

Im dynamischeren Teil der Aue sind beim Hochwasser 2021 meist in ehemaligen Kolken hinter Strünken seichte Flutmulden mit besonntem, warmem Wasser entstanden, Hier finden sich Pionierarten wie Plattbauch *Libellula depressa*, Südlicher Blaupfeil *Orthetrum brunneum* und die in der Gegen noch kaum nachgewiesene Kleine Pechlibelle *Ischnura pumilio*. Auch die Feuerlibelle *Crocothemis erythraea* als wärmeliebende Art wurde hier gefunden sowie Amphibienlarven, wahrscheinlich von Seefröschen.

Abbildung 10: Zwei Flutmulden, links am 26.05.2022 und rechts eine für Libellen weniger geeignete am 12.07.2022

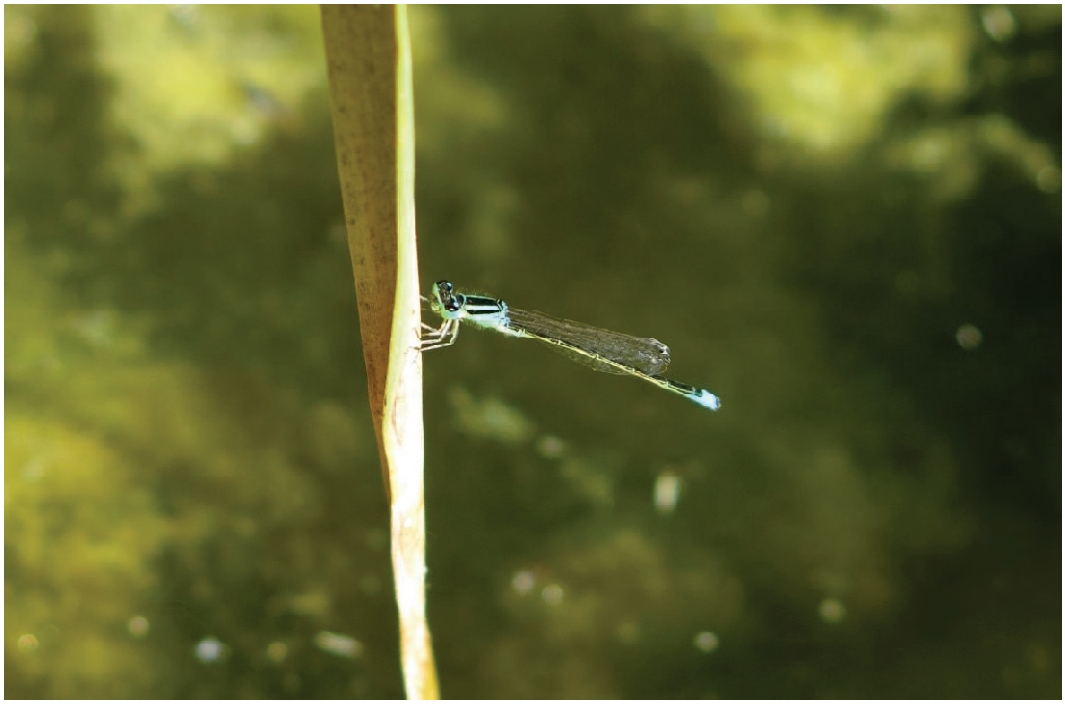


Abbildung 11: Männchen der Kleine Pechlibelle an einer der Flutmulde am 11.08.2022

Das Aareufer in den Wöschnau-Auen weist sowohl sehr flache Bereiche mit Flachwasserzonen und vielen Jungfischen und Pionierlibellen wie Südlichem Blaupfeil *Orthetrum brunneum* auf. Es gibt aber auch dicht mit Rohrglanzgras und Schwanenblumen bewachsene Ufer mit stärkerer Strömung und vielen Prachtlibellen *Calopterix sp.*

Abbildung 12: Aareufer mit Schwanenblume, Bachbunge und Rohrglanzgras am 11.08.2022

Abbildung 13: Flachwasserzone und Eiablegeort von Federlibelle und Kleiner Zangenliebelle

Tabelle 4: Anzahl Funde im Gebiet U7 Eigendynamik Wöschau nach Fundhabitat. Für das Jahr 2014 wird nicht nach Fundort differenziert. Der Status gibt an, ob die Art sich in diesem Gewässer sehr wahrscheinlich vermehrt (V) oder erst mit einzelnen Tieren als Nahrungsgast (G) auftritt. Fett gedruckt: Ziel- und Leitarten Flüsse (WILDERMUTH & KÜRY 2009).

Artname		***2014***	***2022***					
		Aareufer/ Waldrand	***Seitenge-rinne***	***Sta-tus***	***Flut-mulden***	***Sta-tus***	***Aare-ufer***	***Sta-tus***
Anax imperator	Grosse Königslibelle	3	5	V	1	G	1	G
Calopteryx s. splendens	**Gebänderte Prachtli-belle**	83	22	V	1	G	38	V
Calopteryx v. virgo	**Blauflügel-Prachtlibelle**	1					9	V
Chalcolestes viridis	Weidenjungfer		1	G				
Coenagrion puella	Hufeisen-Azurjungfer		28	V	7	V	4	V
Cordulia aenea	Falkenlibelle	2						
Crocothemis erythraea	Westliche Feuerlibelle				1	G		
Enallagma cyathigerum	Gemeine Becherjungfer		14	V	3	G	1	G
Gomphus vulgatissimus	**Gemeine Keiljungfer**		1	G				
Ischnura elegans	Grosse Pechlibelle		2	G	2	V	5	V
Ischnura pumilio	Kleine Pechlibelle				3	V		
Libellula depressa	Plattbauch				1	G		
Libellula quadrimacu-lata	Vierfleck				1	G		
Onychogomphus f. for-cipatus	**Kleine Zangenlibelle**	1	2	G			5	V
Orthetrum brunneum	Südlicher Blaupfeil	3	2	G	5	V	2	G
Orthetrum cancellatum	Grosser Blaupfeil	4	8	V	3	V	1	G
Platycnemis pennipes	**Blaue Federlibelle**	10	18	V	1	G	13	V
Pyrrhosoma nymphula	Frühe Adonislibelle	1	3	G	1	G		
Sympetrum vulgatum	Gemeine Heidelibelle						1	G
Total Funde	**Total Funde**	**108**	**106**		**30**		**80**	
Total Arten	**Total Arten**	**9**	**12**		**13**		**11**	
Ziel- und Leitarten Flüsse	**Ziel- und Leitarten Flüsse**	**4**	**4**		**2**		**4**	

4 Diskussion

4.1 Untersuchungsperimeter

Die untersuchten Perimeter 2014 und 2022 entsprechen sich nicht genau. Vor allem beim Gebiet U3 in Obergösgen wurden unterschiedliche Flächen untersucht, da 2014 im Projektgebiet noch dichter Wald wuchs. Die Untersuchung von 2014 zeigt also primär das Artenspektrum des Untersuchungsgebietes auf.

4.2 Artenzahlen und Funde

Die nachgewiesene Artenzahl hat sich über alle Gebiete über die Jahre von 15 auf 24 Arten erhöht. Alle 2014 nachgewiesene Arten konnten wieder gefunden werden. Dank einem grösseren Habitatsangebot hat sich neben den Artenzahlen auch die die Anzahl Individuen in etwa verdreifacht. In der Roten Liste der Libellen von GONSETH, & MONNERAT 2002 galten noch die Kleine Zangenlibelle und die Gemeine Keiljungfer als potenziell gefährdet. Bei der neue Roten Liste MONNERAT ET AL. 2021 werden sie als nicht mehr gefährdet eingestuft.

Im Kanton Solothurn wurden in den letzten 10 Jahren gemäss CSCF 50 Libellenarten nachgewiesen. In einer grösseren Auenlandschaft mit Altarmen, Flutmulden, Giessen und verschiedenen Fliessgewässertypen können bis 40 Arten vorkommen. Für die hier untersuchten Auen dürfte ein Potenzial von rund 30 Arten vorliegen.

Tabelle 5: Zu erwartende weitere Arten bei guter Habitatsentwicklung
Rote Liste Status 2021: LC nicht gefährdet, NT: Potenziell gefährdet, VU: verletzlich. Fett markiert sind Zielarten von Flüssen (WILDERMUTH & KÜRY 2009).

Artname Latein	***Artname Deutsch***	***RL 2021***	***Habitat***
Aeshna grandis	Braune Mosaikjungfer	*LC*	*Grosse Weiher*
Aeshna isoceles	Keilfleck-Mosaikjungfer	*LC*	*Weiher mit Schilf*
Aeshna mixta	Herbst-Mosaikjungfer	*LC*	*Weiher*
Anax parthenop	Kleine Königslibelle	*LC*	*Grosse Weiher, Ruhige Flüsse*
Brachytron pratens	Früher Schilfjäger	*LC*	*Weiher mit Schilf*
Coenagrion scitulum	Gabel-Azurjungfer	*LC*	*Weiher*
Erythromma lindeni	**Saphirauge**	***NT***	***Fliessgewässer mit Wasserpflanzen***
Erythromma viridulum	Kleines Granatauge	*LC*	*Weiher mit Schwimmblattfluren*
Ophiogomphus cecilia	**Grüne Flussjungfer**	***VU***	***Flüsse, Grosse Bäche***
Orthetrum albistylum	Östlicher Blaupfeil	*NT*	*Weiher*
Somatochlora metallica	Glänzende Smaragdlibelle	*LC*	*Weiher*
Sympecma fusca	Gemeine Winterlibelle	*LC*	*Weiher*
Sympetrum sanguineum	Blutrote Heidelibelle	*LC*	*Tümpel, Weiher*

Zudem wurden die gefundenen Arten mit den empfohlenen Zielarten für Flüsse nach Wildermuth & Küry 2009 verglichen. Von den 8 potenziell an der Aare vorkommenden Zielarten wurden 6 Arten nachgewiesen. Gegenüber 2014 kam der Spitzenfleck *Libellula fulva dazu.* Diese typische Auenart wurde weiträumig in der Gegend noch nie nachgewiesen. Der neu geschaffene Weiher bzw. Altarm in Obergösgen dürfte als wichtiger Trittstein für diese und auch weitere Arten wie das Grosse Granatauge *Erythromma najas* für die weiter Besiedlung und Vernetzung des Mittellands gelten.

Abbildung 14: Verbreitung von Spitzenfleck gemäss CSCF im Oktober 2022 und Fundort beim neu angelegten Weiher Obergösgen (gelber Stern). Die rotenQuadrate zeigen aktuelle Funde. Beim orangen Quadrat stammt der letzte Nachweis von 1999.

4.3 Witterung und Hochwasserereignisse

Es gab aber über den ganzen Sommer 2022 genug schöne Tage, sodass die Aufnahmen wie geplant durchgeführt werden konnten. Die Aufnahmedaten waren: 26.05.22, 15.06.22, 12.07.22, 11.08.22.

2021 gab es in der Aare grosse Hochwasser, wie die vielen frischen Sedimentablagerungen zeigen. Feinsedimente wie Sand sind Larvenhabitate für Flussliebellenarten wie die Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus*, welche aber nur einmal nachgewiesen werden konnte. Die Entwicklung dieser Arte dauert mindestens 2 Jahre, so dass 2022 die positiven Effekte von mehr Feinsedimenten durch das Hochwasser noch nicht sichtbar sind. Zudem kann ein Hochwasser zu starken Verdriftungen von Larven führen so dass im Folgejahr die Populationen kleiner sind. Das Aufnahmejahr 2022 war also trotz schöner Witterung nicht optimal für Libellenaufnahmen, was sich in nicht sehr grossen Individuenzahlen spiegelt.

Quellen

ARGE AAREERFOLG (2014): Konzept Erfolgskontrolle Aare Olten bis Aargau. Gewässerökologische Aufwertung im Zusammenhang mit den Neukonzessionierungen KW Gösgen und KW Aarau sowie dem Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Olten bis Aarau

GONSETH, Y. & MONNERAT, C. (2002): Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. 46 S.

MONNERAT C., WILDERMUTH H., GONSETH Y. (2021): Rote Liste der Libellen. Gefährdete Arten der Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 2120: 70 S.

WILDERMUTH, H., KÜRY, D. (2009): Libellen schützen, Libellen fördern. Leitfaden für die Naturschutzpraxis.

Anhang

Abbildung 15: 2022 nach Libellen Abgesuchte Fläche im Gebiet U2, Winzgau.

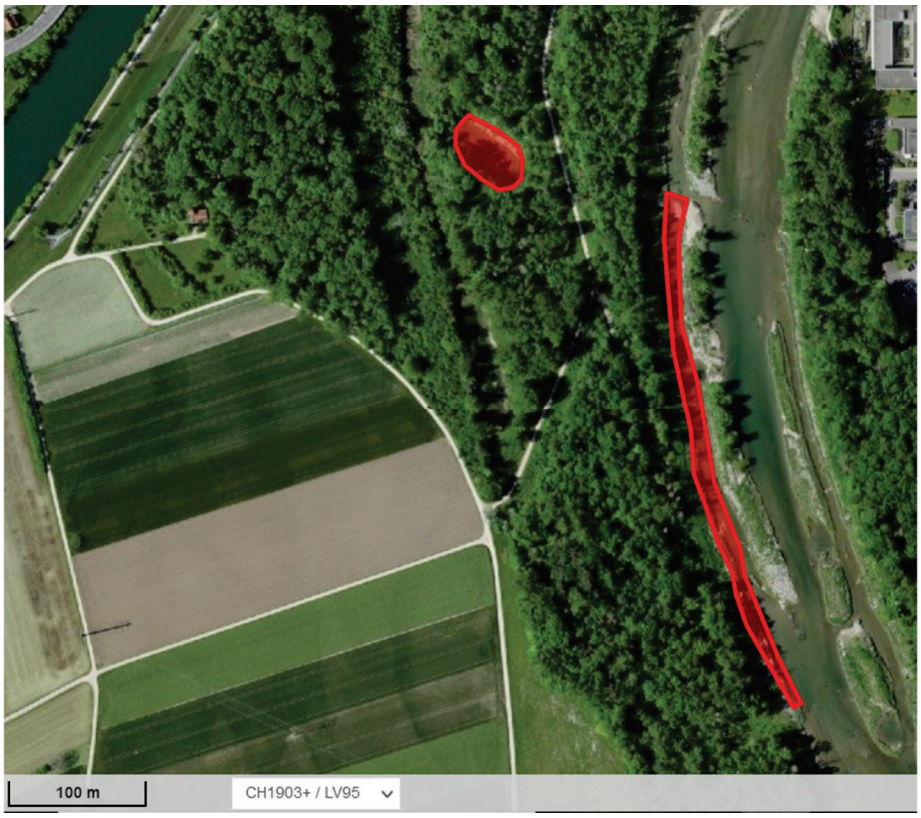


Abbildung 16: 2022 nach Libellen Abgesuchte Fläche im Gebiet U3, Obergösgen.

Abbildung 17: 2022 nach Libellen Abgesuchte Fläche im Gebiet U7, Wöschnau.

Tabelle 6: Alle Beobachtungen mit genauer Lokalität und Status. Legende: m: Männchen, w: Weibchen, Imat: frisch geschlüpftes Tier, Ex.: Exuvie, Tan: Tandem.

Gattung	Art	Anzahl	Status	Gebiet	Tag	Monat	Jahr	X-Koord.	Y-Koord.
Aeshna	cyanea	1	m	U3: Weiher	11	8	2022	639479	246087
Anax	imperator	2	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Anax	imperator	1	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Anax	imperator	1	m	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Anax	imperator	4	m, w, Ovi	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Anax	imperator	3	m	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Anax	imperator	4	m, w, Ex, Ovi	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Anax	imperator	2	m	U2: Seitengerinne	12	7	2022	637264	245324
Anax	imperator	5	m, w, Ovi	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Anax	imperator	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Anax	imperator	1	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643676	248315
Anax	imperator	5	m	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Anax	imperator	3	m, Ex	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Anax	imperator	5	m, w, Ovi	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Anax	imperator	3	m	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Calopteryx	splendens splendens	29	m, w	U2: Seitengerinne	11	8	2022	637262	245322
Calopteryx	splendens splendens	9	m, w	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315
Calopteryx	splendens splendens	12	m, w	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643708	248310
Calopteryx	splendens splendens	19	m, w	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Calopteryx	splendens splendens	14	m, w	U2: Seitengerinne	12	7	2022	637264	245324
Calopteryx	splendens splendens	1	m	U7: Flutmulde	12	7	2022	643932	248348
Calopteryx	splendens splendens	38	m, w	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Calopteryx	splendens splendens	22	m, w	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Calopteryx	splendens splendens	29	m, w	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Calopteryx	splendens splendens	1	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Calopteryx	splendens splendens	11	m, w	U2: Seitengerinne	15	6	2022	643963	248393
Calopteryx	splendens splendens	10	m, w	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Calopteryx	splendens splendens	20	m, w, Tan	U7: Aareufer	15	6	2022	643957	248372
Calopteryx	splendens splendens	6	m, w	U7: Aareufer	15	6	2022	643957	248372
Calopteryx	splendens splendens	5	m, w	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643676	248315
Calopteryx	splendens splendens	17	m, w, Im	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Calopteryx	splendens splendens	1	m	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Calopteryx	splendens splendens	2	m	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Calopteryx	virgo virgo	2	m, w	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Calopteryx	virgo virgo	2	m	U2: Seitengerinne	11	8	2022	637262	245322
Calopteryx	virgo virgo	9	m, w, Im	U7: Aareufer	15	6	2022	643963	248393
Calopteryx	virgo virgo	14	m, w, Im	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Calopteryx	virgo virgo	20	m, w, Tan	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Chalcolestes	viridis	1	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643708	248310
Coenagrion	puella	4	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Coenagrion	puella	1	m	U3: Weiher	11	8	2022	639479	246087
Coenagrion	puella	7	m, w, Tan	U7: Flutmulde	12	7	2022	643932	248348
Coenagrion	puella	4	m, w, Tan	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Coenagrion	puella	6	m, w, Tan	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Coenagrion	puella	2	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Coenagrion	puella	28	m, w, Tan	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Coenagrion	puella	5	m, w, Tan	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Coenagrion	puella	35	m	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Coenagrion	puella	7	Tan	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Cordulia	aenea	1	m	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Cordulia	aenea	3	m	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Crocothemis	erythraea	1	m	U7: Flutmulde	12	7	2022	643932	248348
Crocothemis	erythraea	3	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Crocothemis	erythraea	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Crocothemis	erythraea	2	m	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086

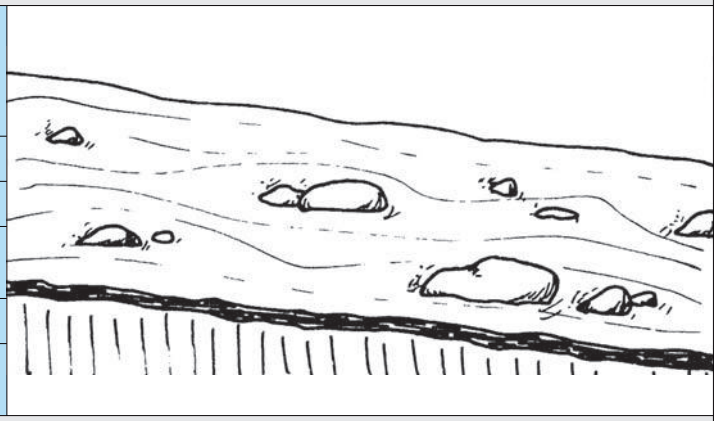
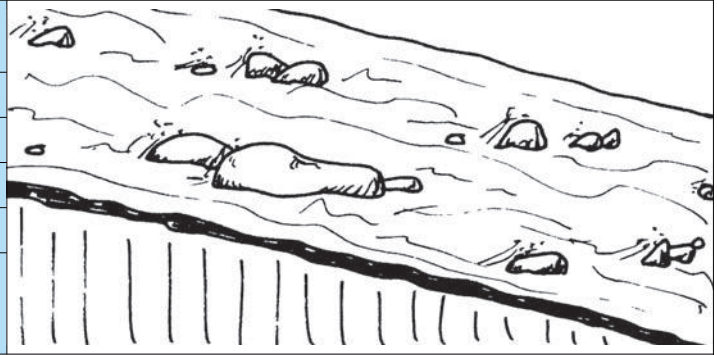
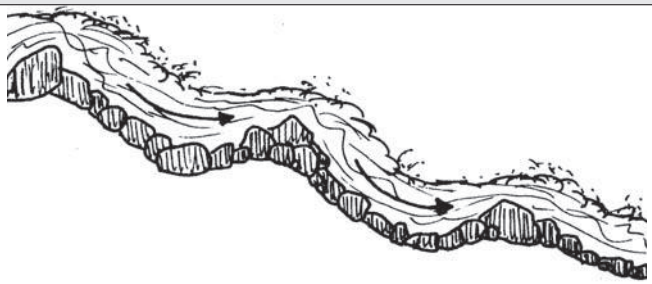
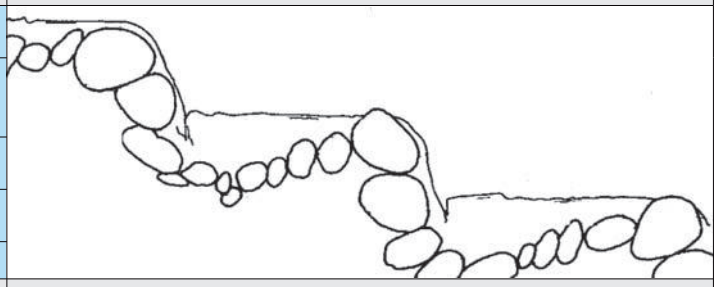
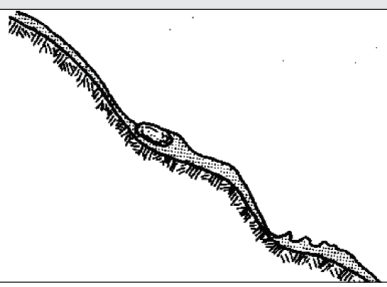
Gattung	Art	Anzahl	Status	Gebiet	Tag	Monat	Jahr	X-Koord.	Y-Koord.
Enallagma	cyathigerum	3	m	U7: Flutmulde	11	8	2022	643931	248335
Enallagma	cyathigerum	6	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Enallagma	cyathigerum	4	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Enallagma	cyathigerum	5	w	U3: Weiher	11	8	2022	639479	246087
Enallagma	cyathigerum	1	m	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Gomphus	cyathigerum	14	m	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Enallagma	cyathigerum	10	m	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Enallagma	cyathigerum	31	m, w, Tan	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Enallagma	cyathigerum	2	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Enallagma	cyathigerum	3	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643676	248315
Enallagma	cyathigerum	3	m	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Enallagma	cyathigerum	8	m	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Enallagma	cyathigerum	7	m	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Enallagma	cyathigerum	3	m, w	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Erythromma	najas	1	m	U3: Weiher	11	8	2022	639479	246087
Erythromma	najas	1	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Gomphus	vulgatissimus	1	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643969	248520
Ischnura	elegans	2	m, w	U7: Flutmulde	11	8	2022	643931	248335
Ischnura	elegans	5	m, w, Tan	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315
Ischnura	elegans	2	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Ischnura	elegans	15	m, w, Tan	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Ischnura	elegans	7	m	U3: Weiher	11	8	2022	639479	246087
Ischnura	elegans	4	m	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Ischnura	elegans	2	m	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Ischnura	elegans	5	m	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Ischnura	elegans	11	m, w, Tan	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Ischnura	elegans	1	m	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Ischnura	elegans	11	m, Im	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Ischnura	elegans	7	m	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Ischnura	elegans	2	m	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Ischnura	pumilio	3	m	U7: Flutmulde	11	8	2022	643931	248335
Libellula	depressa	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Libellula	fulva	1	m	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Libellula	quadrimaculata	1	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Libellula	quadrimaculata	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Libellula	quadrimaculata	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Libellula	quadrimaculata	2	m, w, Ovi	U3: Weiher	26	5	2022	639482	246086
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	3	m	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	2	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	2	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	1	m	U2: Seitengerinne	11	8	2022	637262	245322
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	5	m, w, Ovi	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	1	m	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643955	248488
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	2	m	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643528	248337
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	3	m	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	2	m	U2: Seitengerinne	12	7	2022	637401	245355
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	4	m	U2: Seitengerinne	12	7	2022	637129	245335
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	1	m	U7: Aareufer	15	6	2022	643963	248393
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	1	Ex	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Onychogomphus	forcipatus forcipatus	1	m	U2: Seitengerinne	15	6	2022	637406	245363
Orthetrum	brunneum	5	m, w, Tan	U7: Flutmulde	12	7	2022	643932	248348
Orthetrum	brunneum	2	m	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Orthetrum	brunneum	1	m	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Orthetrum	brunneum	2	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Orthetrum	brunneum	5	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324

Gattung	Art	Anzahl	Status	Gebiet	Tag	Monat	Jahr	X-Koord.	Y-Koord.
Orthetrum	cancellatum	1	m	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315
Orthetrum	cancellatum	5	m, w, Tan, Ovi	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Orthetrum	cancellatum	1	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Orthetrum	cancellatum	1	m	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Orthetrum	cancellatum	8	m, w, Ovi	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Orthetrum	cancellatum	1	m	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Orthetrum	cancellatum	7	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Orthetrum	cancellatum	3	m, w, Im, Tan	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Orthetrum	cancellatum	2	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643944	248484
Orthetrum	cancellatum	2	m	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Orthetrum	cancellatum	1	m	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Platycnemis	pennipes	5	m, w, Im, Tan	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315
Platycnemis	pennipes	9	m, w, Tan	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Platycnemis	pennipes	4	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Platycnemis	pennipes	1	m	U2: Seitengerinne	11	8	2022	637262	245322
Platycnemis	pennipes	1	m	U7: Flutmulde	12	7	2022	643932	248348
Platycnemis	pennipes	13	m, Tan	U7: Aareufer	12	7	2022	643960	248377
Platycnemis	pennipes	15	m, w, Tan	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Platycnemis	pennipes	20	m, w, Tan	U3: Seitengerinne	12	7	2022	639608	245972
Platycnemis	pennipes	2	m	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Platycnemis	pennipes	18	m, w, Tan	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Platycnemis	pennipes	14	m, Im	U3: Seitengerinne	15	6	2022	639603	245995
Platycnemis	pennipes	3	Im	U3: Seitengerinne	26	5	2022	639603	245995
Pyrrhosoma	nymphula	1	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643773	248324
Pyrrhosoma	nymphula	1	m	U7: Flutmulde	15	6	2022	643909	248324
Pyrrhosoma	nymphula	3	m	U7: Seitengerinne	15	6	2022	643676	248315
Sympetrum	fonscolombii	2	m	U3: Seitengerinne	11	8	2022	639612	245960
Sympetrum	striolatum	3	m	U7: Seitengerinne	11	8	2022	643714	248313
Sympetrum	striolatum	1	Im	U7: Seitengerinne	12	7	2022	643700	248310
Sympetrum	striolatum	15	Im	U3: Weiher	12	7	2022	639476	246094
Sympetrum	striolatum	2	Im	U3: Weiher	15	6	2022	639482	246086
Sympetrum	vulgatum	1	m	U7: Aareufer	11	8	2022	643907	248315

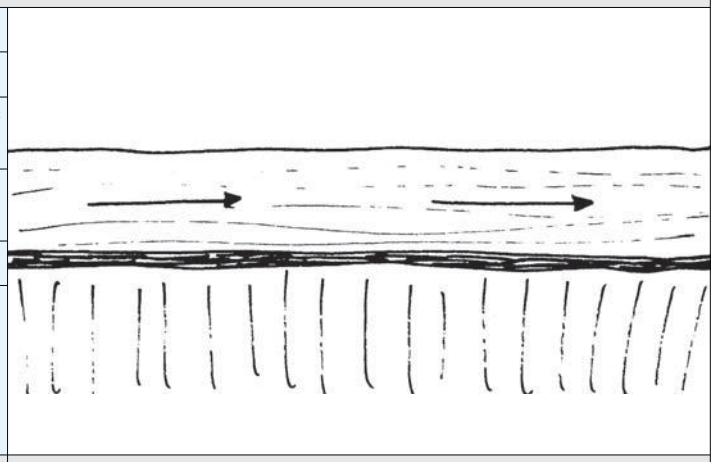
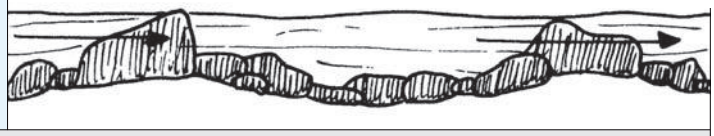
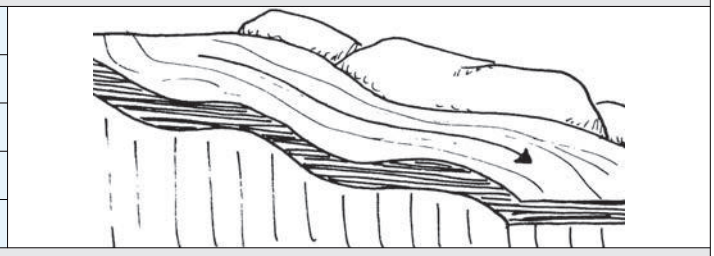
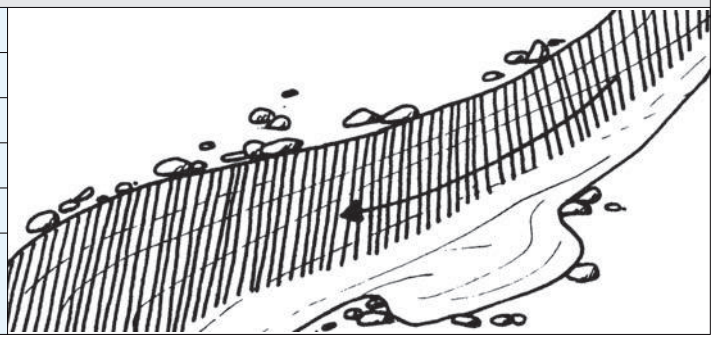
A4 Definition Mesohabitate

Schnell fliessende Mesohabitate

Turbulent: weisses (schäumendes) Wasser

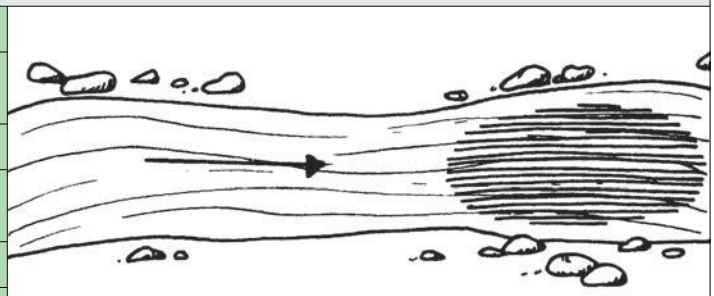
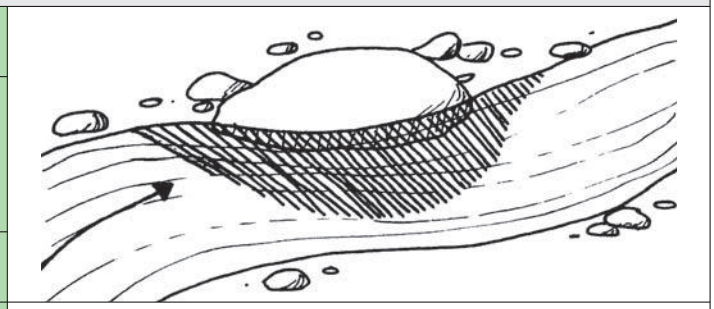
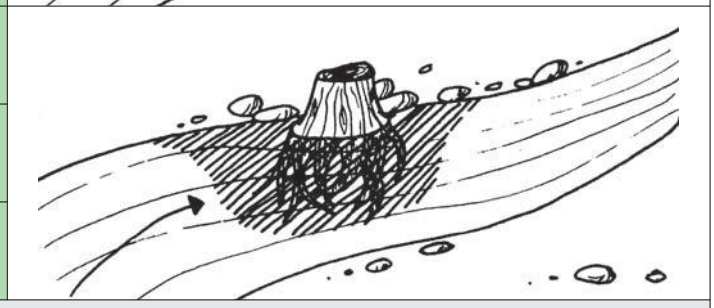
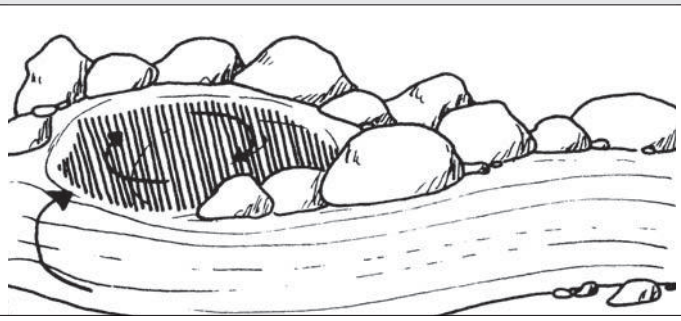
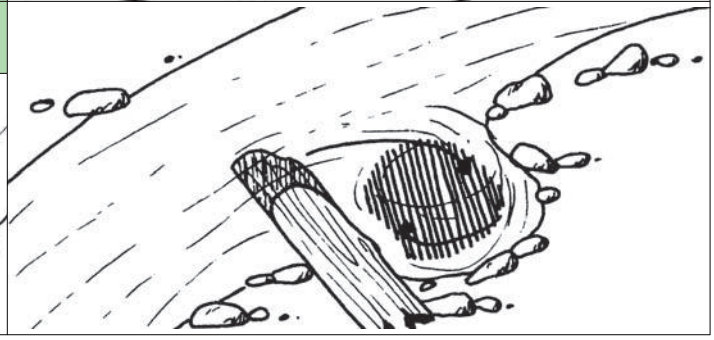
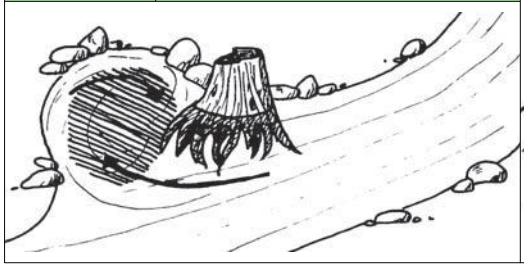
Furt (Rausche, Riffle)		
Turbulenz	mittel; kein/wenig Weisswasser, hoch bei verengtem Querschnitt; Wellen, die die Wasseroberfläche nicht brechen	
Mittl. Flgeschw.	mittel; 0.2-0.5 m/s	
Tiefe	<0.5 m	
Korngrösse	0.2-25 cm; grössere Steine submers oder teilweise emers	
Gefälle	1-4 %	
Beschrieb	gerades oder konvexes Längenprofil	
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 Längenprofil	
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 Längenprofil	
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	

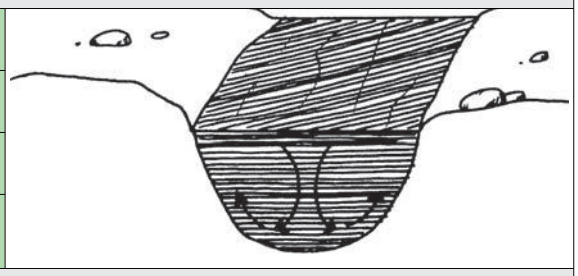
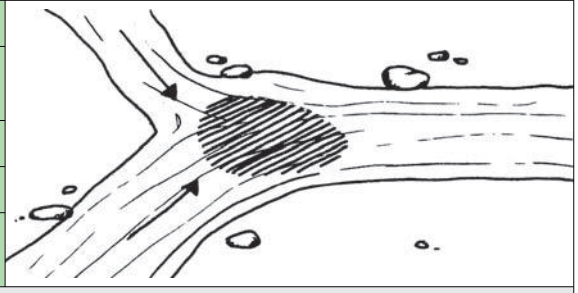
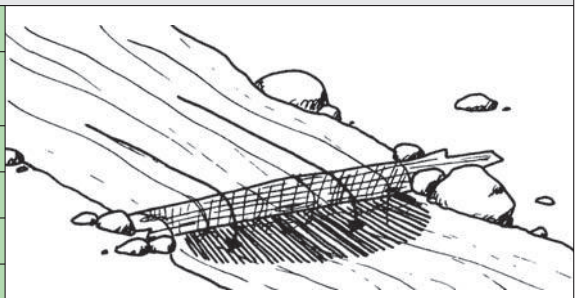
Nicht turbulent: kein weisses (schäumendes) Wasser

Gleite		
Turbulenz	keine	
Mittl. Flgschw.	<0.5 m/s; gleichförmig	
Tiefe	relativ seicht (0.1-0.3 m bzw. ≤0.05* 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 Fliesshindernisse	
Lauf (Rinner)		**schneller Lauf**
Turbulenz	gering	gering-mittel
Mittl. Flgschw.	realtiv hoch	hoch
Tiefe	tiefer als Furt und Gleite (>0.5 m)	relativ tief
Korngrösse	variabel; >1.5 cm	variabel
Gefälle	>4 %	variabel
Beschrieb	kommt über eindeutigem Talweg vor; uniformes Gewässerbett; keine grösseren Fliesshindernisse	
Beschrieb	v. a. bei höheren Abflüssen, nimmt einen Grossteil der Gerinnebreite ein	
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	

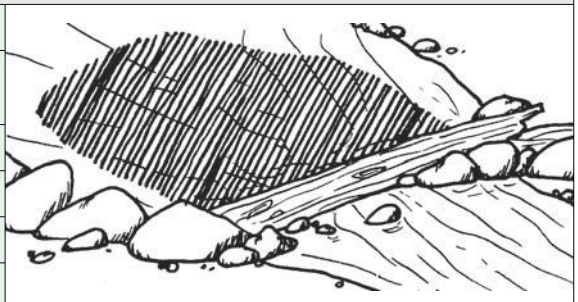
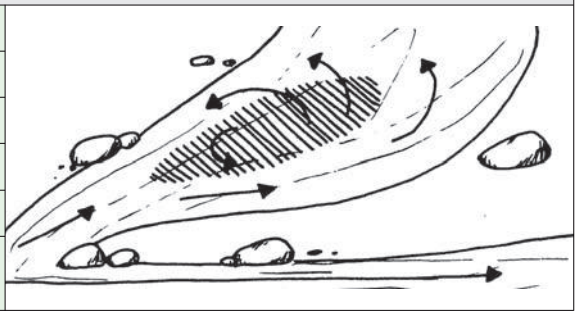
Langsam fliessende Mesohabitate

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	
Längsschnitt	uniform, lang, tief	
Querschnitt	uniform, U-förmig	
Beschrieb	lang gezogener, tiefer und langsam durchflossener Gerinneabschnitt	
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	

Staukolke (entstanden durch Aufstau)

Staukolk		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	Aufstauung unterhalb eines ±die ganze Breite umfass. Hind. (Baumst., Erdrutsch, Wehr)	
Korngrösse	<1 cm, Sand	
Längsschnitt	tiefster Punkt oben	
Querschnitt	tiefster Punkt variabel	
Beschrieb	temporär	
Nebengerinnekolk		
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	

A5 Fotodokumentation

Schachen Niedergösgen Fotostandort U53, 9.3.2015 (oben), 18.3.2022 (unten)

Erfolgskontrolle Erhebung 1. Projektzustand

Fotografische Dokumentation

5. Juni 2024

FISCHWERK GMBH

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 in den Untersuchungsstrecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau), U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen), U6 (Rückbau Ballyschwelle) und U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) wurden auch im 1. Projektzustand während der Vegetationsperiode und während der Vegetationsruhe Fotos gemacht.

2 Vorgehen

Die Fotos wurden während der Vegetationsruhe am 18.3.2022 (bewölkter Himmel) und am 29.3.2022 (sonnig) bei Restwasserabfluss (20 m^3/s) aufgenommen. Die Aufnahme des Sommer-Aspekts erfolgte am 1.6.2022 bei wechselhaftem Wetter und Restwasserabfluss (25 m^3/s). In der Untersuchungsstrecke U7 war der Zugang zum Standort U74 erschwert, da für die Insel ein Betretungsverbot herrschte. Die Standorte in der Untersuchungsstrecke U8 (Stillgewässer Grien) wurden nicht aufgesucht, da dort noch keine Bauarbeiten erfolgt waren.

Basierend auf den Koordinaten, der Beschreibung des Fotostandortes und der Bilder des Ausgangszustandes wurde versucht das Stativ möglichst gleich zu platzieren wie im Ausgangszustand. Das Stativ wurde mittels eines Kompasses nach Norden ausgerichtet und mit der Wasserwaage ausbalanciert. Die Fotos wurden möglichst in dieselben Richtungen wie im Ausgangszustand gemacht (Elevation, Deklination, Neigung). Sämtliche Aufnahmen wurden mit einer Brennweite von 18 mm oder 55 mm gemacht. Die Ausgabegrösse der JPEG-Dateien betrug 2976x1984 Pixel (5.9 Megapixel), die Auflösung 350x350 ppi (Pixel/Zoll). Es wurden 360 Aufnahmen an vier Standorten gemacht.

Die Bilddateien wurden nach folgendem System benannt: Untersuchungsstrecke/Nummer Fotostandort_Jahreszeit_Datum_Serie. Bsp.: U21_SO_20220601_A1 = U2, 1. Fotostandort im Sommer am 1.6.2022, Serie A1

Abkürzungen der Untersuchungsstrecken:
- U2 = Seitengerinne Schachen Winznau
- U5 = Seitengerinne Schachen Niedergösgen
- U6 = Rückbau Ballyschwelle
- U7 = Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

3 Vergleich

Für den Vergleich des Ausgangszustandes mit dem 1. Projektzustand wurden möglichst aussagekräftige Fotopaare gesucht (Abb. 1 bis Abb. 26). Im Idealfall waren auf beiden Fotos gleichbleibende Referenzstrukturen vorhanden (z.B. Kirchenturm oder markante Vegetation), welche dem Betrachter zur Orientierung dienen. Es wurde jeweils Winteraspekt mit Winteraspekt und Sommeraspekt mit Sommeraspekt verglichen. Zum Zeitpunkt der Aufnahme des Winteraspektes des Ausgangszustandes war das Seitengerinnes Schachen Winznau (U2) bereits gebaut und in Betrieb. Daher wurde für die Untersuchungsstrecke U2 nur der Sommeraspekt verglichen. Von den Fotostandorten U51 und U52 wurde nur der 1. Projektzustand gezeigt, da im Ausgangszustand nur Wald zu sehen ist. Die Fotos des Ausgangszustandes wurden am 18.9.2014 (Sommeraspekt) und am 9.3.2015 (Winteraspekt) bei einer minimalen Restwassermenge von 10 m^3/s in der Restwasserstrecke erhoben. Der Abfluss war somit deutlich tiefer als derjenige des 1. Projektzustandes (20 m^3/s Winteraspekt resp. 25 m^3/s Sommeraspekt).

Die eigenen Fotoerhebungen wurden gergänzt durch Orthofotos der Jahre 2012 (Ausgangszustand der Strecke U2 bei minimaler Restwassermenge von 10 m^3/s in der Restwasserstrecke; Kanton Solothurn, Flugdaten 27.3.2012, 31.3.2012, 2.4.2012), 2015 (Ausgangszustand der Strecken U5, U6 und U7 bei minimaler Restwassermenge von 10 m^3/s in der Restwasserstrecke; Kanton Solothurn, Flugdaten 15.4.2015, 21.4.2015) und 2022 (1. Projektzustand bei minimaler Restwassermenge von 15 m^3/s in der

Restwasserstrecke; Meisser GEO, Flugdatum 27.1.2022) gezeigt.

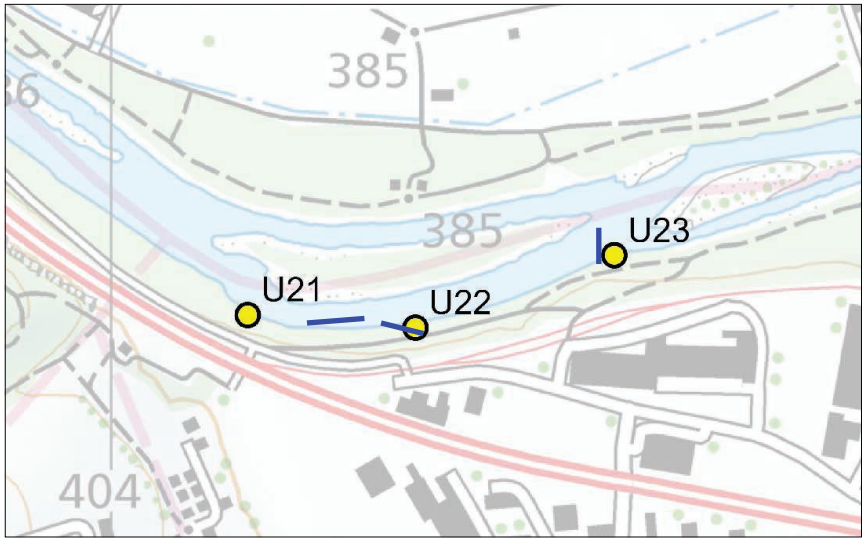
Fotostandort: gelber Kreis = Standort; blau Linie = Blickrichtung; schwarze Etikette = Standortbezeichnung (Abkürzung Untersuchungsstrecke/Nummer Fotostandorte)

U2 Standorte des Seitengerinnes Schachen Winznau (Fotostandorte U21-U23).

U5 Standort des Seitengerinnes Schachen Niedergösgen (U53).

U6 Rückbau der Ballyschwelle (U61; U62; U64).

U7 Der höhere Abfluss in dieser Strecke (Wöschnau) während der Bauphase sollte zu einer erhöhten Eigendynamik führen (U71-U74). Standort des Seitengerinnes Grien (U71; U73).



U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Abb. 1 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U2 inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo

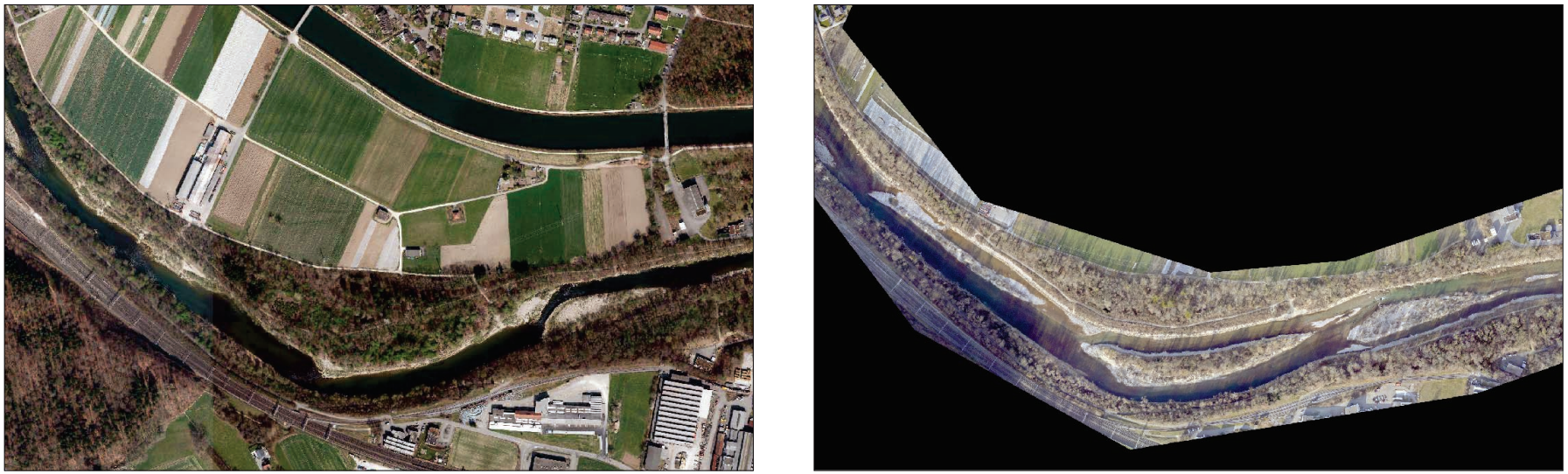
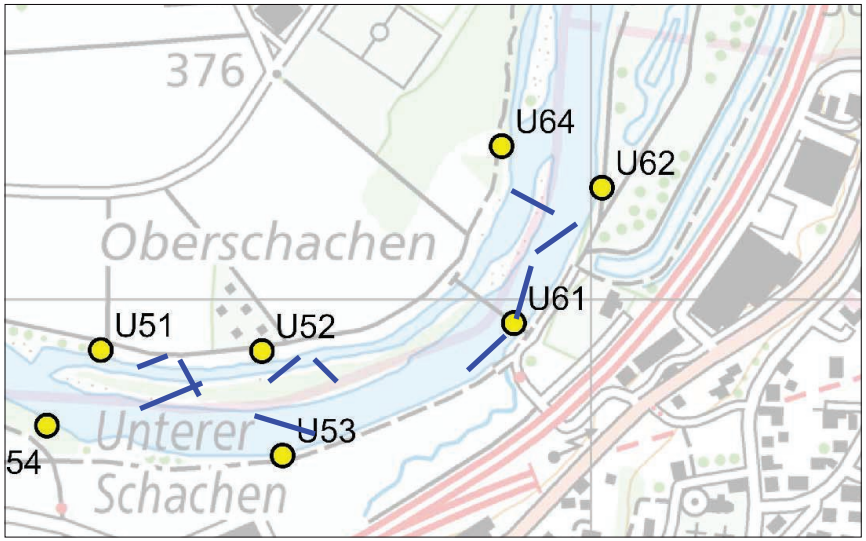


Abb. 2 Orthofoto des Gebietes Schachen Winznau im Ausgangszustand (links; 2012) und im 1. Projektzustand (rechts; 2022) mit den neu geschaffenen Seitengerinnen. Copyright Kanton Solothurn / Meisser GEO

Abb. 3 **Fotostandort U21. Blick flussabwärts auf das Hauptgerinne der Aare und die Mittelinsel. Links: 18.9.2014 (Seitengerinne noch nicht in Betrieb) / Rechts: 1.6.2022**

Abb. 4 **Fotostandort U22. Blick flussaufwärts auf das Hauptgerinne der Aare und die Mittelinsel. Links: 18.9.2014 (Seitengerinne noch nicht in Betrieb) / Rechts: 1.6.2022**

Abb. 5 **Fotostandort U23. Blick flussabwärts auf das Hauptgerinne der Aare und die Mündung des Seitengerinnes (Pfeil). Links: 18.9.2014 (Seitengerinne noch nicht in Betrieb) / Rechts: 1.6.2022 (Seitengerinne im Hintergrund)**



U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen /
U6 Rückbau Ballyschwelle

Abb. 6 Lage der Fotostandorte in den Untersuchungsgebieten U5 und U6 inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo

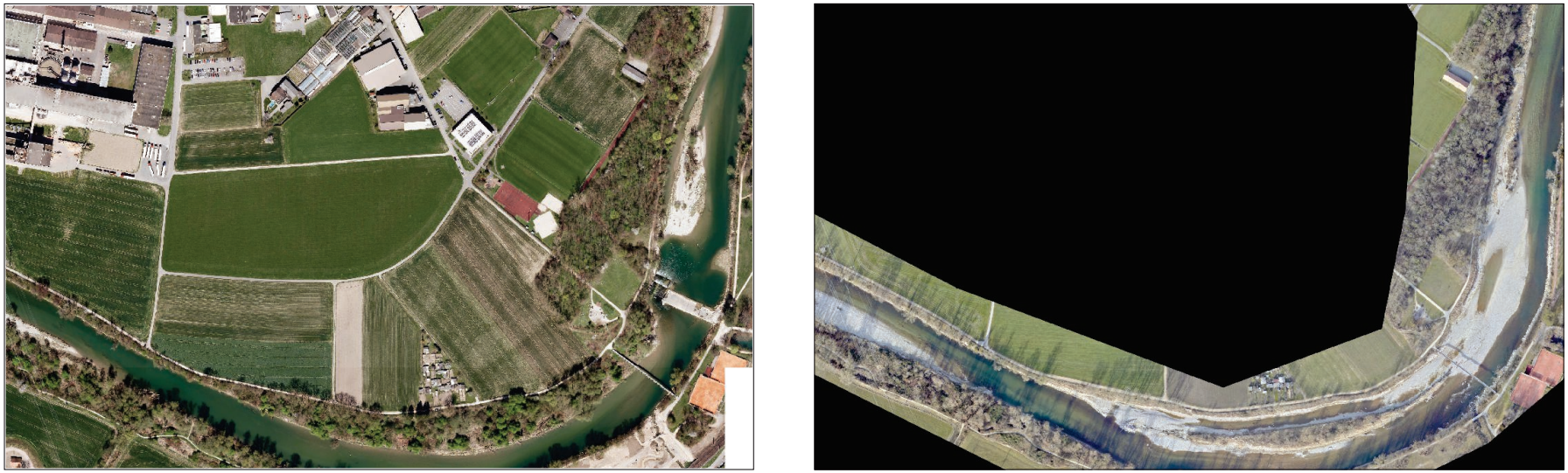


Abb. 7 Orthofoto des Gebietes Schachen Niedergösgen / Bally im Ausgangszustand mit der damaligen Ballyschwelle (links; 2015) und im 1. Projektzustand mit dem neu geschaffenen Seitengerinne (rechts; 2022). Copyright Kanton Solothurn / Meisser GEO

Abb. 8 **Fotostandort U51. Blick flussaufwärts auf den Einlauf in das neue Seitengerinne der Aare am 18.3.2022.**

Abb. 9 **Fotostandort U51. Blick flussabwärts auf das neue Seitengerinne der Aare am 18.3.2022.**

Abb. 10 **Fotostandort U52. Blick flussaufwärts auf das neue Seitengerinne der Aare am 18.3.2022.**

Abb. 11 **Fotostandort U52. Blick flussabwärts auf das neue Seitengerinne der Aare am 18.3.2022.**

Abb. 12 Fotostandort U53. Blick flussaufwärts auf das Hauptgerinne der Aare und die Mittelinsel. Links: 9.3.2015 (Seitengerinne noch nicht gebaut) / Rechts: 18.3.2022 (Seitengerinne fliesst hinter Wall an rechtem Bildrand parallel zum Hauptgerinne)

Abb. 13 Fotostandort U54. Blick flussabwärts auf die Insel zwischen dem neu geschaffenen Seitengerinne und dem Hauptgerinne der Aare. Links: 18.9.2014 (vor Bau des Seitengerinnes / Rechts: 1.6.2022

Abb. 14 **Fotostandort U54. Blick flussabwärts auf den Einlauf in das neu geschaffene Seitengerinne der Aare. Links: 9.3.2015 (vor Bau des Seitengerinnes) / Rechts: 18.3.2022**

Abb. 15 **Fotostandort U61. Blick flussaufwärts auf Aare im Bereich des ehemaligen Rückstaus der abgebrochenen Ballyschwelle. Links: 18.9.2014 (Ballyschwelle in Betrieb) / Rechts: 1.6.2022 (Ballyschwelle abgebrochen. An rechtem Bildrand ist das neue Seitengerinne ersichtlich)**

Abb. 16 Fotostandort U61. Blick flussabwärts auf Ballyschwelle vor und nach deren Rückbau. Links: 18.9.2014 (mit Schwelle) / Rechts: 1.6.2022 (ohne Schwelle)

Abb. 17 Fotostandort U62. Blick flussaufwärts auf Ballyschwelle vor und nach deren Rückbau. Mündung des Seitengerinnes im Hintergrund (Pfeil). Links: 9.3.2015 (mit Schwelle) / Rechts: 18.3.2022 (ohne Schwelle)

Abb. 18 Fotostandort U64. Blick auf Ballyschwelle vor und nach deren Rückbau. Links: 9.3.2015 (mit Schwelle) / Rechts: 18.3.2022 (ohne Schwelle)

U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

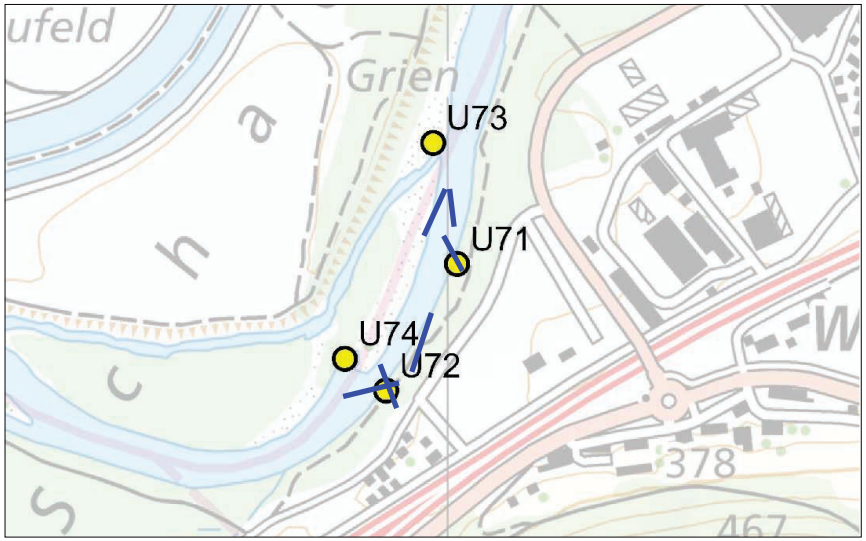


Abb. 19 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U7 inklusive Blickrichtung. Hintergrundkarte © Swisstopo

Abb. 20 Orthofoto des Gebiets Wöschnau / Grien im Ausgangszustand (2015) und im 1. Projektzustand mit dem neu geschaffenen Seitengerinne (rechts; 2022). Copyright Kanton Solothurn / Meisser GEO

Abb. 21 Fotostandort U71. Blick flussabwärts auf den Mündungsbereich des Seitengerinnes (Mündung bei Pfeil). Links: 9.3.2015 (vor Bau des Seitengerinnes) / Rechts: 29.3.2022

Abb. 22 Fotostandort U72. Blick flussaufwärts auf markanten Baum im Uferbereich des Hauptgerinnes der Aare (gleicher Baum wie bei Fotostandort U74). Links: 9.3.2015 (Seitengerinne noch nicht gebaut) / Rechts: 29.3.2022

Abb. 23 Fotostandort U72. Blick flussabwärts auf das Hauptgerinne der Aare. Links: 9.3.2015 (Seitengerinne noch nicht gebaut) / Rechts: 29.3.2022

Abb. 24 Fotostandort U73. Blick flussaufwärts auf den Mündungsbereich des Seitengerinnes. Links: 9.3.2015 (vor dem Bau des Seitengerinnes) / Rechts: 29.3.2022

Abb. 25 Fotostandort U73. Blick flussaufwärts auf das neu geschaffene Seitengerinne. Links: 9.3.2015 (vor dem Bau des Seitengerinnes) / Rechts: 29.3.2022

Abb. 26 Fotostandort U74. Markanter Baum im Uferbereich des Hauptgerinnes der Aare (gleicher Baum wie bei Fotostandort U72). Links: 9.3.2015 (Seitengerinne noch nicht gebaut) / Rechts: 29.3.2022

Herausgeber / Bezugsquelle

Amt für Umwelt
des Kantons Solothurn
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn
Telefon +41 32 627 24 47
afu@bd.so.ch
afu.so.ch

Projektleitung

Christoph Dietschi, Amt für Umwelt

Bearbeitung Proiekt

ARGE AareErfolg
c/o IC Infraconsult AG
Kasernenstrasse 27
3013 Bern
Kontakt: Nicole Schiltknecht

Fachliche Verantwortung

Hunziker, Zarn & Partner AG (Kathrin Gambal, Roni Hunziker)
– Geschiebehaushalt
– Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats
– Hydromorphologischer Index der Diversität HMID

Fischwerk (Nicolas Ackermann, Werner Dönni)
– Dynamik der Sohlenstruktur
– Dynamik der Uferstruktur
– Veränderung des Fischbestandes
– Durchgängigkeit für Fische
– Fotografische Dokumentation

IC Infraconsult AG (Nicole Schiltknecht, Samuel Blatter, David Remund)
– Libellen
– Zeitliches Mosaik und Sukzession
– Landschaftsstrukturmasse
– Besucherzahl

Sieber & Liechti GmbH (Tobias Liechti)
– Libellen

© by

Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, 2024

43513 1/25