KANTON solothurn

Amt für Umwelt

Erfolgskontrolle Aare, Olten bis Aarau

Erhebung Ausgangszustand



01/2015

INHALT

1. VORWORT 7

2. KURZBERICHT 8
2.1 Ausgangslage und Konzept 8
2.2 Geschiebehaushalt 10
2.3 Qualität und Korngrössenverteilung des Substrates 11
2.4 Hydromorphologischer Index der Diversität (HMID) 12
2.5 Dynamik der Sohlenstruktur 13
2.6 Dynamik der Uferstruktur 15
2.7 Veränderung des Fischbestandes 18
2.8 Durchgängigkeit für Fische 19
2.9 Libellen 20
2.10 Zeitliches Mosaik und Sukzession 20
2.11 Landschaftsstrukturmasse 23
2.12 Besucherzahl 23
2.13 Fotografische Dokumentation 24
2.14 Gesamtdiskussion 24

3. EINLEITUNG 25
3.1 Konzept 25
3.2 Basiserhebungen 28
3.3 Bewertung 29

4. GESCHIEBEHAUSHALT 31
4.1 Beschrieb 31
4.2 Methode Erhebung und Auswertung 31
4.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 32
4.4 Resultate 32
4.5 Kurzdiskussion 36

5. QUALITÄT UND KORNGRÖSSENVERTEILUNG DES SUBSTRATS 38
5.1 Beschrieb 38
5.2 Methode Erhebung und Auswertung 38
5.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 39
5.4 Resultate 39
5.5 Kurzdiskussion 43

6. HYDROMORPHOLOGISCHER INDEX DER DIVERSITÄT (HMID) 44
6.1 Beschrieb 44
6.2 Methode Erhebung und Auswertung 46
6.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 47
6.4 Resultate 48
6.5 Kurzdiskussion 52

7. DYNAMIK DER SOHLENSTRUKTUR 54
7.1 Beschrieb 54
7.2 Methode Erhebung und Auswertung 55
7.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 56
7.4 Resultate 57
7.4.1 U2 Seitengerinne Schachen Winznau 57
7.4.2 U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 59
7.4.3 U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien 62
7.5 Kurzdiskussion 64

8. DYNAMIK DER UFERSTRUKTUR 65
8.1 Beschrieb 65
8.2 Methode Erhebung und Auswertung 65
8.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 66
8.4 Resultate 67
8.4.1 U2 Seitengerinne Schachen Winznau 67
8.4.2 U4 Uferstrukturierung Schachen Niedergösgen 68
8.4.3 U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 69
8.4.4 U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien 70
8.5 Kurzdiskussion 71

9. VERÄNDERUNG DES FISCHBESTANDES 74
9.1 Beschrieb 74
9.2 Methode Erhebung und Auswertung 74
9.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 75
9.4 Resultate 76
9.5 Kurzdiskussion 83

10. DURCHGÄNGIGKEIT FÜR FISCHE 85
10.1 Beschrieb 85
10.2 Methode Erhebung und Auswertung 85
10.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszustand 86
10.4 Resultate 86
10.4.1 U2 Seitengerinne Schachen Winznau 86
10.4.2 U4 und U5 Niedergösgen 90
10.4.3 U6 Rückbau Ballyschwelle 96

10.5 Kurzdiskussion 99

11. LIBELLEN 100
11.1 Beschrieb 100
11.2 Methode Erhebung und Kurzdiskussion 100
11.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 101
11.4 Resultate 102
11.5 Kurzdiskussion 103

12. ZEITLICHES MOSAIK UND SUKZESSION 105
12.1 Beschrieb 105
12.2 Methode Erhebung und Auswertung 105
12.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 107
12.4 Resultate 107
12.5 Kurzdiskussion 112

13. LANDSCHAFTSSTRUKTURMASSE 115
13.1 Beschrieb 115
13.2 Methode Erhebung und Auswertung 115
13.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 117
13.4 Resultate 117
13.5 Kurzdiskussion 120

14. BESUCHERZAHL 122
14.1 Beschrieb 122
14.2 Methode Erhebung und Auswertung 122
14.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 123
14.4 Resultate 123
14.5 Kurzdiskussion 125

15. FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION 126
15.1 Beschrieb 126
15.2 Methode Erhebung und Auswertung 126
15.3 Untersuchungsstrecke und Erhebungszeitpunkt 127
15.4 Resultate 127

16. VERGLEICH U2, U5 UND U7 129

17. VERZEICHNISSE 131
17.1 Literaturverzeichnis 131

17.2 Abbildungsverzeichnis 132
17.3 Tabellenverzeichnis 136

A1 UNTERSUCHUNGSPERIMETER

A2 FACHBERICHT FISCHBESTAND

A3 FACHBERICHT LIBELLEN

A4 ZUSATZINFORMATIONEN TERRESTRISCHE LEBENSRÄUME

A5 DEFINITION DER MESOHABITATE

A6 ABFOLGE DER LEBENSRAUMTYPEN

A7 FOTODOKUMENTATION

A8 FLÄCHENANTEILE DER SUBSTRATKLASSEN

A9 KORNGRÖSSENVERTEILUNG

1. VORWORT

Seit etwa Mitte 2014 wird auf dem Aare-Abschnitt zwischen Olten und Aarau das Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekt Aare umgesetzt. Dieses Projekt verändert das Landschaftsbild im Aareraum stark, wie vermutlich alle bestätigen, die dieses Gebiet regelmässig zur Naherholung nutzen. Die Realsierung der noch ausstehenden Baulose wird weitere Umgestaltungen zur Folge haben. Auch die Bauarbeiten im Zusammenhang mit den Neukonzessionierungen der beiden Wasserkraftwerke Aarau und Gösgen werden dem Raum nochmals ein anderes Gesicht geben.

Alle drei Projekte sollen einerseits den Menschen dienen: den Hochwasserschutz verbessern, den Erholungsraum attraktiver gestalten und CO_2-freie Energie erzeugen. Andererseits haben sie aber auch das Ziel, die Bedingungen für einheimische Tiere und Pflanzen zu verbessern. Deshalb werden im Rahmen der Projekte auch neue, wertvolle, vom Wasser geprägte Lebensräume geschaffen und die Qualität bestehender Lebensräume verbessert.

Die Bauherren der drei Projekte, die zuständigen Aargauer und Solothurner Behörden, die vielen involvierten Fachleute und Organisationen erwarten, dass sich die sorgfältig geplanten gewässerökologischen Massnahmen positiv auf die Entwicklung der einheimischen Fauna und Flora auswirken. Ob sich diese Erwartungen auch tatsächlich erfüllen, soll mit einer Erfolgskontrolle, die die Kantone Solothurn und Aargau koordinieren, überprüft werden. Mit der Erfolgskontrolle werden auch Grundlagen bereitgestellt, um später allfällige Korrekturen vorzunehmen, wenn sich die erwarteten Erfolge nicht einstellen.

Die Erfolgskontrolle basiert auf einem einfachen Konzept: Wichtige ökologische Merkmale des Aareraums zwischen Olten und Aarau werden mit Hilfe von „geeigneten" Indikatoren erfasst. Veränderungen sollen gestützt auf einen „Vorher-Nachher"-Vergleich dieser Indikatoren quantitativ ermittelt werden. „Vorher" bedeutet, vor Beginn der Bauarbeiten (also spätestens im Jahr 2014); „Nachher" steht für die Untersuchungen nach Abschluss aller Bauarbeiten. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der „Vorher-Untersuchungen" dargestellt.

Das Konzept für die Erfolgskontrolle wurde unter Federführung des Kantons Solothurn erarbeitet. Unterstützt wurde er dabei einerseits von den Umweltfachstellen des Kantons Aargau und andererseits von der ARGE AareErfolg, einer Arbeitsgemeinschaft der Firmen IC Infraconsult AG, Fischwerk und Hunziker, Zarn & Partner AG. Einbezogen in die Erarbeitung wurden auch die Bauherren der drei Projekte, neben dem Kanton Solothurn die IBAarau Kraftwerk AG und die Alpiq Hydro Aare AG. Ferner wurde das Konzept auch mit den Umweltorganisationen diskutiert.

Dieser Bericht bildet die Grundlage für den späteren „Nachher-Vergleich". Er ist in erster Linie eine Sammlung von teilweise komplex definierten Indikatoren und von statistischen Auswertungen. Er richtet sich deshalb primär an ein Fachpublikum, das sich in gewässerökologischen Fragestellungen gut auskennt und das mit der entsprechenden Fachterminologie vertraut ist. Im Kurzbericht wurde versucht, wichtige Ergebnisse der Untersuchungen für weniger spezialisierte Leser und Leserinnen verständlich darzustellen.

Von grösserem Interesse für die Öffentlichkeit wird der erste „Vorher-Nachher-Vergleich" in einigen Jahren sein. Es ist vorgesehen, die Ergebnisse dieses Vergleichs für die Öffentlichkeit leicht verständlich aufzubereiten.

Martin Heeb, Amt für Umwelt, im Oktober 2015

2. KURZBERICHT

2.1 AUSGANGSLAGE UND KONZEPT

Ausgangslage

Auf dem Aareabschnitt zwischen Olten und Aarau werden das Hochwasser- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten bis Aarau realisiert sowie die Wasserkraftwerke Gösgen und Aarau neu konzessioniert. Dadurch ergeben sich verschiedenartige Eingriffe am und entlang des Gewässers und den angrenzenden Lebensräumen.

Das Erfolgskontrollenkonzept (Konzept Erfolgskontrolle Aare Olten bis Aarau vom 12.05.2014, ARGE AareErfolg) wurde synergetisch für alle drei Projekte erarbeitet. Ziel der Erfolgskontrolle ist es, die Wirkung der realisierten Massnahmen der drei Aareprojekte auf die Umwelt zu überprüfen.

Die Erfolgskontrolle umfasst die Erhebung des Ausgangszustands, des Zustands nach Bauende für die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau sowie von zwei Projektzuständen. Der vorliegende Bericht dokumentiert die Aufnahme des Ausgangszustandes im Jahr 2014.

Indikatoren

Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Projektmassnahmen wurden Indikatoren ausgewählt, die Zielerfüllung messen können, bei denen Erhebungen mit vertretbarem Aufwand möglich sind und die im vorgesehenen Zeitraum auch Aussagen liefern können.

Die folgenden 12 Indikatoren wurden definiert:

- Geschiebehaushalt
- Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats
- Hydromorphologischer Index der Diversität (HMID)
- Dynamik der Sohlenstruktur
- Dynamik der Uferstruktur
- Veränderung des Fischbestandes
- Durchgängigkeit für Fische
- Libellen
- Zeitliches Mosaik und Sukzession
- Landschaftsstrukturmasse
- Besucherzahl
- Fotografische Dokumentation

Untersuchungsstrecken

Die Aufnahmen wurden zwischen Olten und Aarau, in den beiden Restwasserstrecken sowie im Stauraum Schönenwerd durchgeführt. Im Konzept wurden im Projektgebiet 9 Untersuchungsstrecken von je 300 m Länge bezeichnet (Abbildung 2-1). Zudem wird die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau aufgrund des erhöhten Abflusses während der Bauphase untersucht. Die Untersuchungsstrecke wurde daher an dieser Stelle auf rund 800 m ausgedehnt. Die Breite für die terrestrischen Aufnahmen orientierte sich an der Lage und Ausdehnung der projektierten Massnahmen.

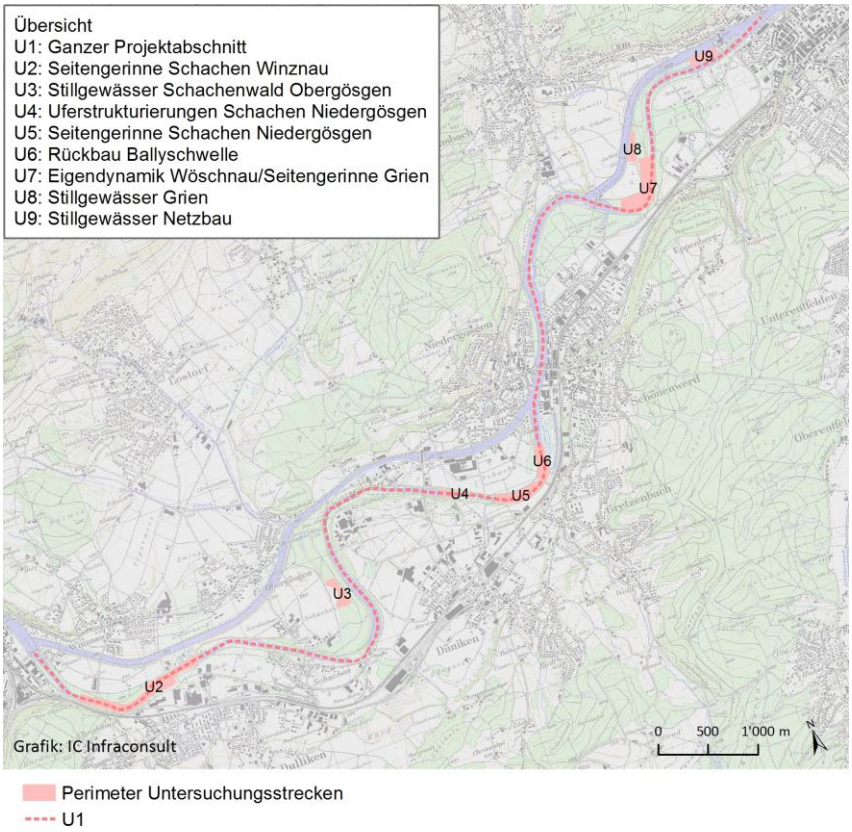


Abbildung 2-1: Standorte der Untersuchungsstrecken für die Erfolgskontrolle (U1 bezieht sich auf den gesamten Flussabschnitt im Perimeter)

Bewertung

Der vorliegende Bericht gibt die Ergebnisse aus der Erhebung des Ausgangszustands wieder. Um die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren vergleichbar zu machen, müssen die unterschiedlichen Einheiten auf einen Wert zwischen 0 und 1 standardisiert werden. Für gewisse Indikatoren kann eine solche Standardisierung nur auf der Basis eines Vorher-Nachher-Vergleichs erfolgen. Für andere ist es ohne Vergleichswerte möglich. Die Ausweisung einer alle Indikatoren umfassenden Gesamtbewertung für den Ausgangszustand ist daher nicht möglich.

2.2 GESCHIEBEHAUSHALT

Das aktuelle Geschiebeaufkommen in der Aare entspricht heute einem Bruchteil des potenziellen natürlichen Geschiebeaufkommens. Kiesentnahmen, die reduzierte Geschiebezufuhr aus den Zuflüssen und der Unterbruch des Geschiebetransportes durch die Aare-Kraftwerke führten zu einer Vergröberung und Abpflästerung der Sohle und dazu, dass nur noch sehr wenig Geschiebe transportiert wird. Zur Beurteilung des aktuellen Geschiebehaushalts ist die gegebene Situation mit den Kraftwerken massgebend. In diesem Zustand ist die erforderliche Fracht gegenüber dem natürlichen Zustand reduziert. Die Untersuchungen im Rahmen der Strategischen Planung Geschiebehauhalt zeigen, dass die aktuelle Geschiebezufuhr (ca. 2'500 m^3/Jahr) immer noch geringer ist, als die aus ökologischer Sicht angestrebte Fracht (3'200 - 5'000 m^3/Jahr).

Die Aare weist heute in der Restwasserstrecke Gösgen weitgehend ein einheitliches Längsgefälle von 1.35 ‰ auf. Nur im Einflussbereich der Ballyschwelle ist das Gefälle geringer. Hier verursacht die Schwelle bei Restwasserabfluss einen Rückstau von ca. 1 km Länge. In der Restwasserstrecke Aarau beträgt das Längsgefälle rund 1.25 ‰.

In der Restwasserstrecke Gösgen kann Geschiebe ab einem Abfluss von ca. 540 m^3/s (Gesamtabfluss) transportiert werden, in der Restwasserstrecke Aarau ab 570 bis 630 m^3/s.

Aufgrund der Bewertung der morphologischen Verhältnisse in den Projektstrecken weist die Restwasserstrecke Aarau leicht bessere Verhältnisse bezüglich Geschiebeaufkommen auf als die Restwasserstrecke Gösgen (Tabelle 2-1).

Beschreibung	Standardisierter Wert	Restwasserstrecke Gösgen	Restwasserstrecke Aarau
Die Geschiebezufuhr ist sehr gering und die Durchgängigkeit ist nicht gegeben, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden kaum statt.	0 bis < 0.2		
Die Geschiebezufuhr und die Durchgängigkeit sind eingeschränkt, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden lokal statt.	0.2 bis < 0.4		
Die Geschiebezufuhr und die Durchgängigkeit sind reduziert, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden begrenzt statt.	0.4 bis < 0.6		
Die Geschiebezufuhr ist etwas geringer als die aus ökologischer Sicht notwendige Fracht, Seitenerosionsprozesse und Umlagerungsprozesse sind vorhanden aber begrenzt.	0.6 bis < 0.8	**0.5**	
Die Geschiebezufuhr ist geringer oder gleich hoch wie die aus ökologischer Sicht notwendige Fracht, Seitenerosionen und Umlagerungsprozesse sind vorhanden.	0.8 bis ≤ 1		**0.8**

Tabelle 2-1: Standardisierte Werte für den Indikator Geschiebehaushalt

2.3 QUALITÄT UND KORNGRÖSSENVERTEILUNG DES SUBSTRATES

Zur Beurteilung der Strukturvielfalt und der Substratzusammensetzung wurden in den Untersuchungsstrecken fünf Substratklassen definiert: Feinsedimente, Feingeschiebe, Geschiebe, Sohlenmaterial und Geschiebe durchmischt sowie Sohlenmaterial abgepflästert.

Die Flächenanteile der fünf Substratklassen sind in allen drei Abschnitten ungleichmässig verteilt. Die sehr grobe und die sehr feine Fraktion sind jeweils mit grossen Anteilen vorhanden, im Gegensatz zu den mittleren Klassen, welche jeweils nur in kleinen Anteilen vorhanden sind. Die Untersuchungsstrecke U2 ist von Feinsedimenten und von abgepflästertem Sohlenmaterial geprägt. Die Untersuchungsstrecke U5 ist geprägt von Feinsedimenten, welche sich oberhalb der Ballyschwelle wegen der dort vorherrschenden sehr geringen Fliessgeschwindigkeiten abgelagert haben. Die Untersuchungsstrecke U7 weist mehrheitlich höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf als die beiden anderen. Dementsprechend ist der relative Anteil an abgepflästertem Sohlenmaterial grösser und der Anteil an Feinsedimenten geringer als in den beiden anderen Abschnitten.

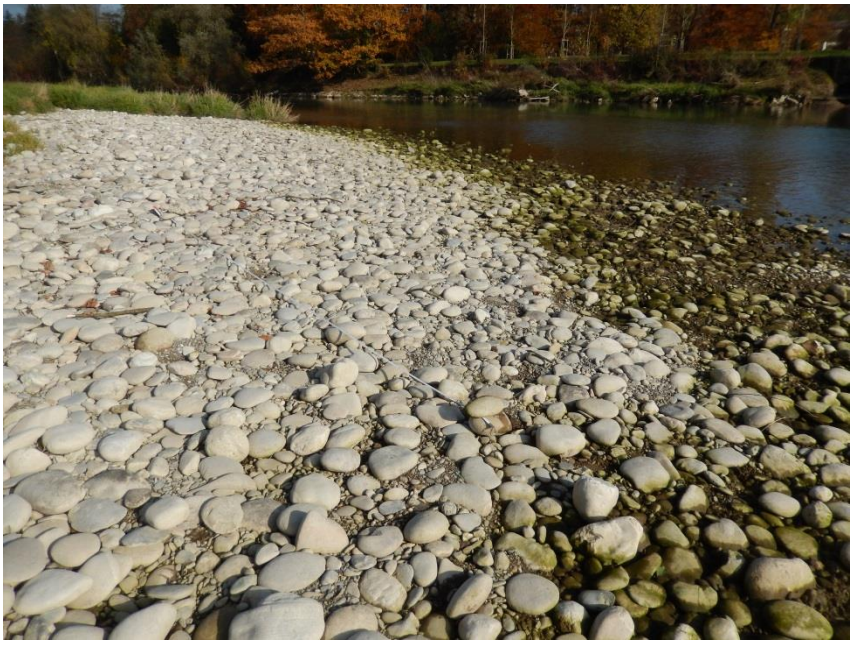


Abbildung 2-2: Erhebung der Korngrössenverteilung in U5
(Foto Hunziker, Zarn & Partner AG, 2014)

Die Auswertung der charakteristischen Korndurchmesser ergibt, dass der mittlere Korndurchmesser der Deckschicht entlang der Aare zwischen 7 und 11 cm liegt. Für das Geschiebe wurde ein mittlerer Korndurchmesser von 2 bis 7 cm ermittelt. Die Gesamtbewertung (Tabelle 2-2) ergibt für die Untersuchungstrecke U2 und U5 einen standardisierten Wert von 0.25 und für U7 von 0.50. Die Untersuchungen dokumentieren insgesamt die teilweise starke Abpflästerung[1] in den Restwasserstrecken.

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

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Überwiegend grobe Sohle, flächendeckend starke Abpflästerung	0.00			
Vorwiegend grobe Sohle, weitgehend abgepflästert, örtlich auch mittleres Substrat	0.25	**0.25**	**0.25**	
Überwiegend grobe Sohle, örtlich auch feines und mittleres Substrat.	0.50			**0.50**
Alle Substratklassen ungleichmässig verteilt, lokale Abpflästerung	0.75			
Alle Substratklassen relativ gleichmässig verteilt, keine Abpflästerung	1.00			

Tabelle 2-2: Standardisierte Werte für den Indikator Qualität der Korngrössenverteilung des Substrats

2.4 HYDROMORPHOLOGISCHER INDEX DER DIVERSITÄT (HMID)

Der HMID ist ein Indikator für die Strukturvielfalt (Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten) eines Gewässers und widerspiegelt die Vielfalt der aquatischen Habitaten. Er schwankt zwischen den Werten 1 (Kanal mit ebener Sohle) und 10 (natürliches Gewässer). Die Ermittlung des HMID erfolgte anhand einer detaillierten Vermessung der Sohlentopographie der Aare im Untersuchungsgebiet und einem zweidimensionalen Strömungsmodell. Die Untersuchungsstrecke U5 weist mit 3.5 den tiefsten HMID auf. Der Grund für diesen schlechten Index ist der Rückstau der Ballyschwelle. Die HMID-Werte der Untersuchungsstrecken U2 und U7 sind hingegen deutlich höher. Sie betragen bei 10 m^3/s Aareabfluss 6.2 resp. 7.0. Die höheren HMID-Werte sind auf die Strömungsvielfalt zwischen Schnellenstrecken und Bereichen mit ruhigen Abschnitten zurückzuführen.

Die Gesamtbewertung (Tabelle 2-3) ergibt für die Untersuchungstrecke U2 einen standardisierten Wert von von 0.62, für U5 0.35 und U7 0.7. Es kommt deutlich zum Ausdruck, dass die Untersuchungsstrecke U5 gegenüber den beiden anderen Untersuchungsstrecken U2 und U7 eine wesentlich geringere Strukturvielfalt aufweist.

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren kaum	0 bis < 0.2			
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren leicht	0.2 bis < 0.4		**0.35**	
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren	0.4 bis < 0.6			
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren stark	0.6 bis < 0.8	**0.62**		**0.70**
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren sehr stark	0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 2-3: Standardisierte Werte für den Indikator HMID für die Restwassermenge 10 m^3/s

2.5 DYNAMIK DER SOHLENSTRUKTUR

Mit diesem Indikator wird das Vorkommen und die Verteilung von aquatischen Lebensräumen („Mesohabitate“) charakterisiert. Mesohabitate sind Flächen, die bezüglich Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substratzusammensetzung in sich einheitlich sind. Dieser Indikator prüft ob die Strukturvielfalt und damit die Vielfalt an aquatischen Habitaten zugenommen hat.

Bei der Kartierung wurden zehn unterschiedliche Strukturen wie zum Beispiel Kolk (Lateralkolk, Stufenkolk), Flachwasser und Schnelle erfasst. Die Untersuchungsstrecken U2 und U7 weisen ein relativ geringes Gefälle auf. Sie zeigen die typische Abfolge von Furten (breiter, flacher und langsam durchflossener Gewässerabschnitt) und Gleiten (Gewässerabschnitt mit grösserer Wassertiefe). Trotzdem – zwischen den Gefällsstufen sind die Abschnitte eher monoton.

Dies hat einerseits mit Rückstau, andererseits mit Verbauungen entlang des Prallhangs zu tun. Eine Ausuferung und damit die Bildung unterschiedlicher peripher gelegener Mesohabitate sind deshalb dort nicht möglich. Es fehlt auch weitgehend das Totholz im Gerinne. Totholz verändert lokal das Strömungsmuster und induziert damit die Bildung unterschiedlicher Mesohabitate (Lateralkolk, Lauf, Hinterwasser, usw.). Zudem würde eine verstärkte Geschiebedynamik zusätzliche Sohlenstrukturen schaffen. Ausgesprochen monoton ist die Untersuchungsstrecke U5. Aufgrund des Aufstaus durch die Ballyschwelle bildet sich eine tiefe, träge fliessende grosse Wanne, die kaum sichtbare Strukturen aufweist.



Abbildung 2-3: Furt in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen (Foto: Fischwerk 13.09.2014)



Abbildung 2-4: Gleite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m^3/s. (Foto: Fischwerk 16.09.2014)

Von den neun unterschiedlichen Sohlenstrukturen kommen in den Untersuchungsstrecken U2 sechs, in U5 zwei und in U7 acht vor. Dank dem Vorkommen von verschiedenen Strukturen erhalten die Strecken U2 und U7 eine mittlere Gesamtbewertung, auch wenn die räumliche Vielfalt der aquatischen Lebensräume nicht ausgeprägt ist (Tabelle 2-4). Die Gesamtbewertung der Strecke U5 wiederspiegelt die geringe Strukturvielfalt der aquatischen Lebensräume in dieser Strecke.

Beschreibung	Anzahl Strukturen je Typ pro Einheitslänge	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Ebene Sohle ohne nennenswerte Strukturen	0 - 1	0 bis < 0.2			
Vereinzelte, räumlich getrennte Strukturen vorhanden	1 - 4	0.2 bis < 0.4		**0.25**	
Verschiedene Strukturen vorhanden	4 - 8	0.4 bis < 0.6	**0.5**		**0.5**
Typische Strukturen einer Furt-Kolk-Sequenz (Schnelle, Furt, Rinne, Becken)	8 -12	0.6 bis < 0.8			
Typische Strukturen einer Lauf-Hinterlauf- oder einer Stufen-Becken-Sequenz vorhanden (Stufe, Schnelle, Furt, Lauf, Becken)	>12	0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 2-4: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Sohlenstruktur

2.6 DYNAMIK DER UFERSTRUKTUR

Dieser Indikator bewertet die Strukturvielfalt der Ufer und damit ob die Vernetzung zwischen dem terrestrischen und dem aquatischen Lebensraum gewährleistet ist. Gemessen wird die Lage der Uferlinie sowie die Verteilung der Uferstrukturen.

Als Grundlage für die Kartierung wurden sieben unterschiedliche Uferstrukturen definiert. Davon kamen in den Untersuchungsstrecken nur fünf vor. Die dominierenden Uferstrukturtypen sind Steilufer, Flachufer, Längsverbauung rau sowie Ast- und Wurzelwerk. Strömungsberuhigte Buchten kommen lediglich in einer Untersuchungsstrecke vor. Ein glatter Längsverbau fehlt. Zwischen 18 und 50 % der Ufer weisen einen rauen Blocksatz auf.

- In der Untersuchungsstrecke U2 war die rechte Uferböschung beinahe vollständig mit Blockwurf verbaut und die einzigen vorkommenden Strukturelemente sind Steil- und Flachufer.



Abbildung 2-5: Verbautes rechtes Ufer in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Foto: Fischwerk, 30.11.2014)



Abbildung 2-6: Flachufer auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Foto: Fischwerk, 03.11.2014)

- Ein Drittel der Uferböschungen der Untersuchungsstrecke U4 ist verbaut und lediglich die Insel weist keine Verbauung auf. Weitere Strukturelemente sind Flachufer, Ast-/Wurzelwerk und Steilufer.



Abbildung 2-7: Die Krone des durch den Biber gefällten Baumes auf der Insel in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen bildet die Uferstrukur ‚Astwerk' (Foto: Fischwerk, 03.11.2014)

- Knapp 20 % der Uferlinie der Untersuchungsstrecke U5 sind mit Blockwurf verbaut, während der grösste Teil als Ast-/Wurzelwerk, Steilufer oder an einer Stelle als Flachufer ausgeprägt ist.

- Knapp ein Fünftel der Uferlänge der Untersuchungsstrecke U7 ist verbaut. Fast die Hälfte der Wasserlinie führt entlang von Steilufern. Flachufer machen einen Viertel aus. Weitere Ufertypen sind Bucht und Ast-/Wurzelwerk.



Abbildung 2-8: Steilufer auf der rechten Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau (Foto: Fischwerk 18.09.2014)

In der Gesamtbewertung (Tabelle 2-5) weisen drei der vier untersuchten Uferstrecken eine mittlere Qualität auf, einzig die Untersuchungsstrecke U5 weist eine etwas grössere Vielfalt an Uferstrukturen auf.

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U4	U5	U7
Beidseitig glatt verbaute, naturferne Ufer, durchgehender Längsverbau	0 bis < 0.2				
Wenige Strukturen vorhanden, Längsverbau nicht durchgehend	0.2 bis < 0.4				
Einige Strukturelemente vorhanden, Längsverbau unterbrochen	0.4 bis < 0.6	**0.50**	**0.50**		**0.51**
Viele Strukturelemente vorhanden, Längsverbau nur stellenweise	0.6 bis < 0.8			**0.67**	
Beidseitig naturnahe Ufer ohne Längsverbauung	0.8 bis ≤ 1				

Tabelle 2-5: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Uferstruktur

2.7 VERÄNDERUNG DES FISCHBESTANDES

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 Fischarten-gemeinschaft zeigen, wieweit die Fischfauna den gewässertypischen Gegebenheiten entspricht, wie gross ihr Reproduktionspotenzial ist und wie gross das Ressourcenangebot und die Habitatvielfalt des Gewässers sind.

Die Fischfauna wird von standortgerechten Arten dominiert. Im Vergleich zur Fischartenzusammensetzung um das Jahr 1900 fehlen aber insbesondere in den Untersuchungsstrecken U5 sowie U7 viele standorttypische Arten. Darunter befindet sich die vom Aussterben bedrohte Nase, welche früher noch häufig vorkam. Die Artenzahl ist in der Strecke U5 am geringsten. Dies dürfte primär auf die starke Monotonie bezüglich der Fliessgeschwindigkeit infolge Rückstau durch die Bally-schwelle zurückzuführen sein. Verglichen mit dem Zustand um 1900 sind auch heute noch die meisten Gilden (Artengruppen mit ähnlichen Anforderungen an ihren Lebensraum) vertreten. Die beiden einzigen Artengruppen, die in keiner Untersuchungsstrecke nachgewiesen worden sind, sind piscivore (Hecht) sowie planktivore (Felchen) Arten. Beide Gilden erscheinen aber in der Fischfangstatistik.

In die Bewertung der drei Untersuchungsstrecken flossen folgende Kriterien ein: Häufigkeit standorttypischer und standortfremder Arten und die Präsenz von Gilden (Artengruppen mit ähnlichen Anforderungen an ihren Lebensraum)(Tabelle 2-6; Tabelle 2-7; Tabelle 2-8). Dabei zeigt sich, dass die Untersuchungsstrecke U5 bezüglich der Natürlichkeit der Fischartenzusammensetzung am schlechtesten abschneidet.

Beschreibung	Anzahl standortgerechte Arten			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
die meisten standortgerechten Arten fehlen				0 bis < 0.2			
viele standortgerechte Arten fehlen		20	17	0.2 bis < 0.4		**0.25**	**0.25**
mehrere standortgerechte Arten fehlen	10			0.4 bis < 0.6	**0.5**		
einzelne standortgerechte Arten fehlen				0.6 bis < 0.8			
keine oder fast keine standortgerechte Art fehlt				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 2-6: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Arten

Beschreibung	Anteil standortfremde Individuen [%]			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
standortfremde Arten dominieren die Gemeinschaft (> 50 %)				0 bis < 0.2			
Beträchtlicher Anteil standortfremde Arten (10 - 50 %)		17.7		0.2 bis < 0.4		**0.25**	
standortfremde Arten zahlreich vorhanden (2 - 10 %)	2.4			0.4 bis < 0.6	**0.5**		
standortfremde Arten als Einzeltiere vorhanden (< 2)			1.7	0.6 bis < 0.8			**0.75**
keine standortfremde Art vorhanden				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 2-7: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten

Beschreibung	Anzahl fehlender standort-typischer Gilden			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
die meisten Gilden fehlen				0 bis < 0.2			
viele Gilden fehlen				0.2 bis < 0.4			
mehrere Gilden fehlen		7	8	0.4 bis < 0.6		**0.5**	**0.5**
einzelne Gilden fehlen	2			0.6 bis < 0.8	**0.75**		
keine Gilde fehlt				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 2-8: Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 27 Gilden vertreten.

2.8 DURCHGÄNGIGKEIT FÜR FISCHE

Die meisten Fischarten suchen im Laufe ihres Lebens eine Vielzahl verschiedener Lebensräume auf und sind somit auf uneingeschränkte Wandermöglichkeiten angewiesen. Für grosse Fische, wie sie in der Aare vorkommen können, ist eine minimale Wassertiefe von 50 cm für die freie Fischwanderung erforderlich. In den Strecken U2 und U4 wird diese Mindestwassertiefe auch bei einem Abfluss von 15 m^3/s nicht durchgehend erreicht. Zudem stellt die Ballyschwelle ein grosses Wanderhindernis dar.

- Entlang der 1.5 km langen Wanderroute in der Untersuchungstrecke U2 liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 11 Stellen unter 50 cm (6.7 % des Talwegs). Die längste Unterschreitung misst auch bei einem Abfluss von 15 m^3/s immer noch 32.7 m.

- Fische, die in den Untersuchungsstrecken U4 und U5 flussaufwärts schwimmen, können die in Fliessrichtung linke oder rechte Route um die Insel wählen. Beide Wege sind 1.3 km lang. Entlang dem rechten Talweg liegen die Wassertiefen bei den untersuchten Abflüssen an 2 Stellen unter 50 cm (7.2 % des Talwegs). Entlang dem linken Talweg liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 5 Stellen unter 50 cm (10.1 % des Talwegs). Die längste Unterschreitung ist bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s 28.2 m (rechter Talweg) respektive 44.3 m (linker Talweg) lang.

- Die Wassertiefen entlang der 0.4 km langen Route der Untersuchungsstrecke U6 liegen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 6 Stellen unter 50 cm (3.7 % des Talweges). Die längste Unterschreitung ist 7.5 m lang.

Die Untersuchungsstrecken sind für den Lachs, aber auch für andere Grossfischarten (z. B. Forellen, Barben) nur mit erhöhtem Energieaufwand passierbar.

Eine Standardisierung der Resultate ist erst auf der Basis eines Vergleichs möglich. Daher wird auf eine Bewertung des Ausgangszustands verzichtet.

2.9 LIBELLEN

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.

Entlang dem von Rohrglanzgras bewachsenen Ufer in der Untersuchungsstrecke U2 fanden sich 8 Libellenarten mit einem Tagesmaximum von 28 Individuen. Die im Wald durch Grundwasser beeinflussten Flutmulden in der Untersuchungsstrecke U3 waren so schattig, dass dort kaum Libellen beobachtet wurden. Es wurde nur ein Individuum der Flussart Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendes* entlang des Waldrands gefunden. Die durch Kiesbänke geprägte Untersuchungsstrecke U7 weist neben verschiedenen nur bei höherem Wasserstand durchflossenen Seitengerinnen auch temporäre Altarme und Flutmulden auf. Jedoch scheinen diese für die Entwicklung vieler Stillgewässerarten zu oft überschwemmt zu werden. Es wurden 9 Libellenarten mit einem Tagesmaximum von 108 Individuen festgestellt. Heute fehlen in der Untersuchungsstrecke U8 Gewässer, jedoch konnten drei Libellenarten mit einem Tagesmaximum von 34 Individuen auf der Insektenjagd entlang dem Waldrand beobachtet werden.

Eine Standardisierung der Resultate aus der Libellenerhebung ist erst auf der Basis eines Vergleichs möglich. Daher wird auf eine Bewertung des Ausgangszustands verzichtet.

2.10 ZEITLICHES MOSAIK UND SUKZESSION

Eine ausgeglichene Verteilung der Lebensräume sowie das Auftreten von Pionier[2]- und Postpionierformationen[3] charakterisiert ein Auensystem, das regelmässig dynamischen Prozessen unterworfen ist. Die Dominanz von ein oder zwei Lebensraumtypen dagegen sowie das Fehlen von Pionier- und Postpionierformationen weist auf ein Auensystem mit wenig ausgeprägten dynamischen Prozessen hin.

Die Auswertung basiert auf der Kartierung der terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen. Anhand der relativen Anteile der einzelnen Lebensraumtypen wurden die Vielfalt mittels Shannons Diversitäts-Index und Shannons Ausgewogenheits-Index (evenness) ermittelt. Entlang von drei senkrecht zum Flusslauf liegenden Transekten wird der Ablauf der Sukzession analysiert und die Ergebnisse werden graphisch dargestellt (Anteile Pionier- und Postpionierformationen).

[2] z. B. Fromental-Brache (*Arrhenatheretea*), Alluvionen mit Vegetation, Auen-Weidengebüsch (*Salicion elaeagni*),
[3] z. B. Flussuferröhricht (*Phalaridion*), Weichholz-Auenwald (*Salicion albae*)



Abbildung 2-9: Auentypische Lebensräume in U2
(Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015)

Die Untersuchungsstrecke U2 zeigt im unteren Drittel eine typische Furt-Gleiten-Sequenz, ist ansonsten aber eher monoton. Auf den Kiesbänken konnte sich ein kleinräumiges, eng verzahntes Mosaik aus Auen-Weidengebüsch, Alluvionen, Flussuferröhricht und Weichholz-Auenwald ausbilden. Auf den etwas höher gelegenen Bereichen schliesst links ein Hartholz-Auenwald, rechts ein standortgerechter Buchenwald an. Die Berechnungen zeigen, dass die einzelnen Lebensraumtypen anteilsmässig fast gleich häufig vorkommen. Auf dem Transekt fehlen jedoch die Pionierformationen.



Abbildung 2-10: Träge fliessende Aare und Weichholz-Auenwald in U5
(Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015)

Ausgesprochen monoton sowohl in aquatischer wie auch in terrestrischer Hinsicht ist die Untersuchungsstrecke U5. Aufgrund des Aufstaus durch die Ballyschwelle bildet sich eine tiefe, träge fliessende grosse Wanne, die kaum sichtbare Strukturen aufweist. Daran schliesst ein mit Krautsäumen und Flussuferröhricht durchzogener Weichholz-Auenwald an. Die Lebensraumtypen kommen anteilsmässig unterschiedlich häufig vor. Auch hier fehlen die Pionierformationen gänzlich.

Die Untersuchungsstrecke U7 wird im Flussraum durch Gefällsstufen, Staukolk und Gleite dominiert. Terrestrisch schliesst im oberen Abschnitt mehr oder weniger nahtlos ein Hartholz-Auenwald an den Flussraum an. Nach der Flussbiegung ist ein typisches, kleinräumiges Mosaik aus standortgerechten Auenlebensräumen ausgebildet. Die Berechnungen zeigen auch hier, dass die Lebensraumtypen anteilsmässig ähnlich häufig vorkommen. Die Anteile von Pionier- und Postpionierformationen sind hier aber fast ausgeglichen.



Abbildung 2-11: Mosaik an Pionier- und Postpionierformationen in U7 (Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015)

Die kartierten Lebensraumtypen und die daraus berechneten Indices zeigen auf, dass in den Untersuchungsstrecken U2 und U7 stärker fluss- und auentypisch geprägte Verhältnisse auftreten als in der Strecke U5. Daraus resultieren standardisierte Werte von 0.6 für die Untersuchungsstrecke U2, 0.4 für U5 und 0.7 für U7 (Tabelle 2-9).

Standardisierte Index-Werte	U2	U5	U7
Shannons Diversitäts-Index	1	0.5	1
Shannons Ausgewogenheits-Index	0.75	0.5	0.75
Anteile Pionier- und Postpionierformationen	0.1	0.1	0.25
Mittelwert	0.6	0.4	0.7

Tabelle 2-9: Standardisierte Werte für den Indikator Zeitliches Mosaik und Sukzession

2.11 LANDSCHAFTSSTRUKTURMASSE

Eine naturnahe Flusslandschaft besteht aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen aus verschiedenen Lebensraumstrukturen. Die Vielfalt, die Grösse, die Form und die räumliche Verteilung dieser Habitate bestimmen massgeblich die Artenzusammensetzung, die Häufigkeit sowie die Vernetzung der Flora und Fauna. Mit Hilfe der Landschafts-strukturmasse wird die Vielfalt und die räumliche Anordnung der Lebensräume erfasst. Die ermittelten Masse stützten sich entweder auf die Flächenanzahl (Diversität), Flächengrösse oder die Randlinienlänge (= Umfang) ab.

Die Resultate zeigen, dass in der Untersuchungsstrecke U5 nur wenige Lebensraumtypen vorkommen, in den beiden anderen Strecken U2 und U7 jedoch mehr als doppelt so viele. Analysiert man die flächenbezogenen Lebensraumvielfalt, dann ist diese für U5 und U7 fast identisch, für U2 jedoch mehr als doppelt so hoch. Im Mittel sind die Flächen in U2 am kleinsten und bei U5 und U7 rund doppelt so gross. In allen drei Untersuchungsstrecken dominieren wenige grosse Einzelflächen. Die Summe der Randlinien ist in der Untersuchungsstrecke U7 am höchsten. Betrachtet man jedoch die Dichte der Randlinien pro Hektare, weist U2 vor U7 und U5 den höchsten Wert auf.

Eine Standardisierung der Resultate aus der Landschaftsstrukturanalyse ist erst auf der Basis eines Vergleichs möglich. Daher wird auf eine Bewertung des Ausgangszustands verzichtet.

2.12 BESUCHERZAHL

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 werden die Besucherzahlen nach Nutzungsart aufgetrennt. So kann unterschieden werden, wie die BesucherInnen den Flussraum zur Erholung nutzen und welche Nutzungsarten anzahlmässig zu- oder abnehmen.

Die Untersuchungstrecke U2 verzeichnete mit einem Durchschnitt von 55 Besuchern pro Tag deutlich weniger Besuche als die Untersuchungsstrecken U6 mit 465 und U9 mit 691 Besuchern. Ein Grund dafür könnte sein, dass sowohl U6 wie auch U9 deutlich näher am städtischen Siedlungsgebiet liegen als U2. In allen Untersuchungsstrecken machten SpaziergängerInnen, VelofahrerInnen und HundehalterInnen den grössten Anteil an den Besuchern aus. Alle anderen Nutzungsarten (z. B. Reiten, Picknicken) waren von untergeordneter Bedeutung.

Eine Standardisierung der Resultate aus den Besucherzählungen ist erst auf der Basis eines Vergleichs möglich. Daher wird auf eine Bewertung des Ausgangszustands verzichtet.

2.13 FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION

Die Untersuchungsstrecken werden im Laufe der Zeit eine unterschiedliche Entwicklung erfahren. Die fotografische Dokumentation wird die optische Entwicklung festhalten und den ökologischen Erfolg einer breiten Öffentlichkeit aufzuzeigen.

In den Untersuchungsstrecken U2, U5, U6, U7 und U8 wurden an insgesamt 16 Fotostandorten Aufnahmen gemacht. Am 18.09.2014 wurde während der Vegetationsperiode bei minimalem Restwasserabfluss fotografiert. Die Aufnahmen zur Dokumentation des Winteraspekts erfolgten am 09.03.2015 an denselben Fotostandorten – ebenfalls bei minimalem Restwasserabfluss.

2.14 GESAMTDISKUSSION

Gesamthaft betrachtet lassen die Ergebnisse aus der Ausgangserhebung den Schluss zu, dass es sich bei der Aare zwischen Olten und Aarau weder um ein stark beeinträchtigtes noch um ein ausserordentlich naturnahes Gewässer handelt. Für alle untersuchten Indikatoren besteht das Potential, durch die Realisation entsprechender Massnahmen höhere Bewertungen zu erzielen.

3. EINLEITUNG

3.1 KONZEPT

Drei Projekte an der Aare

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

Erfolgskontrolle

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.

Indikatoren

Die Indikatoren wurden unter Berücksichtigung der vorgesehenen Projektmassnahmen festgelegt. Es wurden nur Indikatoren vorgeschlagen, welche die Zielerfüllung messen können, bei denen Erhebungen mit vertretbarem Aufwand möglich sind und die im vorgesehenen Zeitraum auch Aussagen liefern können.

Die folgenden Indikatoren wurden definiert:

- Geschiebehaushalt
- Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats
- Hydromorphologischer Index der Diversität (HMID)
- Dynamik der Sohlenstruktur
- Dynamik der Uferstruktur
- Veränderung des Fischbestandes
- Durchgängigkeit für Fische
- Libellen
- Zeitliches Mosaik und Sukzession
- Landschaftsstrukturmasse
- Besucherzahl
- Fotografische Dokumentation

Geltungsbereich

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

Im Projektgebiet wurden 9 Untersuchungsstrecken (Abbildung 3-1) bezeichnet. Die Auswahl der Strecken orientierte sich an den geplanten Massnahmen in den drei Projekten. Die Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau wurde aufgrund des erhöhten Abflusses während der Bauphase untersucht. Auf jeder Untersuchungstrecke wurde ein ca. 300 m langer Abschnitt festgelegt. In der Restwasserstrecke Aarau waren es rund 800 m. Die Breite für die terrestrischen Aufnahmen orientierte sich an der Lage und Ausdehnung der projektierten Massnahmen. Im Anhang A1 sind Detaillansichten der einzelnen Untersuchungsstrecken sowie eine ausklappbare Übersichtskarte zu finden.

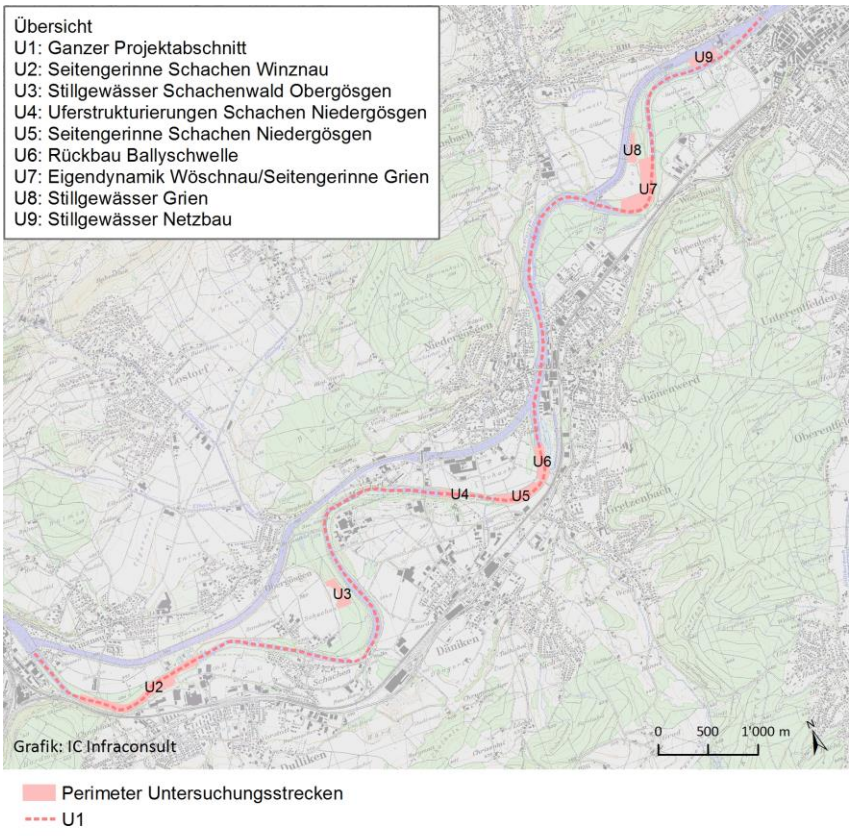


Abbildung 3-1: Standorte der Untersuchungsstrecken für die Erfolgskontrolle (U1 bezieht sich auf den gesamten abgebildeten Flussabschnitt)

Aufnahmeintervalle

Die bauliche Umsetzung der Massnahmen wird sich über mehrere Jahre erstrecken (bis ca. 2019). Anschliessend muss den revitalisierten Flussabschnitten Zeit für die Entwicklung der Strukturen eingeräumt werden. Die Erfolgskontrolle umfasst daher die Erhebung von drei Zeit-Zuständen.

Ausgangszustand (2014)
Dokumentation des Zustandes vor Beginn der Bauarbeiten
(vorliegender Bericht)

Zustand Bauende
Dokumentation des Zustandes unmittelbar nach dem Bau
(nur für Untersuchungsstrecke „U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien“)

1. Aufnahme des Projektzustandes (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)

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

Übersicht

Tabelle 3-1 zeigt die verwendeten Indikatoren, deren Erhebungsort und -zeitpunkt. Eine Aufnahme entspricht der Untersuchung auf einer bestimmten Untersuchungsstrecke zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Anzahl Aufnahmen pro Indikator ergeben sich somit aus der Anzahl der Untersuchungsstrecken und der Anzahl zu untersuchender Zustände .

	Indikatoren	3.1 Geschiebehaushalt	3.2 Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats	3.3 Hydromorphologischer Index der Diversität	3.4 Dynamik der Sohlenstruktur	3.5 Dynamik der Uferstruktur	3.6 Veränderung des Fischbestandes	3.7 Durchgängigkeit für Fische	3.8 Libellen	3.9 Zeitliches Mosaik und Sukzession	3.10 Landschafts-strukturmasse	3.11 Besucherzahl	3.12 Fotografische Dokumentation
Untersuchungsstrecken	U1 Ganzer Projektabschnitt	x											
	U2 Seitengerinne Schachen Winznau		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen								x				
	U4 Uferstrukturierung Schachen Niedergösgen					x							
	U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen		x	x	x	x	x	x		x	x		x
	U6 Rückbau Ballyschwelle							x				x	x
	U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		x	x	x	x	x		x	x	x		x
	U8 Stillgewässer Grien								x				x
	U9 Stillgewässer Netzbau											x	
Erhebungszeitpunkt	Sommer						•		•	•	•	•	•
	Herbst						•						
	Winter												•
	Niederwasser	•	•	•	•	•		•					

Tabelle 3-1: Indikatoren der Erfolgskontrolle mit Erhebungsorten (Untersuchungsstrecken) und Erhebungszeitpunkten

3.2 BASISERHEBUNGEN

Synergien

Die Ergebnisse einiger Indikatoren basieren auf der gleichen Datenbasis. D.h. die im Zuge der gleichen Feldkartierung oder der gleichen Modellierung generierte Daten können für mehrere Indikatoren verwendet werden. Allenfalls sind kleinere indikatorspezifische Zusatzerhebungen notwendig. Die numerisch hydraulischen 2D-Modelle und die terrestrische Lebensraumtypenkartierung dienten als Datenbasis für mehrer Indikatoren.

Numerisch hydraulische 2D-Modelle

Beim numerischen hydraulischen zweidimensionalen Modell handelt es sich um ein Computermodell, welches aufgrund von Terrain- und Abflussdaten die Strömungsrichtung, die Wasserspiegel und die Fliessgeschwindigkeiten berechnet. Numerische Simulationen haben den entscheidenden Vorteil, dass verschiedene Indikatoren ohne aufwändige Feldarbeiten für verschiedene Abflussmengen erfasst werden können [18]. Die Untersuchungsstrecke wurde detailliert vermessen. Aufgrund der aufgenommenen Gerinnegeometrie wurde anschliessend ein Geländemodell erstellt, welches die Basis für das hydraulisches 2D-Strömungsmodell bildet. Für die gewünschten Abflüsse wurden die mittleren Fliessgeschwindigkeiten (tiefengemittelt) und die Wassertiefen berechnet. Das Modell musste etwas länger als die Untersuchungsstrecke gewählt und die ganze Breite der Restwasserstrecke abgebildet werden. Detaillierte Angaben zur Methode finden sich in Kapitel 6.2.

Terrestrische Lebensraumtypen-kartierung

Die Kartierung umfasste Fläche und Lage der einzelnen Lebensraumtypen, die durchschnittliche Vegetationsdeckung (in %) und die Vegetationshöhe (in m). Es wurde die Einteilung nach Delarze & Gonseth [3] angewandt (eine verfeinerte Einteilung als in [24]). Zusätzlich wurde der Typ "Neophytenbestand" erhoben. Auf eine vorgängige Luftbildinterpretation wurde verzichtet. Die Lebensraumtypen wurden anhand der floristischen Zusammensetzung ausgeschieden. Einzeln kartierte Flächen wurden fortlaufen durchnummeriert. Im Anhang A4 befinden sich zusätzliche Informationen zu diesen Einzelflächen (Liste der festgestellten Pflanzenarten (nicht abschliessend) und weitere Angaben zu bestandesbildenden Arten, Substraten und allfälliger Lebensraum-Einschlüssen). Die Informationen sind unter derselben fortlaufenden Flächennummer abgelegt, wie sie auch auf der Abbildung 12-1, der Abbildung 12-2 und der Abbildung 12-3 dargestellt sind.

Die Erhebungen wurden während der Vegetationsperiode am 28.05.2014 und 03.06.2014 durchgeführt.

Die Lebensraumtypen wurden weiter nach Vegetationsbedeckung und Vegetationshöhe unterteilt. Daraus wurde ein dreiteiliger Lebensraumcode generiert [24] (Lebensraumtyp, Vegetationsdeckung, Vegetationshöhe, vgl. Tabelle 3-2). Da aber bereits eine verfeinerte Einteilung bei den Lebensraumtypen gewählt wurde, bildet die Codierung nur wenig zusätzliche Information ab. Nichtsdestotrotz wurde hinsichtlich zukünftiger Vergleichsanalysen beibehalten.

Lebensraumtyp		Vegetationsdeckung		Vegetationshöhe	
1	Alluvionen ohne Vegetation	0	0 - 5 %	0	0 m
2	Alluvionen mit Vegetation	1	5 - 10 %	1	0 - 1 m
3	Flussuferröhricht (*Phalaridion*)	2	10 - 20 %	2	1 - 3 m
4	Auen- Weidengebüsch (*Salicion elaeagni*)	3	20 - 40 %	3	3 - 5 m
5	Weichholz- Auenwald (*Salicion albae*)	4	40 - 60 %	4	> 5 m
6	Hartholz-Auenwald (*Fraxinion*)	5	60 - 80 %		
7	Feuchtwarmer Krautsaum (*Convolvulion*)	6	80 - 100 %		
8	Waldmeister- Buchenwald (*Galio-Fagenion*)				
9	Fromental- Brache (*Arrhenatheretea*)				
10	Neophyten- Bestand				

Tabelle 3-2: Herleitung Lebensraumcode nach Lebensraumtyp, Vegetationsdeckung und Vegetationshöhe (Reproduktion nach [24])

3.3 BEWERTUNG

Ausgangszustand

Der vorliegende Bericht gibt die Ergebnisse aus der Erhebung des Ausgangszustands wieder. Um die Ergebnisse der einzelnen Indikatoren vergleichbar zu machen, müssen die unterschiedlichen Masse auf einen Wert zwischen 0 und 1 standardisiert werden. 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 und somit auch eine Bewertung war möglich für die folgenden Indikatoren:

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

Die Ausweisung einer alle Indikatoren umfassenden Gesamtbewertung für den Ausgangszustand ist daher nicht möglich. Ein Vergleich der standardisierten Werte aus der Ausgangserhebung wurde aber für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 vorgenommen.

Projektzustand

Nach der 1. Aufnahme des Projektzustands erfolgt eine erste Bewertung. Um sie vergleichen zu können, werden Indikatorwerte standardisiert (Wert zwischen 0 und 1). Für gewisse Indikatoren liegen Methoden zur Standardisierung vor [24], für die anderen wird ein spezifisches Standardisierungsverfahren entwickelt. Die Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand werden mit Hilfe einer Vergleichsmatrix ermittelt. Abschliessend wird die Entwicklung der kontrollierten Ziele beurteilt.

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. Welche Massnahmen das sein könnten, lässt sich zum heutigen Zeitpunkt nicht sagen.

4. GESCHIEBEHAUSHALT

4.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Qualitative Beschreibung des Geschiebehaushaltes
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 12, Geschiebe: Geschiebehaushalt
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.
Synergiemöglichkeiten	Die Massnahmen auf dem Projektabschnitt Olten-Aarau müssen im Rahmen der grossräumigen Massnahmen zur Reaktivierung des Geschiebetriebes in der Aare beurteilt werden.
Literatur	[24] und [7]

4.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten	Veränderung der mittleren Sohle in den aufgenommenen Querprofilen
Vorgehen	Auswertung der vom BAFU aufgenommenen Querprofile. Die letzten Profile wurden 2008 aufgenommen. Da das BAFU die Querprofile nur ca. alle 10 Jahre aufnimmt, wird der Indikator Geschiebehaushalt zeitlich unabhängig von den anderen Indikatoren beurteilt. Der Quervergleich mit anderen Indikatoren, z. B. Korngrössenverteilung, ist trotzdem möglich.
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 $A_{Einzugsgebiet}$ (A_{EZG}) Wert. 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 [24].

Zur Bewertung der morphologischen Prozesse werden gemäss [24] 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)?

4.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

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

4.4 RESULTATE

Übersicht Geschiebehaushalt

Der Geschiebehaushalt der Aare ist heute anthropogen stark beeinflusst. Bereits im 20. Jahrhundert wurde die Geschiebezufuhr in die Aare durch Verbauungen und Baggerungen in den Seitenbächen reduziert. Durch den Bau der Kraftwerke wurde der Geschiebetrieb, welcher im natürlichen Zustand in der Projektstrecke rund 13'000 m^3/Jahr betrug, fast vollständig unterbunden. Die Folgen dieses massiven Geschiebedefizites sind eine langsame Erosionstendenz und eine Vergröberung des Sohlenmaterials [14][25].

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. Inwiefern die Massnahmen bereits zu einer Verbesserung des Zustandes geführt haben, ist nicht bekannt. Gemäss [7] werden heute flussabwärts von Olten wieder rund 2'500 m^3/Jahr in der Aare transportiert (Abbildung 4-1).

Durch zusätzliche Massnahmen sollen die Verhältnisse weiter verbessert werden. Im sanierten Zustand wird eine Geschiebemenge in der Projektstrecke von 3'200 bis 5'000 m³/Jahr angestrebt [7]. Es handelt sich dabei um die sogenannte erfoderliche Fracht, welche notwendig ist, damit keine wesentliche Beeinträchtigung des Geschiebehaushaltes vorliegt.

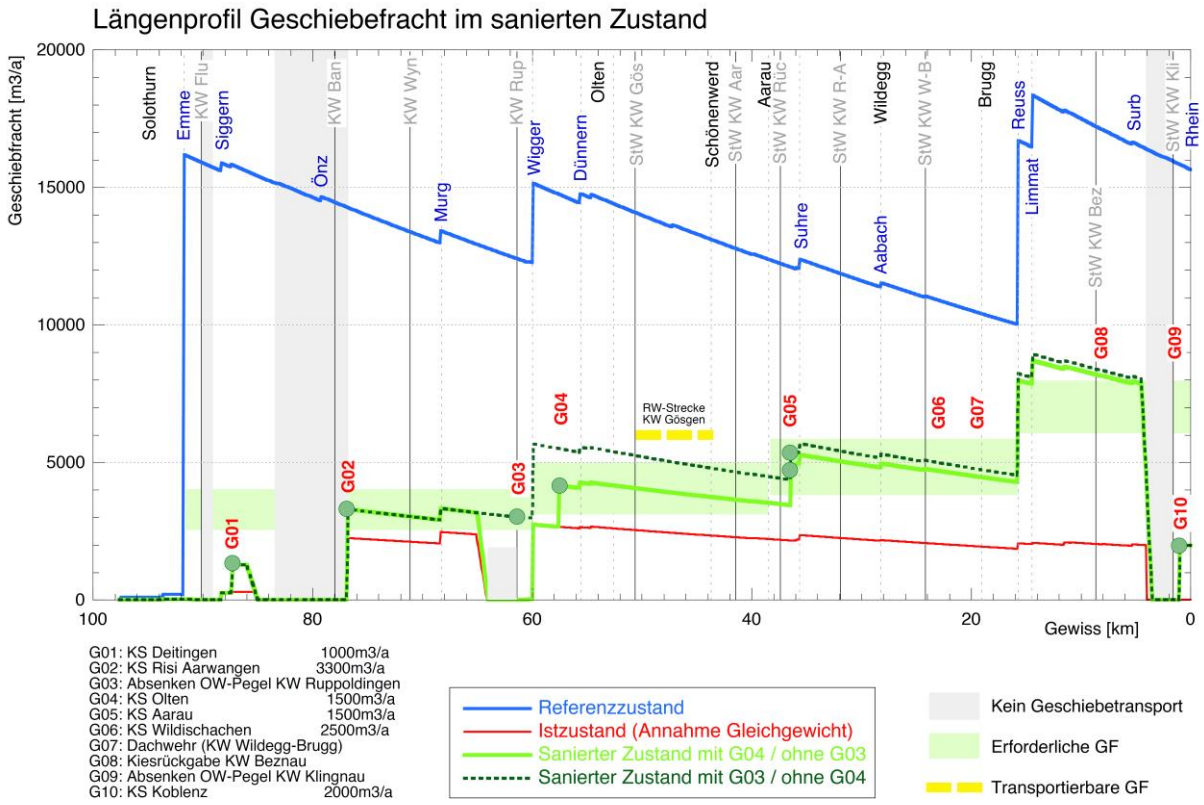


Abbildung 4-1: Längenprofil der Aare mit Geschiebefracht (GF) im Referenzzustand und im Ist-Zustand sowie erforderliche Geschiebefracht im sanierten Zustand (Bild und Legende aus [7])

Restwasserstrecke Gösgen

Die Aare weist heute in der Restwasserstrecke Gösgen ein einheitliches Längsgefälle von 1.35 ‰ auf. Flussaufwärts der Ballyschwelle ist ein deutlicher Aufstau sichtbar. Geschiebe mit einem Korndurchmesser von 3.5 cm kann in der Restwasserstrecke ab einem Abfluss von 160 m^3/s (Gesamtabfluss Aare 540 m^3/s) transportiert werden (Abbildung 4-1). Gemäss [7] besteht für den Geschiebehaushalt keine Beeinträchtigung durch die Kraftwerke Gösgen oder Aarau.

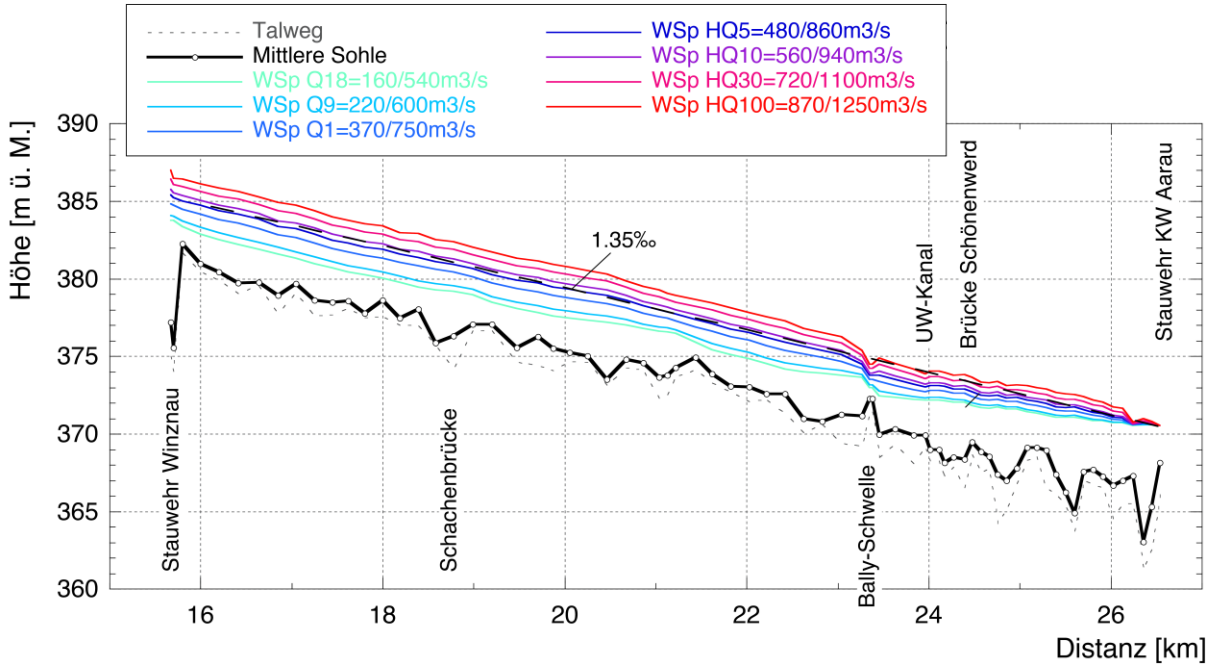


Abbildung 4-2: Längenprofil der mittleren Sohle und des Talweges sowie des Wasserspiegels (WSp) verschiedener Abflüsse in der Restwasserstrecke Kraftwerks Gösgen (Bild und Legende aus [7])

Angegebene Abflüsse mit und ohne Durchfluss des Kraftwerks Gösgen, das über eine Ausbauwassermenge von 380 m^3/s verfügt

Restwasserstrecke Aarau

In der Restwasserstrecke Aarau beträgt das Längsgefälle rund 1.25 ‰. Geschiebe mit einem Durchmesser von 3.5 cm kann ab Abflüssen von ca. 170 bis 230 m^3/s in der Restwasserstrecke (Gesamtabfluss Aare 570 bis 630 m^3/s) transportiert werden (Abbildung 4-3). Gemäss [7] besteht für den Geschiebehaushalt keine Beeinträchtigung in der Restwassserstrecke Aarau durch die Kraftwerke Aarau oder Rüchlig.

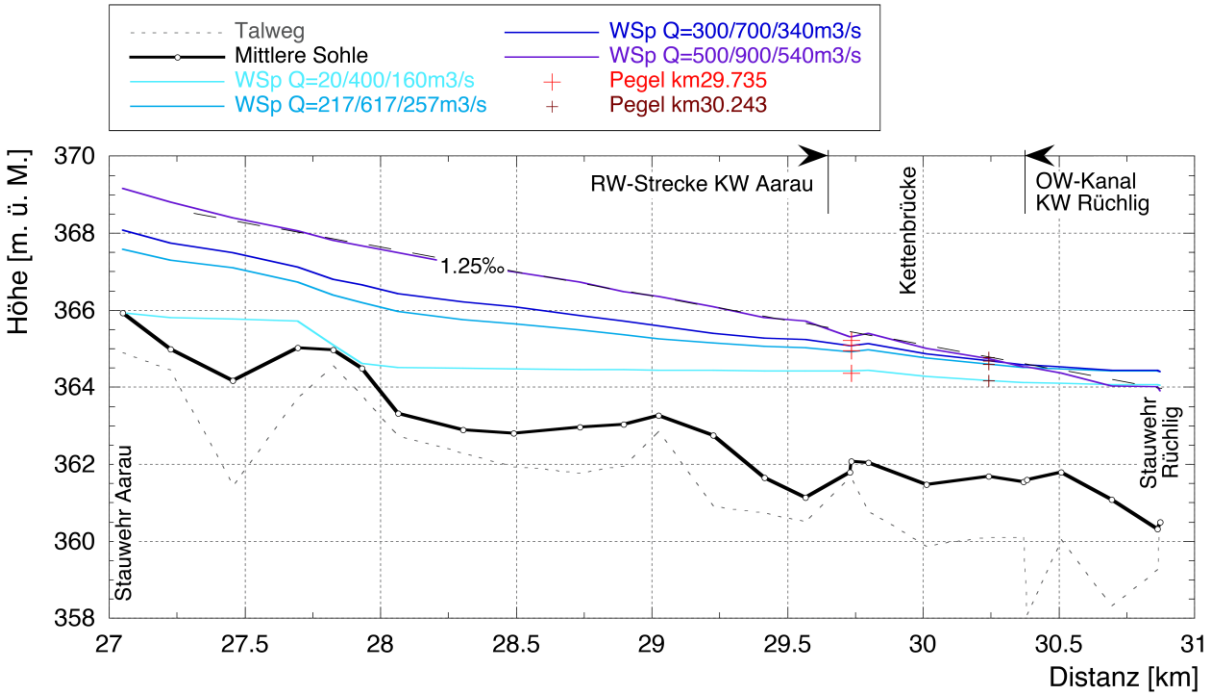


Abbildung 4-3: Längenprofil der mittleren Sohle und des Talweges sowie des Wasserspiegels (WSp) verschiedener Abflüsse in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau (Bild und Legende aus [7])

Angegebene Abflüsse mit und ohne Durchfluss des Kraftwerks Aarau, welches über eine Ausbauwassermenge von 394 m^3/s im Ausgangszustand verfügt
Abflussangaben: Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau, gesamte Aare, Zufluss Stauwehr Kraftwerk Rüchlig

4.5 KURZDISKUSSION

Bewertung Geschiebeaufkommen

Das aktuelle Geschiebeaufkommen in der Aare entspricht einem Bruchteil des potenziellen natürlichen Geschiebeaufkommens. Das Geschiebedefizit führte in der Vergangenheit zu einer Vergröberung und Abpflästerung[4] der Sohlenoberfläche. Der aktuelle Geschiebehaushalt kann aber nicht mehr auf Basis des natürlichen Zustands beurteilt werden, sondern muss die gegebene Situation mit den Kraftwerken berücksichtigen. Gemäss dem Bericht „Sanierungsplanung Geschiebehaushalt" [7] beträgt die aktuelle Zufuhr rund 2'500 m^3/Jahr, die erforderliche Fracht jedoch 3'200 bis 5'000 m^3/Jahr. Die aktuelle Geschiebezufuhr ist also immer noch geringer als die aus ökologischer Sicht angestrebte Fracht. Vergleicht man die beiden Frachten resultiert ein A_{EZG}-Wert von 0.3.

Bewertung Projektstrecke

Die beiden Restwasserstrecken Gösgen und Aarau können wie folgt beurteilt werden:

1. Durchgängigkeit: Gemäss [7] sind die Wehre Gösgen und Aarau für das Geschiebe durchgängig. Der Parameter $A_{Projektstrecke}$ beträgt für beide Strecken 0.1.

2. Seitenerosionsprozesse: In der Restwasserstrecke Gösgen kann Geschiebe durch Seitenerosionsprozesse nur sehr beschränkt mobilisiert werden. In der Restwasserstrecke Aarau befindet sich hingegen unterhalb des Wehres in der Wöschnau auf der rechten Seite ein Prallhang, welcher der Erosion ausgesetzt ist und in welchem Geschiebe mobilisiert wird. Der Parameter $A_{Projektstrecke}$ beträgt 0.0 (Gösgen) resp. 0.2 (Aarau).

3. Geschiebeumlagerung: In den Projektstrecken besteht die Tendenz zu Umlagerungen und Ablagerungen, insbesondere in der Restwasserstrecke Aarau. Der Parameter $A_{Projektstrecke}$ beträgt für 0.1 (Gösgen) resp. 0.2 (Aarau).

4. Sohlenerosion: Gemäss [7] befindet sich die Aare wegen der Abpflästerung der Sohle in einem latenten Gleichgewichtszustand. Es wird darum davon ausgegangen, dass die Sohle aktuell stabil ist und keine Sohlenerosion auftritt ($A_{Projektstrecke}$ = 0.0).

5. Defizite im Unterwasser: Im Unterwasser der Projektstrecken wird kein Geschiebedefizit erwartet. ($A_{Projektstrecke}$ = 0.0).

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

Gesamtbewertung

Aufgrund der Bewertung des Geschiebeaufkommens im Einzugsgebiet (A_{EZG}) und der morphologischen Verhältnisse in der Projektstrecke ($A_{Projektstrecke}$) ergibt sich folgende Gesamtbewertung (Tabelle 4-1; Tabelle 4-2). In beiden Restwasserstrecken sind Umlagerungsprozesse vorhanden und die Durchgängigkeit des Geschiebes ist gewährleistet. Im Hinblick auf die erwünschte morphologische Dynamik und eine Verfeinerung des Sohlensubstrates ist jedoch eine erhöhte Geschiebezufuhr notwendig. In der Restwasserstrecke Gösgen müssen zudem Seitenerosionsprozesse gefördert werden.

Bewertungsparameter	Restwasserstrecke Gösgen	Restwasserstrecke Aarau
A_{EZG} Wert	0.3	0.3
A_{PS} Durchgängigkeit	0.1	0.1
A_{PS} Seitenerosionsprozesse	0.0	0.2
A_{PS} Geschiebeumlagerungen	0.1	0.2
A_{PS} Sohlenerosion	0.0	0.0
A_{PS} Defizit im Unterwasser	0.0	0.0
Standardisierter Wert	0.5	0.8

Tabelle 4-1: Herleitung Standardisierter Wert für den Indikator Geschiebehaushalt

Beschreibung	Standardisierter Wert	Restwasserstrecke Gösgen	Restwasserstrecke Aarau
Die Geschiebezufuhr ist sehr gering und die Durchgängigkeit ist nicht gegeben, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden kaum statt.	0 bis < 0.2		
Die Geschiebezufuhr und die Durchgängigkeit sind eingeschränkt, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden lokal statt.	0.2 bis < 0.4		
Die Geschiebezufuhr und die Durchgängigkeit sind reduziert, Erosionsprozesse und Umlagerungen finden begrenzt statt.	0.4 bis < 0.6		
Die Geschiebezufuhr ist etwas geringer als die aus ökologischer Sicht notwendige Fracht, Seitenerosionsprozesse und Umlagerungsprozesse sind vorhanden aber begrenzt.	0.6 bis < 0.8	**0.5**	
Die Geschiebezufuhr ist geringer oder gleich hoch wie die aus ökologischer Sicht notwendige Fracht, Seitenerosionen und Umlagerungsprozesse sind vorhanden.	0.8 bis ≤ 1		**0.8**

Tabelle 4-2: Standardisierte Werte für den Indikator Geschiebehaushalt

5. QUALITÄT UND KORNGRÖSSENVERTEILUNG DES SUBSTRATS

5.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Qualität und Korngrössenverteilung des Substrates
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 35
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.
Synergiemöglichkeiten	Synergien zum Indikator Geschiebehaushalt
Literatur	[24]

5.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten

Korngrössenverteilungen verschiedener Substratklassen für jede Untersuchungsstrecke, Abschätzung der Flächenanteile verschiedener Substratklassen im Flussbett.

Substratklassen

Die Einteilung der Untersuchungsstrecken in Substratklassen erfolgt nach Tabelle 5-1. Vorhandene Vegetation im betrachteten Gebiet (Bäume, Sträucher, Gras) wird als „inaktive Fläche“ kartiert.

Nr.	Substratklassen	Beschreibung
1	Feinsedimente	Feinsedimente (Sand, Silt, Ton)
2	Feingeschiebe	Feinkies, häufig im Strömungsschatten von Hindernissen abgelagert
3	Geschiebe	Bei kleineren Hochwassern umgelagertes kiesiges Material
4	Sohlenmaterial und Geschiebe gemischt	Bettbildendes, kiesiges Material
5	Sohlenmaterial abgepflästert	Sohle mit Deckschicht, durch Entmischung vergröbert

Tabelle 5-1: Qualitative Beschreibung der Substratklassen [24]

Vorgehen

Messung der Kornverteilung mittels Linienzahlanalysen an 5 Stellen pro Untersuchungsstrecke. Ermittlung der Flächenanteile verschiedener Substratklassen durch visuelle Beurteilung der Flussabschnitte. Datenauswertung mit GIS. Die Begehung der Untersuchungsstrecken fand am 07.11.2014 bei Niederwasser statt.

Auswertung

Auswertung der Linienzahlanalysen nach dem Verfahren von Fehr [6]. Der Feinanteil gemäss [6] 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. Bestimmung des Flächenanteils der verschiedenen Substratklassen [24].

Anschliessend folgt eine Standardisierung der Korngrössenverteilung auf Werte 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[5], wobei andere Substratklassen kaum oder nicht vorhanden sind.

5.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

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

5.4 RESULTATE

Allgemein

In den Anhängen A8 und A9 sind die Karten der Flächenanteile für die Substratklassen für alle drei Untersuchungsstrecken aufgeführt.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die Untersuchungsstrecke U2 ist von Feinsedimenten und von abgepflästertem Sohlenmaterial geprägt.

Die am Ende des Untersuchungsperimeters vorhandenen Kiesbänke führen zu einem leichten Aufstau und einer Strömungsberuhigung nahezu im gesamten Abschnitt. Infolge der tiefen Fliessgeschwindigkeiten kommt es zur Ablagerung von Feinsedimenten im Sohlenbereich. Die durchgehende Uferbefestigung am rechten Prallhang verhindert lokale Erosionen und die Ablagerung von Geschiebe, weshalb die Substratklasse 3 (Geschiebe) kaum vorhanden ist. Am Gleithang fördert der hohe Sandanteil das Aufkommen einer stark ausgebildeten Vegetation, welche grösstenteils bis ans Wasser reicht. Durch die Vegetation wird das Ufer stabilisiert. Wegen der geringen Fliessgeschwindigkeiten kann der vorhandene Feinkornanteil bei Niederwasserabflüssen nicht weiter transportiert werden.

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

Im obersten Bereich der Untersuchungsstrecke, zu Beginn der Kurve, befindet sich am linken Gleithang eine Kiesbank, welche sowohl feines als auch gröberes Geschiebe aufweist.

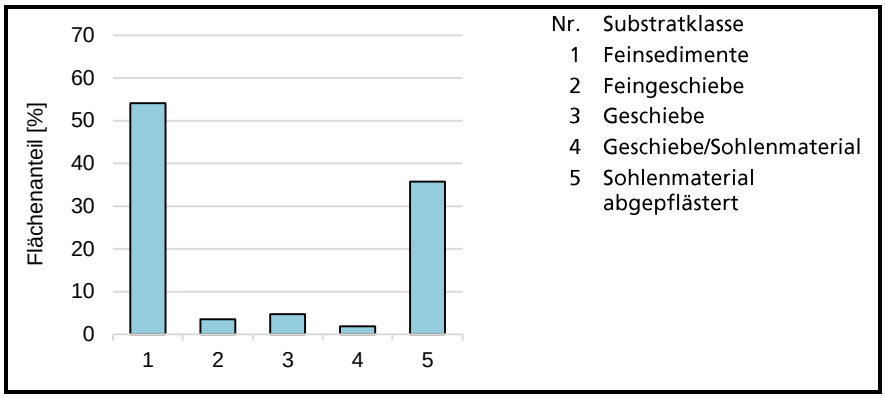


Abbildung 5-1: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U2 Schachen Winznau

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Die Untersuchungsstrecke U5 ist geprägt von Feinsedimenten, welche sich oberhalb der Ballyschwelle wegen der dort vorherrschenden, sehr geringen Fliessgeschwindigkeiten abgelagert haben. An den Ufern wird zudem kein Geschiebe mobilisiert, weil die dichte Vegetation mit ausgewachsenen Laubbäumen die Ufer stabilisiert und Erosionen am Prallhang verhindert.Da der Aufstau bis weit flussaufwärts reicht, finden die Geschiebeablagerungen mehrheitlich ausserhalb der Untersuchungsstrecke statt.

Im Bereich zwischen der Hängebrücke und der Schwelle findet eine Strömungskonzentration statt, was zu höheren Fliessgeschwindigkeiten führt. In diesen Bereichen werden Feinsedimente weiter transportiert, und es ist eine abgepflästerte Sohle vorhanden.

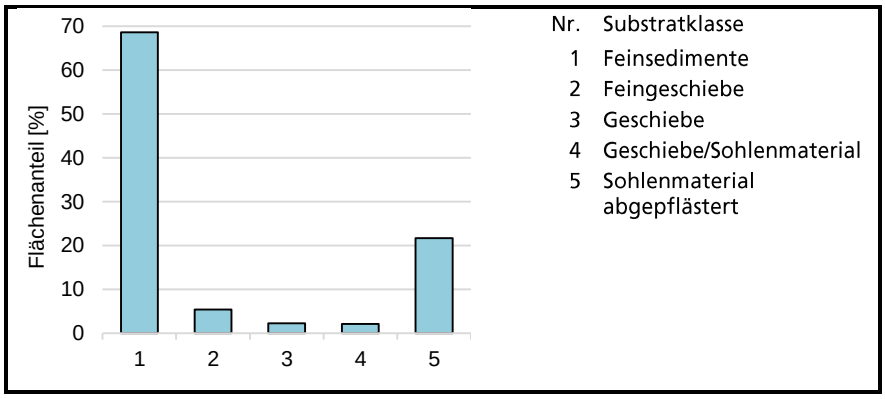


Abbildung 5-2: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U5 Schachen Niedergösgen

U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

Die Untersuchungsstrecke U7 weist durchgehend höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf als die Untersuchungsstrecken U2 (Winznau) und U5 (Niedergösgen). Dementsprechend ist der relative Anteil an abgepflästertem Sohlenmaterial grösser und der Anteil an Feinsedimenten geringer als in den beiden anderen Untersuchungsstrecken.

Der Prallhang ist auf seiner gesamten Länge nicht befestigt und weist eine offene Erosionsfläche auf. Hier wird Geschiebe (Substratklasse 3) mobilisiert. Auf der Gleithangseite befindet sich eine grosse Kiesbank. Im südlichen Bereich derselben gibt es mehrere Seitenarme, welche bei unterschiedlichen Hochwasserabflüssen überflutet werden. Sie weisen Sohlenmaterial der Substratklasse 3 auf.

Zwischen den Seitenarmen befindet sich eine grosse Fläche mit starkem Bewuchs und ausgewachsenen Laubbäumen, welche selten bis nie überflutet wird. Der Seitenarm, welcher sich westlich dieser bewachsenen Fläche befindet, ist teilweise stark überwuchert. Nebst organischer Feinsubstanz gibt es zudem einen Streifen mit Feingeschiebe, welcher nur durch eine Laubschicht überdeckt ist (Abbildung 5-3). Das vorhandene Sohlenmaterial sowie die Topographie weisen darauf hin, dass dieser Seitenarm nur gelegentlich durchflutet wird und ohne grössere Hochwasser einwachsen dürfte.



Abbildung 5-3: Seitenarm westlich der bewachsenen Fläche auf der Kiesbank in der Untersuchungsstrecke U7. Mittig ist der Bereich mit Feingeschiebe (überdeckt mit Laub). Rechts und links davon ist z.T. dichte Vegetation vorhanden. Blickrichtung in Fliessrichtung der Aare
(Foto: Hunziker, Zarn & Partner AG, 2014)

Der Seitenarm östlich der bewachsenen Fläche besteht hingegen grösstenteils aus Geschiebe und Sohlenmaterial und wird regelmässig überflutet. Der Fliessrichtung folgend werden die Substratklassen auf der Kiesbank immer feiner. Feinsedimente sind vor allem im unteren Bereich des Untersuchungsperimeters feststellbar.

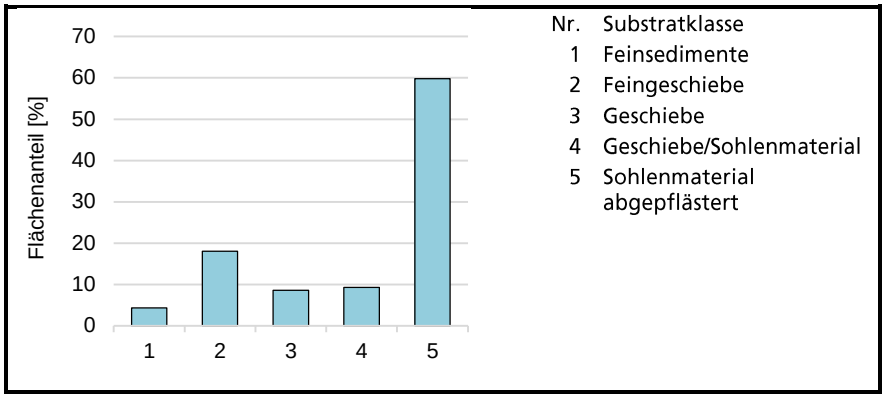


Abbildung 5-4: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

Charakteristische Korngrössen

Die Korngrössenverteilungen wurden in den Untersuchungsstrecken U2 Winznau und U7 Wöschnau jeweils im betrachteten Abschnitt aufgenommen. In der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen konnten wegen fehlenden Kiesbänken keine Kornverteilungen aufgenommen werden. Es wurde daher zusätzlich die Kiesbank direkt unterhalb der Schwelle beprobt.

Die Auswertung der charakteristischen Korndurchmesser (Tabelle 5-2) ergibt, dass der mittlere Korndurchmesser (d_m) der Deckschicht entlang der Aare rund 7 - 11 cm beträgt (Substratklasse 5). Der mittlere Korndurchmesser der Substratklasse 3 (Geschiebe) weist in den Untersuchungsstrecken eine relativ grosse Streuung von 2 - 7 cm auf. Dabei treten die groben Geschiebeanteile hauptsächlich in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau auf. Dieser Abschnitt ist im Vergleich zu den Untersuchungsstrecken U2 und U5 nicht eingestaut und es findet keine Strömungsberuhigung statt. Mit der höheren Fliessgeschwindigkeit in diesem Abschnitt können somit auch grössere Körner bewegt werden, was zu einer allgemein etwas gröberen Korndurchmessern der Substratklassen führt.

Untersuchungsstrecke		d_{30} [cm]	d_m [cm]	d_{90} [cm]	d_{max} [cm]	Substratklasse
U2 Winznau						
	LP1	3.78	8.92	17.59	18.50	5
	LP2	0.56	2.04	4.96	5.50	3
	LP3	6.30	12.81	23.30	23.50	5
U5 Niedergösgen						
	LP1	0.40	1.56	3.85	4.50	2
	LP2	4.74	9.48	16.55	17.50	5
	LP3	1.79	4.40	9.32	10.50	4
	LP4	1.28	2.30	4.01	4.50	3
	LP5	1.36	2.37	4.31	4.50	2
U7 Wöschnau						
	LP1	1.92	3.60	7.12	7.50	2
	LP2	1.31	2.73	5.73	6.50	2
	LP3	1.69	5.47	11.53	14.50	4
	LP4	4.48	6.93	12.51	15.50	5
	LP5	3.58	6.63	12.95	14.50	3

Tabelle 5-2: Charakteristische Korngrössen aus den Linienproben entlang der drei Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7

5.5 KURZDISKUSSION

Flächenanteile

Die Flächenanteile der fünf Substratklassen sind in allen drei Untersuchungsstrecken ungleichmässig verteilt. Die sehr grobe und die sehr feine Fraktion sind jeweils mit grossen Anteilen vorhanden, im Gegensatz zu den mittleren Klassen, welche jeweils nur in kleinen Anteilen vorkommen.

Wegen des geringen Geschiebeeintrages hat sich im Bereich des Talweges eine abgepflästerte Sohle ausgebildet. Diese ist aber oft von Feinsedimenten überlagert, weil die lokalen Aufweitungen resp. die Ballyschwelle zu einem Rückstau bei Nieder- und Mittelwasser und zur Ablagerung des feinen Materials führen. Während eines Hochwassers werden die Feinsedimente vermutlich wieder ausgespült. Unter diesem Aspekt müssen die bei der Beprobung angetroffenen Verhältnisse als Momentzustand bewertet werden. Aufgrund der gegebenen Fliessverhältnisse ist aber anzunehmen, dass dieser Zustand während eines Grossteils des Jahres anzutreffen ist.

Bewertung

Durch die ungleichmässige Verteilung der Substratklassen können in allen drei Abschnitten nur niedrige, standardisierte Werte erreicht werden (Tabelle 5-3). Die Qualität der Korngrössenverteilung ist somit in allen drei Untersuchungsstrecken ungenügend. Für eine gleichmässige Substratklassenverteilung wären erhöhte Anteile an Feingeschiebe und Geschiebe wichtig.

Mit einer ausgeglichenen Substratklassenverteilung würden sich auch die Habitatbedingungen in den Untersuchungsstrecken verbessern, was für die Biodiversität wünschenswert wäre.

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Überwiegend grobe Sohle, flächendeckend starke Abpflästerung	0.00			
Vorwiegend grobe Sohle, weitgehend abgepflästert, örtlich auch mittleres Substrat	0.25	**0.25**	**0.25**	
Überwiegend grobe Sohle, örtlich auch feines und mittleres Substrat.	0.50			**0.50**
Alle Substratklassen ungleichmässig verteilt, lokale Abpflästerung	0.75			
Alle Substratklassen relativ gleichmässig verteilt, keine Abpflästerung	1.00			

Tabelle 5-3: Standardisierte Werte für den Indikator Qualität der Korngrössenverteilung des Substrats

6. HYDROMORPHOLOGISCHER INDEX DER DIVERSITÄT (HMID)

6.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Hunziker, Zarn & Partner AG
Definition	Quantitative Ermittlung der Variabilität der Wassertiefen und der Fliessgeschwindigkeiten
Handbuch EAWAG	Basiert auf den Steckbriefen Nr. 16 und 17 (der Index stammt nicht aus dem Handbuch der EAWAG)
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. Die Fliessgeschwindigkeit und die Wassertiefe in den Restwasserstrecken der Kraftwerke Gösgen und Aarau weisen bereits heute eine relativ hohe Variabilität auf, die aber weit von naturnahen Verhältnissen entfernt ist. Eine hohe Variabilität dieser Parameter gehört zu den wichtigsten gewässerökologischen Projektzielen.
HMID	Der hydromorphologische Index der Diversität (HMID) widerspiegelt die Vielfalt der Lebensräume mithilfe von zwei hydraulischen Variablen: ▪ Fliessgeschwindigkeit v ▪ Fliesstiefe t und zwei statistischen Kerngrössen: ▪ Standardabweichung σ ▪ Mittelwert μ Das Verhältnis zwischen diesen beiden statistischen Werten ist aussagekräftig, um die Variabilität der hydraulischen Variablen zu bestimmen. Der *Variationskoeffizient* C_V wird definiert durch: $$C_V = \frac{\sigma}{\mu}$$ und die Teilvielfältigkeit *V(i)* durch: $$V(i) = (1 + C_{v,i})^2 = \left(1 + \frac{\sigma_i}{\mu_i}\right)^2$$

Der HMID wird für eine Untersuchungsstrecke aus dem Produkt der Teilvielfältigkeitsindizien, der Fliessgeschwindigkeit *v* und der Fliesstiefe *t* berechnet:

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

In [9] wird empfohlen, den HMDI auf den mittleren Jahresabfluss Q_m zu beziehen.

HMID Beispielwerte

Der HMID eines völlig regelmässigen Kanals mit ebener Sohle beträgt 1, da beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit nicht variieren (σ = 0). Je grösser die Variabilität, desto grösser der HMID. Für natürliche Gewässer wird ein Wert um die 10 erwartet. In [9] sind die folgende Beispiele dargestellt (Abbildung 6-1).



Abbildung 6-1: Aufnahmen von verschiedenen Untersuchungsabschnitten in [9] mit HMID-Werten (blau) für den mittleren Jahresabfluss Q_m:
Bünz (oben): (1) durch Jahrhunderthochwasser 1999 geformtes pendelndes System, (2) naturbelassen pendelnd, (3) kanalisiert, (4) revitalisiert
Venoge (Mitte): (1) naturbelassen geradlinig, (2) kanalisiert, (3) kanalisiert, (4) naturbelassen mäandrierend
Sense (unten): (1) naturbelassen verzweigt, (2) naturbelassen in einer Schlucht pendelnd, (3) naturbelassen verzweigt, geringfügig verbaut, (4) rechtsufrig verbaut, linksufrig naturbelassen, (5) kanalisiert

Synergiemöglichkeiten

Die Resultate des Strömungsmodells dienen auch als Grundlagen für die Bewertung der Indikatoren Dynamik der Sohlenstruktur (Kapitel 7), Dynamik der Uferstrucktur (Kapitel 8) und Fischdurchgängigkeit (Kapitel 10).

Bemerkungen

Die Tiefenvariabilität hängt zumindest teilweise von der Wasserspiegelbreitenvariabilität ab. Auch die Kartierung der Sohlenstruktur liefert Angaben zu den Wassertiefen.

Literatur

[9] und [24]

6.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten

Wassertiefen und Fliessgeschwindigkeiten bei verschiedenen Abflüssen mit Hilfe eines 2D-Strömungsmodells.

Vorgehen

Detaillierte Vermessung der Sohlentopographie der Aare im Untersuchungsgebiet und Aufbau eines 2D-Strömungsmodells. Berechnung der Fliesstiefe und der Fliessgeschwindigkeit für 3 Restwasserzustände und anschliessend Auswertung des HMID.

Die Restwasser- und Ausbaumengen im IST- und Projekt-Zustand sind in der Tabelle 6-1 resp. Tabelle 6-2 zusammengefasst.

	IST-Zustand		Projekt-Zustand	
	Restwasser-menge [m³/s]	Ausbauwas-sermenge [m³/s]	Restwasser-menge [m³/s]	Ausbauwas-sermenge [m³/s]
Winter	7.5		15	
Frühling / Herbst	10	380	20	395
Sommer	15		25	

Tabelle 6-1: Restwasser- und Ausbaumengen im IST- und Projekt-Zustand für das Kraftwerk Gösgen

	IST-Zustand		Projekt-Zustand	
	Restwasser-menge [m³/s]	Ausbauwas-sermenge [m³/s]	Restwasser-menge [m³/s]	Ausbauwas-sermenge [m³/s]
Winter	10		12	
Frühling / Herbst	10	394	20	400
Sommer	10		25	

Tabelle 6-2: Restwasser- und Ausbaumengen im IST- und Projekt-Zustand für das Kraftwerk Aarau

Wahl Restwassermenge 10 m³/s

In [9] wird empfohlen, den Index auf Basis des mittleren Jahresabflusses Q_m (des Gesamtabflusses[6]) zu berechnen. In der Projektstrecke handelt es sich dabei um einen theoretischen Fall, quasi ohne Kraftwerksausleitung.

Eine Restwasserstrecke ist jedoch ein Spezialfall, der in [9] nicht vorgesehen ist. In einem solchen Fall schlagen wir vor, nicht den Abfluss des gesamten Gewässers zu verwenden, sondern den tatsächlichen häufig vorkommenden mittleren Abfluss der Restwasserstrecke. Sowohl für das Kraftwerke Gösgen als auch Aarau beträgt dieser im Jahresdurschnitt 10 m³/s. Die zweidimensionalen Simulationen der anderen Restwasserabflüsse (7.5 m³/s und 15 m³/s) dienten hauptsächlich den Indikatoren Dynamik der Sohlenstruktur (Kapitel 7), Dynamik der Uferstruktur (Kapitel 8) und insbesondere die Fischdurchgängigkeit (Kapitel10). Die Berechnungen mit Q_m dienen zum Vergleich mit den Resultaten bei Restwasserabfluss, welcher im vorliegenden Fall massgebend ist.

Erhebung Ausgangszustand

Die Erhebung des Ausgangszustandes erfolgte am 12.06.2014 durch eine Befliegung und Vermessung der Topographie mittels der Technologie LiDAR durch die Firma AHM.

[6] Q_m an der Messstation Murgenthal = 286 m³/s

Beschreibung des Verfahrens[7]: Das flugzeuggestützte LiDAR (Light Detection and Ranging) stellt ein effektives Konzept für schnelle oder wiederkehrende Kartierungen großer Gebiete sowie zur Erhebung hochgenauer und hochaufgelöster Daten dar. Entwicklungen der Universität Innsbruck erlauben die Vermessung von Flachgewässern mit diesem flugzeugsgestützten, wasserdurchdringenden System (Hydromapping, AHM GmbH, www.ahm.co.at). Das System kombiniert die Aufzeichnungen eines Laserscanners, einer Thermobild- und einer Luftbildkamera. Das Laserscansystem arbeitet mit einem Lichtstrahl im grünen Wellenlängenbereich, welcher hochauflösend und hochgenau gleichzeitig die Wasseroberfläche wie auch alle Objekte innerhalb eines Wasserkörpers und der Sohle erfassen kann. Alle Lichtreflektionen werden von einem Empfangsgerät im Flugzeug detektiert und aufgezeichnet.

Die Entfernung zwischen Flugzeug und Punkt A bzw. Punkt B errechnet sich aus den unterschiedlichen Signallaufzeiten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten in Luft und Wasser. Die Wassertiefe wird aus der Differenz zwischen den Punkten A und B ermittelt.

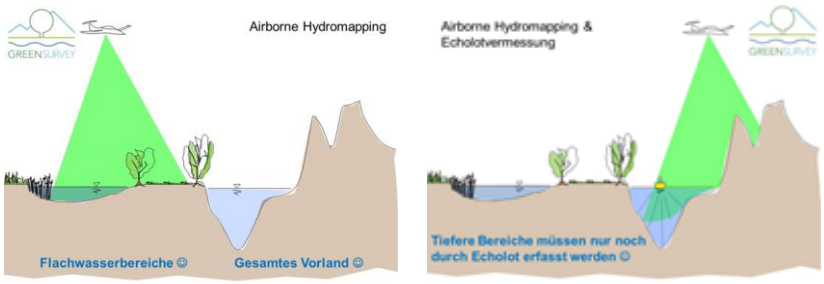


Abbildung 6-2: Beschreibung der Vermessung (Quelle: AHM)

Auswertung

Berechnung des hydromorphologischen Indexes der Diversität (HMID) gemäss [9] und Standardisierung des HMID. Um ein gesamtes Bild mit allen Indikatoren zu erhalten, wird eine Standardisierung durchgeführt. Es wird angenommen, dass der HMID eines natürlichen Zustandes 10 beträgt und daher den standardisierten Wert 1 bekommen würde.

6.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

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

[7] Dieser Abschnitt wurde aus einer Beschreibung des Vermessungsverfahrens der Firma AHM zusammengestellt.

6.4 RESULTATE

Untersuchungsstrecken

Um den HMID zu berechnen, wurden in einem ersten Schritt homogene Abschnitte in den drei Untersuchungsstrecken definiert. Die Unterteilung basiert auf der Mesohabitatkartierung, wie sie in Kapitel 7 dieses Berichtes erläutert wird. Die aus dieser Unterteilungen resultierenden HMID deuteten darauf hin, dass die Streckenlänge einen wesentlichen Einfluss auf den Index hat (je länger die Strecke, desto grösser die Variabilität, desto höher der HMID. Um diesen Effekt zu vermeiden, wurden die Untersuchungstrecken in Abschnitte mit einheitlicher Länge (ca. 100 m) unterteilt (Abbildung 6-3, Abbildung 6-6, Abbildung 6-9).

U2 Winznau

Höhenangaben in Meter über Meer

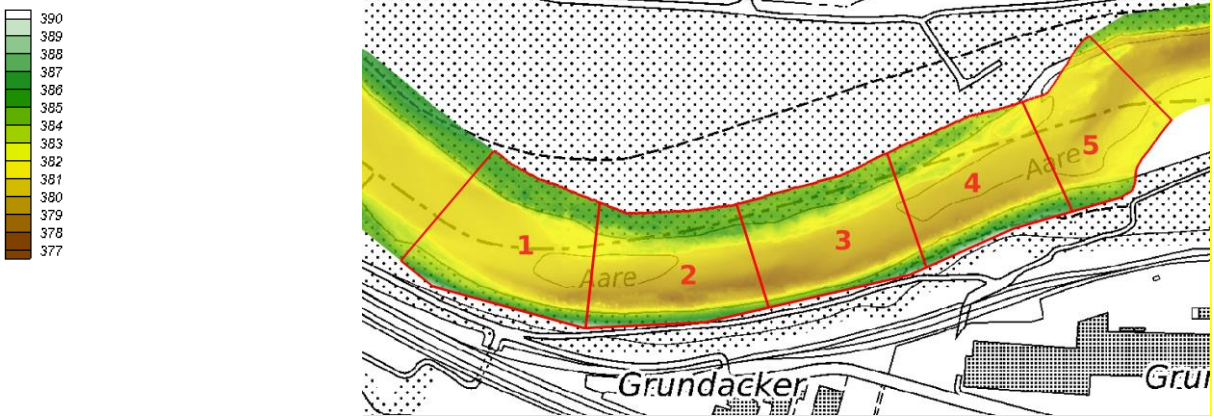


Abbildung 6-3: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau. Höhenangaben in Meter über Meer.

Wassertiefe in Metern

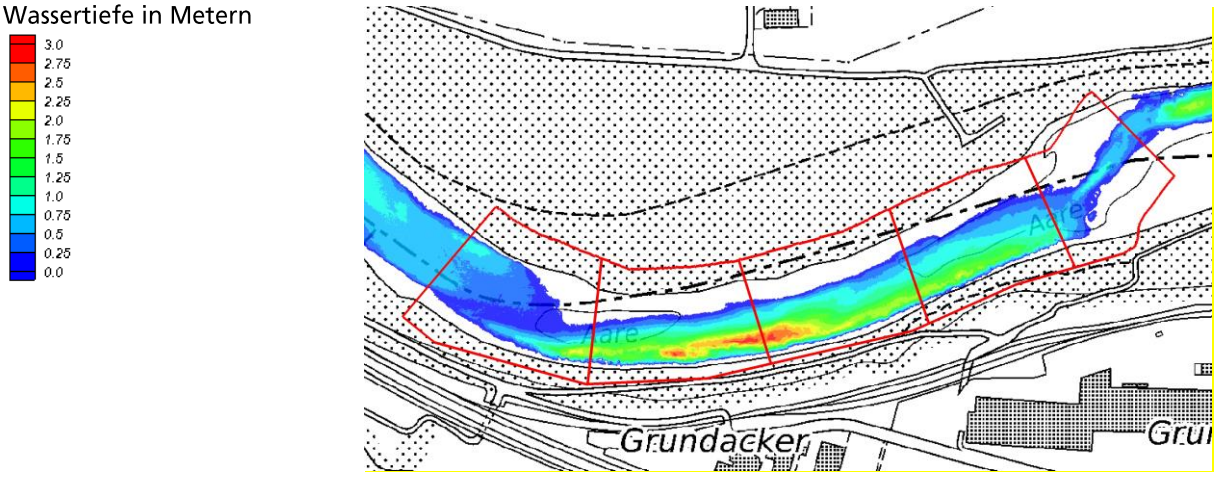
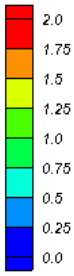


Abbildung 6-4: U2 Winznau, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m^3/s

Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde



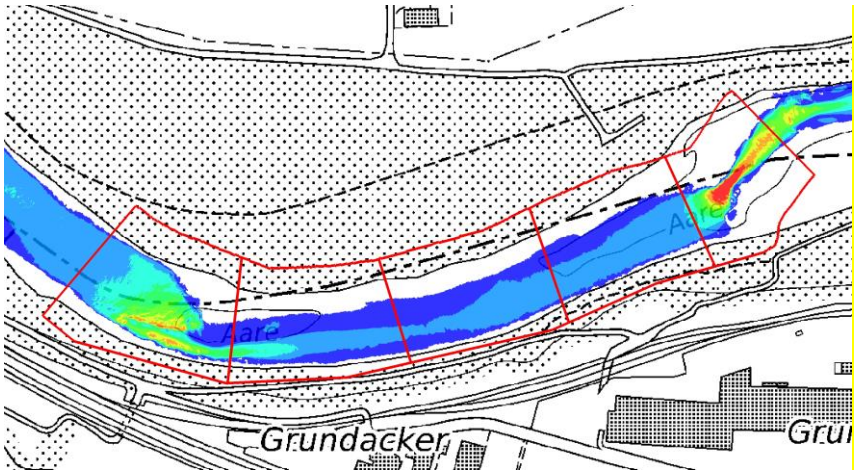


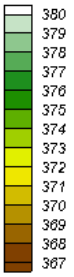
Abbildung 6-5: U2 Winznau, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m³/s

Abflüsse	Abschnitte 1	2	3	4	5	Mittelwert 1 bis 5
7.5 m³/s	8.8	7.7	4.6	4.6	6.1	**6.4**
10 m³/s	7.9	7.8	4.4	4.4	6.5	**6.2**
15 m³/s	6.7	7.7	4.1	4.1	7.3	**6.0**
Mittelwert Restwassermengen	7.8	7.7	4.4	4.4	6.6	**6.2**
Mittlerer Jahresabfluss Q_m 300 m³/s	3.1	3.4	3.6	3.4	2.8	**3.3**

Tabelle 6-3: HMID in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau

U5 Niedergösgen

Höhenangaben in Meter über Meer



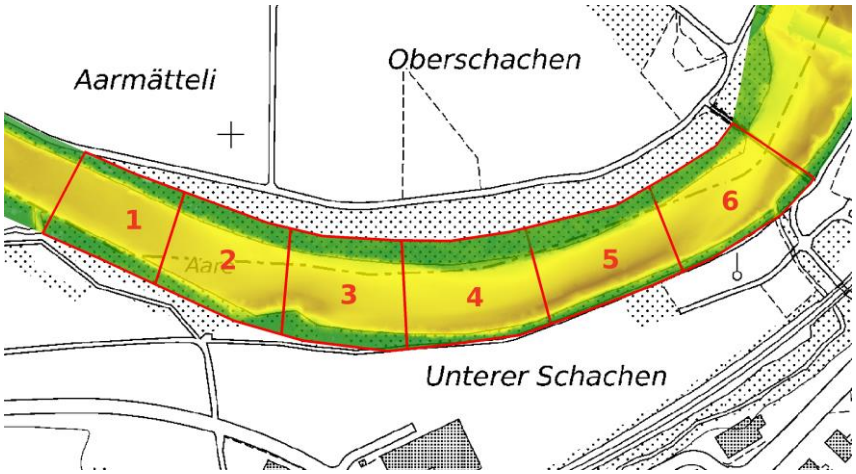


Abbildung 6-6: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen. Höhenangaben in Meter über Meer

Wassertiefe in Metern

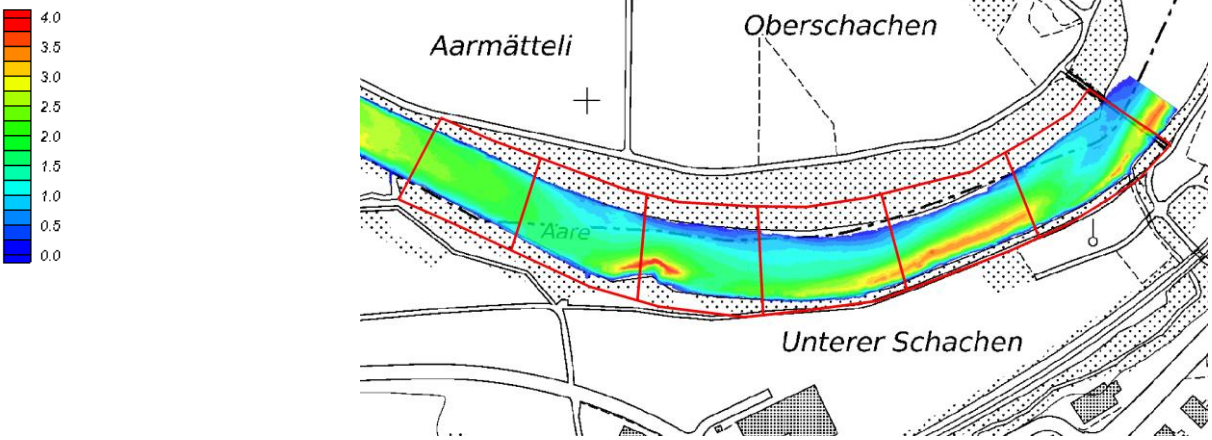


Abbildung 6-7: U5 Niedergösgen, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m³/s

Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde

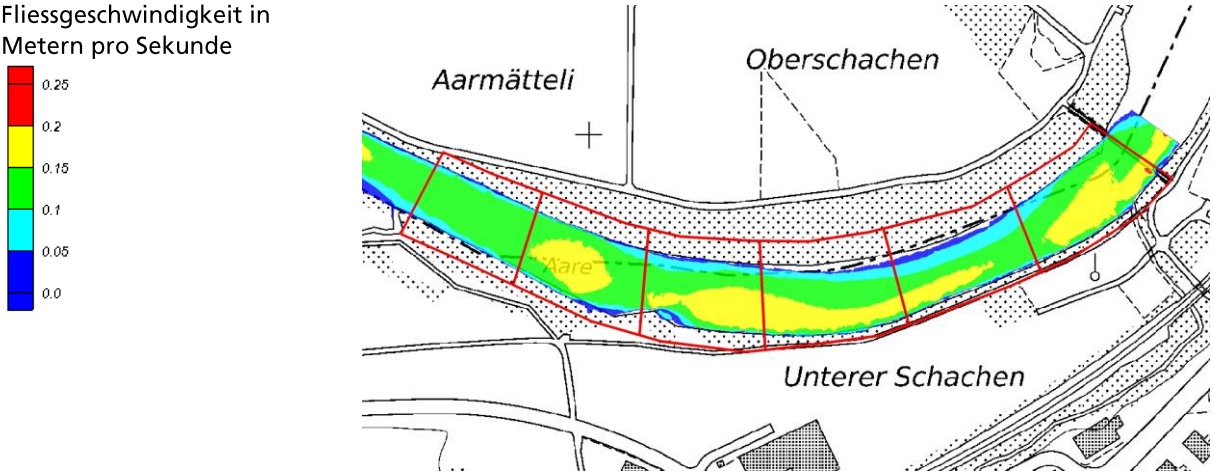


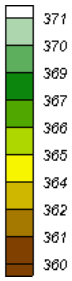
Abbildung 6-8: U5 Niedergösgen, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m³/s

Abflüsse	Abschnitte 1	2	3	4	5	6	Mittelwert 1 bis 6
7.5 m³/s	3.1	4.3	4.0	4.4	3.3	3.3	**3.7**
10 m³/s	2.9	3.9	3.7	4.2	3.1	3.1	**3.5**
15 m³/s	2.8	3.6	3.3	3.8	2.9	2.9	**3.2**
Mittelwert Restwassermengen	2.9	3.9	3.7	4.1	3.1	3.1	**3.5**
Mittlerer Jahresabfluss Q_m 300 m³/s	2.9	2.8	2.8	3.1	2.6	2.6	**2.8**

Tabelle 6-4: HMID in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen

U7 Wöschnau

Höhenangaben in Meter über Meer



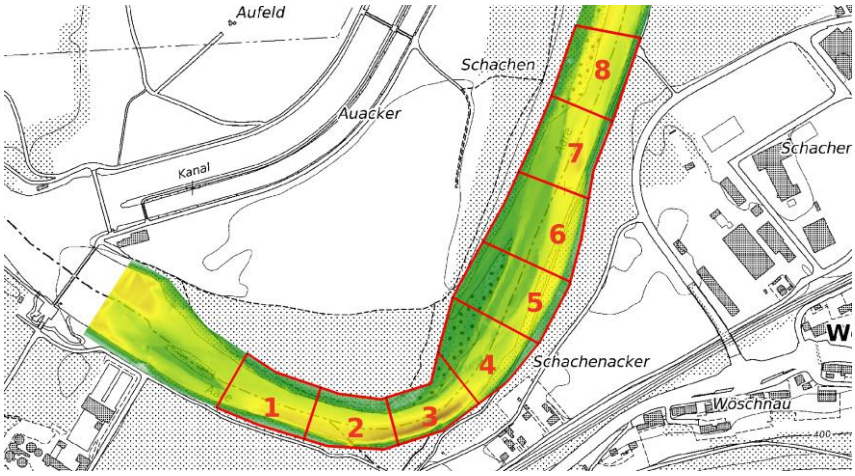
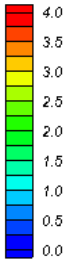


Abbildung 6-9: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau. Höhenangaben in Meter über Meer

Wassertiefe in Metern



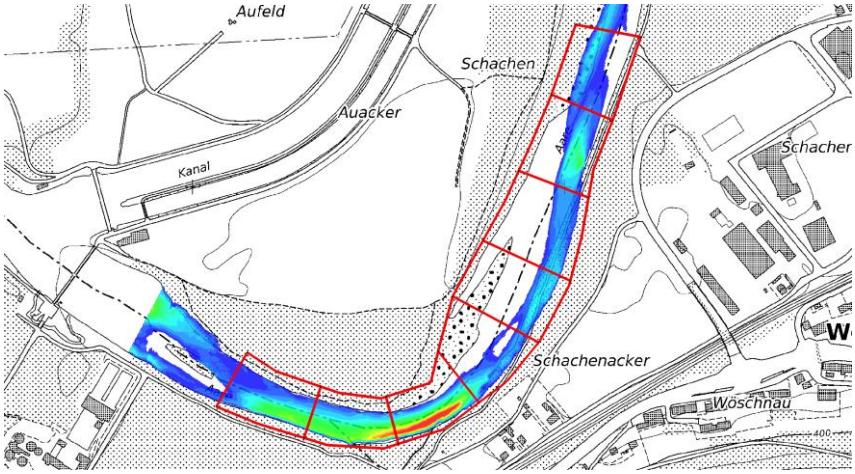
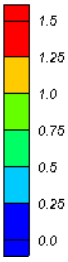


Abbildung 6-10: U7 Wöschnau, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m³/s

Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde



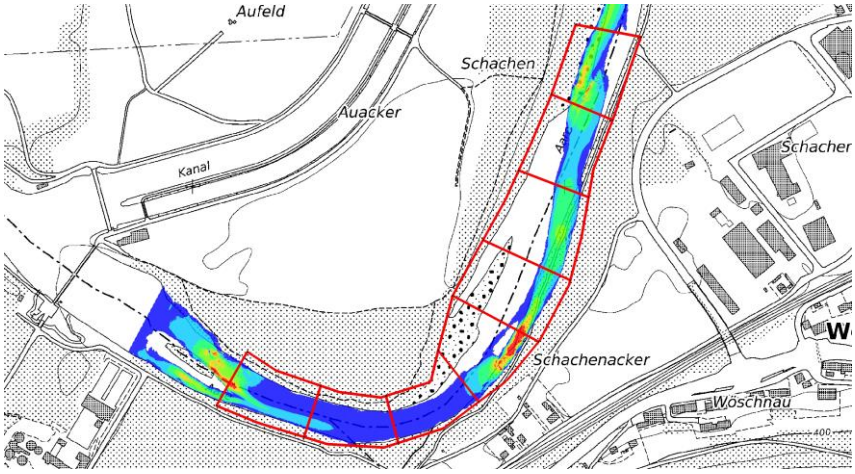


Abbildung 6-11: U7 Wöschnau, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m³/s

Abflüsse	Abschnitte 1	2	3	4	5	6	7	8	Mittelwert 1 bis 8
7.5 m³/s	15.1	5.8	5.9	8.3	6.8	3.6	6.4	7.5	**7.4**
10 m³/s	13.1	6.1	5.6	8.8	6.7	3.4	5.9	6.5	**7.0**
15 m³/s	9.1	5.0	5.2	10.1	6.1	3.3	5.0	5.1	**6.1**
Mittelwert Restwassermengen	12.4	5.7	5.6	9.1	6.5	3.4	5.8	6.4	**6.8**
Mittlerer Jahresabfluss Q_m 300 m³/s	3.6	3.4	4.7	5.6	5.5	5.6	4.5	3.1	**4.5**

Tabelle 6-5: HMID in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau

Zusammenfassung

Untersuchungsstrecke	Restwassermenge 10 m³/s	Mittlerer Jahresabfluss Q_m 300 m³/s
U2 Winznau	6.2	3.3
U5 Niedergösgen	3.5	2.8
U7 Wöschnau	7.0	4.5

Tabelle 6-6: Gemittelter HMID für alle Untersuchungsstrecken für den Restwasserabfluss 10 m³/s und für den mittleren Jahresabfluss Qm 300 m³/s

6.5 KURZDISKUSSION

Allgemein

Die HMID-Werte nehmen für die drei Restwassermengen bis auf ein paar Ausnahmen bei steigendem Abfluss ab. Die wenigen Ausnahmen befinden sich in steileren Abschnitten mit verhältnismässig hohen Geschwindigkeiten (v > 1 m/s).

Der Index ist bei Q_m (300 m³/s) in fast allen Fällen tiefer als für die drei Restwasserabflüsse. Eine deutliche Ausnahme ist der Abschnitt 6 in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau, wo der HMID bei 300 m³/s eindeutig höher ist als für die tieferen Abflüsse. Grund dafür ist die grosse Kiesbank auf der linken Seite, die bei Q_m überflossen wird und eine markante Erhöhung der Strömungsvielfalt generiert.

In dieser Diskussion beziehen sich die HMID-Werte auf 10 m³/s.

U2 Winznau

Die Abschnitte 1 (Engstelle und Kurve, HMID 7.9) und 5 (Schnellenstrecke, HMID 6.5) weisen eine grosse Strömungsvariabilität auf. Hingegen sehen die Abschnitte 3 und 4 viel regelmässiger aus (gerade Strecke mit nur einem, wenig ausgeprägtem Kolk, was zu einer kleineren Strömungsvariabilität führt, HMID 4.4). Der Abschnitt 2 (HMID 7.8) erstreckt sich zwischen dem Ende der Engstelle (Abschnitt 1) und dem monotonen Abschnitt 3. In dieser Übergangsstrecke werden ebenfalls eine hohe Strömungsvariabilität und ein hoher HMID festgestellt.

Bei einem mittleren Abfluss Q_m liegt der HMID zwischen 2.8 und 3.6. Der Index ist bei Q_m in den 5 Abschnitten wesentlich einheitlicher als beim Restwasserabfluss. Dies bedeutet, dass die beiden Schnellenstrecken nur bei sehr tiefen Abflüssen ihre Wirkung zeigen und dass ihr Effekt bei höheren Abflüssen wesentlich schwächer ist.

Der gemittelte HMID beträgt für die Restwasserabflüsse 6.2 und für Q_m 3.3 (siehe Beispiele in der Abbildung 6-1). Dieser tiefe Wert für Q_m weist darauf hin, dass es sich um eine anthropogen beeinflusste, eingeengte Strecke handelt.

U5 Niedergösgen

Diese Strecke liegt im Rückstaubereich der Ballyschwelle. Die Strömung verläuft entsprechend monoton. Der HMID wiederspiegelt dies einerseits durch die tiefen Werte für den Restwasserabfluss (HMID 2.9 bis 4.2) und anderseits durch die geringe Bandbreite dieser Werte.

Beim mittleren Abfluss Q_m ist dieser Effekt zudem verstärkt (HMID zwischen 2.6 und 3.1).

Der gemittelte HMID beträgt für den Restwasserabfluss 3.5 und für Q_m 2.8 (siehe Beispiele in der Abbildung 6-1). Diese sehr tiefen, von der Ballyschwelle verursachten Werte (Rückstau) deuten auf einen naturfremden Zustand hin.

U7 Wöschnau

Diese Strecke weist eine relative hohe Diversität auf. Die ausgeprägte Linkskurve mit ihrem tiefen Kolk auf der rechten und der grossen Kiesbank auf der linken Seite bietet eine abwechslungsreiche Strömung. Der HMID für den Restwasserabfluss variiert zwischen 3.4 und 13.1. Der hohe Wert für den ersten Abschnitt (13.1) ergibt sich aus dem Kontrast zwischen konzentriertem Abfluss mit hoher Fliessgeschwindigkeit resp. kleiner Wassertiefe am Anfang des Abschnittes und dem Abschnittsende mit tiefer Geschwindigkeit und grosser Wassertiefenvariabilität dank dem Kolk am rechten Ufer.

Bei mittlerem Abfluss Q_m liegt der HMID zwischen 3.1 und 5.6.

Der gemittelte HMID beträgt für den Restwasserabfluss 7.0 und für Q_m 4.5 (siehe Beispiele in der Abbildung 6-1).

Bewertung

Die Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen weist für den Restwasserabfluss mit 3.5 den tiefsten HMID auf. Der Grund für diesen schlechten Index ist der Rückstau der Ballyschwelle. Die HMID der Untersuchungsstrecken U2 Winznau und U7 Wöschnau betragen für die Restwassermenge 6.2 resp. 7.0. Die Abwechslung zwischen Schnellen-strecken und Bereichen mit ruhigen Abschnitten führt zu einer wertvollen Strömungsvielfalt und einem deutlich höheren HMID.

Für den mittleren Abfluss Q_m weist die Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen mit 2.8 wegen des Rückstaus der Ballyschwelle den tiefsten HMID auf. Die Untersuchungsstrecke U2 Winznau ist mit einem HMID von 3.3 nur leicht besser. Hingegen weist die Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau dank ihrer Kurve und ihrer grossen Kiesbank eindeutig bessere Werte auf. Der HMID beträgt aber auch hier nur 4.5. Die standardisierten Werte sind in Tabelle 6-7 für jede Untersuchungsstrecke aufgeführt.

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren kaum	0 bis < 0.2			
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren leicht	0.2 bis < 0.4		**0.35**	
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren	0.4 bis < 0.6			
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren stark	0.6 bis < 0.8	**0.62**		**0.70**
Beide Variablen, die Fliesstiefe und die Fliessgeschwindigkeit, variieren sehr stark	0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 6-7: Standardisierte Werte für den Indikator HMID für die Restwassermenge 10 m^3/s

7. DYNAMIK DER SOHLENSTRUKTUR

7.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Quantitative Verteilung der Mesohabitate Mesohabitate sind Flächen, die bezüglich Wassertiefe, Fliessgeschwindigkeit und Substratzusammensetzung in sich einheitlich sind (z. B. Schnelle, Riffel, Flachwasser, Kolk usw.).
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 33, Sohle: Dynamik der Sohlenstruktur Steckbrief Nr. 36, Sohle: 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 Arten-zusammensetzung 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. Das Angebot an unterschiedlichen Habitaten ist bereits heute relativ hoch, entspricht aber nicht naturnahen Verhältnissen. Die Ausbildung dieser Sohlenstrukturen ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Entwicklungsziele.
Synergiemöglichkeiten	Das hydraulische 2D-Modell liefert wichtige Hinweise auf die Verteilung der Mesohabitate. Der Indikator Landschaftsstrukturmasse bezieht die Verteilung der Mesohabitate in die Auswertung mit ein.
Bemerkungen	Die Länge der Untersuchungsstrecke sollte im Idealfall etwa 30x die mittlere Wasserspiegelbreite betragen, was in der Restwasserstrecke einer Flusslänge von etwa 900 m entspricht. Die untersuchte Streckenlänge orientierte sich am Massnahmenperimeter.
Literatur	[24]

7.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten

Lage und Fläche der einzelnen Mesohabitate

Vorgehen

Anstatt Sohlenstrukturen wurden die räumlich feiner aufgelösten Mesohabitate kartiert. Die minimale Ausdehnung einer als Mesohabitat zu kartierenden Fläche betrug in der grössten linearen Dimension (Länge, Breite, Diagonale) etwa die mittlere Wasserspiegelbreite. Entlang der Ufer waren 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 weitere Details siehe Anhang A5.

Die Kartierung erfolgte weitgehend im Feld. Die Bedingungen waren an beiden Erhebungsdaten optimal (klares Wasser, kein Wind). Zur Verortung der Mesohabitatflächen wurde ein submetergenaues GPS verwendet. Die Erfassungsgenauigkeit betrug je nach Standort 60-90 cm. Sie wurde durch die Mittelwertbildung von jeweils 3 Messwerten zusätzlich erhöht.

Die Feldkartierung wurde mit den Ergebnissen der 2D-Simulationen verifiziert bzw. in nicht watbaren Bereichen ergänzt. Hierfür wurden den im Feld unterschiedenen Mesohabitaten die berechneten Fliess-geschwindigkeiten und Wassertiefen zugewiesen (Abbildung 7-1). Im Sinne einer Hilfestellung liess sich auf diese Weise die Verteilung der Mesohabitate rechnerisch grob herleiten.

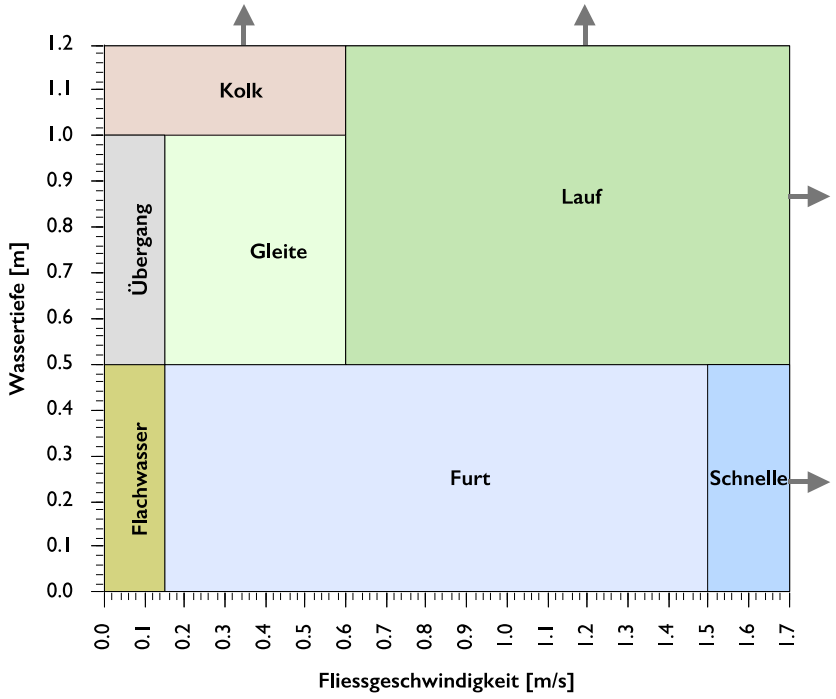


Abbildung 7-1: Den Mesohabitaten zugewiesene Schwellenwerte (verändert nach [24])

Zur Berechnung der mittleren Gerinnesohlenbreite wurden im GIS 25-40 Querprofile vermessen.

Erhebung

Restwasserstrecke KW Gösgen (Untersuchungsstrecken U2 und U5)
16.09.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m³/s (Strecken U2 und U5).
05.11.2014 bei einem Restwasserabfluss von 7.5 m³/s (Strecke U2)

Koordinaten Strecke U2:
unten: 637 536 / 245 372 oben: 637 112 / 245 281

Koordinaten Strecke U5:
unten: 641 912 / 245 985 oben: 641 367 / 245 964

Restwasserstrecke KW Aarau (Untersuchungsstrecke U7)
13.09.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m³/s (Strecke U7)

Koordinaten Strecke U7:
unten: 644 058 / 248 706 oben: 643 554 / 248 237

Die Untersuchungsstrecke U5 wurde nur einmal kartiert, da aufgrund des tiefen, wannenförmigen Gerinnes kaum Unterschiede zwischen den beiden minimalen Restwasserabflüssen zu verzeichnen waren.

Die Untersuchungsstrecke U7 wurde ebenfalls nur einmal kartiert, da der minimale Restwasserabfluss über das ganze Jahr konstant 10 m³/s beträgt.

Auswertung

Die Auswertung basiert auf der Anzahl Strukturen pro Einheitslänge und anschliessender Standardisierung auf Werte zwischen 0 und 1.

Ein Vergleich der Verteilung der Mesohabitate zweier zeitlich versetzter Aufnahmen des Projektzustandes ist erst möglich, wenn die zweite Aufnahme des Projektzustandes vorliegt [24].

7.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

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

7.4 RESULTATE

7.4.1 U2 SEITENGERINNE SCHACHEN WINZNAU

Strukturtypen

Das quantitative Vorkommen und die räumliche Verteilung der Mesohabitate unterscheidet sich zwischen den beiden untersuchten Abflüssen kaum (Tabelle 7-1). Schneller fliessende Mesohabitate dominieren. Die grösste Fläche nehmen die beiden Gleiten ein. Bei den langsam fliessenden Mesohabitaten dominiert der Staukolk entlang des Prallhangs.

Die grösste Vielfalt findet sich in den beiden Gefällstufen an den beiden Enden der Untersuchungsstrecke (Abbildung 7-3). Die untere zeigt eine natürliche Abfolge von Mesohabitaten im Querprofil (Abbildung 7-2). Kiesbank (trocken) – Flachwasser – Furt – Lauf – Furt – Flachwasser – Kiesbank. Diese klassische Mesohabitatverteilung in Fliessgewässer-abschnitten mit moderatem Gefälle findet sich in Ansätzen auch in der oberen Gefällstufe.

Der mittlere Teil ist geprägt durch den starken Rückstau der unteren Gefällstufe. In diesem Abschnitt ist die Vielfalt an Mesohabitaten daher gering. Der Talweg liegt entlang des mit Blockwurf verbauten Prallhangs. Wegen des Rückstaus hat sich an Stelle eines Laufs ein Staukolk entwickelt. Auf der linken Flussseite dominiert eine Gleite.

Sohlenform		Abfluss 7.5 m³/s				Abfluss 10 m³/s			
Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [24]	Anzahl	Anzahl/ Einheits-länge	Fläche [m²]	[%]	Anzahl	Anzahl/ Einheits-länge	Fläche [m²]	[%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Schnelle	Schnelle	1	0.9	160	1	1	0.9	117	1
Lauf	Schnelle	2	1.9	1 467	9	2	1.8	1 309	7
Furt	Furt	5	4.7	1 955	11	4	3.6	2 040	11
Gleite	Rinne	2	1.9	5 476	32	2	1.8	6 394	36
Staukolk	Rinne	1	0.9	4 588	27	1	0.9	5 330	30
Flachwasser	Flachwasser	6	5.6	2 049	12	6	5.5	1 761	10
Hinterwasser	Hinterwasser	1	0.9	13	0.1	0	0.0	0	0
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Kiesbank	Bank	4	3.7	1 500	9	5	4.6	980	5
Summe		22	20.5	17 208	100	21	19.1	17 931	100

Kennwerte	7.5 m³/s	10 m³/s
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	37	37
Länge Untersuchungsstrecke [m]	477	487
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	444	444

Tabelle 7-1: Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U2 bei einem Abfluss von 7.5 m³/s respektive 10 m³/s

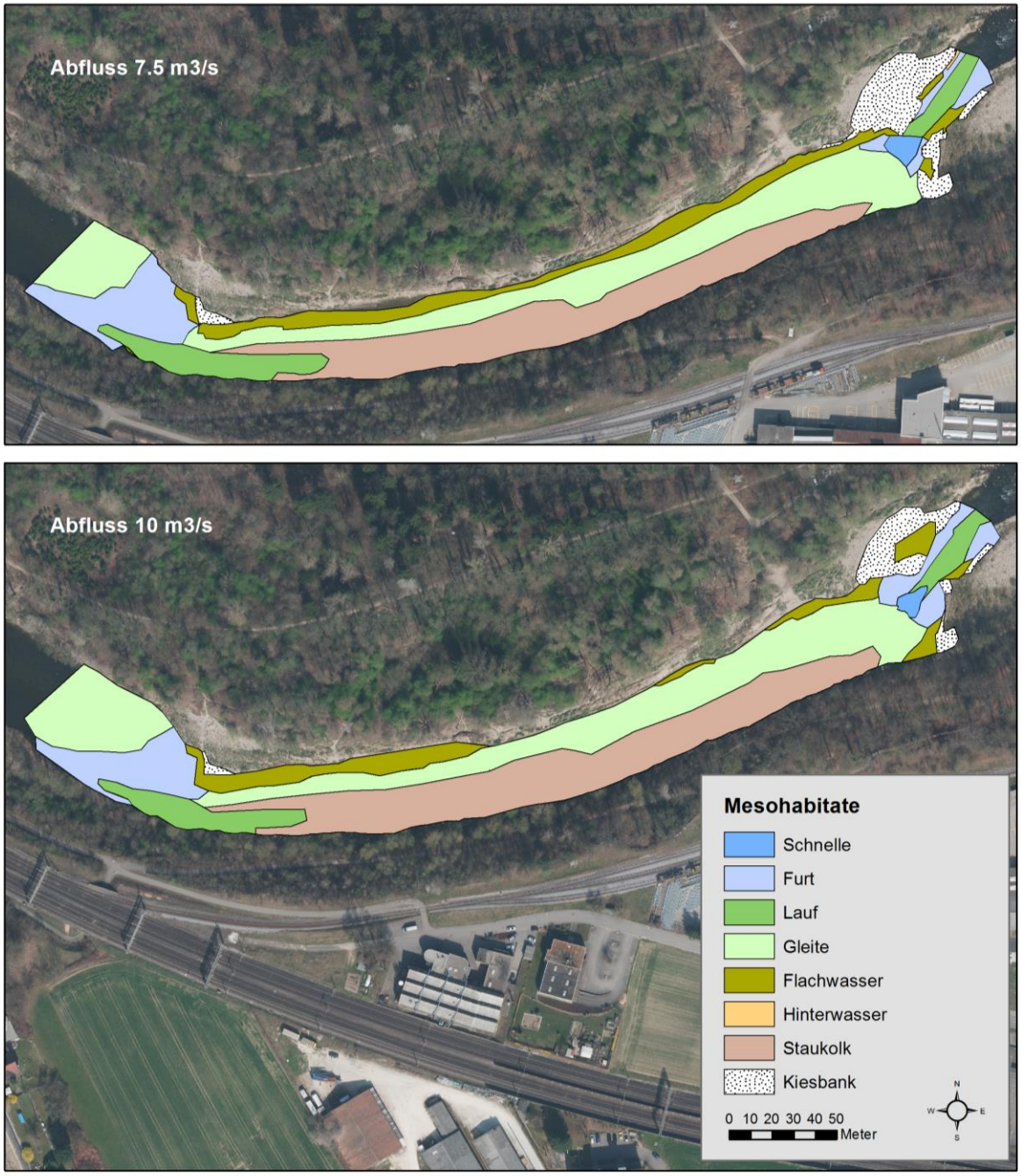


Abbildung 7-2: Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke U2 am 05.11.2014 (Abfluss 7.5 m^3/s) und am 16.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s) (Orthophoto @ SOGIS)

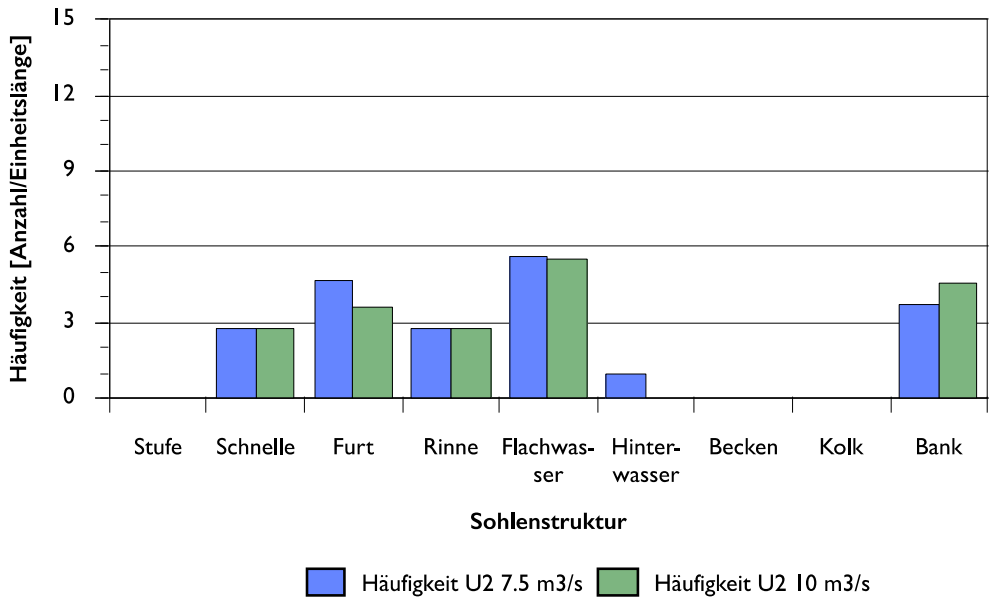


Abbildung 7-3: Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U2

7.4.2 U5 SEITENGERINNE SCHACHEN NIEDERGÖSGEN

Strukturtypen

Die Untersuchungsstrecke weist abgesehen vom ufernahen Totholz kaum Strukturen auf. Der durch den Rückstau der Ballyschwelle entstandene Staukolk nimmt 94 % der Fläche ein (Tabelle 7-2). Daneben kommen lediglich zwei weitere Mesohabitate vor. Flachwasserzonen finden sich typischerweise entlang der Ufer (Abbildung 7-4). Die Gleite gehört wie der Staukolk zur Sohlenstruktur „Rinne“, so dass sich die Anzahl Sohlenstrukturen, die gemäss Steckbrief zur Bewertung verwendet wird, auf zwei reduziert (Abbildung 7-5).

Sohlenform		Untersuchungsstrecke U5				Untersuchungsstrecke U7			
Mesohabitat [1]	Sohlenstruktur [24]	Anzahl	Anzahl/ Einheitslänge	Fläche [m²]	[%]	Anzahl	Anzahl/ Einheitslänge	Fläche [m²]	[%]
Stufe	Stufe	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Schnelle	Schnelle	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Lauf	Schnelle	0	0.0	0	0	4	3.0	3 329	7
Furt	Furt	0	0.0	0	0	5	3.7	5 308	12
Gleite	Rinne	1	0.9	629	2	3	2.2	11 240	25
Staukolk	Rinne	1	0.9	26 402	94	1	0.7	8 783	19
Flachwasser	Flachwasser	8	7.6	939	3	6	4.5	3 035	7
Hinterwasser	Hinterwasser	0	0.0	0	0	4	3.0	345	1
Stufenkolk	Becken	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0
Lateralkolk	Kolk	0	0.0	0	0	1	0.7	276	1
Kiesbank	Bank	0	0.0	0	0	6	4.5	13 389	29
Summe		10	9.5	27 970	100	30	22.4	45 705	100

Kennwerte	U5	U7
mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	47	54
Länge Untersuchungsabschnitt [m]	595	869
Einheitslänge [m] (12 x mittlere Sohlenbreite)	564	648

Tabelle 7-2: Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in den Untersuchungstrecken U5 und U7

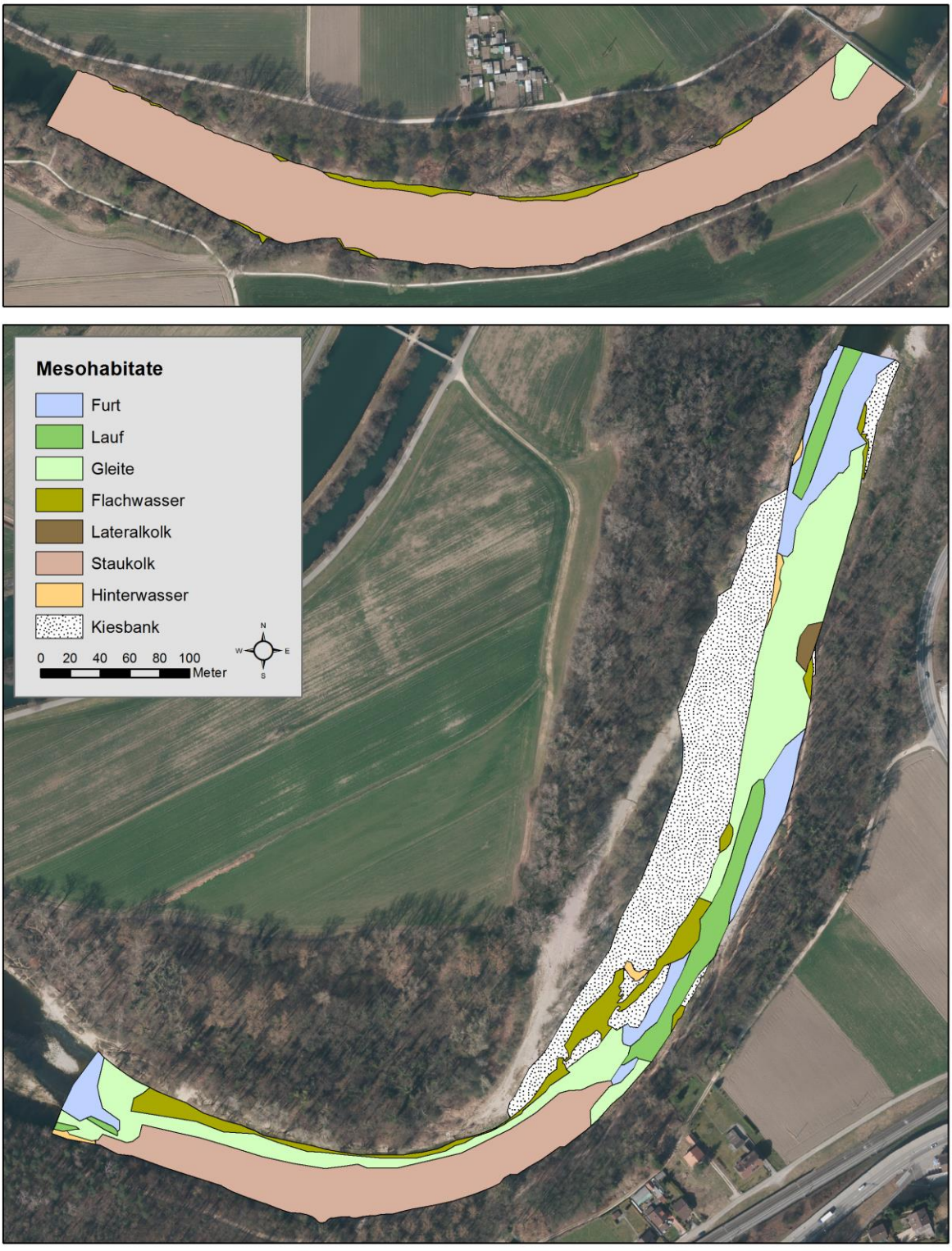


Abbildung 7-4: Verteilung der Mesohabitate in den Untersuchungsstrecken U5 am 16.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s; oben) und U7 am 13.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s; unten) (Orthophoto @ SOGIS)

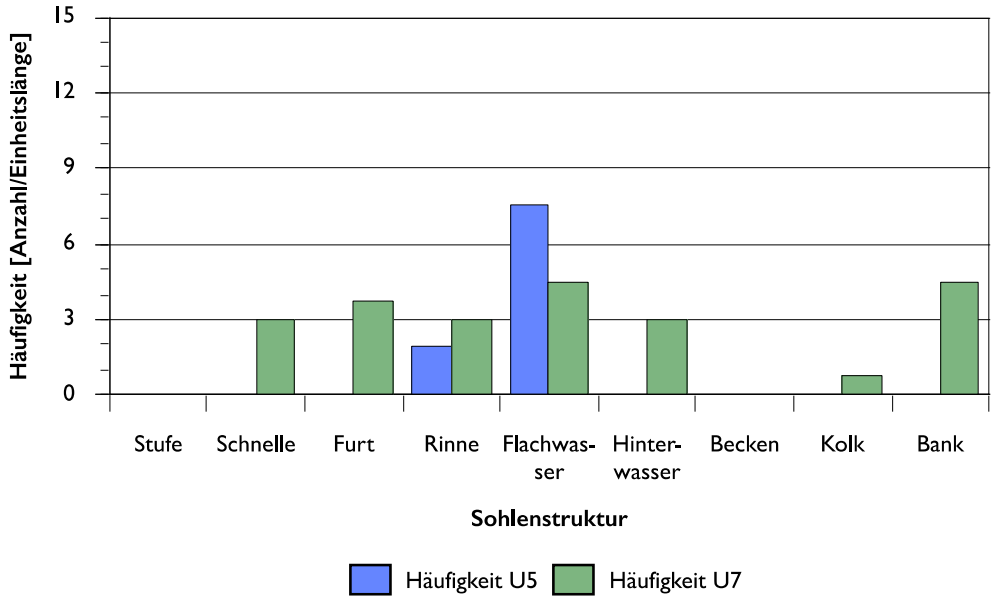


Abbildung 7-5: Häufigkeit der Sohlenstrukturen in den Untersuchungsstrecken U5 und U7

7.4.3 U7 EIGENDYNAMIK WÖSCHNAU / SEITENGERINNE GRIEN

Strukturtypen

Schneller und langsamer fliessende Mesohabitate nehmen in etwa die selbe Fläche ein (Tabelle 7-2). Die Untersuchungsstrecke wird im unteren Teil von einer Gleite, in der oberen Hälfte von einem Staukolk dominiert.

Die grösste Vielfalt findet sich in den drei Gefällsstufen an den beiden Enden sowie in der Mitte der Untersuchungsstrecke (Abbildung 7-4). Diese drei Abschnitte zeigen im Querprofil zumindest ansatzweise die klassische Mesohabitatabfolge in Fliessgewässerabschnitten mit moderatem Gefälle: Kiesbank (trocken) – Flachwasser – Furt – Lauf – Furt – Flachwasser – Kiesbank.

Die Abschnitte oberhalb der Gefällsstufe sind geprägt durch einen Rückstau, weshalb dort die Vielfalt an Mesohabitaten geringer ist. Wo der Talweg entlang des mit Blockwurf verbauten Prallhangs liegt, hat sich wegen des Rückstaus an Stelle eines Laufs ein Staukolk entwickelt.



Abbildung 7-6: Schnelle in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 10 m³/s
(Foto: Fischwerk 16.09.2014)



Abbildung 7-7: Furt in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen
(Foto: Fischwerk 13.09.2014)



Abbildung 7-8: Lauf in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m³/s
(Foto: Fischwerk 16.09.2014)



Abbildung 7-9: Gleite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m³/s
(Foto: Fischwerk 16.09.2014)



Abbildung 7-10: Flachwasser in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m³/s
(Foto: Fischwerk 16.09.2014)



Abbildung 7-11: Hinterwasser in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen
(Foto: Fischwerk 13.09.2014)

7.5 KURZDISKUSSION

Struktur

Die Untersuchungsstrecken U2 und U7 weisen ein relativ geringes Gefälle auf. Sie zeigen die typische Längsverteilung der Mesohabitate einer Furt-Gleiten -Sequenz[8]. Trotzdem – zwischen den Gefällsstufen sind die Abschnitte eher monoton. Dies hat einerseits mit dem Rückstau, andererseits mit der Verbauung entlang des Prallhangs zu tun. Eine Ausuferung und damit die Bildung unterschiedlicher peripher gelegener Mesohabitate sind deshalb dort nicht möglich. Es fehlt aber auch weitgehend das Totholz im Gerinne. Totholz verändert lokal das Strömungsmuster und induziert damit die Bildung unterschiedlicher Mesohabitate (Lateralkolk, Lauf, Hinterwasser, usw.). Zudem würde eine verstärkte Geschiebedynamik zusätzliche Sohlenstrukturen schaffen. Ausgesprochen monoton ist die Untersuchungsstrecke U5. Aufgrund des Aufstaus durch die Ballyschwelle bildete sich eine tiefe, träge fliessende grosse Wanne, die kaum sichtbare Strukturen aufweist.

Lebensräume

Mesohabitate bilden unterschiedliche Lebensräume, auf die insbesondere die Fische angewiesen sind. Furten sind die typischen Laichhabitate für Kieslaicher. Sie sind in ausreichendem Masse vorhanden, scheinen aber relativ rasch zu kolmatieren. Die vielen Flachwasserzonen sind ausgezeichnete Habitate für Jungfische, aber auch für die Adultstadien der Kleinfische (z. B. Schmerle, Elritze). Die Adultfische der grosswüchsigen Arten bevorzugen Läufe, Gleiten und Kolke. Gleiten (z. B. für Barben und Alet) sind insgesamt in ausreichendem Masse vorhanden. Läufe (z. B. für die Äsche und die Nase) und Kolke (z. B. für die Forelle) sind hingegen Mangelhabitate.

Bewertung

Von 9 möglichen Sohlenstrukturen [24] kommen in den Untersuchungsstrecken U2 6, in U5 2 und in U7 8 vor. Die Anzahl Sohlenstrukturen pro Einheitslänge liegt bei maximal 7.6, im Allgemeinen aber lediglich zwischen 1 und 4. In den Strecken U2 und U7 sind aber verschiede Strukturen vorhanden. Demnach wird dem Indikator «Sohlenstruktur» für diese beiden Untersuchungsstrecken der standardisierte Wert von 0.5 zugeordnet (Tabelle 7-3).

Die monotone Untersuchungsstrecke U5 erhält den Wert 0.25. Nur dank der weitgehend naturnahen Uferlinie und der Gleithangsituation auf der linken Seite konnten sich einige wenige Strukturen etablieren, die eine noch schlechtere Bewertung verhindern.

Beschreibung	Anzahl Strukturen je Typ pro Einheitslänge	Standardisierter Wert	U2	U5	U7
Ebene Sohle ohne nennenswerte Strukturen	0 - 1	0 bis < 0.2			
Vereinzelte, räumlich getrennte Strukturen vorhanden	1 - 4	0.2 bis < 0.4		**0.25**	
Verschiedene Strukturen vorhanden	4 - 8	0.4 bis < 0.6	**0.5**		**0.5**
Typische Strukturen einer Furt-Kolk-Sequenz (Schnelle, Furt, Rinne, Becken)	8 -12	0.6 bis < 0.8			
Typische Strukturen einer Lauf-Hinterlauf- oder einer Stufen-Becken-Sequenz vorhanden (Stufe, Schnelle, Furt, Lauf, Becken)	>12	0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 7-3: Standardisierte Werte und Zuordnung nach [24] für den Indikator Dynamik der Sohlenstruktur

[8] Bei grösserem Gefälle würde sich eine Furt-Kolk-Sequenz ausbilden.

8. DYNAMIK DER UFERSTRUKTUR

8.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Veränderung der Uferlinie und Verteilung der Uferstrukturen
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 43, Ufer: Dynamik der Uferstruktur Steckbrief Nr. 45, Ufer: Uferstruktur
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.
Synergiemöglichkeiten	Keine eigentlichen Synergien zu anderen Indikatoren. Das hydraulische 2D-Modell liefert aber Hinweise auf die Lage der Uferlinie.
Literatur	[24]

8.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten	Länge und Lage der natürlichen/naturnahen Uferstrukturtypen bei minimalem Restwasser.
Vorgehen	Die Uferlinie wurde im Feld mit einem submetergenauen GPS vermessen. Die Erfassungsgenauigkeit betrug je nach Standort 60 - 90 cm. Sie wurde durch die Mittelwertbildung von jeweils 3 Messwerten zusätzlich erhöht. Gleichzeitig erfolgte die Kartierung der Strukturelemente.
Erhebung	<u>Restwasserstrecke Kraftwerk Gösgen (U2, U4 und U5):</u> am 05.11.2014 bei einem Restwasserabfluss von 7.5 m^3/s. Koordinaten Strecke U2 (Länge 470 m): unten links: 637 431 / 245 313 unten rechts: 637 443 / 245 281 oben links: 637 158 / 245 273 oben rechts: 637 143 / 245 235 Entlang des rechten Ufers konnte die Uferlinie wegen der grossen Wassertiefe zu einem erheblichen Teil nicht eingemessen werden. Sie wurde für diesen Bereich anhand von Orthofotos und hydraulischem 2D-Modell erfasst.

Koordinaten Strecke U4 (Länge 300 m):
unten links: 641 173 / 246 090 unten rechts: 641 156 / 246 059
oben links: 640 970 / 246 234 oben rechts: 640 876 / 246 161

Koordinaten Strecke U5 (Länge 300 m):
unten links: 641 708 / 245 900 unten rechts: 641 724 / 245 857
oben links: 641 437 / 245 954 oben rechts: 641 415 / 245 914

Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau (U7):
am 18.09.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m^3/s

Koordinaten Strecke U7 (Länge 820 m):
unten links: 644 022 / 248 659 unten rechts: 644 051 / 248 651
oben links: 643 570 / 248 261 oben rechts: 643 544 / 248 210

Auswertung

Die Auswertung basiert auf der Anzahl Strukturelemente pro Einheitslänge und der Länge des verbauten Ufers. Anschliessend folgt eine Standardisierung auf Werte zwischen 0 (naturfern) und 1 (naturnah).

Die Einheitslänge entspricht dem 12-fachen der mittleren Gerinnesohlebreite. Der Parameter „Längsverbauung" (A_{Verbau}) basiert auf der Länge des Ufers sowie der Länge von glatter und rauer Längsverbauung und erreicht Werte zwischen 0 (beidseitig glatt verbaut) und 0.5 (ohne Längsverbauung). Der Parameter „Strukturelemente" ($A_{Struktur}$) wird basierend auf der Anzahl vorkommender Strukturtypen pro Einheitslänge festgelegt: $n \leq 1$: $A_{Struktur} = 0$; $1 < n < 5$: $A_{Struktur} = 0.125*n-0.125$; $5 \geq n$: $A_{Struktur} = 0.5$. Durch das Zusammenzählen der Parameter A_{Verbau} und $A_{Struktur}$ resultiert ein standardisierter Endwert zwischen 0 und 1.

Ein Vergleich der Verteilung der Strukturtypen und der Verschiebung der Uferlinie zweier zeitlich versetzter Aufnahmen des Projektzustandes ist erst möglich, wenn die zweite Aufnahme des Projektzustandes vorliegt [24].

8.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

Untersuchungsstrecke	Erhebungszustand						
	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 U2 SEITENGERINNE SCHACHEN WINZNAU

Uferverbauung

Die rechte Uferböschung ist beinahe vollständig mit Blockwurf verbaut.

Strukturelemente

Die einzigen vorkommenden Strukturelemente sind Steil- und Flachufer (Tabelle 8-1, Abbildung 8-1).

Strukturtyp	Linkes Ufer [m]	[%]	Rechtes Ufer [m]	[%]	Total [m]	[%]
Flachufer	114	38	0	0	114	18
Steilufer	188	62	6	2	195	31
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	0	0	0	0	0	0
Ast-/Wurzelwerk	0	0	0	0	0	0
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	310	98	310	50
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	302	100	317	100	619	100

Tabelle 8-1: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 bei Niederwasser am 05.11.2014

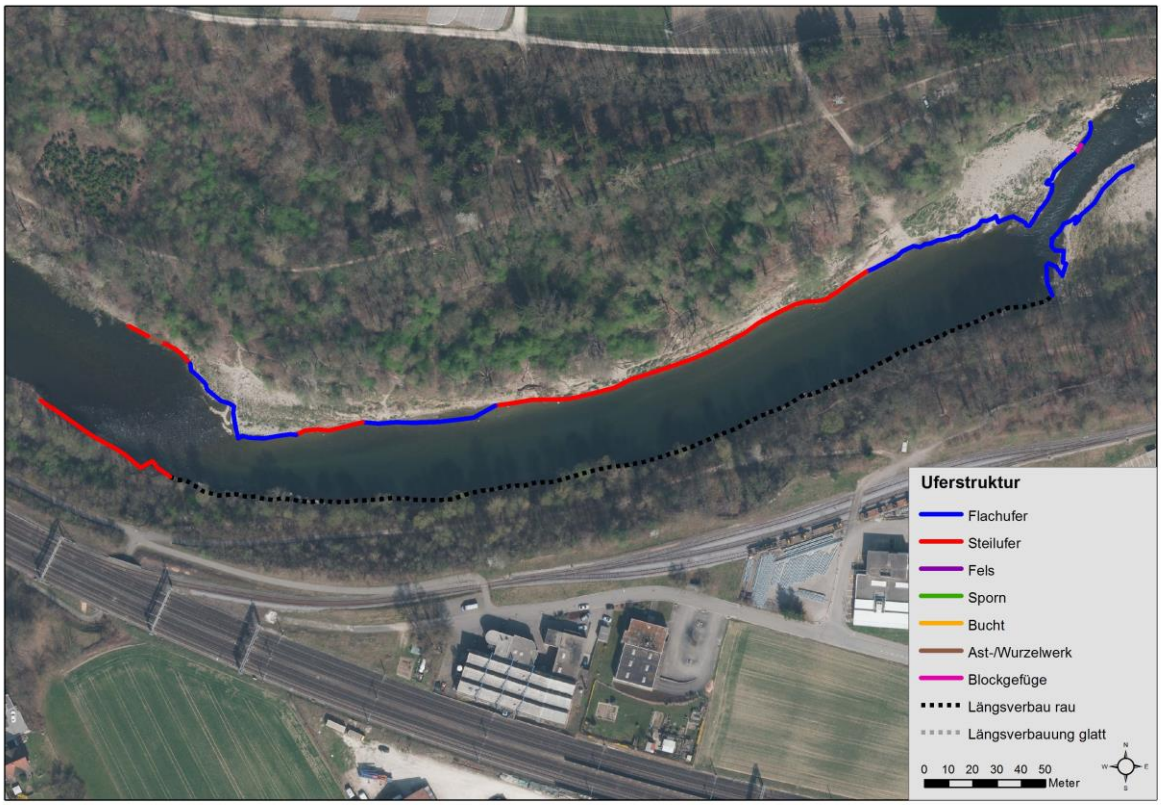


Abbildung 8-1: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS)

8.4.2 U4 UFERSTRUKTURIERUNG SCHACHEN NIEDERGÖSGEN

Uferverbauung

Ein Drittel der Uferböschungen ist verbaut (Tabelle 8-2; Abbildung 8-2). Lediglich die Insel weist keine Verbauung auf.

Strukturelemente

Weitere Strukturelemente sind Flachufer, Ast-/Wurzelwerk und Steilufer. Entlang des rechten Ufers der Insel befindet sich viel Astwerk (Biber).

Strukturtyp	Linkes Ufer [m]	[%]	Rechtes Ufer [m]	[%]	Insel [m]	[%]	Total [m]	[%]
Flachufer	133	43	93	27	64	21	290	30
Steilufer	0	0	26	8	92	29	118	12
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
Ast-/Wurzelwerk	0	0	78	23	156	50	234	24
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	176	57	143	42	0	0	319	33
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	309	100	341	100	312	100	961	100

Tabelle 8-2: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U4 bei Niederwasser am 05.11.2014

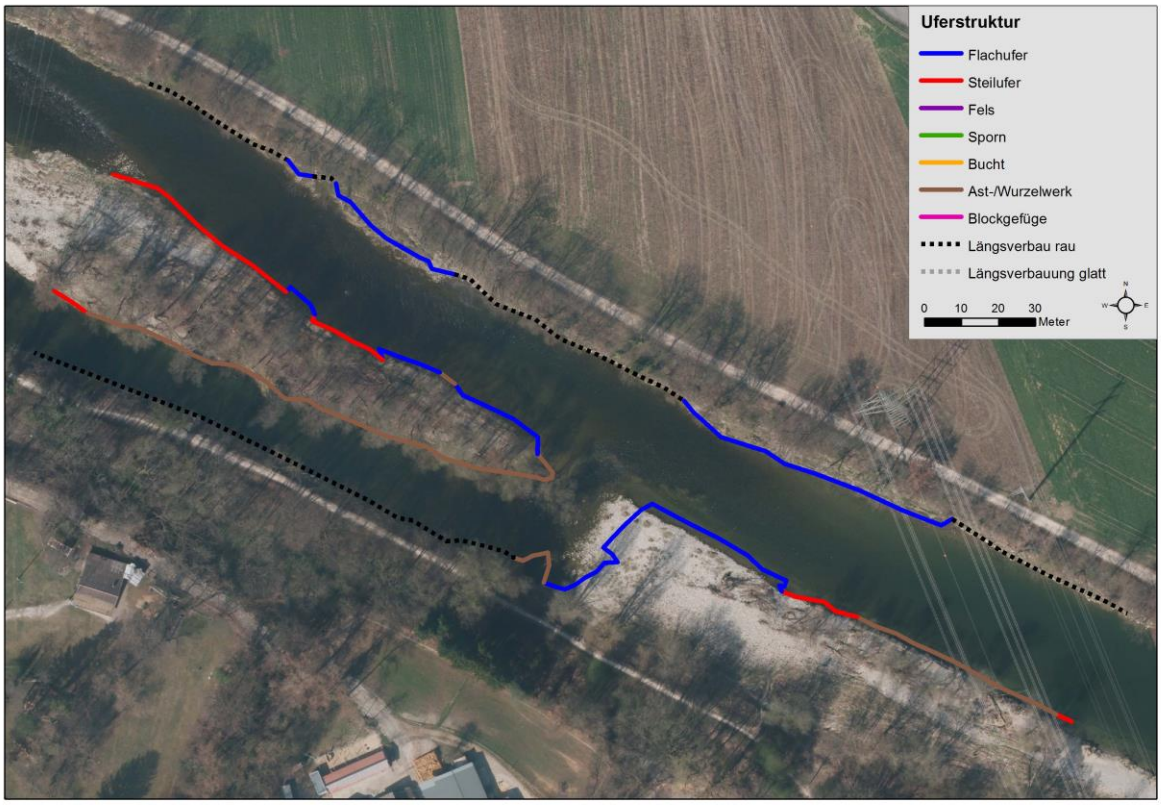


Abbildung 8-2: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U4 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS)

8.4.3 U5 SEITENGERINNE SCHACHEN NIEDERGÖSGEN

Uferverbauung

Knapp 20 % der Uferlinie sind mit Blockwurf verbaut (nur rechtes Ufer).

Strukturelemente

Der grösste Teil führt entlang von Ast-/Wurzelwerk oder Steilufer (Tabelle 8-3; Abbildung 8-3). An einer Stelle grenzt ein Flachufer an die Wasserlinie.

Strukturtyp	Linkes Ufer [m]	[%]	Rechtes Ufer [m]	[%]	Total [m]	[%]
Flachufer	0	0	29	9	29	5
Steilufer	174	61	48	14	222	36
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	0	0	0	0	0	0
Ast-/Wurzelwerk	109	39	138	42	247	40
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	118	35	118	19
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	283	100	332	100	615	100

Tabelle 8-3: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 bei Niederwasser am 05.11.2014

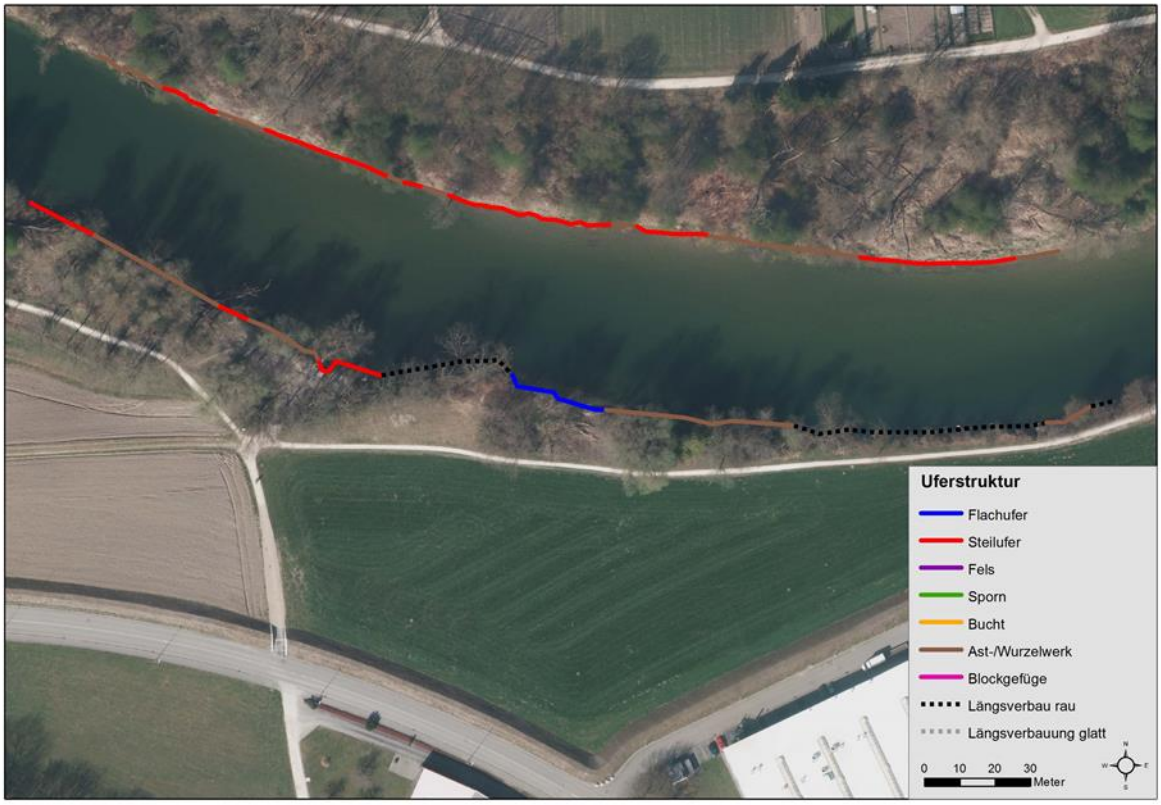


Abbildung 8-3: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS)

8.4.4 U7 EIGENDYNAMIK WÖSCHNAU / SEITENGERINNE GRIEN

Uferverbauung

Knapp ein Fünftel der gesamten Uferlänge ist verbaut (nur rechtes Ufer).

Strukturelemente

Knapp die Hälfte der Wasserlinie führt entlang von Steilufern (Tabelle 8-4; Abbildung 8-4). Flachufer machen einen Viertel aus. Weitere Ufertypen sind Bucht und Ast-/Wurzelwerk.

Strukturtyp	Linkes Ufer [m]	[%]	Rechtes Ufer [m]	[%]	Total [m]	[%]
Flachufer	320	33	135	16	455	25
Steilufer	486	50	316	36	802	44
Fels	0	0	0	0	0	0
Sporn	0	0	0	0	0	0
Bucht	144	15	48	5	192	10
Ast-/Wurzelwerk	22	2	37	4	59	3
Blockgefüge	0	0	0	0	0	0
Längsverbauung rau	0	0	334	38	334	18
Längsverbauung glatt	0	0	0	0	0	0
Summe	972	100	869	100	1 842	100

Tabelle 8-4: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 bei Niederwasser am 18.09.2014

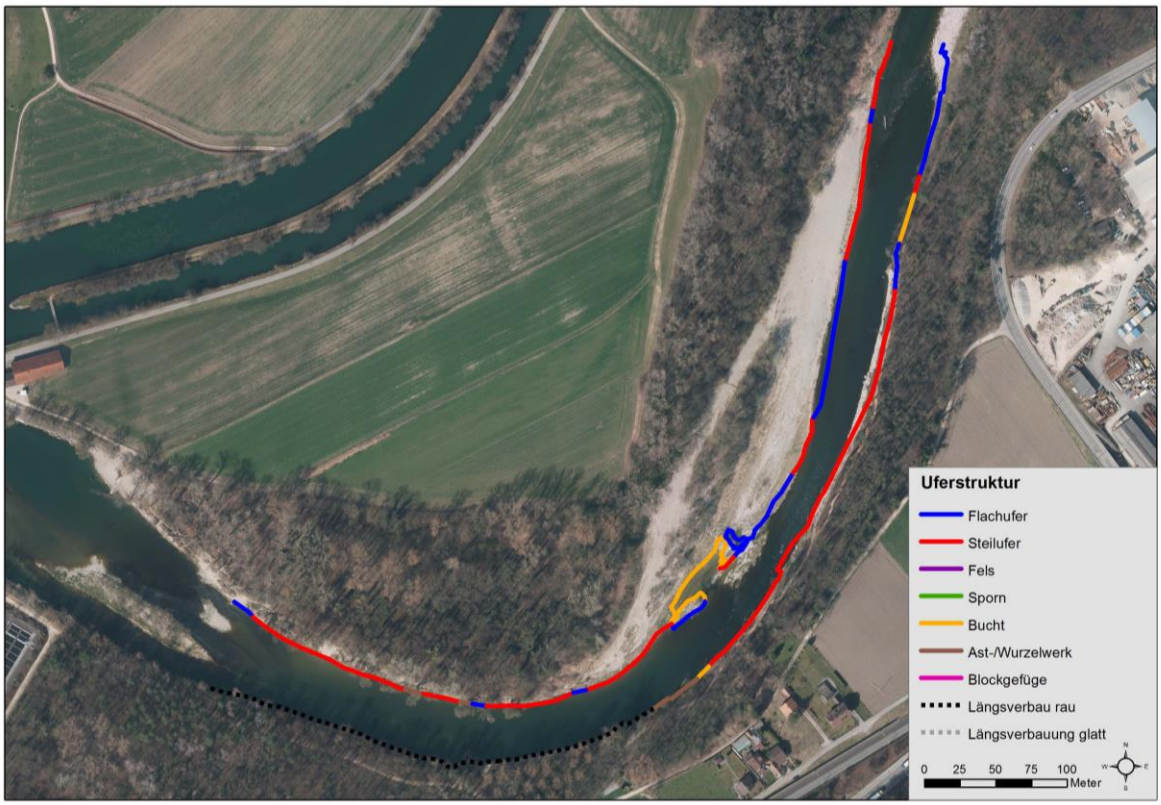


Abbildung 8-4: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 am 18.09.2014

8.5 KURZDISKUSSION

Strukturelemente

Von den 7 unterschiedlichen Uferstrukturen kommen 5 vor (Tabelle 8-5). Die dominierenden Uferstrukturtypen sind Steilufer, Flachufer, Längsverbauung rau sowie Astwerk und Wurzelwerk. Strömungsberuhigte Buchten kommen lediglich in einer Untersuchungsstrecke vor. Ein glatter Längsverbau fehlt. Zwischen 18 % und 50 % der Ufer weisen einen rauen Blocksatz auf.

Lebensräume

Die Uferzonen sind wichtige Fischlebensräume. Flachufer bieten Habitat für Jungfische, aber auch für die Adultstadien der Kleinfische (z. B. Schmerle, Elritze). In den Strecken U2, U4 sowie U7 kommt Flachufer ausreichend vor. In U5 fehlt es grösstenteils. Bei Hochwasser finden die Fische in Wurzelwerk, hinter einem Sporn oder in einer Bucht strömungsberuhigte Zonen und damit Schutz vor dem Verdriften. Diese Strukturen fehlen in U2 fast vollständig.

Die vor allem prallhangseitig gelegenen Blockwurfufer scheinen eine wichtige Funktion als Überwinterungshabitat für Jungfische und Kleinfischarten zu haben (vgl. Anhang A2). Generell kann der Blockwurf als Ersatzlebensraum für weitgehend verlorengegangene Strukturen an natürlichen Prallufern betrachtet werden. Allerdings bringt Blockwurf aus gewässer- und fischökologischer Sicht auch gewichtige Nachteile mit sich: Die Struktur reduziert die Verzahnung von Wasser und Land sehr stark, verunmöglicht jegliche Dynamik des Flusses und trägt dadurch massgebend zur Beeinträchtigung der Geschiebedynamik bei.

Bewertung

Für den Indikator «Uferstruktur» resultiert für die Untersuchungsstrecken U2, U4 und U7 ein Wert um 0.5 (Maximum = 1; Tabelle 8-5; Tabelle 8-6). Dank einem höheren Wert bei den Strukturtypen pro Einheitslänge erhält die Strecke U5 mit 0.67 eine etwas bessere Bewertung.

Bewertungsparameter	U2	U4	U5	U7
Mittlere Gerinnesohlenbreite [m]	37	44	47	54
Einheitslänge [m]	444	528	564	648
Anzahl Strukturtypen (ohne Längsverbau)	4	3	3	4
Anzahl Strukturtypen/Einheitslänge	1.7	1.6	2.8	1.4
A_{Verbau} (Parameter Längsverbau)	0.41	0.42	0.45	0.45
$A_{Struktur}$ (Parameter Strukturtypen)	0.09	0.08	0.22	0.05
A (A_{Verbau} + $A_{Struktur}$)	**0.50**	**0.50**	**0.67**	**0.51**

Tabelle 8-5: Standardisierte Werte der Ergebnisse für die Untersuchungsstrecken U2, U4, U5 und U7 [24]

Beschreibung	Standardisierter Wert	U2	U4	U5	U7
Beidseitig glatt verbaute, naturferne Ufer, durchgehender Längsverbau	0 bis < 0.2				
Wenige Strukturen vorhanden, Längsverbau nicht durchgehend	0.2 bis < 0.4				
Einige Strukturelemente vorhanden, Längsverbau unterbrochen	0.4 bis < 0.6	**0.50**	**0.50**		**0.51**
Viele Strukturelemente vorhanden, Längsverbau nur stellenweise	0.6 bis < 0.8			**0.67**	
Beidseitig naturnahe Ufer ohne Längsverbauung	0.8 bis ≤ 1				

Tabelle 8-6: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Uferstruktur

Kritik	Die Erhebungen fanden bei Niederwasser statt. Gemäss Steckbrief sollten die Aufnahmen bei Mittelwasser erfolgen. Der Indikatorwert wäre in diesem Fall wahrscheinlich etwas tiefer, da bei Mittelwasser der Anteil der Uferlinie mit Längsverbauungen grösser wäre. Der Indikator stützt auf die Anzahl Strukturtypen ab, welche 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 sinnvoller, wenn die Anzahl Strukturen sowie der Längenanteil der Strukturtypen an der Uferlinie Eingang in die Bewertung finden würden. Es muss im Rahmen der Auswertung des 1. Projektzustandes deshalb entschieden werden, ob für den Vergleich der Indikator im Sinne dieses Vorschlages neu definiert werden soll.



Abbildung 8-5: Flachufer auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Foto: Fischwerk 03.11.2014)



Abbildung 8-6: Steilufer auf der rechten Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau (Foto: Fischwerk 18.09.2014)



Abbildung 8-7: Bucht auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau (Foto: Fischwerk 18.09.2014)



Abbildung 8-8: Uferstruktur ‚Wurzelwerk' am rechten Ufer in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen (Foto: Fischwerk 03.11.2014)



Abbildung 8-9: Die Krone des durch den Biber gefällten Baumes auf der Insel in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen bildet die Uferstrukur ‚Astwerk' (Foto: Fischwerk 03.11.2014)

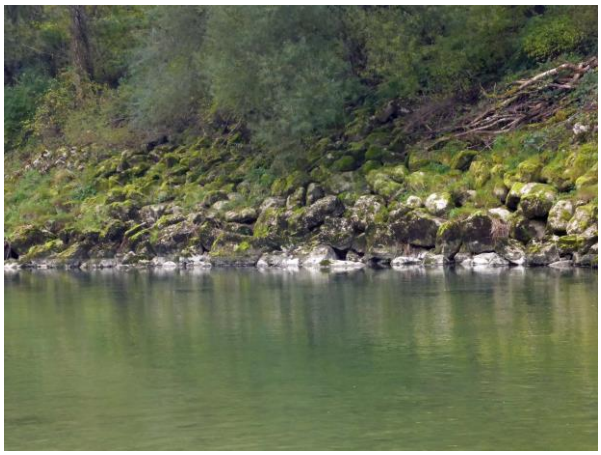


Abbildung 8-10: Verbautes rechtes Ufer in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Foto: Fischwerk 30.11.2014)

9. VERÄNDERUNG DES FISCHBESTANDES

9.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Methode und Auswertung: Fischwerk Erhebungen: Aquatica gmbh
Definition	Halbquantitative Erhebung des Fischbestandes
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 9, Fische: Artenvorkommen und Häufigkeit Steckbrief Nr. 10, Fische: Ökologische Gilden
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 Fischarten-gemeinschaft 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	[24] und [19]

9.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten	Art, Länge und Anzahl der gefangenen Fische
Vorgehen	Elektrische Befischung (ein Durchgang) der Uferstrecken und aller Mesohabitate (min. 3 Mesohabitate pro Typ) im watbaren Bereiche der Untersuchungsstrecken. Die gefangenen Fische wurden sinnvollen Längenklassen zugewiesen, die eine Unterscheidung der im aktuellen Jahr geborenen Fische zulassen (0+-Fische).
Erhebung	Je eine Befischung wurde am 02.09.2014 bei relativ trübem Wasser und am 15.10.2014 bei klarem Wasser durchgeführt. In jeder Untersuchungsstrecke wurden beide Uferseiten auf einer Länge von je 100 m befischt (vgl. Anhang A2). Durch die Befischung entlang der Ufer werden vorallem Jungfische gefangen. Diese sind mehrheitlich an strömungsarme Uferbereiche und Flachwasserzonen gebunden. Restwasserstrecke Kraftwerk Gösgen (Untersuchungsstrecken U2 und U5): 2.9.2014 bei einem Restwasserabfluss von 15 m^3/s 15.10.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m^3/s Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau (Untersuchungsstrecke U7): 2.9.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m^3/s 15.10.2014 bei einem Restwasserabfluss von 10 m^3/s

Auswertung

Artenzusammensetzung, Dominanzstruktur, Gildenzahl und Gildenstärke wurden ausgewertet. Die Artenzusammensetzung und die Gildenzahl[9] wurden mittels einer Standardisierung auf Werte zwischen 0 und 1 den Verhältnissen der standorttypischen Fischfauna gegenübergestellt. Die kleinsten Fische wurden nicht von der Bewertung ausgeschlossen. Zusätzlich wurde ein Vergleich zur Situation in den Jahren 2011/2012 [19] gezogen. Diese Studie beinhaltet Uferbefischung von vier anderen Stellen in der Restwasserstrecke. Die Daten der kantonalen Fischfangstatistik wurden zu Vergleichszwecken hinzugezogen.

Referenzfauna

Die Angaben zur Referenzfauna basieren auf historischen Daten zur Fischfauna um 1900 [5], [10], [11], [12], [21]. Für die Auswertungen wurde davon ausgegangen, dass der Italienische Steinbeisser (*Cobitis bilineata*)[10] nicht zur ursprünglichen Fischfauna in der Aare gehört.

9.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

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

[9] Bei der Zuteilung der generellen Strömungspräferenz wurde gemäss [22] von [24] abgewichen: Alet, Elritze und Hasel wurden als indifferent, der Stichling als limnophil eingestuft.

[10] Der in den Abfischungen nachgewiesene Italienische Steinbeisser (*Cobitis bilineata*) kommt natürlicherweise im Tessin vor. Er wurde vermutlich ins Rhein-Einzugsgebiet eingeführt [16]. Ob der Italienische Steinbeisser schon früher natürlicherweise im Einzugsgebiet der Aare vorkam, kann nicht ausgeschlossen werden.

9.4 RESULTATE

Artenvorkommen

Detailliertere Daten finden sich im Anhang A2. Es wurden insgesamt 20 Arten nachgewiesen (Tabelle 9-1). Die historische Referenz umfasst 26 Arten. 9 Arten des Referenzsets konnten in keiner Untersuchungsstrecke nachgewiesen werden (Tabelle 9-2). Drei heute vorkommende Arten sind historisch nicht dokumentiert.

Art	U2	U5	U7	Referenzfauna
Aal	x			x
Alet	x	x	x	x
Äsche	x		x	x
Bachforelle	x		x	x
Bachneunauge	x			x
Barbe	x		x	x
Bitterling[11]	x			
Blicke				x
Brachsmen	x			x
Egli	x			x
Elritze	x	x	x	x
Felchen				x
Groppe	x	x	x	x
Gründling	x	x	x	x
Hasel	x			x
Hecht				x
Karpfen				x
Laube				x
Nase				x
Rotauge	x	x		x
Rotfeder	x			x
Schleie				x
Schmerle	x	x	x	x
Schneider	x			x
Steinbeisser	x	x	x	
Stichling	x	x		
Strömer				x
Trüsche				x
Wels			x	x
Artenzahl	19	8	10	26

Tabelle 9-1: Artenzusammensetzung in den drei Untersuchungsstrecken

[11] Der Bitterling wurde historisch in der Schweiz nur in einigen Zuflüssen, Seen und Altwässer des Rheins zwischen Schaffhausen und Basel gemeldet [16] [23]. Dieses historische Verbreitungsgebiet ist vermutlich lückenhaft. Da der Bitterling wenig bekannt ist, wird er oft mit anderen Arten verwechselt. Es ist daher denkbar, dass diese Art ebenfalls zur Referenzfauna gehört.

Standortgerechtigkeit

	U2		U5		U7	
	[Anzahl Arten]	[%]	[Anzahl Arten]	[%]	[Anzahl Arten]	[%]
standortgerecht	16	55.2	6	21.4	9	33.3
nicht standortgerecht	3	10.3	2	7.1	1	3.7
standortgerechte Art fehlt	10	34.5	20	71.4	17	63.0

Tabelle 9-2: Standortgerechtigkeit der vorkommenden Arten und Vergleich mit der Referenzfauna

Artenhäufigkeit

Die dominierenden Arten sind Alet (U2), Elritze (U5) sowie Schmerle (U7) (Tabelle 9-3). In sämtlichen Untersuchungsstrecken dominieren die standortgerechten Arten (Tabelle 9-4).

	U2		U5		U7	
	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]
Aal	1	0.0				
Alet	984	43.3	162	17.4	120	5.9
Äsche	1	0.0			4	0.2
Bachforelle	4	0.2			9	0.4
Bachneun-auge	2	0.1				
Barbe	134	5.9			62	3.0
Bitterling	1	0.0				
Brachsmen	1	0.0				
Egli	333	14.7				
Elritze	10	0.4	446	47.9	388	19.0
Groppe	63	2.8	17	1.8	160	7.8
Gründling	12	0.5	2	0.2	27	1.3
Hasel	4	0.2				
Rotauge	12	0.5	1	0.1		
Rotfeder	1	0.0				
Schmerle	154	6.8	139	14.9	1237	60.6
Schneider	503	22.1				
Steinbeisser	43	1.9	153	16.4	34	1.7
Stichling	10	0.4	12	1.3		
Wels					1	0.0
Summe	2 273	100	932	100	2 042	100

Tabelle 9-3: Abundanz der einzelnen Fischarten in den drei Untersuchungs-strecken
Die Werte beziehen sich jeweils auf 100 m Flusslänge. Es wurde sowohl das linke als auch das rechte Ufer befischt.

Standortgerechtigkeit

	U2		U5		U7	
	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]	[Ind.]	[%]
standortgerecht	2 219	97.6	767	82.3	2 008	98.3
nicht standortge-recht	54	2.4	165	17.7	34	1.7

Tabelle 9-4: Abundanz der standortgerechten sowie der standortfremden Arten in den Untersuchungsstrecken

Ökologische Gilden

Die Verteilung der gefangenen Fische auf die zu unterscheidenden Gilden findet sich in Tabelle 9-5.

Art	Strömungspräferenz			Strukturbezug			Temperaturpräferenz		Substrat						Ernährungstyp als Adulttier					Zurückgelegte Distanz			Toleranz		Langlebigkeit		
	rheophil	indifferent	limnophil / stagnophil	strukturgebunden	mässig strukturgebunden	strukturungebunden	meso-eurytherm	oligo-stenotherm	lithophil	pelagophil	phytophil	psammophil	ostracophil	speleophil	detrivor	benthivor / insectivor	omnivor / eryphag	herbivor	piscivor	kurz	mittel	lang	tolerant	intolerant	kurzlebig	mittlere Lebensdauer	langlebig
Aal		x		x			x			x							x					x	x			x		
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		
Bachneunauge	x					x		x	x						x						x			x		x		
Barbe	x				x		x		x							x					x			x				x
Bitterling			x		x		x							x					x	x				x		x		
Brachsmen		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			
Hasel		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	
Schmerle	x				x		x		x							x				x			x				x	
Schneider	x				x		x		x							x				x				x	x			
Steinbeisser	x			x			x				x					x				x			x		x			
Stichling			x			x	x				x						x			x			x			x		
Wels		x		x			x				x								x	x			x					x

Tabelle 9-5: Verteilung der gefangenen Fische auf die verschiedenen Gilden

Strömungspräferenz

In den Strecken U2 und U5 überwiegen die bezüglich Strömungsgeschwindigkeit indifferenten Arten (Abbildung 9-1). Strömungsliebende (rheophile) Fischarten dominieren in der Strecke U7. Limnophile (ruhigwasserliebende) Arten kommen kaum vor.

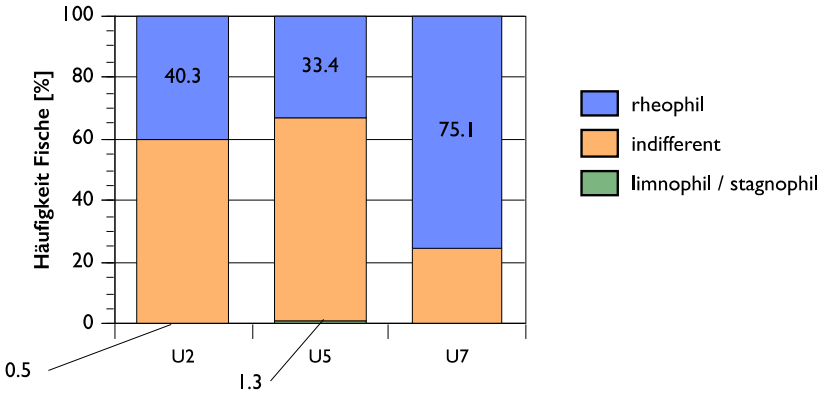


Abbildung 9-1: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer generellen Strömungspräferenz

rheophil = strömungsliebend
indifferent = keine klare Präferenz von strömenden oder stehenden Bereichen
limnophil / stagnophil = ruhigwasserliebend

Strukturbezug

Die weitaus meisten der vorkommenden Fischarten sind auf Strukturen angewiesen (Abbildung 9-2).

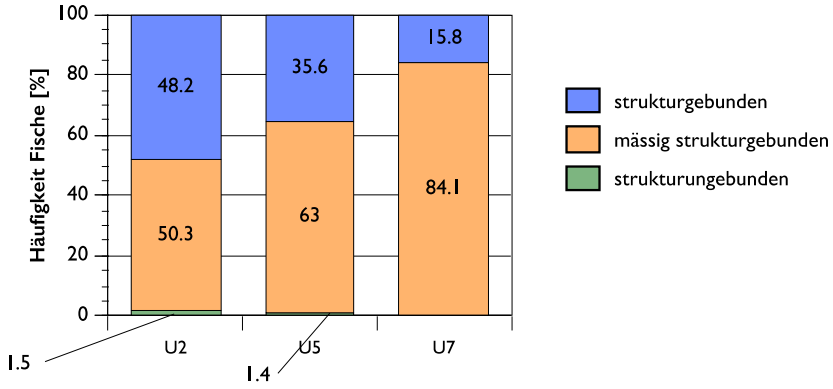


Abbildung 9-2: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres Strukturbezugs

Temperaturtoleranz

An mittlere Temperaturen angepasste Arten (meso-erytherm) dominieren gegenüber den kälteliebenden Arten (oligo-stenotherm)(Abbildung 9-3), insbesondere in den Untersuchungsstrecken U2 und U7. Auffällig ist, dass der grösste Anteil oligo-stenothermer Fische in der wenig durchströmten, wannenartigen Strecke U5 gefunden wurde. Eigentlich wäre hier ein besonders grosser Anteil an meso-erythermen Fischen zu erwarten.

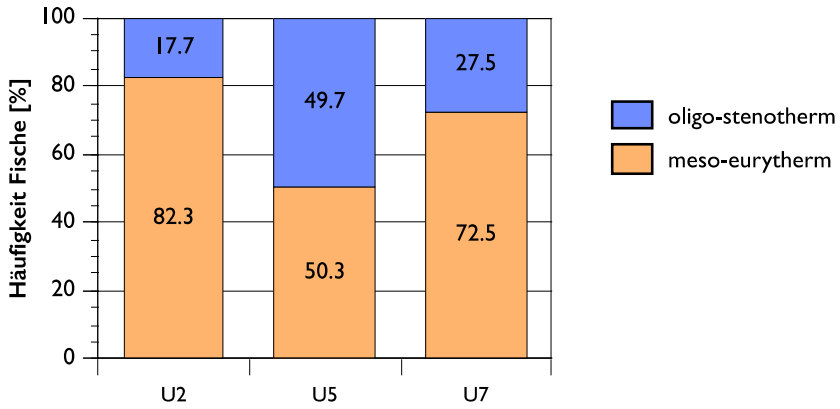


Abbildung 9-3: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer Temperaturtoleranz

oligo-stenotherm = an niedrige Temperaturen angepasst
meso-eurytherm = an mittlere Temperaturen angepasst

Laichsubstrat

Der grösste Teil der gefangenen Fische gehört zu den kieslaichenden (lithophilen) Arten (Abbildung 9-4).

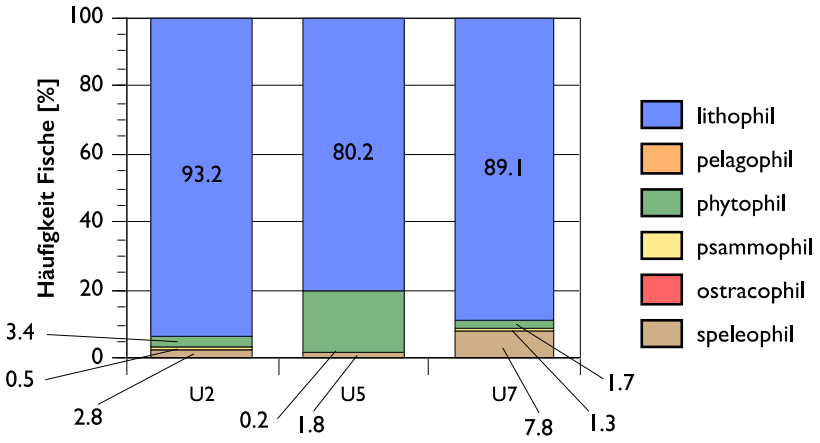


Abbildung 9-4: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres bevorzugten Laichsubstrats

lithophil = Steine
pelagophil = Freiwasser
phythophil = Pflanzen
psammophil = Sand
ostracophil = Muscheln
speleophil = Hohlräume/Höhlen

Ernährungstyp

Makrozoobenthos (benthivor/insectivor) bildet die bevorzugte Nahrungsgrundlage (Abbildung 9-5).

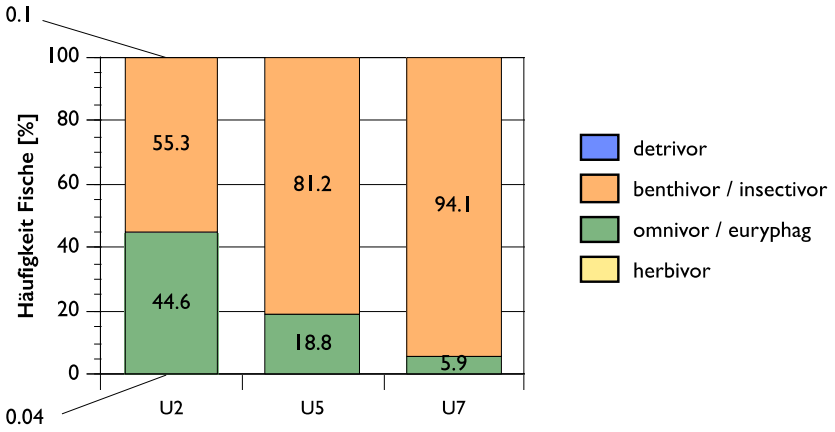


Abbildung 9-5: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Ernährungstyps

detrivor = Algen und Detritus fressend
benthivor/insectivor = Bodennahrung und Insekten fressend
omnivor/euryphag = Allesfresser
herbivor = Pflanzenfresser

Migrationstyp

Der Anteil an typischen Wanderfischen (Mitteldistanzwanderer) war in der Untersuchungsstrecke U2 deutlich am höchsten (Abbildung 9-6).

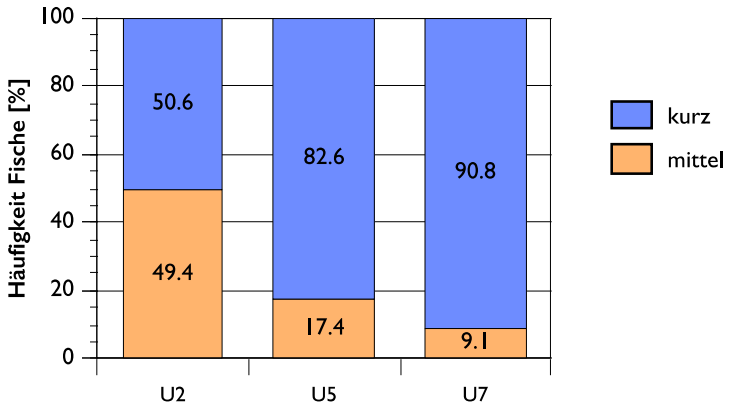


Abbildung 9-6: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Migrationstyps

Verschmutzungstoleranz

Der Grossteil der Fische ist wenig empfindlich gegenüber anthropogenen Gewässereingriffen. In der Untersuchungsstrecke U5 liegt der Anteil der anspruchsvollen Fische bei weniger als 2 % (Abbildung 9-7).

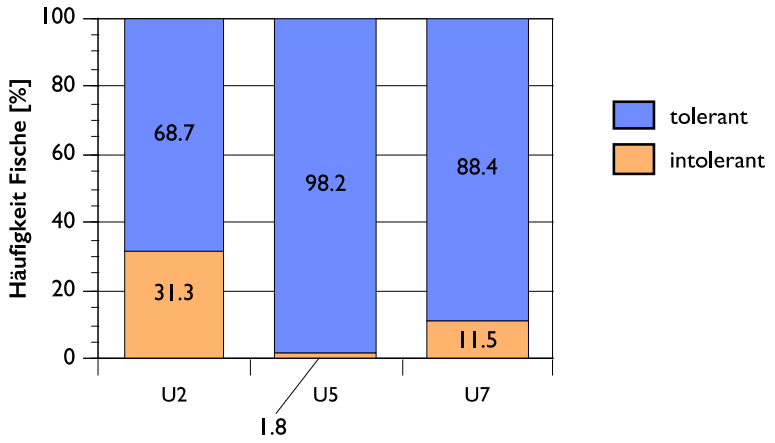


Abbildung 9-7: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich Toleranz gegenüber Verschmutzung und Degradierung der Gewässer

Langlebigkeit

Langlebige Fische kommen nur in den Untersuchungsstrecken U2 und U7 in kleiner Anzahl vor. In U5 fehlen sie. In dieser Strecke leben mehrheitlich kurzlebige Arten, deren Individuen weniger als 5 Jahre alt werden (Abbildung 9-8).

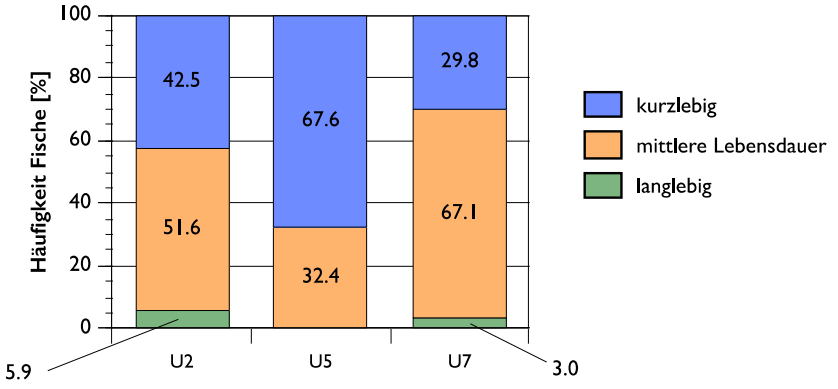


Abbildung 9-8: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich der Langlebigkeit

9.5 KURZDISKUSSION

Artenvorkommen

Die Fischfauna wird von standortgerechten Arten dominiert. Im Vergleich zum Referenzartenset fehlen aber insbesondere in den Untersuchungsstrecken U5 sowie U7 viele standorttypische Arten. Darunter fällt auch die vom Aussterben bedrohte Nase, welche früher noch häufig vorkam.Die Artenzahl ist in der Strecke U5 am geringsten. Dies dürfte primär auf die starke Monotonie bezüglich der Fliessgeschwindigkeit infolge Restwasserbedingungen durch die Ballyschwelle zurückzuführen sein.

Vergleich zur Situation 2011/2012

Bei Uferbefischungen im Bereich Winznau wurden 2011/2012 grösstenteils dieselben Arten nachgewiesen [19]. Damals wurde zusätzlich die Nase gefangen. Dagegen wurden 2012 Aal, Bitterling, Brachsmen, Hasel, Rotfeder und Wels nicht nachgewiesen (vgl. Anhang A2).

Vergleich Fischfangstatistik

Es wurde ein Vergleich mit der Fischfangstatistik des Kantons Solothurn [15] der Jahre 2010-2014 für die Strecken „Aare Restwasserstrecke Kraftwerk Gösgen bis Wehr Kraftwerk Aarau" sowie „Aare Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau auf Gebiet Kt. Solothurn" angestellt (vgl. Anhang A2). In ersterer liegen die Untersuchungsstrecken U2 und U5, in letzterer die Untersuchungsstrecke U7. Die in der Fischfangstatistik erfassten Fische stammen aus einem grösseren Gebiet als die Fische der Uferbefischungen. Zudem stellt die Uferbefischung nur eine Momentaufnahme dar. Der Vorteil der Uferbefischung liegt aber darin, dass auch fischereilich uninteressante Arten erfasst werden. Durch die Befischung entlang der Ufer werden primär Jungfische oder Kleinfische gefangen (Längenverteilung der gefangenen Arten in Anhang A2). Von Fischern wurden neben den von uns erfassten Arten zusätzlich folgende Arten vereinzelt gefangen: Felchen, Hecht, Karpfen, Regenbogenforelle, Schleie, Sonnenbarsch, Trüsche.

Dominanz

Die am häufigsten nachgewiesenen Arten (Alet, Elritze, Schmerle) gehörten auch in der Erhebung 2011/2012 [19] sowie in den Fischerfängen [15] zu den dominierenden Arten.

Gilden

Verglichen mit der Referenzfauna sind auch heute noch die meisten Gilden vertreten (vgl. Anhang A2). Die beiden einzigen Gilden, die in keiner Untersuchungsstrecke nachgewiesen wurden, sind piscivore[12] sowie planktivore[13] Arten. Beide Gilden erscheinen aber in der Fischgangstatistik [15].

Bewertung

Hinsichtlich der historischen Referenz ist lediglich die Artenzusammensetzung bekannt. Da keine aussagekräftigen Daten zur Häufigkeit vorliegen, konnte keine Bewertung der Fischdichte, der Dominanzstruktur oder der Gildenstärke vorgenommen werden.

Das Fehlen einer grossen Anzahl standortgerechter Arten führt zu einer generell schlechten Bewertung der Standortgerechtigkeit der Artenzusammensetzung (Tabelle 9-6). Hinsichtlich der Abundanz standortfremder Arten ist die Bewertung etwas besser (Tabelle 9-7). Die schlechte Einstufung der Strecken U2 und U5 ist vor allem auf einen beträchtlichen Individuenanteil der historisch nicht nachgewiesenen Arten Steinbeisser und Stichling zurückzuführen.

Durch die Präsenz der meisten historisch vorkommenden Gilden resultiert eine mittlere bis gute Bewertung der Untersuchungsstrecken (Tabelle 9-8).

[12] Fleischfresser wie z.B. der Hecht

[13] Zooplankton und Phytoplankton fressend wie z.B. Felchen

Beschreibung	Anzahl standortgerechte Arten			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
die meisten standortgerechten Arten fehlen				0 bis < 0.2			
viele standortgerechte Arten fehlen		20	17	0.2 bis < 0.4		**0.25**	**0.25**
mehrere standortgerechte Arten fehlen	10			0.4 bis < 0.6	**0.5**		
einzelne standortgerechte Arten fehlen				0.6 bis < 0.8			
keine oder fast keine standortgerechte Art fehlt				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 9-6: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standortgerechter Arten

Beschreibung	Anteil standortfremde Individuen [%]			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
standortfremde Arten dominieren die Gemeinschaft (> 50 %)				0 bis < 0.2			
Beträchtlicher Anteil standortfremde Arten (10 - 50 %)		17.7		0.2 bis < 0.4		**0.25**	
standortfremde Arten zahlreich vorhanden (2 - 10 %)	2.4			0.4 bis < 0.6	**0.5**		
standortfremde Arten als Einzeltiere vorhanden (< 2)			1.7	0.6 bis < 0.8			**0.75**
keine standortfremde Art vorhanden				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 9-7: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten

Beschreibung	Anzahl fehlender standorttypischer Gilden			Standardisierter Wert	U2	U5	U7
	U2	U5	U7				
die meisten Gilden fehlen				0 bis < 0.2			
viele Gilden fehlen				0.2 bis < 0.4			
mehrere Gilden fehlen		7	8	0.4 bis < 0.6		**0.5**	**0.5**
einzelne Gilden fehlen	2			0.6 bis < 0.8	**0.75**		
keine Gilde fehlt				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 9-8: Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 27 Gilden vertreten

Kritik

Die elektrische Befischung fokussierte primär auf den Uferbereich. Abschnitte in Flussmitte konnten wegen der starken Strömung und der teilweise grossen Wassertiefe deutlich weniger intensiv befischt werden.

Die Gildenzuteilung zur Strömungspräferenz in [24] entspricht nicht der heute üblichen Einteilung nach [22], die hier angewandt wurde. Im Anhang A2 wurden die Strömungsgilden ebenfalls nach [22] ausgewertet, wobei zusätzlich die Strömung auf den Laichplätzen berücksichtigt wurde.

10. DURCHGÄNGIGKEIT FÜR FISCHE

10.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Freie Fischwanderung flussauf- und flussabwärts
Handbuch EAWAG	Nicht enthalten
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. Deshalb sollte die Wassertiefe den Wert von 0.5 nicht unterschreiten. Die Aare ist ein vom BAFU ausgewiesenes Lachspotenzialgewässer. Die verschiedenen Massnahmen im Gerinne (Seitengerinne, Rückbau Ballyschwelle) führen zu einer Veränderung der Gerinnetopografie.
Synergiemöglichkeiten	Hydraulisches 2D-Modell

10.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten	Längsprofile der Wassertiefe entlang der tiefsten Rinne (Talweg)
Vorgehen	Die Längsprofile wurden den 2D-Simulationen der Abflusstiefen für die Modellabflüsse 7.5 m^3/s, 10 m^3/s sowie 15 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. Koordinaten Strecke U2: unten: 638 037 / 245 459 oben: 636 794 / 245 515 Koordinaten Strecken U4-U5: unten: 641 921 / 246 010 oben: 640 843 / 246 224 Koordinaten Strecke U6: unten: 641 984 / 246 309 oben: 641 921 / 246 010
Auswertung	Auswertung der Längsprofile hinsichtlich der Häufigkeit und der Länge der Unterschreitungen der kritischen Wassertiefe von 0.5 m.

10.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZUSTAND

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

10.4 RESULTATE

10.4.1 U2 SEITENGERINNE SCHACHEN WINZNAU

Unterschreitungen

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 11 Stellen unter 50 cm (Tabelle 10-1, Abbildung 10-1, Abbildung 10-2). Die Länge dieser Unterschreitungen beträgt insgesamt 6.7 % des Talwegs (Abbildung 10-3) Die längste Unterschreitung ist 39 m lang. Diese misst auch bei einem Abfluss von 15 m^3/s immer noch 32.7 m (Abbildung 10-4). Mit zunehmendem Abfluss verringern sich die Anzahl Unterschreitungen sowie deren Anteil an der Gesamtlänge.

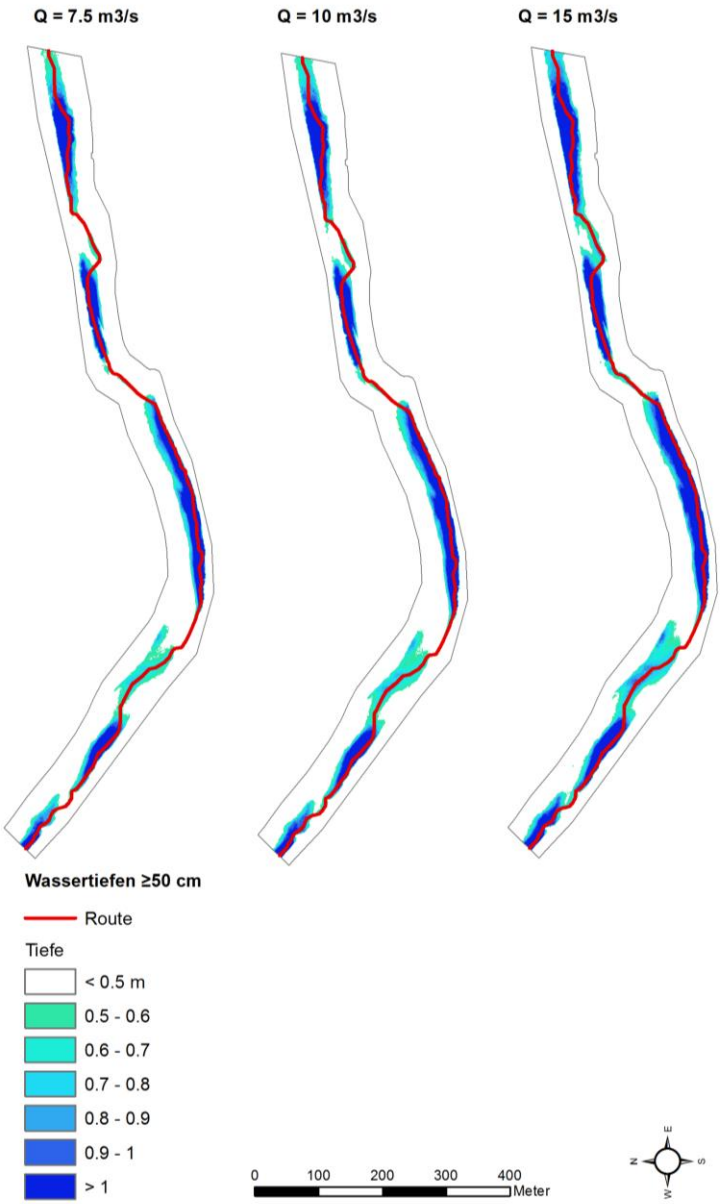


Abbildung 10-1: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U2 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit

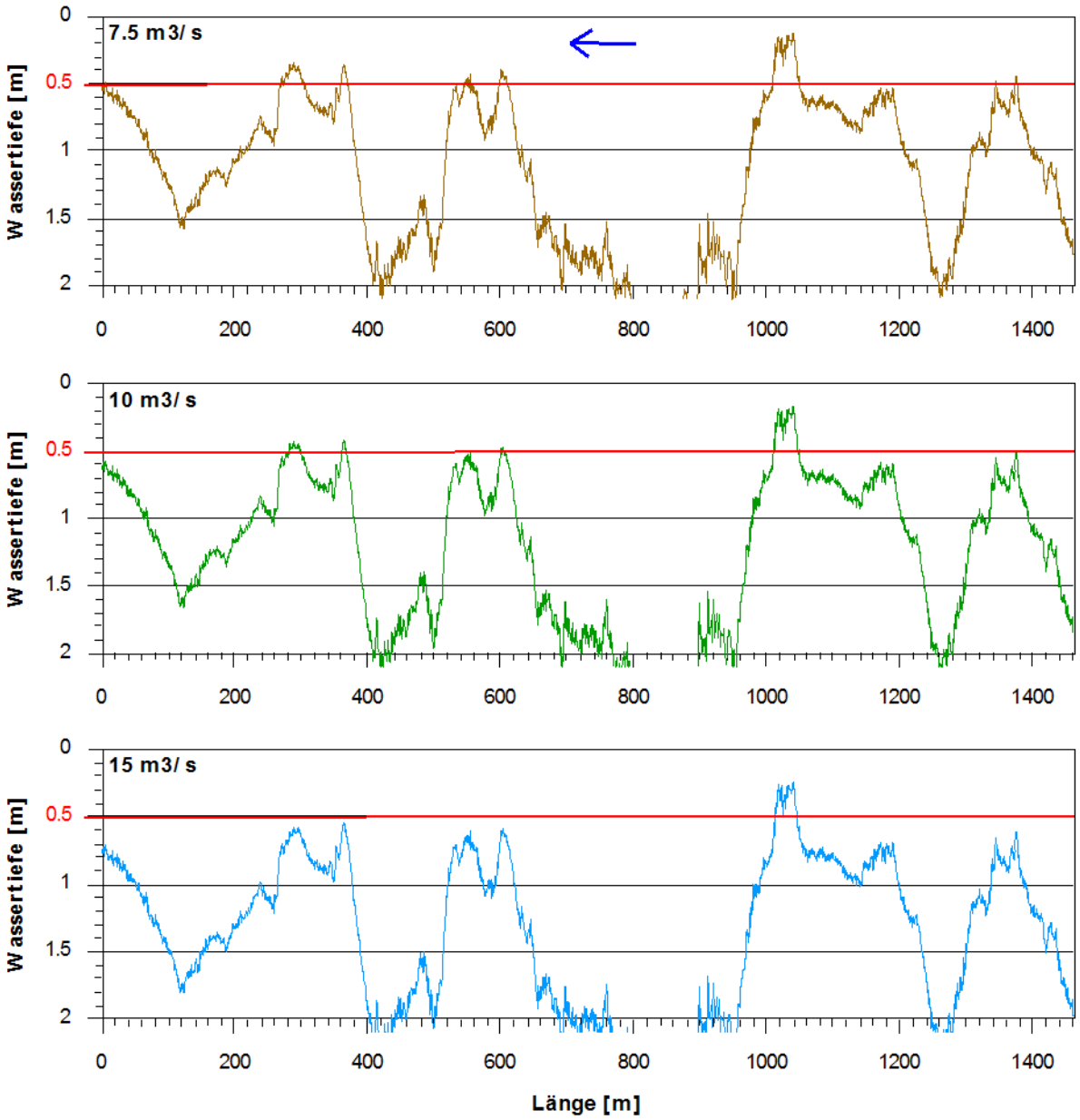


Abbildung 10-2: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Wassertiefe entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung

Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.
Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

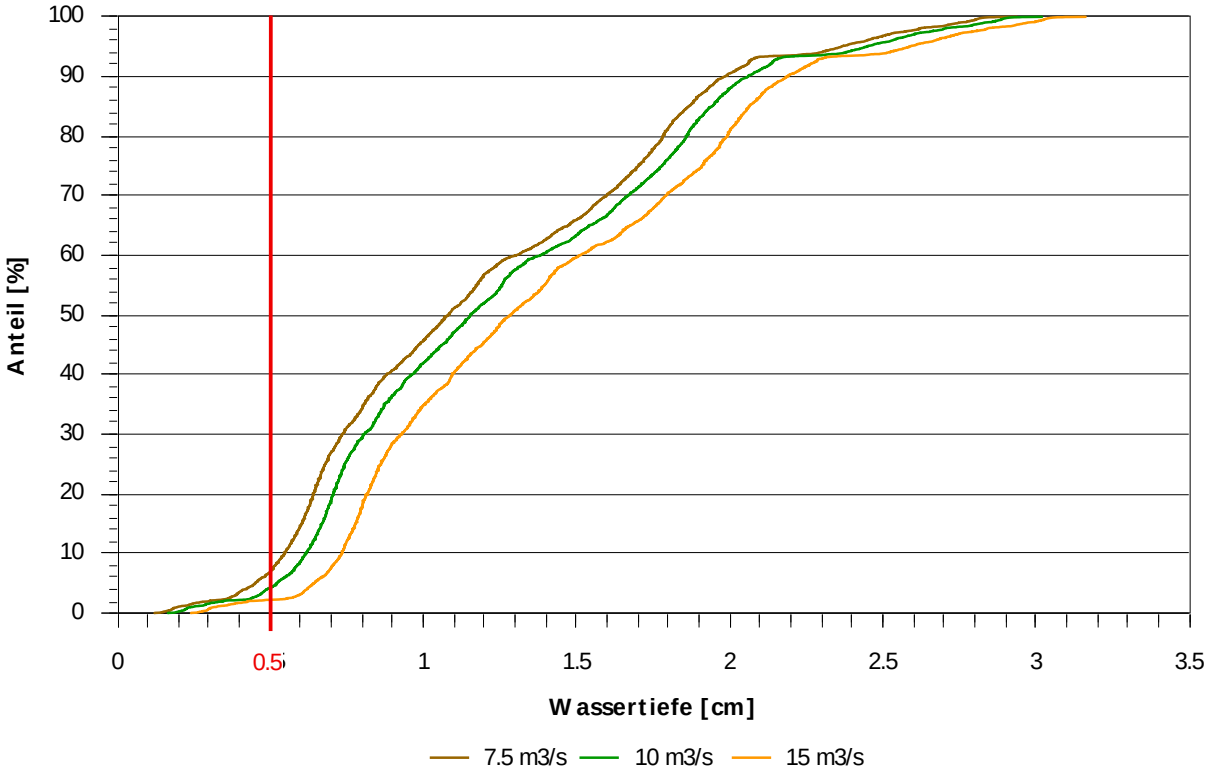


Abbildung 10-3: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse

Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.

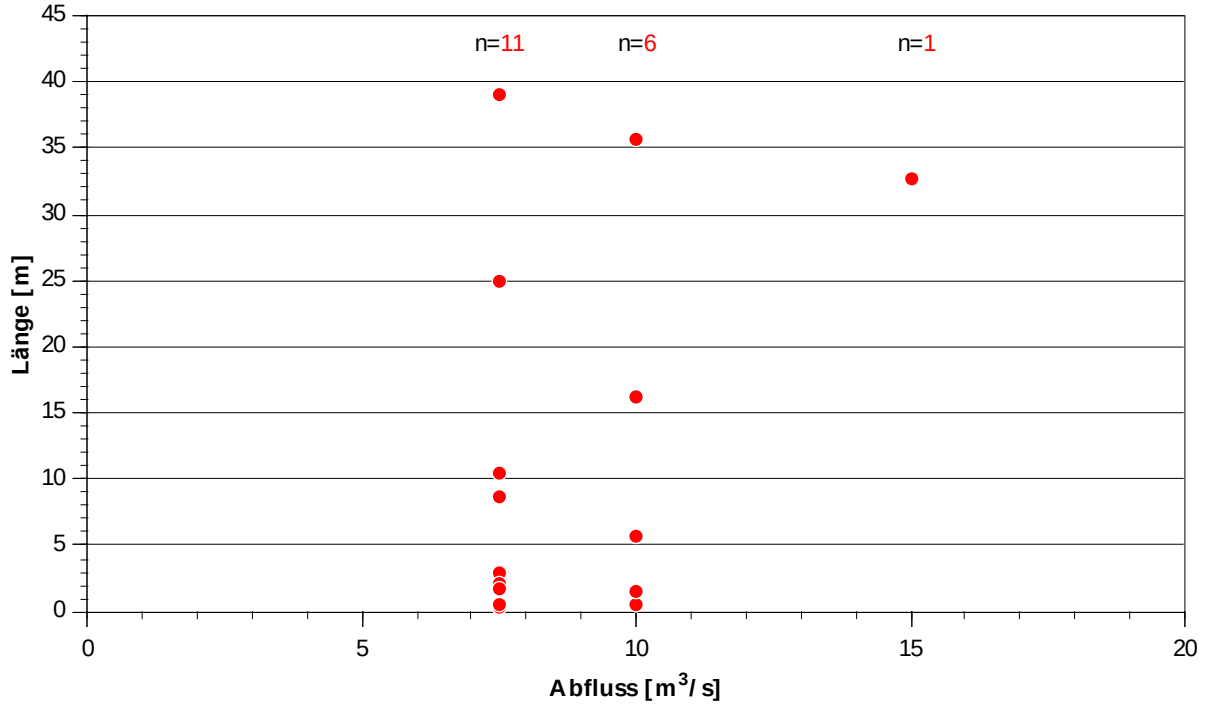


Abbildung 10-4: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s)

Abfluss	Unterschreitungen von 50 cm Wassertiefe			
[m^3/s]	Anzahl	Anteil Talweg [%]	Grösste Länge [m]	Min. Wassertiefe [m]
7.5	11	6.7	39.0	0.12
10	6	4.2	35.7	0.17
15	1	2.2	32.7	0.24

Tabelle 10-1: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in der Untersuchungsstrecke U2 (Winznau)

10.4.2 U4 UND U5 NIEDERGÖSGEN

Talweg

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 10-5).

Unterschreitungen

Entlang dem rechten Talweg liegen die Wassertiefen bei den untersuchten Abflüssen an 2 Stellen unter 50 cm (Abbildung 10-6;. Entlang dem linken Talweg liegen die Wassertiefen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 5 Stellen unter 50 cm (Abbildung 10-7, Abbildung 10-11). Die längste Unterschreitung ist bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s 28.2 m (rechter Talweg) respektive 44.3 m (linker Talweg) lang. Die Länge aller Unterschreitungen beträgt insgesamt 7.2 % des rechten (Abbildung 10-8) respektive 10.1 % des linken Talwegs (Abbildung 10-9). Mit zunehmendem Abfluss verringert sich der Anteil Unterschreitungen an der Gesamtlänge.

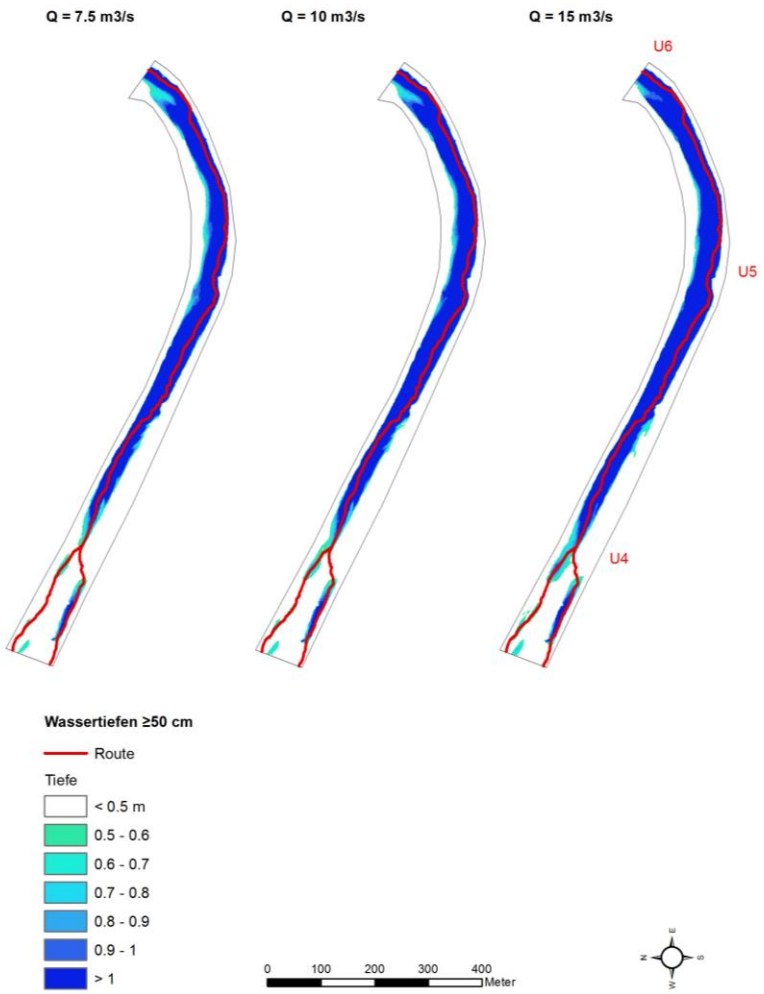


Abbildung 10-5: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U4-U5 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit

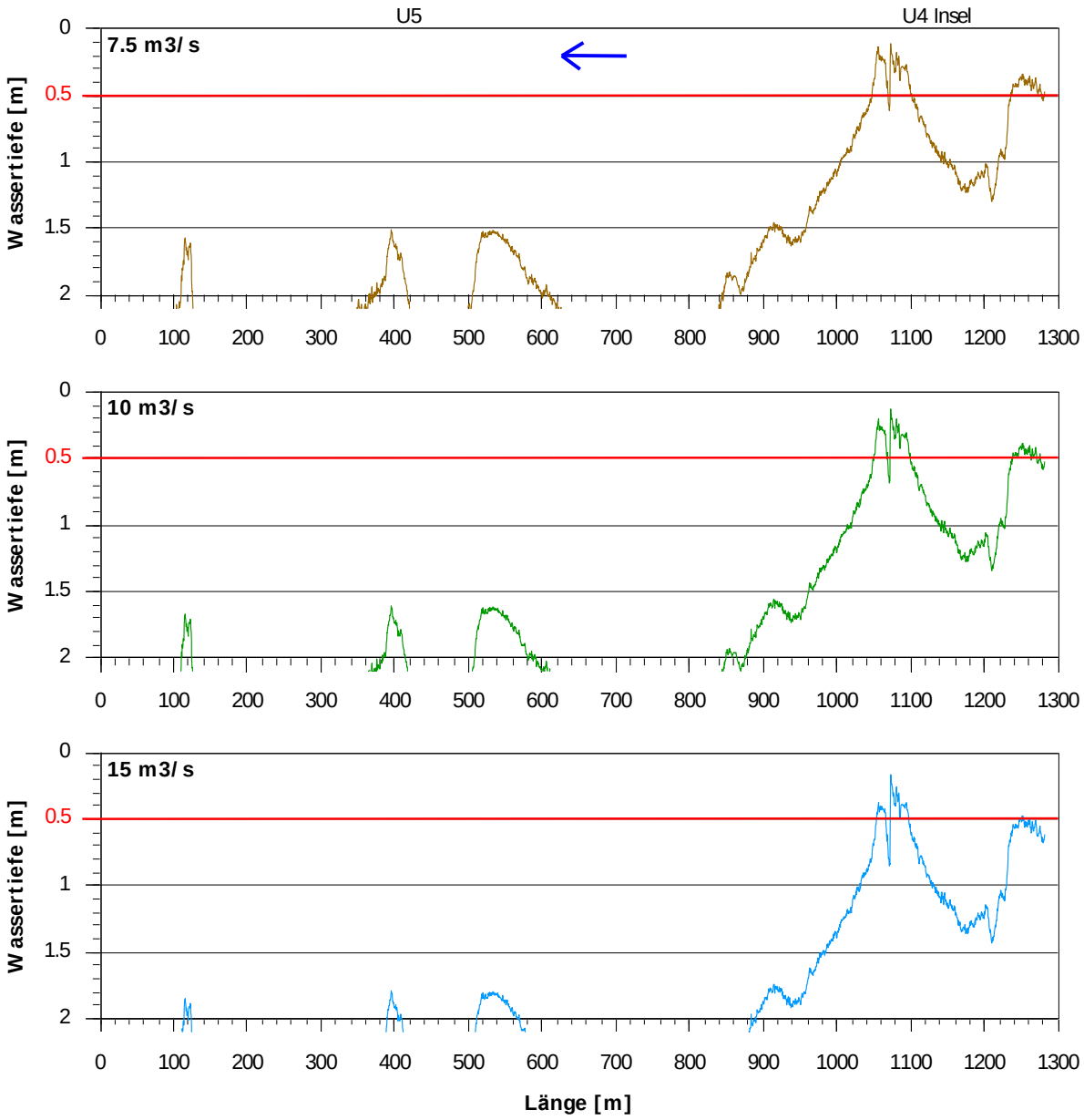


Abbildung 10-6: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), rechter Talweg bei der Insel: Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung

Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.
Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

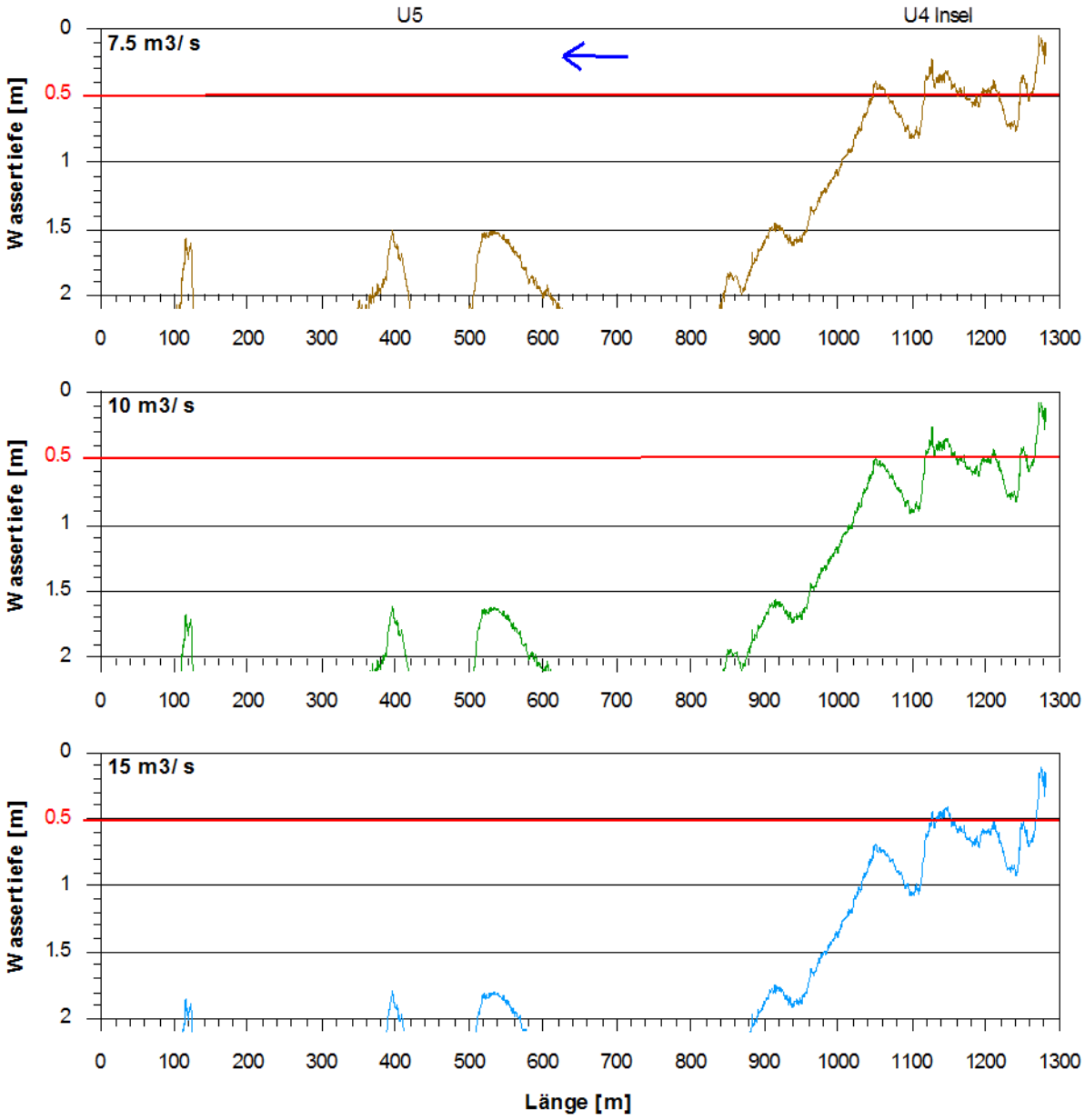


Abbildung 10-7: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), linker Talweg bei der Insel: Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung

Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.
Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

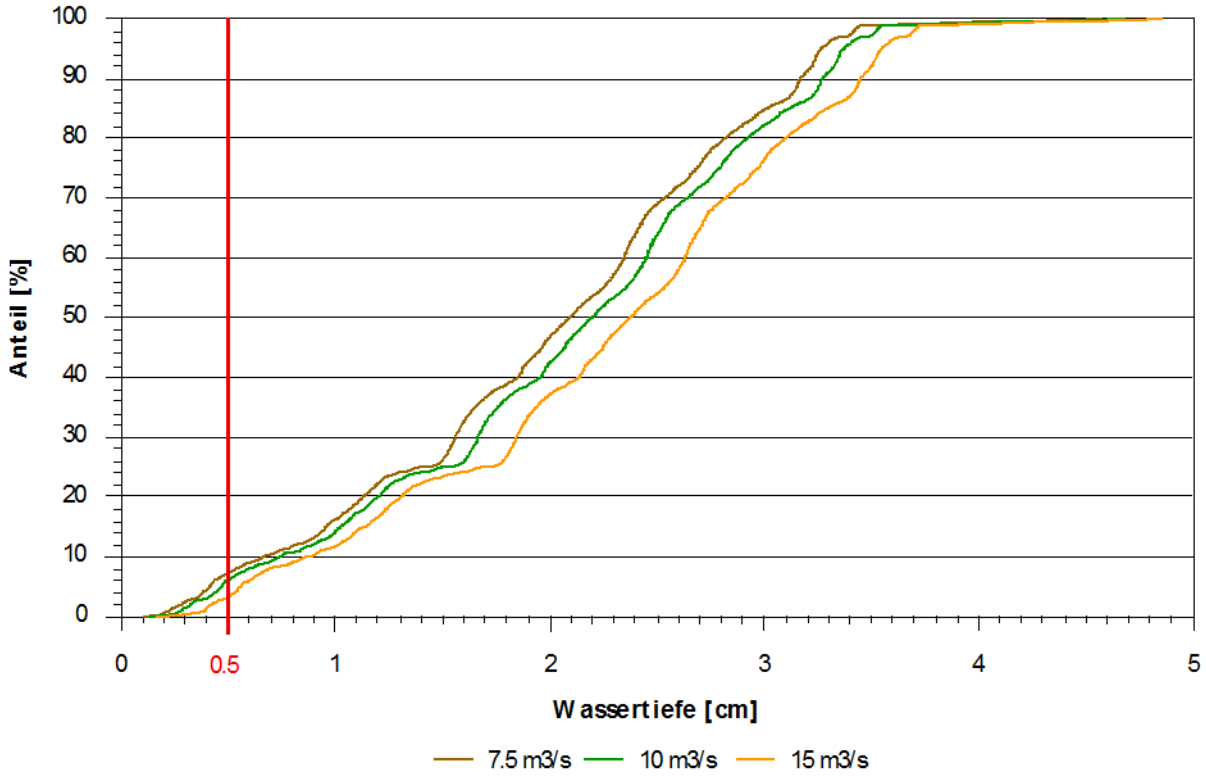


Abbildung 10-8: Untersuchungsstrecken U4-U5, rechter Talweg:
Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse

Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.

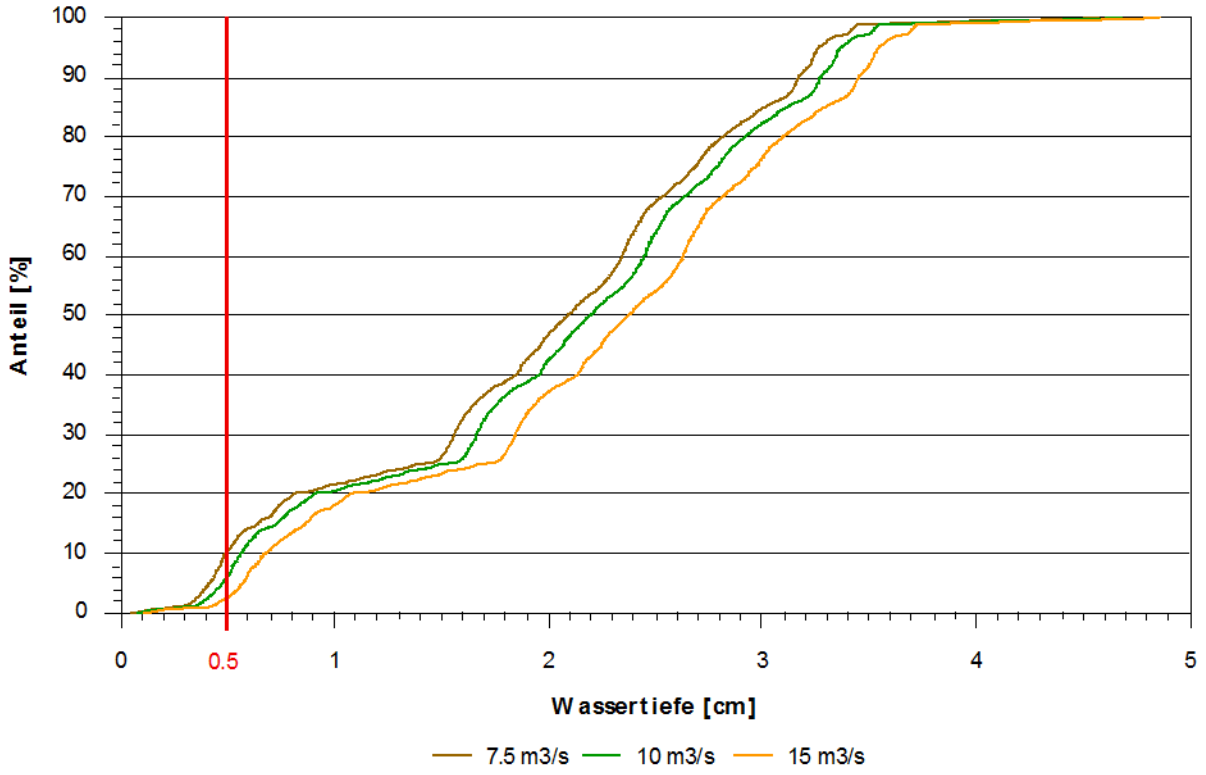


Abbildung 10-9: Untersuchungsstrecken U4-U5, linker Talweg:
Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse

Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.

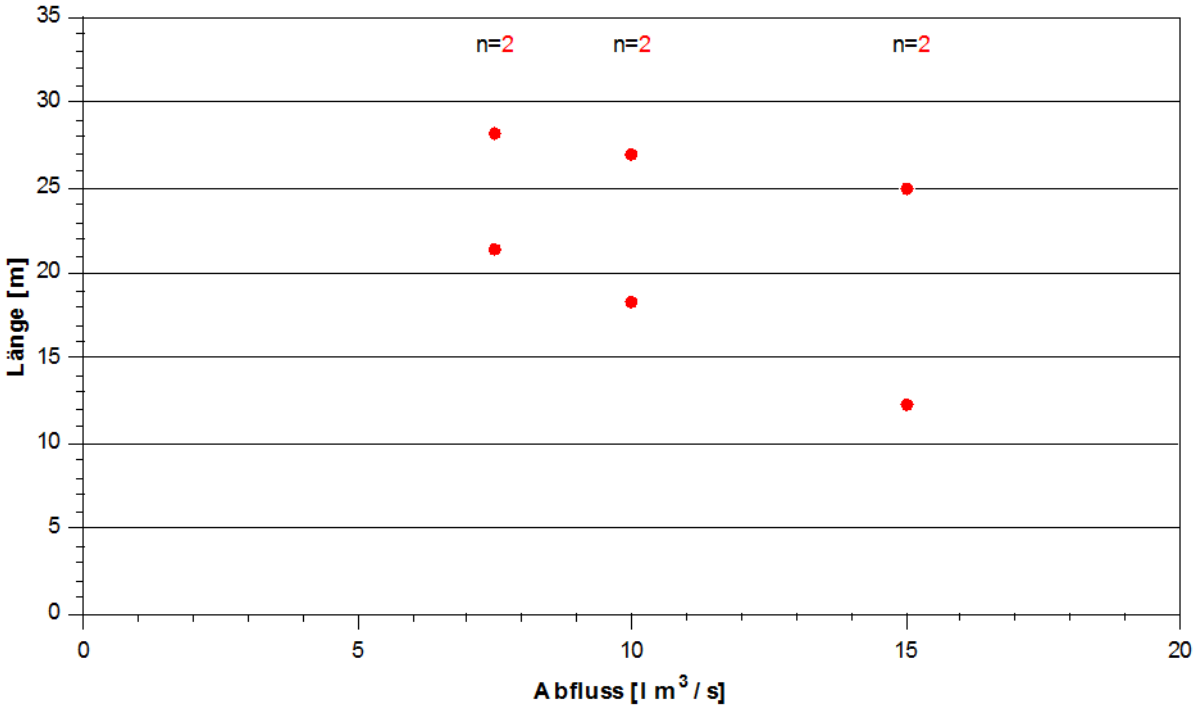


Abbildung 10-10: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), rechter Talweg:
Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s)

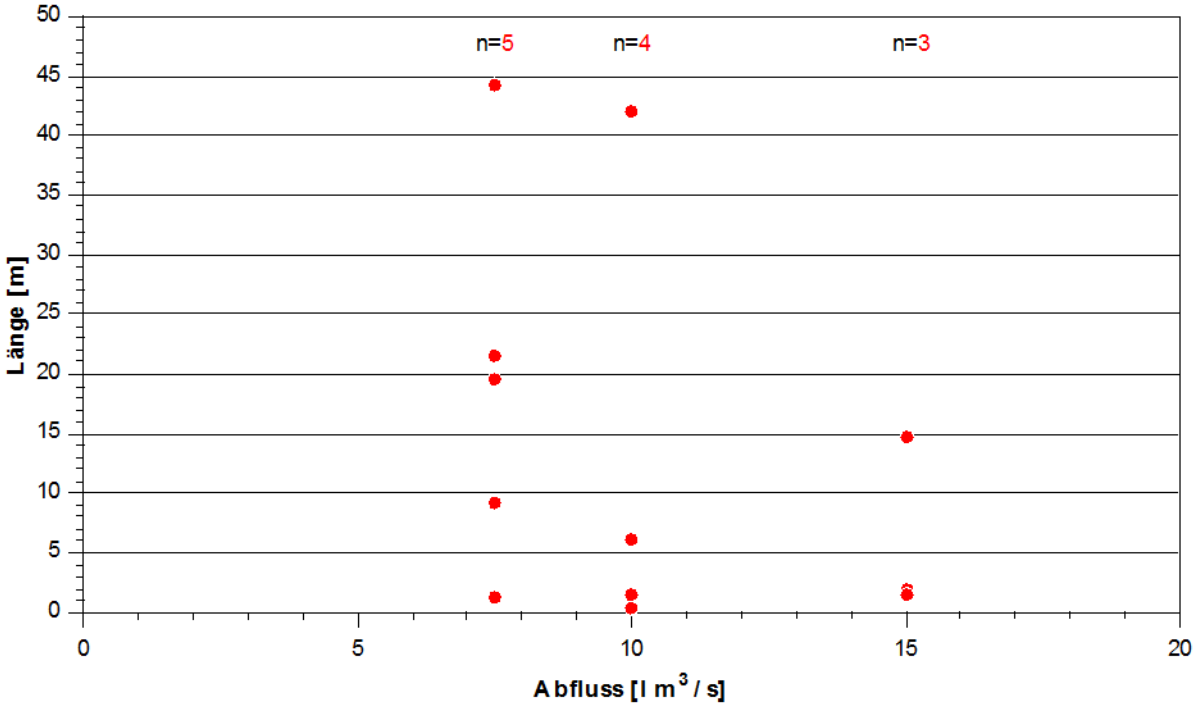


Abbildung 10-11: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), linker Talweg:
Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s)

Abfluss	Unterschreitungen von 50 cm Wassertiefe							
	Rechter Talweg				Linker Talweg			
[m3/s]	An-zahl	Anteil [%]	Grösste Länge [m]	Min. Was-sertiefe [m]	An-zahl	Anteil [%]	Grösste Länge [m]	Min. Wasser-tiefe [m]
7.5	2	7.2	28.2	0.11	5	10.1	44.3	0.21
10	2	6.0	27	0.13	4	5.8	42	0.26
15	2	3.1	24.9	0.17	3	2.5	14.7	0.41

Tabelle 10-2: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in den Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen)

10.4.3 U6 RÜCKBAU BALLYSCHWELLE

Unterschreitungen

Die Länge der gewählten Route beträgt 406 m (Abbildung 10-12). Die Wassertiefen entlang der Route liegen bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s an 6 Stellen unter 50 cm (Tabelle 10-3; Abbildung 10-13). Die längste Unterschreitung ist 7.5 m lang. Die Länge aller Unterschreitungen beträgt insgesamt 3.7 % des Talweges (Abbildung 10-14). Mit zunehmendem Abfluss verringern sich die Anzahl Unterschreitungen sowie deren Anteil an der Gesamtlänge (Abbildung 10-15). Die Strecke unterhalb der Ballyschwelle liegt im Rückstaubereich des Kraftwerks Aarau.

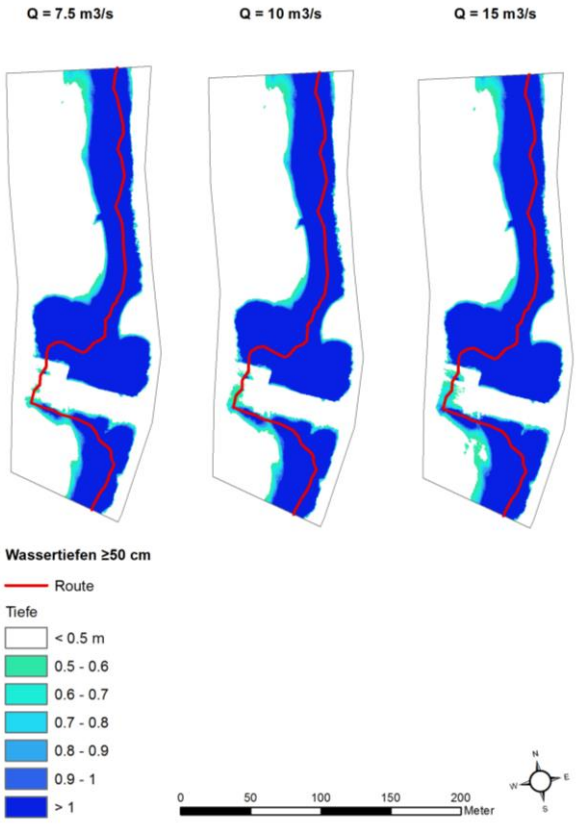


Abbildung 10-12: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U6 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit

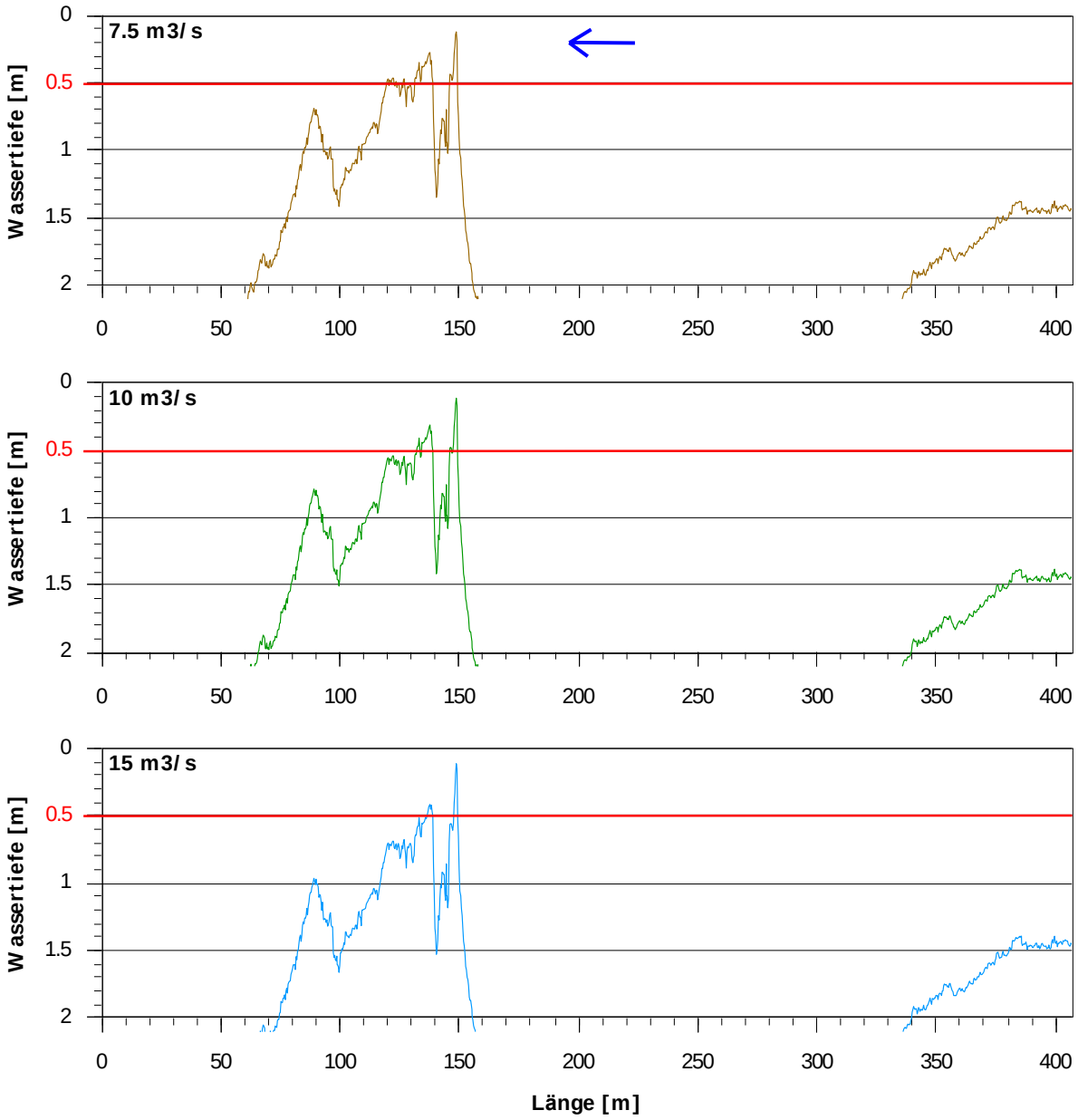


Abbildung 10-13: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle): Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung

Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.
Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben.

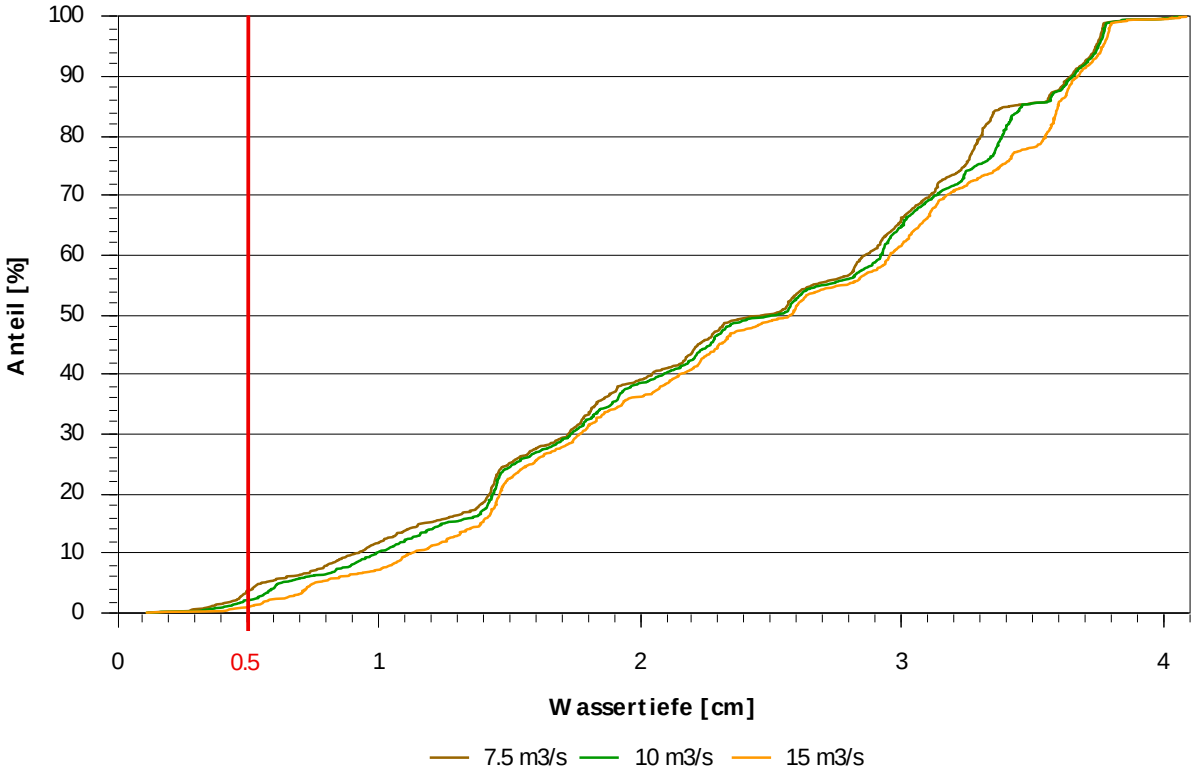


Abbildung 10-14: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle):
Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse
Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm.

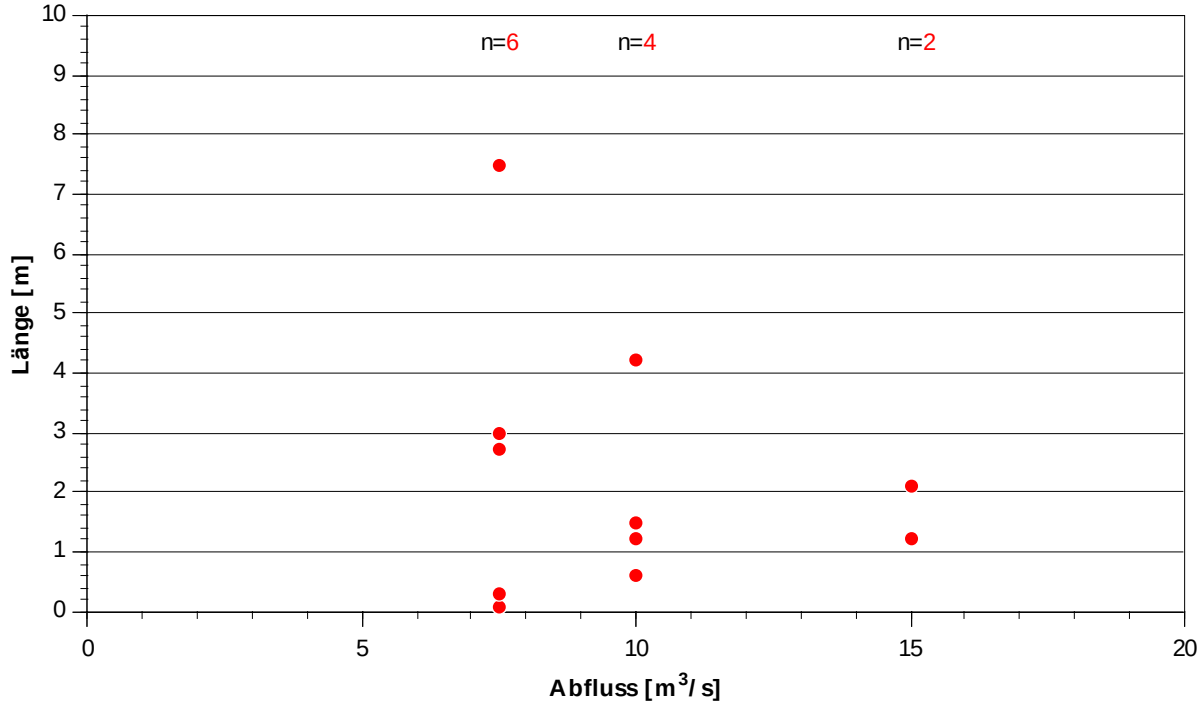


Abbildung 10-15: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle):
Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s)

Abfluss [m^3/s]	Unterschreitungen von 50 cm Wassertiefe			
	Anzahl	Anteil Talweg [%]	Grösste Länge [m]	Min. Wassertiefe [m]
7.5	6	3.7	7.5	0.12
10	4	2.1	4.2	0.11
15	2	0.9	2.1	0.11

Tabelle 10-3: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in der Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle)

10.5 KURZDISKUSSION

Fazit

In den Strecken U2 und U4 wird die erforderliche Mindestwassertiefe von 50 cm auch bei einem Abfluss von 15 m^3/s nicht durchgehend erreicht. Zudem stellt die Ballyschwelle (Untersuchungsstrecke U6) ein grosses Wanderhindernis dar. Die Untersuchungsstrecken sind für den Lachs, aber auch für andere Grossfischarten (z. B. Forellen, Barben) nur mit erhöhtem Energieaufwand passierbar.

Datengrundlage

Die 2D-Modelldaten weisen in den Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen) lokal Ungenauigkeiten von bis zu 10 cm (links der Insel auf einer Länge von 25 m) respektive 20 cm (rechts der Insel auf einer Länge von 120 m) gegenüber der vermessenen Wasserspiegelhöhe auf. Die Modellrechnung geht in diesen Strecken tendenziell von zu hohen Wassertiefen aus.

Kritik

Für die Durchwanderbarkeit wurde im Hinblick auf den Lachs von einer minimalen Wassertiefe von 50 cm ausgegangen. Die Mindestwassertiefe im Wanderkorridor richtet sich nach der Körperhöhe der Fische. Von den typischen Wanderfischen dürften grosse Forellen die grösste Körperhöhe aufweisen. Sie sind im Allgemeinen deutlich korpulenter gebaut als der Lachs. Insofern sollte man sich an den Forellen orientieren. Gemäss einer Empfehlung des BAFU für die Mindestwassertiefe von Forellen sollte daher von ca. 40 cm ausgegangen werden [4].

11. LIBELLEN

11.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Methode und Auswertung: IC Infraconsult AG Erhebungen: Burger & Liechti GmbH
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. Heute ist das Angebot an unterschiedlichen Lebensräumen für die teilweise komplexen Ansprüche der Arten vermutlich geringer als nach Umsetzung der Massnahmen.
Synergiemöglichkeiten	Keine Synergien mit anderen Indikatoren
Literatur	[2]

11.2 METHODE ERHEBUNG UND KURZDISKUSSION

Zu erhebende Daten	Erhoben wurde die Abundanz nach Art, weiter unterteilt in „frisch geschlüpftes Tier“, „Weibchen“, „Männchen“ und „Adulte unbestimmten Geschlechts“, der beobachteten Libellen und deren aktuelles Verhalten (Tandem, Paarung, Eiablage, nur qualitativ) sowie die Anzahl gefundener Exuvien [2].
Vorgehen	Die Libellen wurden an vier Untersuchungsstrecken erhoben. Die Beobachtungszeit hing von der Länge der Strecke ab und variierte zwischen 10 und 30 Minuten. In der Regel ging der Beobachter weiter, sobald keine neuen Arten beobachtet wurden [2].
Erhebungszeitpunkt	Die Untersuchungsstrecken wurden viermal, jeweils in den Kalenderwochen 19 bis 21, 23 bis 25, 27 bis 28 und 31 bis 33, begangen. 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. Die Aufnahmen wurden wie geplant bei den erforderlichen Witterungsbedingungen an folgenden Tagen durchgeführt: 21.05.2014, 10.06.2014, 16.07.2014, 18.08.2014.

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.

11.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		●					
U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen		●					
U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien		●					
U8 Stillgewässer Grien		●					

11.4 RESULTATE

Die Tabelle 11-1 sowie die Abbildung 11-1 führen die Tagesmaxima[14] der gefundenen Individuen pro Art (entspricht Abundanz) sowie deren Summe und die Gesamtartenzahl auf (Details vgl. Anhang A3). In drei weiteren Spalten wird angegeben, ob es sich um typische Arten von Fliess- oder Stillgewässern oder um unspezifische Arten (Generalisten) handelt.

Art	Status RL	U2	U3	U7	U8	Fluss-ufer	Stillge-wässer	Bemerkun-gen
Blaugrüne Mosaikjungfer *Aeshna cyanea*	LC				1		(X)	Generalist
Grosse Königslibelle *Anax imperator*	LC	1		3			(X)	Generalist
Gebänderte Prachtlibelle *Caleopteryx splendens splendens*	LC	10	1	83	30	X		
Blauflügel-Prachtlibelle *Caleopteryx virgo virgo*	LC	1		1		X		
Hufeisen-Azurjungfer *Coenagrion puella*	LC	7						Generalist
Gemeine Smaragdlibelle *Cordulia aenea*	LC			2			X	
Gemeine Keiljungfer *Comphus vulgatissimus*	NT	1				X		
Grosse Pechlibelle *Ischnura elegans*	LC	6						Generalist
Kleine Pechlibelle *Ischnura pumilio*	LC						X	Pionier-gewässer
Plattbauch *Libellula depressa*	LC	1					(X)	Generalist
Vierfleck *Libellula quadrimaculata*	LC	1					(X)	Generalist
Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus forcipatus*	NT			1		X		
Südlicher Blaupfeil *Orthetrum brunneum*	LC			3		X		Bäche, Pio-niergew.
Grosser Blaupfeil *Orthetrum cancellatum*	LC			4			(X)	Generalist
Federlibelle *Platycnemis pennipes*	LC			10	3	X		
Frühe Adonislibelle *Pyrrhosoma nymphula*	LC			1			X	
Summe der Tagesmaxima		28	1	108	34			
Total Anzahl Arten		8	1	9	3			

Tabelle 11-1: Im Sommerhalbjahr 2014 in den Untersuchungsstrecken nachgewiesene Libellenarten (Daten geändert[15])

RL = Rote Liste [8]: NT = potenziell gefährdet, LC = nicht gefährdet

[14] Das Tagesmaximum entspricht der höchsten festgestellten Individuenzahl aus den vier Begehungen.

[15] Daten geändert: Im Fachbericht Libellen werden für die Untersuchungsstrecke U3 zusätzliche Erhebungen aus dem näheren Umfeld aufgeführt, die für die Auswertung des Indikators weggelassen wurden.

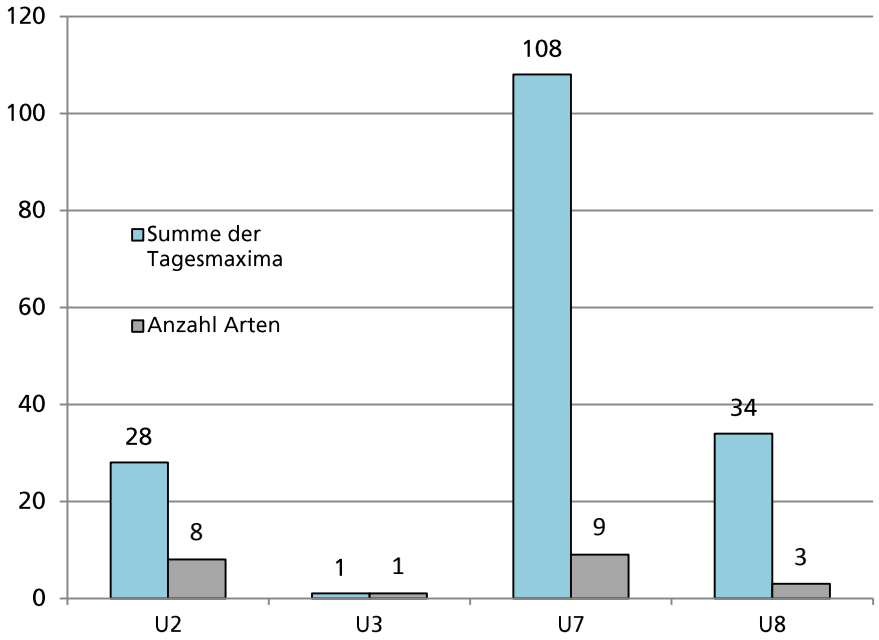


Abbildung 11-1: Im Sommerhalbjahr 2014 in den Untersuchungsstrecken nachgewiesene Libellenarten

11.5 KURZDISKUSSION

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Entlang dem von Rohrglanzgras bewachsenen Ufer fanden sich verbreitet Gebänderte Prachtlibellen *Calopterix splendens*, selten auch Blauflügelige Prachtlibellen *Calopterix virgo*. Bei einem zeitweise durchflossenen Seitengerinne mit Rückwasser im Mündungsbereich westlich der Untersuchungsfläche fand sich eine frisch geschlüpfte Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus*. Die häufigen Stillwasserarten Hufeisen-Azurjungfer *Coenagrion puella*, Grosse Pechlibelle *Ischnura elegans*, Vierfleck *Libellula quadrimaculata*, Grosse Königslibelle *Anax imperator* sowie die Pionierart Blattbauch *Libellula dipressa* wurden in temporären, von Regenwasser gespiesenen Tümpeln auf der Rodungsfläche beobachtet.

U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen

Die im Wald durch Grundwasser beeinflussten Flutmulden waren zum Zeitpunkt der Erhebung des Ausgangszustandes so schattig, dass dort kaum Libellen beobachtet wurden. Es fand sich nur die Flussart Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendes* entlang dem Waldrand.

U7 Eigendynamik Wöschnau

Die durch Kiesbänke geprägte Wöschnau wies neben verschiedenen nur bei hohen Wasserständen durchflossenen Seitengerinnen auch temporäre Altarme und Flutmulden auf. Jedoch scheinen diese für die Entwicklung vieler Stillgewässerarten zu oft überschwemmt zu werden.
Einzelne Individuen von folgenden Arten konnten an diesen Gewässern beobachtet werden: Grosse Königslibelle *Anax imperator*, Falkenlibelle *Cordulia aenea*, Südlicher Blaupfeil *Ortherum brunneum*, Grosser Blaupfeil *Orthetrum* cancellatum und Frühe Adonislibelle Pyrrhosoma nymphula.

Die Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendens* und die Blaue Federlibelle *Platycnemis penipes* waren entlang des dicht mit Rohrglanzgras bewachsenen Ufers häufig. Je einmal wurde eine Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* und eine Blauflügelige Prachtlibelle *Calopterix virgo* beobachtet.

U8 Stillgewässer Grien	Zum Zeitpunkt der Ausgangserhebung fehlten in dem Gebiet Gewässer, jedoch konnten drei Libellenarten auf der Insektenjagd entlang des Waldrandes beobachtet werden. Dies waren in grosser Anzahl die Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendes* und vereinzelt die Blaue Federlibelle *Platycnemis pennipes.* Im Spätsommer konnte auch ein Männchen der Blauen Mosaikjunger *Aeshna caerulea* beobachtet werden.
Witterung	Nach warmen Frühlingsmonaten war der Juli 2014 sehr regenreich. Die Hochwasser im Juli und August mit viel Sand führten für Flusslibellen zu schwierigen Bedingungen. Larven wurden weggeschwemmt oder mit Geschiebe überdeckt. So konnten z. B. im Spätsommer in den Seitengewässern in den Auen Wöschnau nur noch wenige Libellen nachgewiesen werden. Die Flächen wurden zu häufig und stark überflutet, als dass sich Libellenlarven entwickeln konnten.

12. ZEITLICHES MOSAIK UND SUKZESSION

12.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	IC Infraconsult AG
Definition	Räumliche Anordnung und zeitliche Abfolge (Sukzession) der terrestrischen Lebensraumtypen
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 48 und 49
Indizierte Ziele	Hauptziel: Entstehung zusätzlicher fluss- und auentypischer Lebensräume Teilziel: Strukturvielfalt erhöhen Zielbereich: Auentypische Lebensräume/Vegetationstypen
Begründung	Das Vorhandensein und die Anordnung von Vegetationstypen wiederspiegeln die Dynamik oder Stabilität der Lebensräume und informieren über Trockenheit, Vernässung, Eutrophierung und Sukzession des Ökosystems. Ebenso wird die longitudinale und die laterale Vernetzung dokumentiert. Heute ist das Angebot an unterschiedlichen Lebensräumen vermutlich geringer als nach Umsetzung der Massnahmen. Die vielfältige Ausbildung der terrestrischen Lebensräume (vor allem Weich- und Hartholzaue, Pionierformationen) und natürliche Entwicklung ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Ziele.
Synergiemöglichkeiten	Synergien mit Indikator Landschaftsstrukturmasse
Literatur	[24]

12.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten und Vorgehen	Die Auswertung basiert auf den Daten aus der terrestrischen Lebensraumtypenkartierung (vgl. Kapitel 3.2 Basiserhebung) und der Kartierung der aquatischen Mesohabitate (siehe Kapitel 7 Dynamik der Sohlenstruktur). Im folgenden wird sowohl für die terrestrischen Lebensraumtypen wie auch für die aquatischen Mesohabitate der Begriff der Lebensraumtypen verwendet.
Auswertung	Die kartierten terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen wurden in einer Zustandskarte graphisch dargestellt. Anhand der relativen Anteile der einzelnen Lebensraumtypen wurden die Vielfalt mittels Shannons Diversitäts-Index und Shannons Ausgewogenheits-Index (evenness) ermittelt.
Shannons Diversitäts-Index, Shannons Ausgewogenheits-Index	Die Diversitäts-Auswertungen generieren einen Wert für die Heterogenität der Lebensräume in einer Untersuchungsstrecke. Analysiert werden dabei die Einzelflächen, differenziert nach ihrer Anzahl und dem zugeordneten Lebensraumtyp. Der Shannon Diversitäts-Index erreicht seinen maximalen Wert, wenn alle Lebensraumtypen gleich häufig vorkommen, und nähert sich null, wenn ein einzelner Lebensraumtyp dominiert.

Der Shannon Diversitäts-Index ist also ein Mass für die relative Häufigkeit oder Dominanz eines Lebensraumtyps. Der Maximalwert hängt dabei von der Anzahl der Lebensraumtypen ab.

Der Shannon Ausgewogenheits-Index ist ein Mass für das Verhältnis des errechneten Werts der Shannon Diversität zum maximal erreichbaren Wert (alle Lebensraumtypen sind genau gleich häufig). Der Shannon Ausgewogenheits-Index liefert daher Werte zwischen 0 und 1. Eine vollkommene Gleichverteilung (= 1) wird erreicht, wenn alle Lebensraumtypen genau gleich häufig vertreten sind. Die Werte sind umso tiefer, je anteilsmässig ungleicher die Lebensraumtypen vorkommen.

Sukzession

Ein Auftreten von Pionier- sowie Postpionier- und Sumpfformationen charakterisiert ein vielfältiges und dynamisches Auensystem. Wenn sich die Ausdehnungen von Pionier- und Postpionierformationen ähnlich sind und zusammen mehr als die Hälfte der Untersuchungsstrecke ausmachen wird ein hoher Zufriedenheitsgrad erreicht, bei Dominanz einer der beiden Formationen ein tiefer [24].

Entlang von drei senkrecht zum Flusslauf liegenden Transekten werden anhand der Entwicklung der Lebensraumtypen in Zeit und Raum der Ablauf der Sukzession analysiert und die Ergebnisse graphisch dargestellt. Es wurden folgende Formationen von Besiedlungstypen unterschieden [24]:

- Pionierformation[16]
- Postpionier- und Sumpfformation[17]
- Klimax- und xerophile Formationen[18]
- Alluvionen ohne Vegetation
- Neophyten-Bestände
- Aquatische Formationen

Für jeden Transekt wurden der relative Anteil der Pionierformationen und der Postpionierformationen berechnet. Die gerundeten Anteile in Prozent von Pionier- und Postpionierformationen werden einander gegenübergestellt und bewertet (Tabelle 12-1). Die angegebenen Zufriedenheitsgrade basieren auf Experteneinschätzungen [24].

Anteil Post-Pionierformationen [%]											
Anteil Pionierformationen [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	10	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
	20	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	
	30	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7		
	40	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9			
	50	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0				
	60	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0					
	70	0.8	0.9	0.9	0.9						
	80	0.6	0.7	0.7							
	90	0.5	0.6								
	100	0.5									

Tabelle 12-1: Matrix zur Ermittlung des Zufriedenheitsgrades beziehungsweise des standardisierten Werts (Reproduktion nach [24])

[16] z. B. Fromental-Brache (Arrhenatheretea), Alluvionen mit Vegetation, Auen-Weidengebüsch (Salicion elaeagni)
[17] z. B. Flussuferröhricht (Phalaridion), Weichholz-Auenwald (Salicion albae)
[18] z. B. Hartholz-Auenwald (Fraxinion), Waldmeister-Buchenwald (Galio-Fagenion)

Lage der Transekte

Die Lage der Transekte deckt sich mit den BAFU-Querprofilen und ist aus Abbildung 12-1 für die Untersuchungsstrecke U2, aus Abbildung 12-2 für die Untersuchungsstrecke U5 und aus Abbildung 12-3 für die Untersuchungsstrecke U7 ersichtlich. Zur weiteren Information befindet sich im Anhang A6 eine Abbildung, welche die Abfolge der Lebensraumtypen an derselben Lage zeigt.

12.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

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

12.4 RESULTATE

Lebensraumtypen

Die folgenden Karten (Abbildung 12-1, Abbildung 12-2, Abbildung 12-3) zeigen die kartierten terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 im Ausgangszustand 2014. Einzeln kartierte Flächen wurden durchnummeriert. Im Anhang A4 befinden sich zusätzliche Informationen, beispielsweise Artenlisten, zu den Einzelflächen.

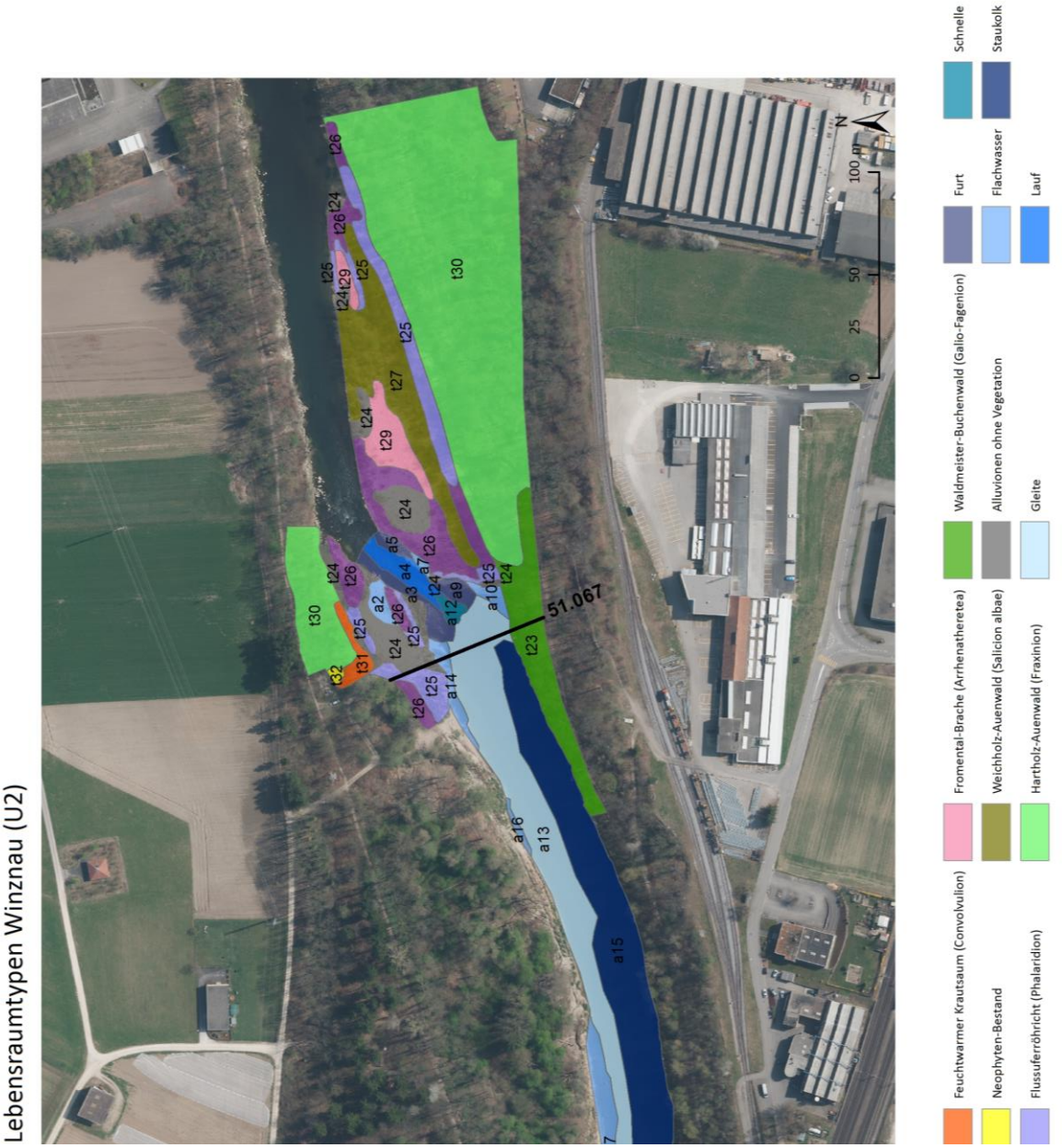


Abbildung 12-1: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U2 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang)

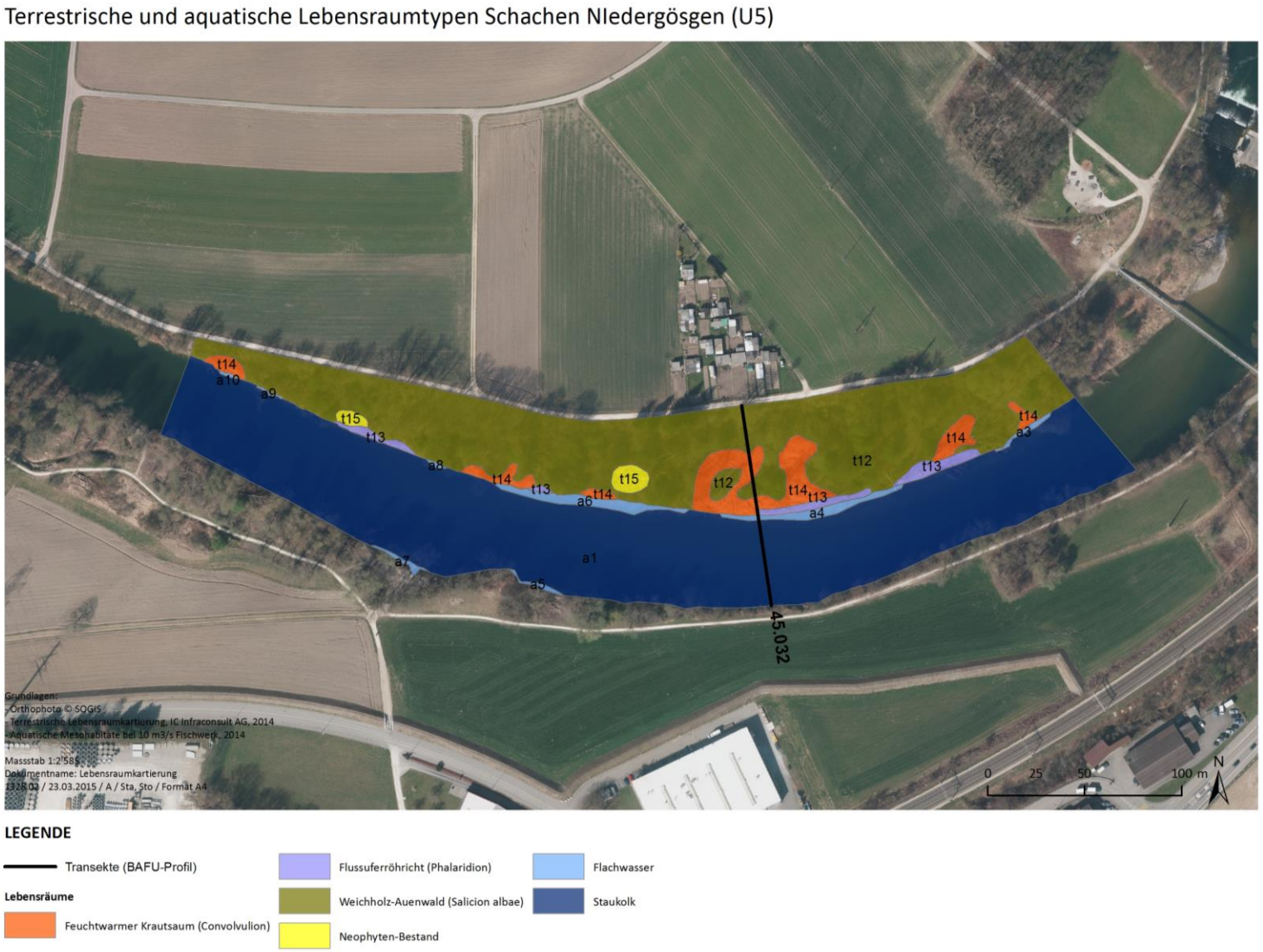


Abbildung 12-2: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U5 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang)

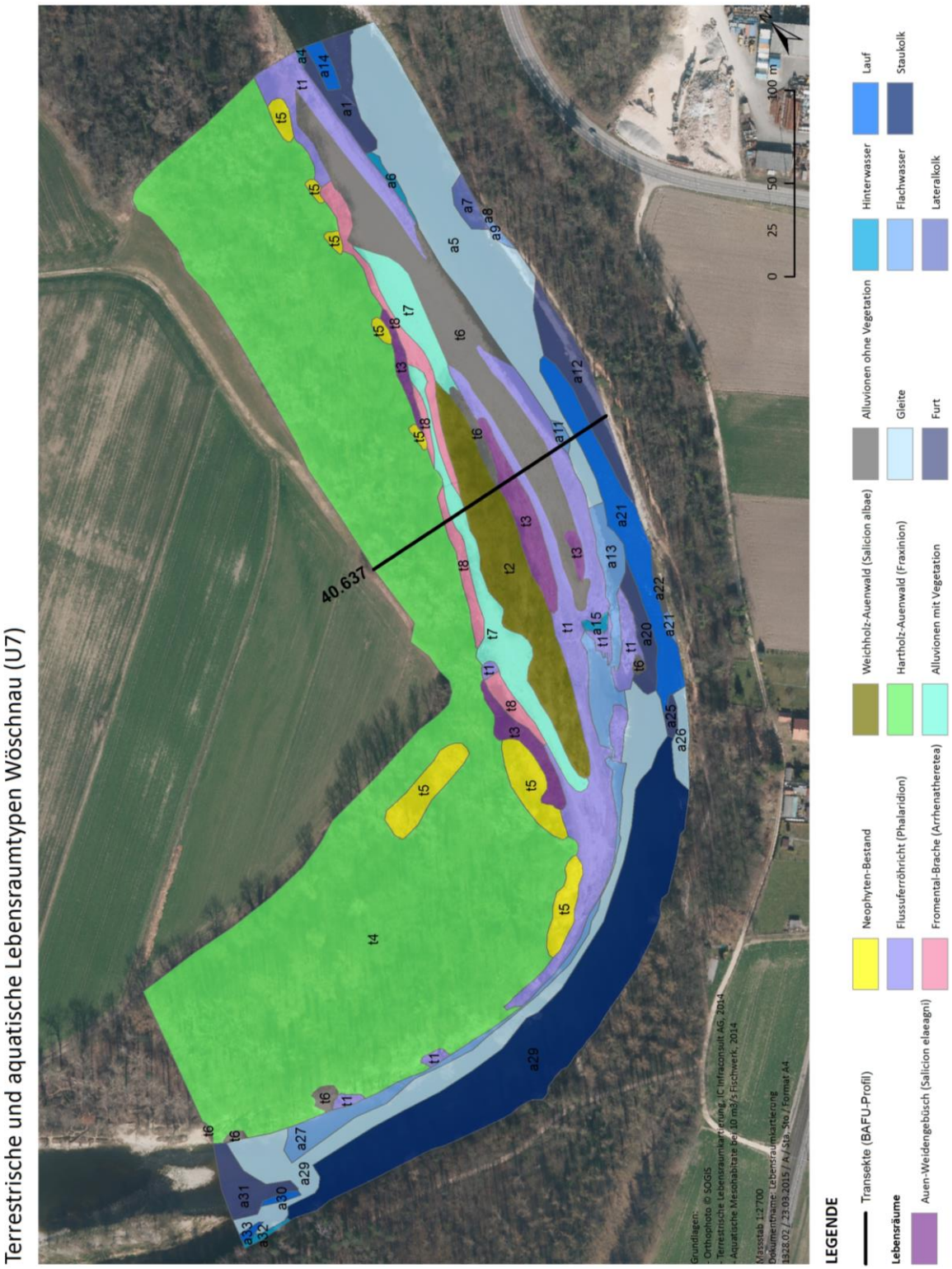


Abbildung 12-3: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U7 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang)

Shannons Index

Die Tabelle 12-2 führt die ermittelten Werte für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 auf.

Kennwerte	U2	U5	U7
Shannons Diversitäts-Index	2.18	1.04	2.04
Shannons Ausgewogenheits-Index (evenness)	0.79	0.58	0.72
Anzahl Lebensraumtypen	16	6	17
Anzahl Einzelflächen	26	13	33

Tabelle 12-2: Kennwerte zur Strukturvielfalt für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7

Sukzession

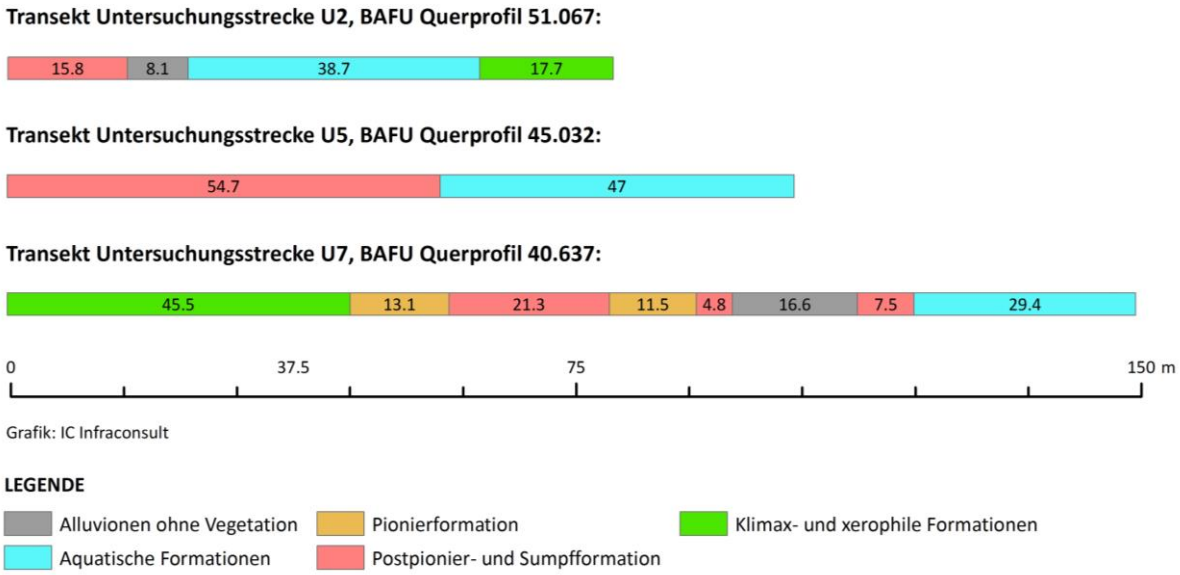


Abbildung 12-4: Besiedlungstypen entlang von drei Transekten senkrecht zum Flusslauf in den Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7

Anteile Pionierformationen und Postpionierformationen

Für jedes Transekt wurde der relative Anteil der Pionierformationen sowie der Postpionierformationen ermittelt. Die folgende Tabelle (Tabelle 12-3) führt die entsprechenden Angaben sowie den aus Tabelle 12-1 ermittelten Zufriedenheitsgrad auf.

Kennwerte	U2	U5	U7
Gesamtlänge Transekt [m]	80.3	101.7	149.7
Länge Pionierformationen [m]	0	0	24.6
Anteil Pionierformationen [%]	0	0	16
Länge Postpionierformationen [m]	15.8	54.7	33.6
Anteil Postpionierformationen [%]	20	54	22
Zufriedenheitsgrad nach Tabelle 12-1	0	0	0.3

Tabelle 12-3: Anteile Pionier- und Postpionierformationen sowie des resultierenden Zufriedenheitsgrades für U2, U5 und U7

12.5 KURZDISKUSSION

Lebensraumtypen

Eine ausgeglichene Verteilung der Lebensräume charakterisiert ein Auensystem, das regelmässig dynamischen Prozessen unterworfen ist. Die Dominanz von ein oder zwei Lebensraumtypen dagegen weist auf ein Auensystem mit wenig ausgeprägten dynamischen Prozessen hin.

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die Karte (Abbildung 12-1) zeigt im unteren Bereich der Aarebiegung ein relativ vielfältiges Bild an unterschiedlichen Lebensraumtypen. Zwischen den Gefällsstufen mit einer typischen Furt-Gleiten-Sequenz ist der Abschnitt im Flussraum aber eher monoton. Gründe dafür sind der Rückstau und die Verbauung entlang des Prallhangs, was eine Ausuferung und eine Bildung von vielfältigen Lebensraumtypen verunmöglicht. Auf den Kiesbänken konnte sich ein kleinräumiges, eng verzahntes Mosaik aus Auen-Weidengebüsch, Alluvionen, Flussuferröhricht und Weichholz-Auenwald ausbilden. Auf den etwas höher gelegenen Bereichen schliesst ein Hartholz-Auenwald an.

Die Werte aus den Index-Berechnungen zeigen, dass die Lebensraumtypen anteilsmässig fast gleich häufig vorkommen. Die Untersuchungsstrecke wird nicht von einem einzelnen Lebensraumtypen dominiert.

Die Abfolge der Auenformationen entlang des Transekts widerspiegelt den rechtsufrig steil abfallenden Prallhang mit standortgerechtem Buchenwald und linksufrig eine Abfolge von Alluvionen ohne Vegetation und anschliessender Postpionierformationen. Ausprägungen von Pionierformationen fehlen. Daraus ergibt sich ein Zufriedenheitsgrad von 0, dem tiefst möglichen Wert. Allerdings muss angemerkt werden, dass das Transekt so liegt, dass das weiter unten liegende Auenmosaik mit Anteilen von Pionier- und Postpionierformationen nicht abgebildet wird.

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Ausgesprochen monoton sowohl in aquatischer wie auch in terrestrischer Hinsicht ist die Untersuchungsstrecke U5. Aufgrund des Aufstaus durch die Ballyschwelle bildete sich eine tiefe, träge fliessende grosse Wanne, die kaum sichtbare Strukturen aufweist. Daran schliesst ein mit Krautsäumen und Flussuferröhricht durchzogener Weichholz-Auenwald an. Dieser Mix ist prinzipiell standortgerecht, jedoch fehlen typische Lebensraumtypen früherer Sukzessionsstadien wie Alluvionen mit oder ohne Vegetation.

Die Werte aus den Index-Berechnungen zeigen, dass die Lebensraumtypen anteilsmässig tendenziell ähnlich häufig vorkommen. Einzelne Lebensraumtypen sind aber etwas häufiger als andere. Von einer Dominanz eines Lebensraumtypen kann aber nicht gesprochen werden, da sich Weichholz-Auenwald und Staukolk ungefähr die Waage halten.

Diese Erkenntnis wird auch durch die Analyse des Transekts bestätigt. Postpionier- und Sumpfformationen sowie aquatische Formationen machen je ungefähr die Hälfte der Strecke aus. Wie schon bei der Untersuchungsstrecke U2 fehlen auch hier die Pionierformationen gänzlich und der Zufriedenheitsgrad liegt daher bei 0.

U7 Eigendynamik Wöschnau

Die Untersuchungsstrecke U7 wird im Flussraum durch drei Gefällsstufen sowie im oberen Teil durch einen Staukolk und im unteren durch eine Gleite dominiert. Im Bereich der Gefälle zeigt sich ansatzweise die klassische Lebensraumabfolge von Kiesbank-Flachwasser-Furt-Lauf-Furt-Flachwasser-Kiesbank. Der eher monotonen Staukolk und die Gleite haben ihren Ursprung einerseits im Rückstau, aber auch in der Verbauung entlang des Prallhangs. Terrestrisch schliesst im oberen Abschnitt mehr oder weniger nahtlos ein Hartholz-Auenwald an den Flussraum an. Nach der Flussbiegung bildete sich ein typisches Mosaik aus standortgerechten

Auenlebensräumen aus. Bei dieser kleinräumigen Vielfalt von Alluvionen mit oder ohne Vegetation, Flussuferröhricht, Weiden-Gebüschen und einem Weichholz-Auenwald sowie anschliessendem Hartholz-Auenwald handelt es sich um eine im Schweizer Mittelland selten gewordene Landschaftskomposition. Leider nehmen von Neophyten dominierte Bestände vergleichsweise grosse Flächen ein.

Die Werte aus den Index-Berechnungen zeigen, dass die Lebensraumtypen anteilsmässig ähnlich häufig vorkommen. Die Untersuchungsstrecke wird nicht von einem einzelnen Lebensraumtyp dominiert.

Die Abfolge der Auenformationen entlang des Transekts widerspiegelt eine Kleinräumigkeit aus wechselweise Alluvionen ohne Vegetation, Pionierformationen und Postpionier- und Sumpfformationen. Daran schliesst landseitig der Hartholzauenwald an. Aus den fast ausgeglichenen Anteilen an Pionier- und Postpionierformationen resultiert ein Zufriedenheitsgrad von 0.3.

Hierbei muss angemerkt werden, dass die gewählte Transektlänge den Zufriedenheitsgrad massgeblich beeinflusst. Hätte man das Transekt kürzer gewählt, hätte sich der Zufriedenheitsgrad bis gegen 1 steigern lassen.

Bewertung

Die Bewertung, respektive Standardisierung der Resultate der Ausgangserhebung richtet sich nach der Methode in [24]. Den ermittelten Index-Werten werden die standartisierten Wert gemäss der folgenden Tabellen zugeordnet (Tabelle 12-4, Tabelle 12-5, Tabelle 12-6).

Beschreibung	Shannons Diversitäts-Index			Standardisierter Wert			
	U2	U5	U7		U2	U5	U7
Ein einzelner Lebensraumtyp dominiert (< 0.5)				0 bis < 0.2			
Neben einem dominanten Lebensraumtyp kommen einige andere vor (0.5 bis < 0.8)		X		0.2 bis < 0.4			
Die vorkommenden Lebensraumtypen sind unterschiedlich häufig (0.8 bis < 1.1)				0.4 bis < 0.6		**0.5**	
Die vorkommenden Lebensraumtypen sind ähnlich häufig (1.1 bis < 1.4)				0.6 bis < 0.8			
Alle Lebensraumtypen sind ungefähr gleich häufig (≥ 1.4)	X		X	0.8 bis ≤ 1	**1**		**1**

Tabelle 12-4: Zuordnung der standardisierten Werte für den Shannons Diversitäts-Index

Beschreibung	Shannons Ausgewogenheits-Index			Standardisierter Wert			
	U2	U5	U7		U2	U5	U7
Ein einzelner Lebensraumtyp dominiert (0 bis < 0.2)				0 bis < 0.2			
Neben einem dominanten Lebensraumtyp kommen einige andere vor (0.2 bis < 0.4)				0.2 bis < 0.4			
Die vorkommenden Lebensraumtypen sind unterschiedlich häufig (0.4 bis < 0.6)		X		0.4 bis < 0.6		**0.5**	
Die vorkommenden Lebensraumtypen sind ähnlich häufig (0.6 bis < 0.8)	X		X	0.6 bis < 0.8	**0.75**		**0.75**
Alle Lebensraumtypen sind ungefähr gleich häufig (0.8 bis ≤ 1)				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 12-5: Zuordnung der standardisierten Werte für den Shannons Ausgewogenheits-Index

Beschreibung	Zufriedenheitsgrad Sukzession			Standardisierter Wert			
	U2	U5	U7		U2	U5	U7
Anteile Pionierformationen sehr gering, Anteil Postpionierformationen unausgeglichen (0 bis < 0.2)	X	X		0 bis < 0.2	**0.1**	**0.1**	
Anteil Pionierformationen gering, Anteil Postpionierformationen unausgeglichen (0.2 bis < 0.4)			X	0.2 bis < 0.4			**0.25**
Mittlere Anteile Pionier- und Postpionierformationen, aber unausgeglichen (0.4 bis < 0.6)				0.4 bis < 0.6			
Anteile Pionier- und Postpionierformationen höher, aber unausgeglichen (0.6 bis < 0.8)				0.6 bis < 0.8			
Anteile Pionier- und Postpionierformationen hoch und ausgeglichen (0.8 bis ≤ 1)				0.8 bis ≤ 1			

Tabelle 12-6: Zuordnung der standardisierten Werte für den Zufriedenheitsgrad Sukzession

Gesamtbewertung

Eine Interpretation der Ergebnisse ist erst im Vorher-Nachher-Vergleich möglich und sinnvoll. Aus den Bewertungen für die Shannon-Diversität, die Shannon-Ausgewogenheit und den Zufriedenheitsgrad für die Sukzession resultieren die Mittelwerte 0.6 für die Untersuchungsstrecke U2, 0.4 für U5 und 0.7 für U7 (vgl. Tabelle 12-7).

Standardisierte Index-Werte	U2	U5	U7
Shannons Diversitäts-Index	1	0.5	1
Shannons Ausgewogenheits-Index	0.75	0.5	0.75
Zufriedenheitsgrad Sukzession	0.1	0.1	0.25
Mittelwert	**0.6**	**0.4**	**0.7**

Tabelle 12-7: Mittelwert aus den drei standardisierten Werten für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7

13. LANDSCHAFTSSTRUKTURMASSE

13.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	IC Infraconsult AG
Definition	Vielfalt und räumliche Anordnung der terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 19
Indizierte Ziele	Hauptziel: Entstehung zusätzlicher fluss- und auentypischer Lebensräume Teilziel: Strukturvielfalt erhöhen Zielbereich: Auentypische Lebensräume/Vegetationstypen
Begründung	Der Indikator gibt Auskunft über die Lebensraumvielfalt und Grenzliniendichte. Eine naturnahe Flusslandschaft besteht aufgrund unterschiedlicher Umweltbedingungen aus verschiedenen Lebensraumstrukturen. Die Vielfalt, die Grösse, die Form und die räumliche Verteilung dieser Habitate bestimmen massgeblich die Artenzusammensetzung, die Häufigkeit sowie die Vernetzung der Flora und Fauna. Beispielsweise bei Fischen, aquatischen Wirbellosen und auentypischen Laufkäfern ist die Artenvielfalt positiv mit der Uferlänge korreliert. Heute ist das Angebot an unterschiedlichen Lebensräumen vermutlich geringer als nach Umsetzung der Massnahmen. Die Ausbildung dieser Strukturen ist eines der wichtigsten gewässerökologischen Ziele.
Synergiemöglichkeiten	Synergien mit Indikator Zeitliches Mosaik und Sukzession
Literatur	[24] und [17]

13.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten und Vorgehen	Die Auswertung basiert auf den Daten aus der terrestrischen Lebensraum-typenkartierung (siehe Kapitel 3.2 Basiserhebung) und der Kartierung der aquatischen Mesohabitate (siehe Kapitel 7 Dynamik der Sohlenstruktur). Im folgenden wird sowohl für die terrestrischen Lebensraumtypen wie auch für die aquatischen Mesohabitate der Begriff der Lebensraumtypen verwendet.
Auswertung	Auf Basis der terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen wurde im GIS mittels der Software PatchAnalyst und V-LATE ausgewählte Landschaftsstrukturmasse berechnet. Auf die Auswertung von Parametern, welche die Komplexität der Fläche eines Lebensraumtyps im Vergleich zu den Standardformen Kreis und Quadrat messen, wurde verzichtet. Erste Auswertungen zeigten, dass längliche Habitate höhere Werte ergaben. Da es sich um Untersuchungen im Flussraum handelt, wo Lebensräume häufig langgezogene Formen aufweisen, macht aus unserer Sicht eine solche Auswertung wenig Sinn.

Landschaftsstruktur-masse Übersicht

Die räumliche Variabilität, d. h. die Anordnung der einzelnen Lebensraumtypen oder Einzelflächen, bilden die Basis für die Ermittlung der Landschaftsstrukturmasse. Die Analyse erfolgt dabei auf drei Ebenen:

- Einzelfläche
- Lebensraumtyp
- Untersuchungsstrecke

Dabei können sich die Auswertungen übergreifend auf die gesamte Untersuchungsstrecke oder spezifisch auf einen Lebensraumtypen beziehen. Die ermittelten Masse stützen sich entweder auf die Flächenanzahl (Diversität), Flächengrösse oder die Randlinienlänge (= Umfang) ab.

Die folgende Tabelle führt die Definitionen für die verwendeten Landschaftsstrukturmasse auf (Tabelle 13-1).

Abkürzung	Bezugsebene	Analysebasis	Einheit	Beschrieb
CA	Lebensraumtyp	Fläche	ha	Gesamtfläche je Lebensraumtyp
ED	Lebensraumtyp	Randlinie / Fläche	m/ha	Randliniendichte (Anzahl Linien pro Hektare) TE/TLA
TLA	Untersuchungsstrecke	Fläche	ha	Gesamtfläche der untersuchten Strecke
MNN	Untersuchungsstrecke Lebensraumtyp	Distanz	m	Mittlere Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Lebensraumtyps
NP	Lebensraumtyp	Diversität	-	Anzahl Einzelflächen
MPE	Lebensraumtyp	Randlinie	m	Mittlere Randlinienlänge
MPI	Untersuchungsstrecke Lebensraumtyp	Fläche / Distanz	-	Mittlerer Proximity-Index, Verhältnis aus der Flächengrösse einer Einzelfläche und der Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Typs innerhalb eines Aktionsradius von 50 m (Implementierung nach fragstats)
MPS	Lebensraumtyp	Fläche	ha	Mittlere Einzelflächengrösse
PR	Untersuchungsstrecke	Diversität	-	Anzahl Lebensraumtypen
PRD	Untersuchungsstrecke	Diversität / Fläche	1/ha	Flächenbezogene Lebensraumvielfalt PR/TLA
TE	Lebensraumtyp	Randlinie	m	Summe der Randlinienlängen
ZLAND	Lebensraumtyp	Fläche	%	Flächenbezogener Anteil eines Lebensraumtyps an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke
ZLAND	Lebensraumtyp	Fläche	%	Flächenbezogener Anteil eines Lebensraumtyps an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke

Tabelle 13-1: Übersicht verwendete Landschaftsstrukturmasse mit Angaben zur Bezugsebene, Analysebasis, Einheit sowie dem Beschrieb des Masses

13.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

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

Karte Lebensraumtypen

Die terrestrischen und aquatischen Lebensraumtypen, d.h. die räumliche Variabilität welche die Basis für die Auswertungen der Landschaftsstrukturmasse bilden, sind auf Karten im Kapitel 12.3 dargestellt.

Resultate Bezugsebene Untersuchungsstrecken

Für die Untersuchungsstrecke U2 Schachen Winznau beträgt die Gesamtfläche 4.17 ha. Es wurden 15 verschiedene Lebensraumtypen kartiert, was durchschnittlich 3.6 Lebensraumtypen pro Hektare entspricht. Insgesamt wurden 46 Einzelflächen ausgeschieden, die eine mittlere Flächengrösse von 0.09 ha aufweisen. Der Median liegt bei einer Flächengrösse von 0.02 ha. Die grösste Einzelfläche ist 1.2 ha gross, was einem Anteil von 29 % an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke entspricht. Die Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Lebensraumtyps (MNN) beträgt über die ganze Untersuchungsstrecke gemittelt 43 m. Der ebenfalls über die gesamte Untersuchungsstrecke gemittelte Proximity-Index (MPI) beträgt 4.

Für die Untersuchungsstrecke U5 Schachen Niedergösgen beträgt die Gesamtfläche 4.23 ha. Es wurden 6 verschiedene Lebensraumtypen kartiert, was durchschnittlich 1.42 Lebensraumtypen pro Hektare entspricht. Insgesamt wurden 23 Einzelflächen ausgeschieden, die eine mittlere Flächengrösse von 0.18 ha aufweisen. Der Median liegt bei einer Flächengrösse von 0.01 ha. Die grösste Einzelfläche ist 2.28 ha gross, was einem Anteil von 54 % an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke entspricht. Die Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Lebensraumtyps (MNN) beträgt über die ganze Untersuchungsstrecke gemittelt 37 m. Der ebenfalls über die gesamte Untersuchungsstrecke gemittelte Proximity-Index (MPI) beträgt 78.

Für die Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau beträgt die Gesamtfläche 10.51 ha. Es wurden 15 verschiedene Lebensraumtypen kartiert, was durchschnittlich 1.43 Lebensraumtypen pro Hektare entspricht. Insgesamt wurden 58 Einzelflächen ausgeschieden, die eine mittlere Flächengrösse von 0.18 ha aufweisen. Der Median liegt bei einer Flächengrösse von 0.03 ha. Die grösste Einzelfläche ist 4.84 ha gross, was einem Anteil von 46 % an der Gesamtfläche der Untersuchungsstrecke entspricht. Die Distanz zur nächstgelegenen Fläche desselben Lebensraumtyps (MNN) beträgt über die ganze Untersuchungsstrecke gemittelt 40 m. Der ebenfalls über die gesamte Untersuchungsstrecke gemittelte Proximity-Index (MPI) beträgt 251. Die Resultate der Analyse auf Ebene der Untersuchungsstrecken werden in Tabelle 13-2 dargestellt.

Landschaftsstrukturmasse	U2	U5	U7
Gesamtfläche [ha] TLA	4.17	4.23	10.51
Anzahl Lebensraumtypen PR	15	6	15
Flächenbezogene Lebensraumvielfalt PR/TLA [1/ha]	3.60	1.42	1.43
Total Einzelflächen	46	23	58
Mittlere Flächengrösse [ha]	0.09	0.18	0.18
Median der Flächengrössen [ha]	0.02	0.01	0.03
Flächengrösse der grössten Einzelfläche [ha]	1.20	2.28	4.84
Flächenanteil der grössten Einzelfläche an Gesamtfläche [%]	29	54	46
Summe der Randlinienlängen [m]	7380	4314	13489
Randliniendichte [m/ha]	1769	1020	1283
MNN [m]	43	37	40
MPI	4	78	251

Tabelle 13-2: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf der Ebene Untersuchungsstrecken

Resultate Bezugsebene Lebensraumtyp

Die detailierten Resultate der Analyse auf der Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 werden in den Tabelle 13-3, Tabelle 13-4 und Tabelle 13-5 dargestellt.

Untersuchungsstrecke U2

Lebensraumtyp	NP	MPS [ha]	CA [ha]	ZLAND [%]	TE [m]	MPE [m]	ED [m/ha]	MNN [m]	MPI
Furt	4	0.05	0.20	5	496	124	119	86	6.2
Alluvionen ohne Vegetation	9	0.02	0.17	4	654	73	157	50	7.0
Neophyten-Bestand	1	0.00	0.005	0.1	26	26	6	0	0
Staukolk	1	0.53	0.53	13	721	721	173	0	0
Schnelle	1	0.01	0.01	0.3	47	48	11	0	0
Flussuferröhricht	7	0.03	0.19	5	815	116	195	6	9.8
Auen-Weidengebüsch	6	0.04	0.23	6	763	127	183	15	2.7
Weichholz-Auenwald	1	0.25	0.25	6	443	443	106	0	0
Gleite	2	0.32	0.64	15	916	458	220	32	3.1
Hartholz-Auenwald	2	0.67	1.34	32	765	383	183	71	0
Lauf	2	0.07	0.13	3	344	172	82	298	0
Feuchtwarmer Krautsaum	1	0.03	0.03	1	111	111	26	0	0
Waldmeister-Buchenwald	1	0.18	0.18	4	367	367	88	0	0
Flachwasser	6	0.03	0.17	4	682	114	164	28	0.8
Fromental-Brache	2	0.04	0.08	2	229	115	55	35	0.3

Tabelle 13-3: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U2

Untersuchungsstrecke U5

Lebensraumtyp	NP	MPS [ha]	CA [ha]	ZLAND [%]	TE [m]	MPE [m]	ED	MNN [m]	MPI
Neophyten-Bestand	2	0.02	0.03	1	98	49	23	129	0
Staukolk	1	2.28	2.28	54	1137	1137	269	0	0
Flussuferröhricht	4	0.02	0.06	1	352	88	83	35	1.0
Weichholz-Auenwald	2	0.77	1.54	36	1352	676	319	3	886.8*
Feuchtwarmer Krautsaum	6	0.04	0.22	5	668	111	158	41	0.4
Flachwasser	8	0.01	0.09	2	707	88	167	25	0.6

Tabelle 13-4: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U5
* Sehr hoher Wert, da eine der beiden Flächen komplett von einer anderen umgeben ist

Untersuchungsstrecke U7

Lebensraumtyp	NP	MPS [ha]	CA [ha]	ZLAND [%]	TE [m]	MPE [m]	ED	MNN [m]	MPI
Furt	5	0.07	0.36	3	856	171	81	93	2.7
Alluvionen ohne Vegetation	8	0.07	0.55	5	1137	142	108	19	17.1
Neophyten-Bestand	8	0.03	0.27	3	612	77	58	22	2.4
Lateralkolk	1	0.03	0.03	0.3	78	78	7	0	0
Hinterwasser	4	0.01	0.03	0.3	240	60	23	173	0
Staukolk	1	0.88	0.88	8	732	732	70	0	0
Alluvionen mit Vegetation	2	0.16	0.31	3	745	372	71	4	80.6
Flussuferröhricht	7	0.11	0.79	8	2042	292	194	23	68.2
Auen-Weidengebüsch	4	0.05	0.21	2	624	156	59	25	3.2
Weichholz-Auenwald	1	0.40	0.40	4	474	474	45	0	0
Gleite	3	0.37	1.11	11	1698	566	161	10	160.5
Hartholz-Auenwald	1	4.84	4.84	46	1744	1744	166	0	0
Lauf	4	0.06	0.26	2	585	146	56	94	0.5
Flachwasser	5	0.06	0.29	3	1143	229	109	30	2571*
Fromental-Brache	4	0.05	0.18	2	778	194	74	6	2.4

Tabelle 13-5: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U7
* Sehr hoher Wert, da eine Flächen fast komplett von einer anderen umgeben ist

13.5 KURZDISKUSSION

Interpretierbarkeit der Landschaftsstruktur-masse

Die Landschaftsstrukturmasse bietet die Möglichkeit zur Quantifizierung der räumlichen Variabilität innerhalb einer Untersuchungsstrecke. Für die Interpretation werden Flächengrössen und Randlinien mit ökologischen Prozessen in Beziehung gebracht. Teilweise bestehen bei der inhaltlich-ökologischen Interpretation von Ergebnissen jedoch Ambivalenzen [17]. Ein bestimmtes Mass kann sowohl positive oder auch negative Zustände anzeigen. Beispielsweise kann eine hohe Randliniendichte sowohl auf einen hohen Strukturreichtum wie auch auf einen hohen Zerstückelungsgrad hinweisen.

Wie bei den meisten dimensionslosen Massen sind die Werte für sich allein stehend nicht sehr aussagekräftig. Ein Informationsgewinn wird erst erzielt, wenn der Wert des Ausgangszustandes mit dem Wert des Projektzustandes verglichen wird. Daher wird an dieser Stelle auf eine eingehende Diskussion der Resultate der Strukturanalyse verzichtet. Diese soll erst im Vergleich mit der nächsten Untersuchung erfolgen. Nachfolgend werden aber dennoch die ökologischen Zusammenhänge erläutert und einzelne Resultate diskutiert.

Diversitätsanalysen PR und PRD

Eine hohe Lebensraumvielfalt ist in einem Auensystem eine Voraussetzung für eine hohe Artenvielfalt. Die Resultate zeigen, dass in der Untersuchungsstrecke U5 nur wenige Lebensraumtypen vorkommen, in den beiden anderen Strecken U2 und U7 jedoch mehr als doppelt so viele. Wobei beachtet werden muss, dass die Untersuchungsstrecke U7 auch mehr als doppelt so gross ist wie U2 und U5. Dieser Sachverhalt schlägt sich auch in der flächenbezogenen Lebensraumvielfalt nieder, die für U5 und U7 fast identisch, für U2 jedoch mehr als doppelt so hoch ist.

Flächenanalysen MPS und ZLAND

Viele der ermittelten Masse beziehen sich auf die Flächengrösse. Die Grösse einer Fläche ist für ökologische Prozesse häufig zentral. Es geht dabei zum Beispiel um die mit zunehmender Fläche potentiell grössere Individuen- und Artenzahlen oder um den Flächenanspruch bestimmter Arten [17]. Im Mittel sind die Flächen in U2 am kleinsten und bei U5 und U7 rund doppelt so gross. Bei allen drei Untersuchungsstrecken ist der Median der Flächengrösse deutlich kleiner als der Mittelwert. Daraus wird ersichtlich, dass die Untersuchungsstrecken bezogen auf die Einzelflächengrössen von wenigen grossen Flächen dominiert werden. Dieser Sachverhalt wird auch aus dem Anteil der grössten Einzelfläche an der Gesamtfläche ersichtlich. In U5 beträgt er 54 %, in U7 40 % und in U2 29 %.

Randlinienanalysen MPE und ED

Eine hohe Randliniendichte (Linienlänge pro Hektare) widerspiegelt einen hohen Grad an Verzahnung und Komplexität in einer Untersuchungsstrecke. Der ökologische Commonsense geht davon aus, dass eine hohe Verzahnung von unterschiedlichen Lebensraumtypen positiv gesehen wird und einen hohen Strukturreichtum sowie eine ökologische Vielfalt wiederspiegelt. Die Summe der Randlinien ist in der Untersuchungsstrecke U7 am höchsten, da diese auch mehr als doppelt so gross ist wie die anderen Untersuchungsstrecken. Beachtet man die Dichte der Randlinien pro Hektare weist U2 vor U7 und U5 den höchsten Wert auf.

Nachbarschaftsanalysen MNN und MPI

Die Erreichbarkeit eines Lebensraumes ist ein wichtiger Faktor für das Überleben von Tierpopulationen. Daher ist die Distanz zwischen den Lebensraumtypen innerhalb einer Untersuchungsstrecke ein wesentliches räumliches Charakteristikum. Dabei muss beachtet werden, dass die Analyse anhand der Luftlinie zwischen zwei Einzelflächen desselben Typs erfolgt, d.h. der kürzesten Distanz von Randlinie zu Randlinie. Diese entspricht aber in den meisten Fällen nicht der effektiven Distanz, die eine Tierart überwinden muss. Zum Beispiel bleiben die Faktoren ungerade

Wegstrecke, strukturelle Hindernisse, unterschiedliche Austrittstellen und Übergangsbereiche zwischen den Lebensraumtypen unberücksichtigt. Die Resultate der MNN-Analyse zeigen, dass die Distanzen in U5 vor U7 und U2 am kürzesten sind, sich jedoch nur um wenige Meter unterscheiden.

Der Proximity-Index berücksichtigt nicht nur die Isolation im Sinne der Distanz von einer Fläche zu Flächen desselben Typs sondern auch die jeweilige Flächengrösse. Der algorithmische Grundbaustein des Proximity-Index ist das Verhältnis aus der Flächengrösse einer Einzelfläche und der Distanz zu allen Flächen desselben Typs innerhalb eines 50 m Radius (Proximity-Buffer)[17]. Es handelt sich also um einen mittleres, flächengewichtetes Distanzmass [17].

Der Proximity-Index hat einen hohen Wert, wenn eine Einzelfläche von grossen und/oder nahe gelegenen Einzelflächen umgeben ist [17]. Er nimmt bei kleiner werdenden Flächen und grösseren Abständen ab. Dabei ist wiederum weniger der absolute Wert des Ergebnisses entscheidend, sondern der Vergleich von Vorher-Nachher-Zuständen [17]. In der Untersuchungsstrecke erreicht U7 vor U5 und U2 den klar höchsten Wert. Dieses Resultat kommt vor allem aufgrund der starken Umschliessung von zum Beispiel Flachwasserzonen durch Flussuferröhricht zu Stande. Für den Vorher-Nachher-Vergleich muss entschieden werden, ob Ausreisser, die den Wert des Proximity-Indexes stark prägen, ausgeschlossen werden müssen.

Bewertung

Eine Standardisierung der Resultate aus der Landschaftsstrukturanalyse ist erst auf der Basis eines Vergleichs möglich [24]. Daher wird an dieser Stelle auf eine Bewertung des Ausgangszustands verzichtet.

14. BESUCHERZAHL

14.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	IC Infraconsult AG
Definition	Erholungswert der revitalisierten Flusslandschaft basierend auf der Anzahl Personen, welche das Gebiet besuchen
Handbuch EAWAG	Steckbrief Nr. 5
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.
Synergiemöglichkeiten	Keine Synergien mit anderen Indikatoren
Literatur	[24]

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 drei Untersuchungsstrecken erhoben. Jeweils eine/ein Zählerin/Zähler notierte während sechs Stunden (ca. 10 bis 16 Uhr) die in der Untersuchungsstrecke anwesenden Personen und wiesen 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 erhoben. Die Zählungen wurden an folgenden Daten durchgeführt: 17.05.2014 (Samstag), 21.06.2014 (Samstag), 27.07.2014 (Sonntag), 10.08.2014 (Sonntag) und 28.09.2014 (Sonntag).

Auswertung

Über die monatlich erhobenen Besucherzahlen wurde der Mittelwert je Nutzungsart gebildet und verglichen [24].

Für die Bewertung des Ausgangszustands wird die Besucherzahl mit dem Wert 0 beschrieben. Die Besucherzahl des Projektzustands wird anhand der relativen Vergrösserung oder Verkleinerung der Besucherzahl gewertet [24].

14.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

Untersuchungsstrecke	Erhebungszeitpunkt						
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Niederwasser	Mittelwasser	Hochwasser
U2 Seitengerinne Schachen Winznau		•					
U6 Rückbau Ballyschwelle		•					
U9 Stillgewässer Netzbau		•					

14.4 RESULTATE

Gesamtbesucherzahlen

In der Abbildung 14-1 werden die Summen der Mittelwerte aus den fünf Erhebungen für die Untersuchungsstrecken U2, U6 und U9 abgebildet. Das Total aller während der fünf Erhebungen gezählten Besucher beträgt für U2 274 Besucher, für U6 2326 Besucher und für U9 3455 Besucher. Allerdings muss angefügt werden, dass die Route des Ironbike Rennens an einem der Erhebungstage durch die Untersuchungsstrecke 9 führte und dementsprechend mehr Besucher gezählt wurden.

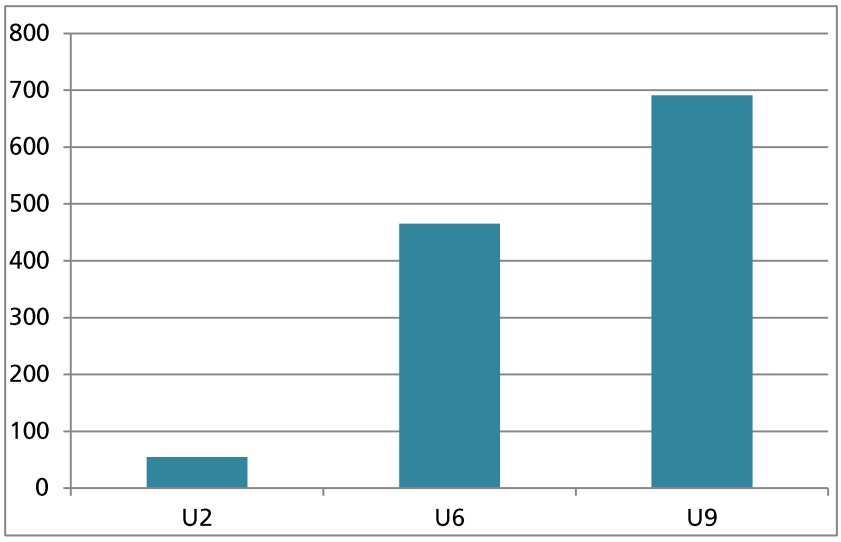


Abbildung 14-1: Summen der Mittelwerte aus den fünf Erhebungen für die Untersuchungsstrecken U2, U6 und U9

Besucherzahlen nach Nutzungsarten

In den nachfolgenden Grafiken (Abbildung 14-2, Abbildung 14-3 und Abbildung 14-4, unterschiedliche Achsenskalen) werden die Besucherzahlen (Mittelwert aus den fünf Erhebungen) aufgetrennt nach Nutzungsarten dargestellt.

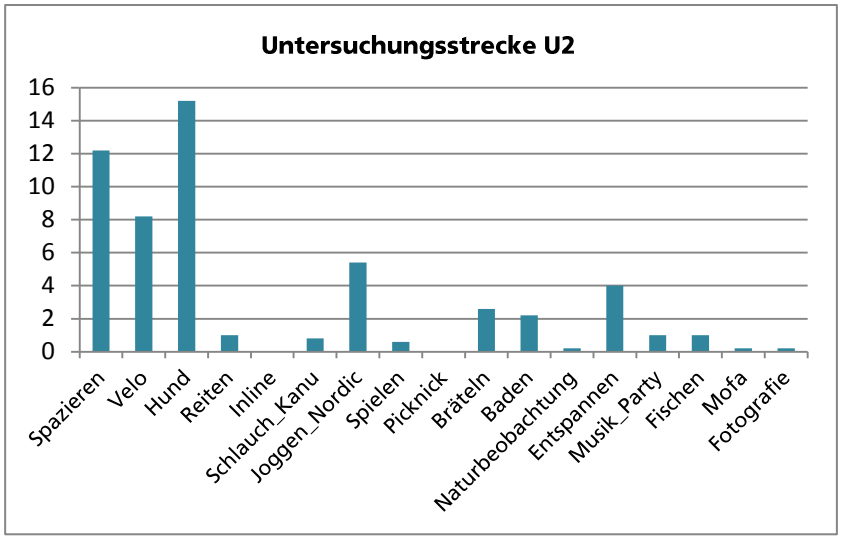


Abbildung 14-2: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U2

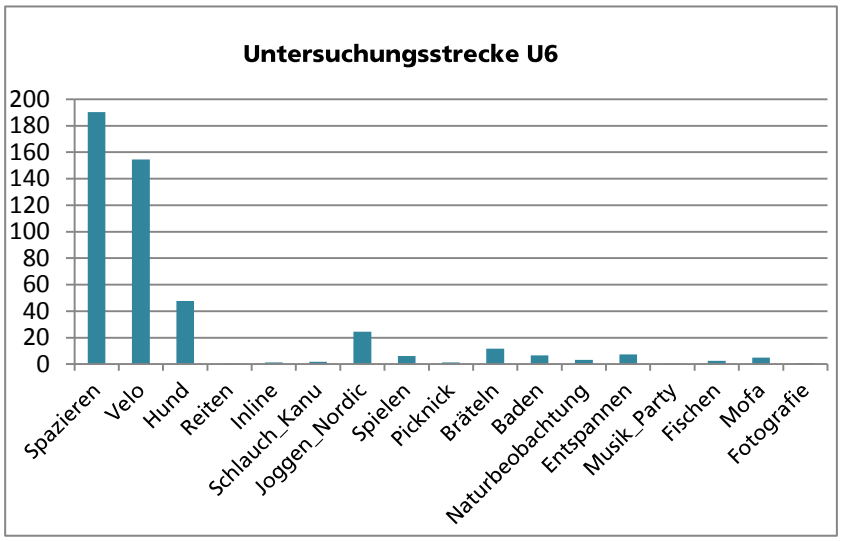


Abbildung 14-3: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U6

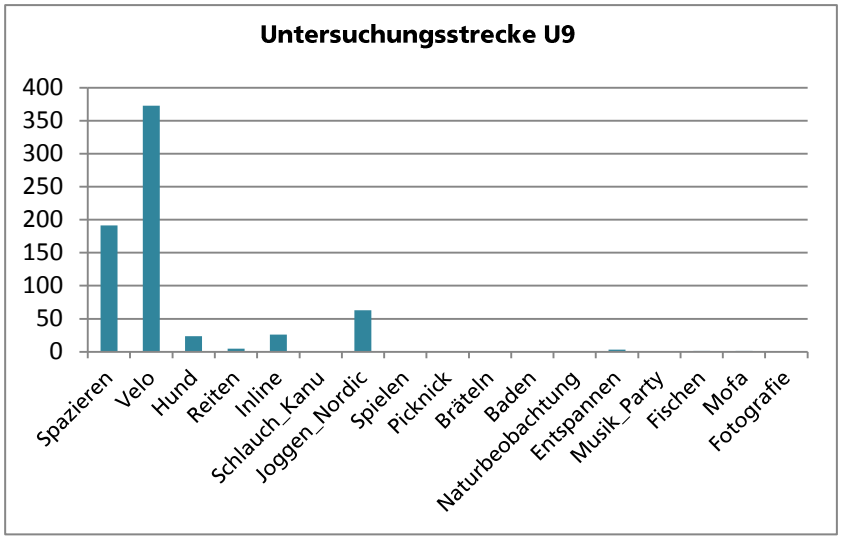


Abbildung 14-4: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U9

14.5 KURZDISKUSSION

Gesamtbesucherzahlen	Die Untersuchungstrecke U2 verzeichnete mit durchschnittlich 55 Besuchern pro Tag deutlich weniger Besuche als die Untersuchungsstrecken U6 mit durchschnittlich 465 und U9 mit 691 Besuchern. Ein Grund dafür könnte sein, dass sowohl U6 wie auch U9 deutlich näher am städtischen Siedlungsgebiet liegen als U2.
Besucherzahlen nach Nutzungsarten	In allen Untersuchungsstrecken machten SpaziergängerInnen, VelofahrerInnen und HundehalterInnen den grössten Anteil der Besucher aus. Alle anderen Nutzungsarten hatten eine geringe Bedeutung.
Bewertung	Eine Standardisierung der Resultate aus den Besucherzählungen ist erst auf der Basis eines Vorher-Nachher-Vergleichs möglich.

15. FOTOGRAFISCHE DOKUMENTATION

15.1 BESCHRIEB

Fachliche Verantwortung	Fischwerk
Definition	Geografisch eindeutig definierte fotografische Aufnahmen der Strukturen
Handbuch EAWAG	Nicht enthalten
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.
Synergiemöglichkeiten	Keine

15.2 METHODE ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Zu erhebende Daten	Fotos der Untersuchungsstrecken
Vorgehen	Es wurden Fotostandorte ausgewählt, die sowohl im Ausgangszustand als auch in den Projektzuständen eine gute Sicht in die Untersuchungsstrecke garantieren (Details vgl. Anhang A7). Am 18.09.2014 wurde während der Vegetationsperiode bei minimalem Restwasserabfluss fotografiert (162 Fotos). Die Aufnahmen zur Dokumentation des Winteraspekts erfolgten am 09.03.2015 an denselben Fotostandorten – ebenfalls bei minimalem Restwasserabfluss (181 Fotos).
Auswertung	Zusammenstellung der Fotos in einer Dokumentation.

15.3 UNTERSUCHUNGSSTRECKE UND ERHEBUNGSZEITPUNKT

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		•		•			
U8 Stillgewässer Grien		•		•			

15.4 RESULTATE

Erhebung

An fünf Untersuchungsstrecken wurden an 16 Fotostandorten Aufnahmen gemacht (Abbildung 15-1, Abbildung 15-2, Abbildung 15-3, Abbildung 15-4, Abbildung 15-5).

Dokumentation

Eine ausführliche fotografische Dokumentation befindet sich im Anhang A7. Der gesamte Foto-Satz inklusive Bildspezifikation befindet sich auf der Daten-CD.



Abbildung 15-1: Fotostandorte U2 Seitengerinne Schachen Winznau



Abbildung 15-2: Fotostandorte U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

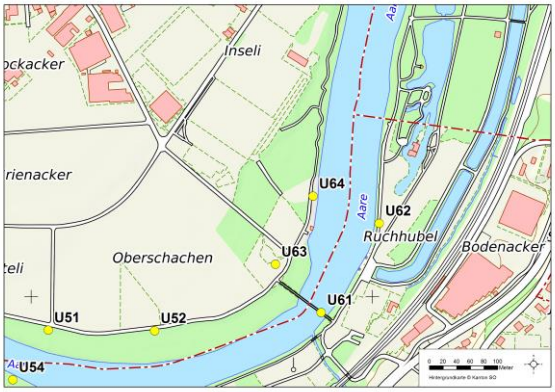


Abbildung 15-3: Fotostandorte U6 Rückbau Ballyschwelle

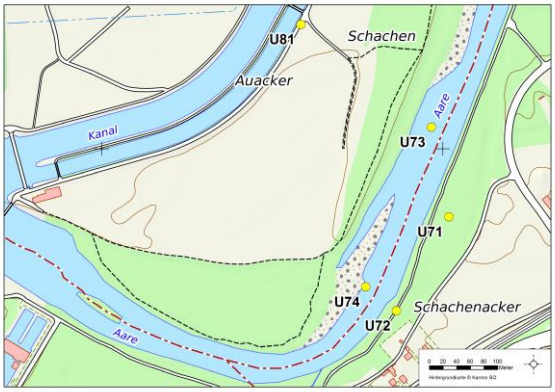


Abbildung 15-4: Fotostandorte U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

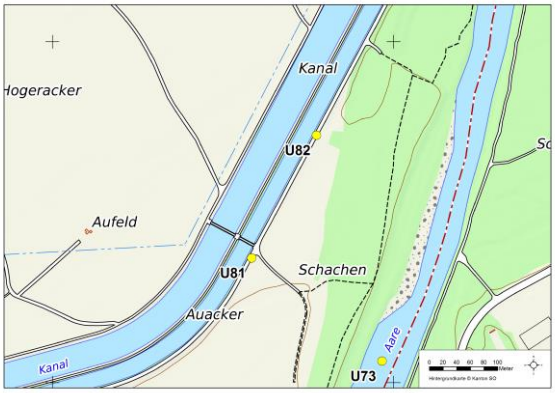


Abbildung 15-5: Fotostandorte U8 Stillgewässer Grien

16. VERGLEICH U2, U5 UND U7

Keine Bewertung

Für folgende Indikatoren lassen sich nur auf Basis eines Vorher-Nachher-Vergleichs standardisierte Werte, respektive Bewertungen generieren. Daher erscheinen die Ergebnisse aus der Ausgangserhebung dieser Indikatoren nicht in diesem Vergleich.

- Durchgängigkeit für Fische
- Libellen
- Landschaftsstrukturmasse
- Besucherzahl
- Fotographische Dokumentation

Vergleichende Bewertung

Abbildung 16-1 zeigt die standardisierten Ergebnisse aus der Ausgangserhebung für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7. Es werden nur jene Untersuchungsstrecken abgebildet, für die standardisierte Bewertungen vorliegen.

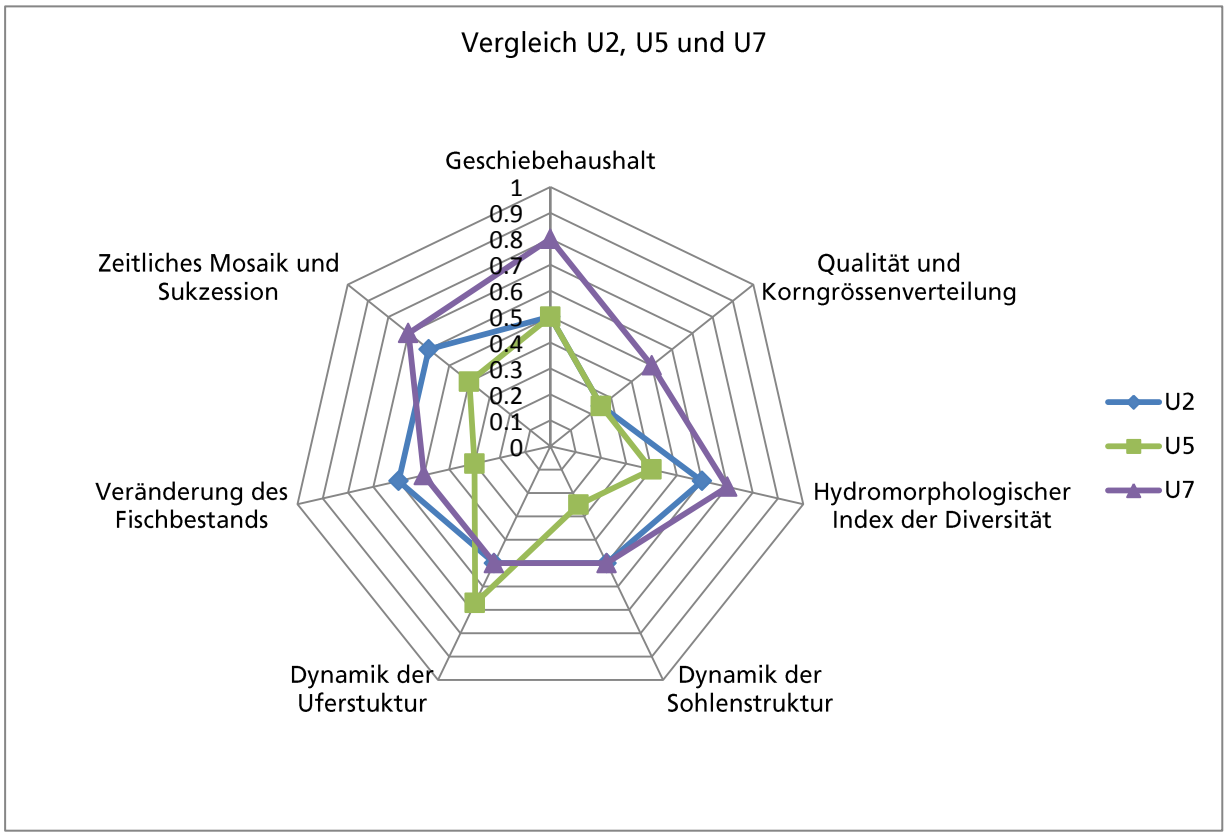


Abbildung 16-1: Vergleichende Bewertung der Indikatoren für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7

Untersuchungsstrecke U2

Die Bewertung für die Untersuchungsstrecke U2 liegt im Durchschnitt bei 0.51. Wobei drei Indikatoren über 0.5, drei bei genau 0.5 und ein Indikator unter 0.5 liegen.

Untersuchungsstrecke U5

Die Bewertung für die Untersuchungsstrecke U5 liegt im Durchschnitt bei 0.40. Wobei ein Indikatoren über 0.5, einer bei genau 0.5 und fünf Indikatoren unter 0.5 liegen. Im Vergleich zu U2 und U7 ist dies die tiefste Bewertung.

Untersuchungsstrecke U7	Die Bewertung für die Untersuchungsstrecke U7 liegt im Durchschnitt bei 0.60. Wobei drei Indikatoren über 0.5 und vier bei 0.5 liegen. Somit erzielt die Untersuchungsstrecke U7 das beste Resultat.
Synthese	Gesamthaft betrachtet, lassen die Ergebnisse aus der Ausgangserhebung den Schluss zu, dass es sich bei der Aare zwischen Olten und Aarau weder um ein stark beeinträchtigtes noch um ein ausserordentlich naturnahes Gewässer handelt. Für alle untersuchten Indikatoren besteht das Potential, durch die Realisation entsprechender Massnahmen höhere Bewertungen zu erzielen.

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

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

[4] 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)

[5] 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

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

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

[8] 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[19] 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

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

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

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

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

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

[25] 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

17.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Standorte der Untersuchungsstrecken für die Erfolgskontrolle (U1 bezieht sich auf den gesamten Flussabschnitt im Perimeter) 9

Abbildung 1-2: Erhebung der Korngrössenverteilung in U5 (Foto Hunziker, Zarn & Partner AG, 2014) 11

Abbildung 1-3: Furt in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen. (Foto: Fischwerk 13.09.2014) 13

Abbildung 1-4: Gleite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m^3/s. (Foto: Fischwerk 16.09.2014) 14

Abbildung 1-5: Verbautes rechtes Ufer in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau. (Foto: Fischwerk, 30.11.2014) 15

Abbildung 1-6: Flachufer auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau. (Foto: Fischwerk, 03.11.2014) 16

Abbildung 1-7: Die Krone des durch den Biber gefällten Baumes auf der Insel in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen bildet die Uferstrukur ‚Astwerk'. (Foto: Fischwerk, 03.11.2014) 16

Abbildung 1-8: Steilufer auf der rechten Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau. (Foto: Fischwerk 18.09.2014) 17

Abbildung 1-9: Auentypische Lebensräume in U2 (Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015) 21

Abbildung 1-10: Träge fliessende Aare und Weichholz-Auenwald in U5 (Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015) 21

Abbildung 1-11: Mosaik an Pionier- und Postpionierformationen in U7 (Foto: IC Infraconsult, 03.06.2015) 22

Abbildung 3-1: Standorte der Untersuchungsstrecken für die Erfolgskontrolle (U1 bezieht sich auf den gesamten abgebildeten Flussabschnitt) 26

Abbildung 4-1: Längenprofil der Aare mit Geschiebefracht (GF) im Referenzzustand und im Ist-Zustand sowie erforderliche Geschiebefracht im sanierten Zustand (Bild und Legende aus [7]). 33

Abbildung 4-2: Längenprofil der mittleren Sohle und des Talweges sowie des Wasserspiegels (WSp) verschiedener Abflüsse in der Restwasserstrecke Kraftwerks Gösgen. Angegebene Abflüsse mit und ohne Durchfluss des Kraftwerks Gösgen, das über eine Ausbauwassermenge von 380 m^3/s verfügt. (Bild und Legende aus [7]). 34

Abbildung 4-3: Längenprofil der mittleren Sohle und des Talweges sowie des Wasserspiegels (WSp) verschiedener Abflüsse in der Restwasserstrecke des Kraftwerks Aarau. Angegebene Abflüsse mit und ohne Durchfluss des Kraftwerks Aarau, welches über eine Ausbauwassermenge von 394 m^3/s im Ausgangszustand verfügt. Abflussangaben: Restwasserstrecke Kraftwerk Aarau, gesamte Aare, Zufluss Stauwehr Kraftwerk Rüchlig. (Bild und Legende aus [7]) 35

Abbildung 5-1: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U2 Schachen Winznau 40

Abbildung 5-2: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U5 Schachen Niedergösgen 40

Abbildung 5-3: Seitenarm westlich der bewachsenen Fläche auf der Kiesbank in der Untersuchungsstrecke U7. Mittig ist der Bereich mit Feingeschiebe (überdeckt mit Laub). Rechts und links davon ist z.T. dichte Vegetation vorhanden. Blickrichtung in Fliessrichtung der Aare. 41

Abbildung 5-4: Flächenanteile der fünf verschiedenen Substratklassen für die Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien 42

Abbildung 6-1: Aufnahmen von verschiedenen Untersuchungsabschnitten in [9] mit HMID-Werten (blau) für den mittleren Jahresabfluss Q_m: 45

Abbildung 6-2: Beschreibung der Vermessung (Quelle: AHM) 47

Abbildung 6-3: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau. Höhenangaben in Meter über Meer. 48

Abbildung 6-4: U2 Winznau, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m^3/s 48

Abbildung 6-5: U2 Winznau, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m^3/s 49

Abbildung 6-6: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen. Höhenangaben in Meter über Meer 49

Abbildung 6-7: U5 Niedergösgen, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m^3/s 50

Abbildung 6-8: U5 Niedergösgen, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m^3/s 50

Abbildung 6-9: Untersuchungsabschnitte in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau. Höhenangaben in Meter über Meer 51

Abbildung 6-10: U7 Wöschnau, Wassertiefe in Metern bei Q = 10 m^3/s 51

Abbildung 6-11: U7 Wöschnau, Fliessgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bei Q = 10 m^3/s 51

Abbildung 7-1: Den Mesohabitaten zugewiesene Schwellenwerte (verändert nach [24]) 55

Abbildung 7-2: Verteilung der Mesohabitate in der Untersuchungsstrecke U2 am 05.11.2014 (Abfluss 7.5 m^3/s) und am 16.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s) (Orthophoto @ SOGIS) 58

Abbildung 7-3: Häufigkeit der Sohlenstrukturen in der Untersuchungsstrecke U2 59

Abbildung 7-4: Verteilung der Mesohabitate in den Untersuchungsstrecken U5 am 16.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s; oben) und U7 am 13.09.2014 (Abfluss 10 m^3/s; unten) (Orthophoto @ SOGIS) 61

Abbildung 7-5: Häufigkeit der Sohlenstrukturen in den Untersuchungsstrecken U5 und U7 62

Abbildung 7-6: Schnelle in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 10 m^3/s (Fischwerk 16.09.2014) 63

Abbildung 7-7: Furt in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen (Fischwerk 13.09.2014) 63

Abbildung 7-8: Lauf in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m^3/s (Fischwerk 16.09.2014) 63

Abbildung 7-9: Gleite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m^3/s (Fischwerk 16.09.2014) 63

Abbildung 7-10: Flachwasser in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau, Abfluss = 7.5 m^3/s (Fischwerk 16.09.2014) 63

Abbildung 7-11: Hinterwasser in der Untersuchungsstrecke U7 Schachen Niedergösgen (Fischwerk 13.09.2014) 63

Abbildung 8-1: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS) 67

Abbildung 8-2: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U4 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS) 68

Abbildung 8-3: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 am 05.11.2014 (Orthophoto @ SOGIS) 69

Abbildung 8-4: Verteilung der Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 am 18.09.2014 70

Abbildung 8-5: Flachufer auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Fischwerk 03.11.2014) 73

Abbildung 8-6: Steilufer auf der rechten Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau (Fischwerk 18.09.2014) 73

Abbildung 8-7: Bucht auf der linken Flussseite in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau (Fischwerk 18.09.2014) 73

Abbildung 8-8: Uferstruktur ‚Wurzelwerk' am rechten Ufer in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen (Fischwerk 03.11.2014) 73

Abbildung 8-9: Die Krone des durch den Biber gefällten Baumes auf der Insel in der Untersuchungsstrecke U4 Niedergösgen bildet die Uferstrukur ‚Astwerk' (Fischwerk 03.11.2014) 73

Abbildung 8-10: Verbautes rechtes Ufer in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau (Fischwerk 30.11.2014) 73

Abbildung 9-1: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer generellen Strömungspräferenz 79

Abbildung 9-2: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres Strukturbezugs 79

Abbildung 9-3: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihrer Temperaturtoleranz 80

Abbildung 9-4: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich ihres bevorzugten Laichsubstrats 80

Abbildung 9-5: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Ernährungstyps 81

Abbildung 9-6: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich des Migrationstyps 81

Abbildung 9-7: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich Toleranz gegenüber Verschmutzung und Degradierung der Gewässer 82

Abbildung 9-8: Verteilung der gefangenen Fische hinsichtlich der Langlebigkeit 82

Abbildung 10-1: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U2 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit. 87

Abbildung 10-2: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Wassertiefe entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung. Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben. 88

Abbildung 10-3: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. 89

Abbildung 10-4: Untersuchungsstrecke U2 Winznau: Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s). 89

Abbildung 10-5: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U4-U5 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit 91

Abbildung 10-6: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), rechter Talweg bei der Insel: Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung. Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben. 92

Abbildung 10-7: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), linker Talweg bei der Insel: Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung. Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben. 93

Abbildung 10-8: Untersuchungsstrecken U4-U5, rechter Talweg: Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. 94

Abbildung 10-9: Untersuchungsstrecken U4-U5, linker Talweg: Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. 94

Abbildung 10-10: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), rechter Talweg: Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m3/s, 10 m3/s, 15 m3/s). 95

Abbildung 10-11: Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen), linker Talweg: Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m3/s, 10 m3/s, 15 m3/s). 95

Abbildung 10-12: Verteilung der Wassertiefen von mindestens 50 cm bei den untersuchten Abflüssen in U6 und Lage der gewählten Schwimmroute für die Berechnung der Durchwanderbarkeit 96

Abbildung 10-13: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle): Wassertiefen entlang der gewählten Schwimmroute bei den untersuchten Abflüssen, aufgetragen gegen die Fliessrichtung. Bezeichnung der kritischen minimalen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. Die Fliessrichtung der Aare ist mit blauem Pfeil angegeben. 97

Abbildung 10-14: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle): Summenverteilung der Wassertiefen entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse. Bezeichnung der kritischen Wassertiefe für den Lachs von 50 cm. 98

Abbildung 10-15: Untersuchungsstrecke U6 (Ballyschwelle): Häufigkeit und Länge der Unterschreitungen der Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Route für die untersuchten Abflüsse (7.5 m^3/s, 10 m^3/s, 15 m^3/s) 98

Abbildung 11-1: Im Sommerhalbjahr 2014 in den Untersuchungsstrecken nachgewiesene Libellenarten 103

Abbildung 12-1: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U2 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang) 108

Abbildung 12-2: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U5 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang) 109

Abbildung 12-3: Karte der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U7 und Lage des Transekts für die Auswertung Sukzession (fortlaufenden Flächennummer siehe Anhang) 110

Abbildung 12-4: Besiedlungstypen entlang von drei Transekten senkrecht zum Flusslauf in den Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 111

Abbildung 14-1: Summen der Mittelwerte aus den fünf Erhebungen für die Untersuchungsstrecken U2, U6 und U9 123

Abbildung 14-2: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U2 124

Abbildung 14-3: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U6 124

Abbildung 14-4: Mittelwert der Besucherzahlen, aufgetrennt nach Nutzungsarten, für die Untersuchungsstrecke U9 125

Abbildung 15-1: Fotostandorte U2 Seitengerinne Schachen Winznau 127

Abbildung 15-2: Fotostandorte U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen 127

Abbildung 15-3: Fotostandorte U6 Rückbau Ballyschwelle 128

Abbildung 15-4: Fotostandorte U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien 128

Abbildung 15-5: Fotostandorte U8 Stillgewässer Grien 128

Abbildung 16-1: Vergleichende Bewertung der Indikatoren für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 129

17.3 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Standardisierte Werte für den Indikator Geschiebehaushalt 10

Tabelle 1-2: Standardisierte Werte für den Indikator Qualität der Korngrös-senverteilung des Substrats 12

Tabelle 1-3: Standardisierte Werte für den Indikator HMID für die Restwassermenge 10 m3/s 12

Tabelle 1-4: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Sohlenstruktur 14

Tabelle 1-5: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Uferstruktur 17

Tabelle 1-6: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Arten 18

Tabelle 1-7: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten 18

Tabelle 1-8: Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 27 Gilden vertreten. 19

Tabelle 1-9: Standardisierte Werte für den Indikator Zeitliches Mosaik und Sukzession 22

Tabelle 3-1: Indikatoren der Erfolgskontrolle mit Erhebungsorten (Untersuchungsstrecken) und Erhebungszeitpunkten 27

Tabelle 3-2: Herleitung Lebensraumcode nach Lebensraumtyp, Vegetationsdeckung und Vegetationshöhe (Reproduktion nach [24]) 29

Tabelle 4-1: Herleitung Standardisierter Wert für den Indikator Geschiebehaushalt 37

Tabelle 4-2: Standardisierte Werte für den Indikator Geschiebehaushalt 37

Tabelle 5-1: Qualitative Beschreibung der Substratklassen [24] 38

Tabelle 5-2: Charakteristische Korngrössen aus den Linienproben entlang der drei Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 42

Tabelle 5-3: Standardisierte Werte für den Indikator Qualität der Korngrössenverteilung des Substrats 43

Tabelle 6-1: Restwasser- und Ausbaumengen im IST- und Projekt-Zustand für das Kraftwerk Gösgen 46

Tabelle 6-2: Restwasser- und Ausbaumengen im IST- und Projekt-Zustand für das Kraftwerk Aarau 46

Tabelle 6-3: HMID in der Untersuchungsstrecke U2 Winznau 49

Tabelle 6-4: HMID in der Untersuchungsstrecke U5 Niedergösgen 50

Tabelle 6-5: HMID in der Untersuchungsstrecke U7 Wöschnau 52

Tabelle 6-6: Gemittelter HMID für alle Untersuchungsstrecken für den Restwasserabfluss 10 m^3/s und für den mittleren Jahresabfluss Qm 300 m^3/s 52

Tabelle 6-7: Standardisierte Werte für den Indikator HMID für die Restwassermenge 10 m^3/s 53

Tabelle 7-1: Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in der Untersuchungstrecke U2 bei einem Abfluss von 7.5 m^3/s respektive 10 m^3/s. 57

Tabelle 7-2: Mesohabitate bzw. Sohlenstrukturen in den Untersuchungstrecken U5 und U7 60

Tabelle 7-3: Standardisierte Werte und Zuordnung nach [24] für den Indikator Dynamik der Sohlenstruktur 64

Tabelle 8-1: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U2 bei Niederwasser am 05.11.2014 67

Tabelle 8-2: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U4 bei Niederwasser am 05.11.2014 68

Tabelle 8-3: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U5 bei Niederwasser am 05.11.2014 69

Tabelle 8-4: Uferstrukturtypen in der Untersuchungsstrecke U7 bei Niederwasser am 18.09.2014 70

Tabelle 8-5: Standardisierte Werte der Ergebnisse für die Untersuchungsstrecken U2, U4, U5 und U7 [24] 71

Tabelle 8-6: Standardisierte Werte für den Indikator Dynamik der Uferstruktur 71

Tabelle 9-1: Artenzusammensetzung in den drei Untersuchungsstrecken 76

Tabelle 9-2: Standortgerechtigkeit der vorkommenden Arten und Vergleich mit der Referenzfauna 77

Tabelle 9-3: Abundanz der einzelnen Fischarten in den drei Untersuchungsstrecken. Die Werte beziehen sich jeweils auf 100 m Flusslänge. Es wurde sowohl das linke als auch das rechte Ufer befischt. 77

Tabelle 9-4: Abundanz der standortgerechten sowie der standortfremden Arten in den Untersuchungsstrecken 77

Tabelle 9-5: Verteilung der gefangenen Fische auf die verschiedenen Gilden. 78

Tabelle 9-6: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standortgerechter Arten 84

Tabelle 9-7: Bewertung der Artenzusammensetzung in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Abundanz standortfremder Arten 84

Tabelle 9-8: Bewertung der Gildenzahl in den Untersuchungsstrecken basierend auf der Anzahl fehlender standorttypischer Gilden. In der Referenzfauna waren total 27 Gilden vertreten. 84

Tabelle 10-1: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in der Untersuchungsstrecke U2 (Winznau) 90

Tabelle 10-2: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in den Untersuchungsstrecken U4-U5 (Niedergösgen) 96

Tabelle 10-3: Kennwerte für die Unterschreitungen der für den Lachs kritischen Wassertiefe von 50 cm entlang der gewählten Schwimmroute in der Untersuchunsstrecke U6 (Ballyschwelle) 99

Tabelle 11-1: Im Sommerhalbjahr 2014 in den Untersuchungsstrecken nachgewiesene Libellenarten (Daten geändert) RL = Rote Liste [8]: NT = potenziell gefährdet LC = nicht gefährdet 102

Tabelle 12-1: Matrix zur Ermittlung des Zufriedenheitsgrades beziehungsweise des standardisierten Werts (Reproduktion nach [24]) 106

Tabelle 12-2: Kennwerte zur Strukturvielfalt für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 111

Tabelle 12-3: Anteile Pionier- und Postpionierformationen sowie des resultierenden Zufriedenheitsgrades für U2, U5 und U7 111

Tabelle 12-4: Zuordnung der standardisierten Werte für den Shannons Diversitäts-Index 113

Tabelle 12-5: Zuordnung der standardisierten Werte für den Shannons Ausgewogenheits-Index 114

Tabelle 12-6: Zuordnung der standardisierten Werte für den Zufriedenheitsgrad Sukzession 114

Tabelle 12-7: Mittelwert aus den drei standardisierten Werten für die Untersuchungsstrecken U2, U5 und U7 114

Tabelle 13-1: Übersicht verwendete Landschaftsstrukturmasse mit Angaben zur Bezugsebene, Analysebasis, Einheit sowie dem Beschrieb des Masses 116

Tabelle 13-2: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf der Ebene Untersuchungsstrecken 118

Tabelle 13-3: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U2 118

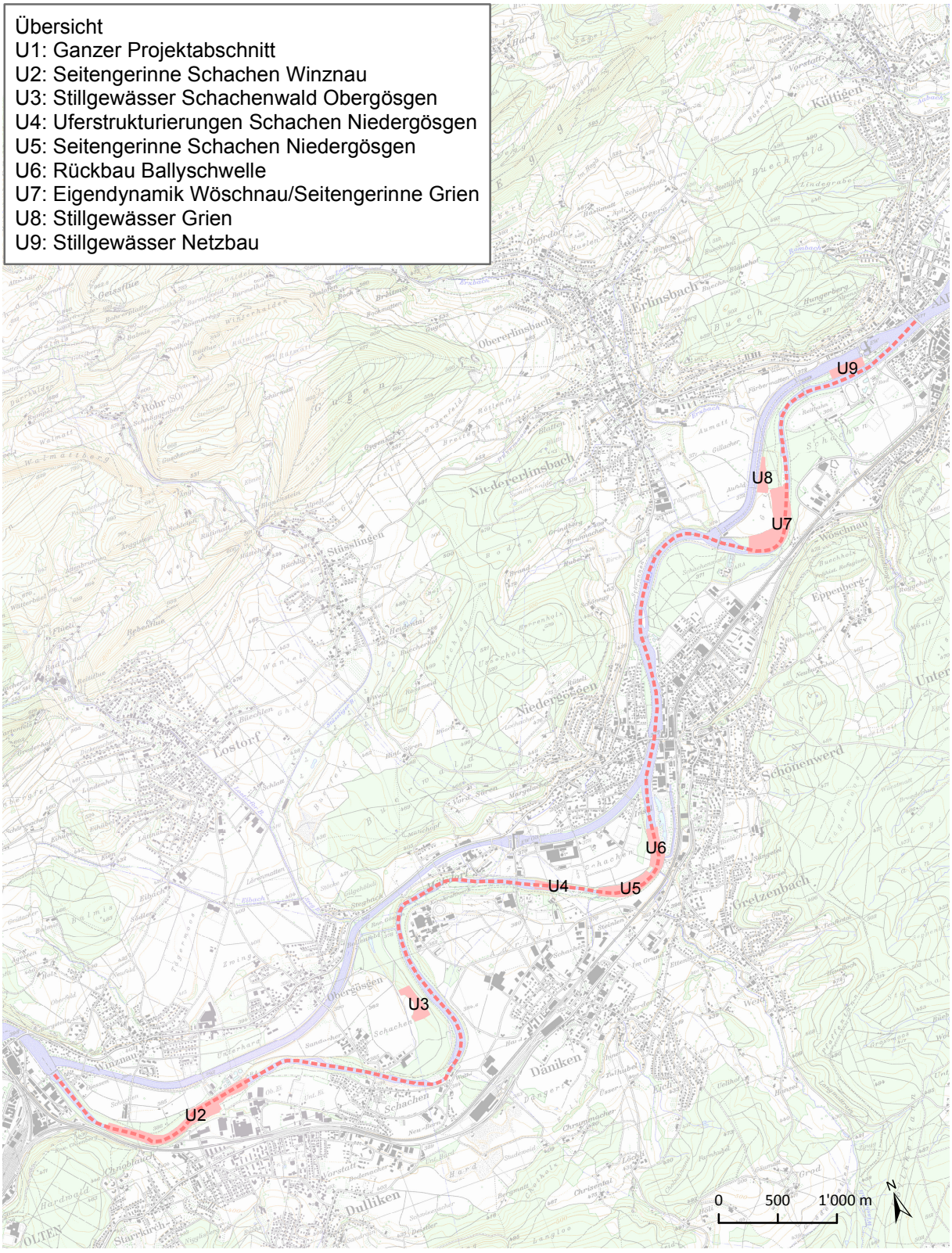
Tabelle 13-4: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U5 * Sehr hoher Wert, da eine der beiden Flächen komplett von einer anderen umgeben ist 119

Tabelle 13-5: Resultate für die Landschaftsstrukturanalyse auf Ebene der Lebensraumtypen für die Untersuchungsstrecke U7 * Sehr hoher Wert, da eine Flächen fast komplett von einer anderen umgeben ist 119

A1 UNTERSUCHUNGSPERIMETER

Erhebung Ausgangszustand EK Aare Olten bis Aarau

ANHANG 1: Übersichtskarte Perimeter Untersuchungsstrecken



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

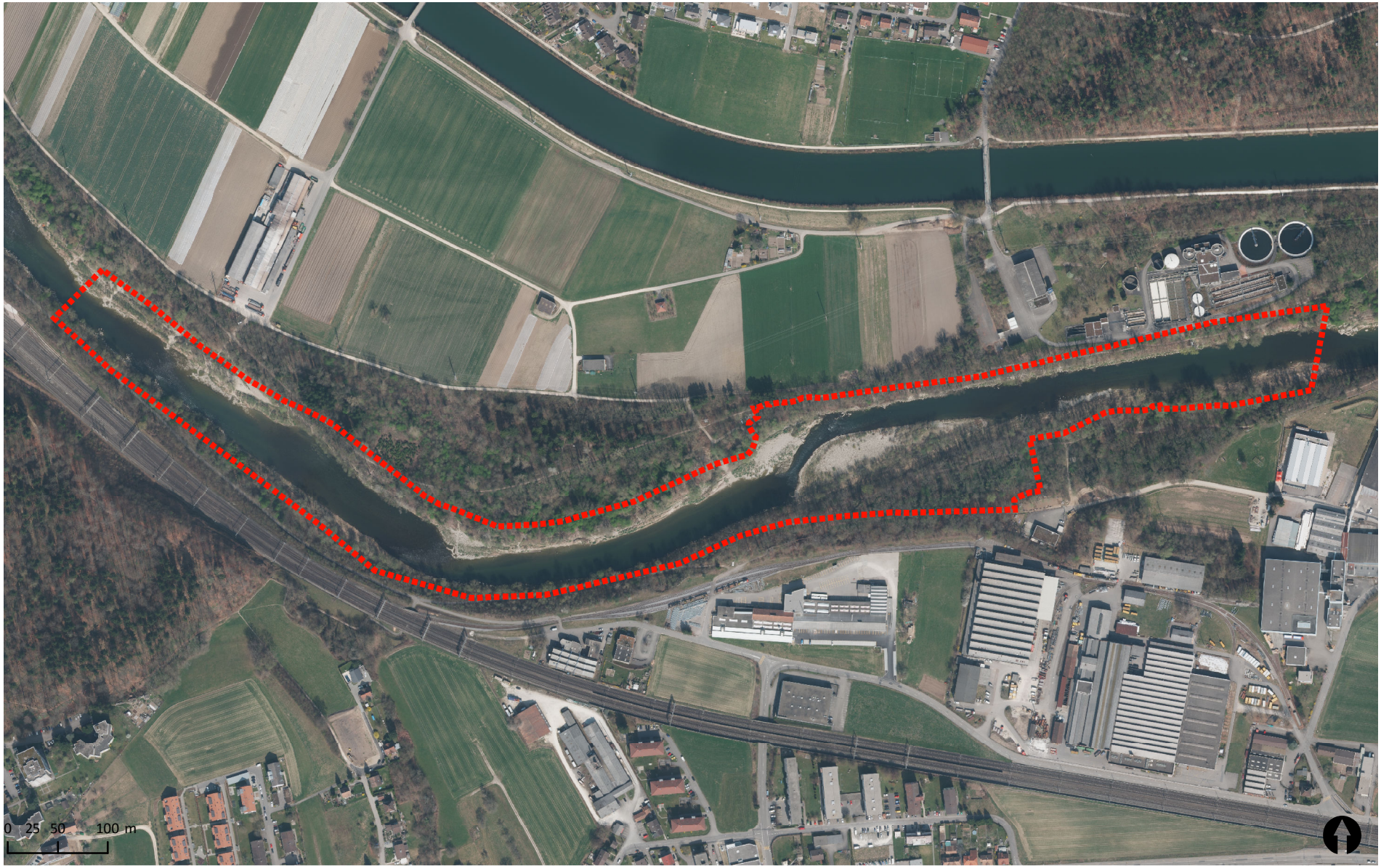
U1

Grundlagen:
- Landeskarte PK25 © Bundesamt für Landestopografie
- Untersuchungsstrecken @ IC Infraconsult AG

Massstab 1:50'000
1328.02 / 29.02.2016 / A / Sta, Sto / Format A3
Übersicht UntersuchungsperimeterA4

Infraconsult

ANHANG 1: Seitengerinne Schachen Winznau (U2)



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:5'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Stillgewässer Schachenwald Obergösgen (U3)



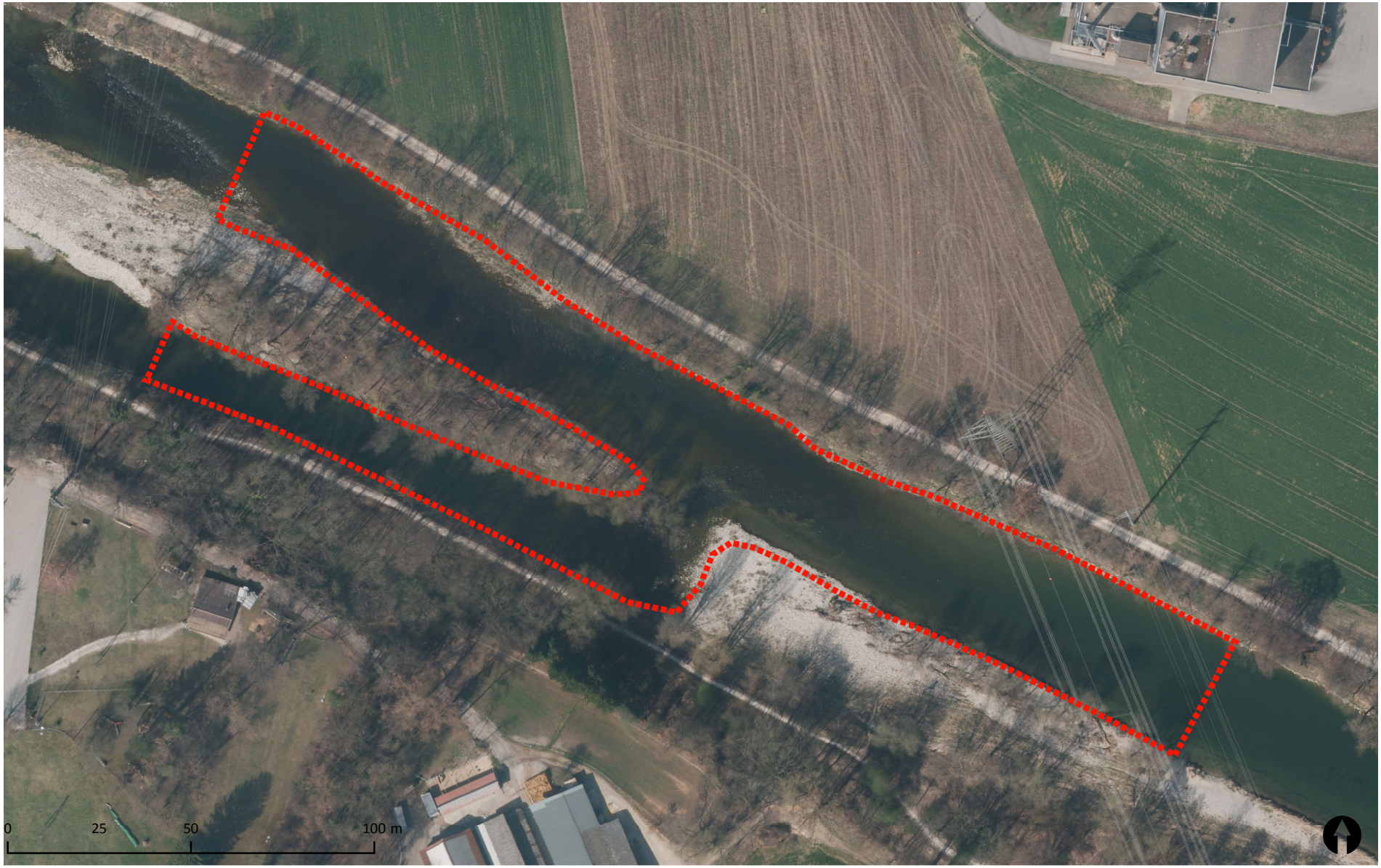
LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:2'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Uferstrukturierung Schachen Niedergösgen (U4)



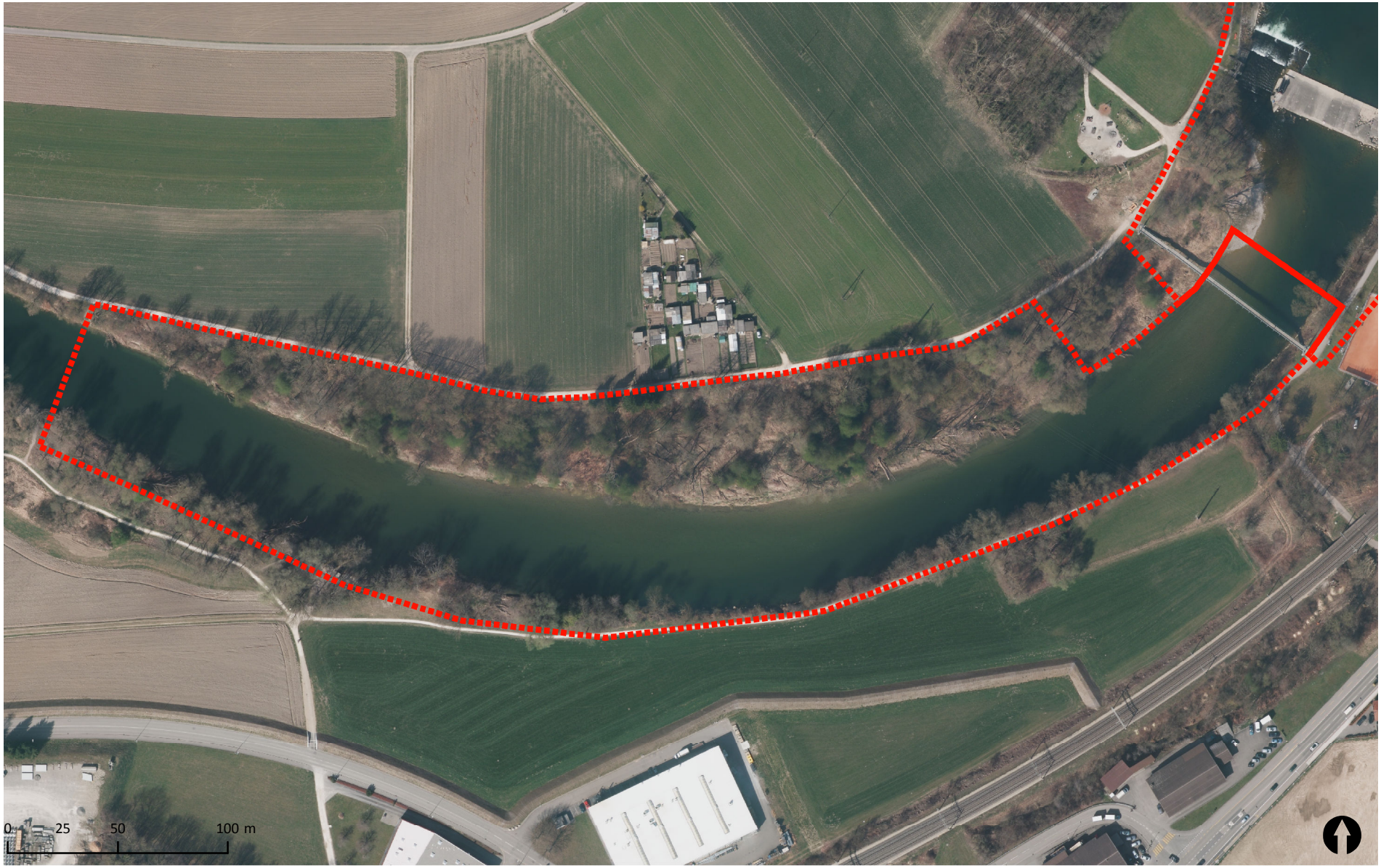
LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:1'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Seitengerinne Schachen Niedergösgen (U5)



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:2'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Rückbau Ballyschwelle (U6)



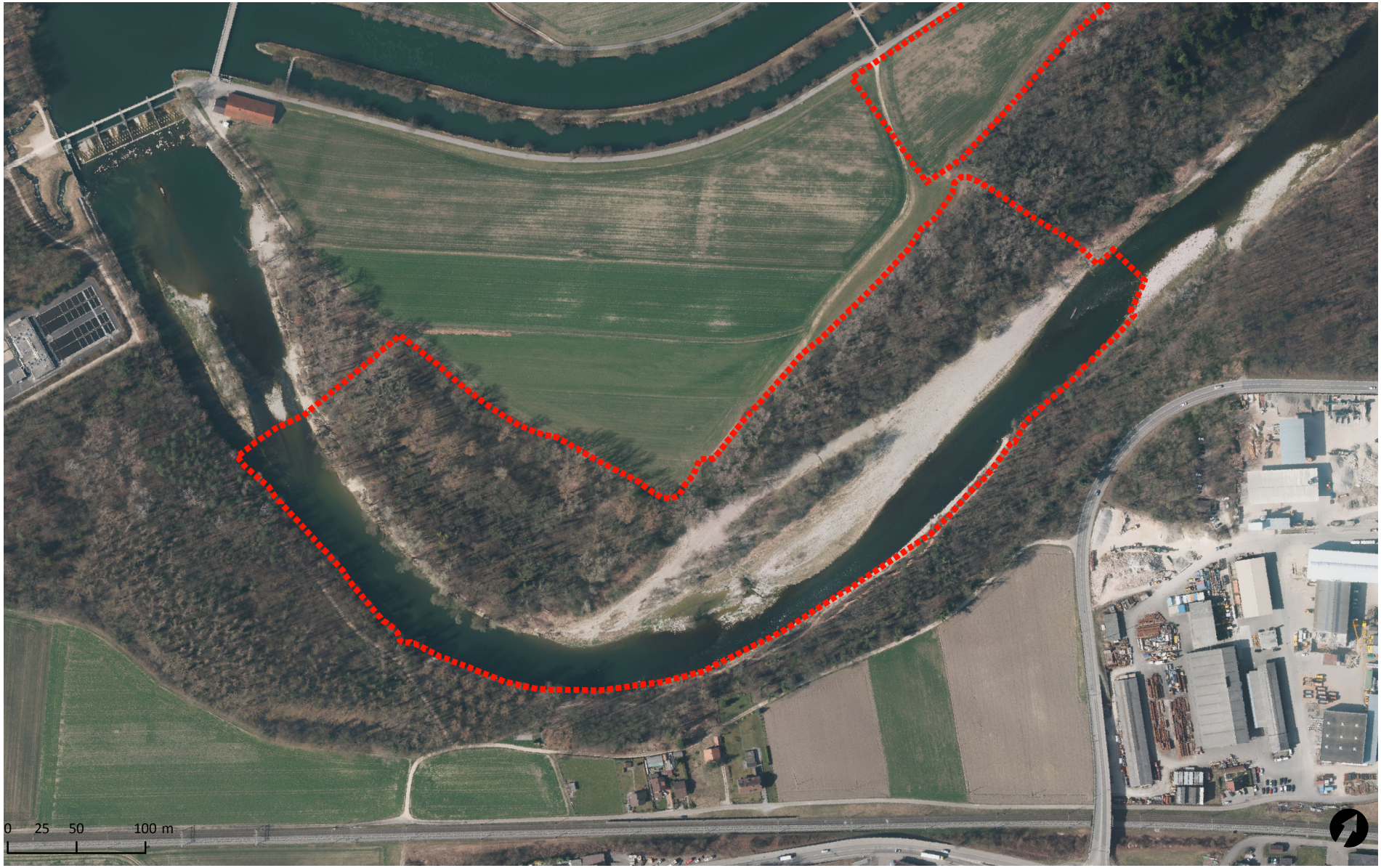
LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:2'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien (U7)



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:4'000
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Stillgewässer Grien (U8)



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:2'000
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ SOGIS
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

Infraconsult

ANHANG 1: Stillgewässer Netzbau (U9)



LEGENDE

Perimeter Untersuchungsstrecken

Massstab 1:1'500
Dokumentname: Einzelne_Untersuchungsperimeter
1328.02 / 19.03.2015 / A / Sta, Sto / Format A4
Grundlagen:
- Orthophoto @ ERSI
- Untersuchungsperimter: Fischwerk & IC Infracosnult AG 2015

A2 FACHBERICHT FISCHBESTAND

Hochwasserschutz Aare Olten – Aarau
Fischbestand vor Beginn der Arbeiten im Jahr 2014



Bericht Ist-Zustand, März 2015

Auftraggeber: Amt für Umwelt des Kantons Solothurn

Aquatica GmbH

Büro für Gewässerökologie und Wassertechnik

Dr. J. Guthruf, Dr. K. Guthruf-Seiler Tel.: 031 781 49 40,
Hängertstrasse 13 g, 3114 Wichtrach Fax: 031 781 40 10

Impressum

Autor: Joachim Guthruf, Aquatica GmbH,
Hängertstrasse 13 G, 3114 Wichtrach

Auftraggeber: Amt für Umwelt des Kantons Solothurn

Zitiervorschlag: Guthruf, J. (2015): Hochwasserschutz Aare Olten – Aarau, Fischbestand vor Beginn der Arbeiten im Jahr 2014 – Bericht Aquatica, Auftrag: Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: 18 S.

Titelbild:

Oben: Restwasserstrecke KW Gösgen bei Winznau, Strecke U2, Juni 2014, Foto J. Guthruf,

Mitte links: Italienischer Steinbeisser *(Cobitis bilineata)* Foto J. Guthruf,

Mitte rechts: Wels *(Silurus glanis)* Foto J. Guthruf,

unten links: Äsche *(Thymallus thymallus)* Foto J. Guthruf,

unten rechts: Bitterling *(Rhodeus amarus)* Foto J. Guthruf.

Inhaltsverzeichnis

1. Resultate ... 3
1.1. Untersuchungsstrecken ... 3
1.1.1. Streckenbeschreibung ... 3
1.1.2. Artenzusammensetzung und Fischdichte (CPUE) ... 4
1.1.3. Strömungsgilden gemäss (ZAUNER & EBERSTALLER 1999) ... 5
1.1.4. Ökologische Toleranz ... 8
1.2. Mesohabitate ... 8
1.2.1. Artenzusammensetzung und Dichte ... 8
1.2.2. Strömungsgilden gemäss (ZAUNER & EBERSTALLER 1999) ... 9
1.3. Ufertypen ... 11
1.3.1. Artenzusammensetzung und Fangzahlen ... 11
1.3.2. Strömungsgilden ... 11
1.3.3. Längenverteilung der Fische ... 13
2. Diskussion ... 15
3. Anhang ... 17
3.1. Tabellenanhang ... 17
3.2. Grafiken ... 18
4. Literaturverzeichnis ... 19

1. Resultate

1.1. Untersuchungsstrecken

1.1.1. Streckenbeschreibung

Innerhalb des Projektperimeters wurden drei Strecken von je 100 m Länge (Abb. 1) ausgewählt. Auf jeder Strecke wurden beide Ufer elektrisch befischt.

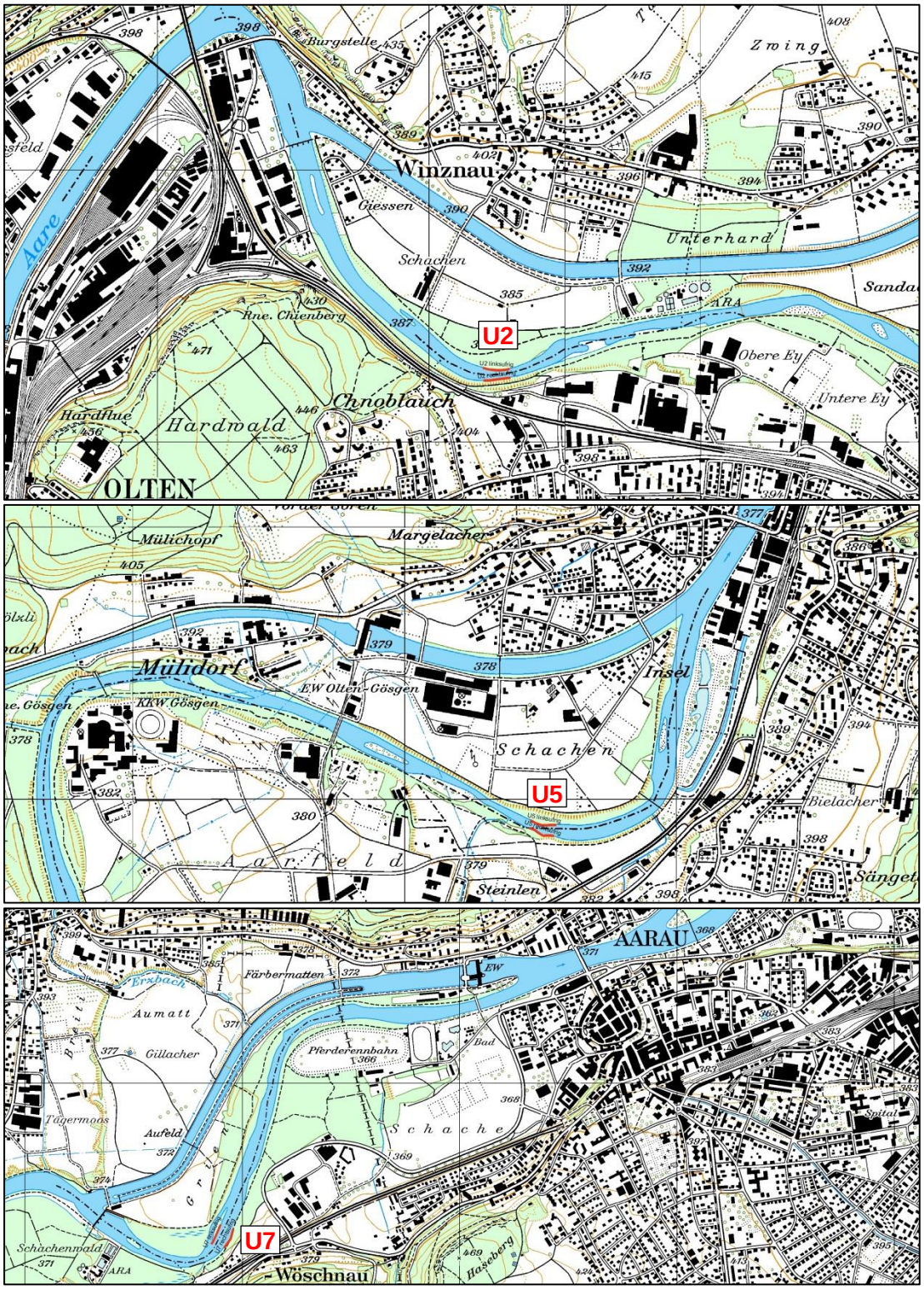
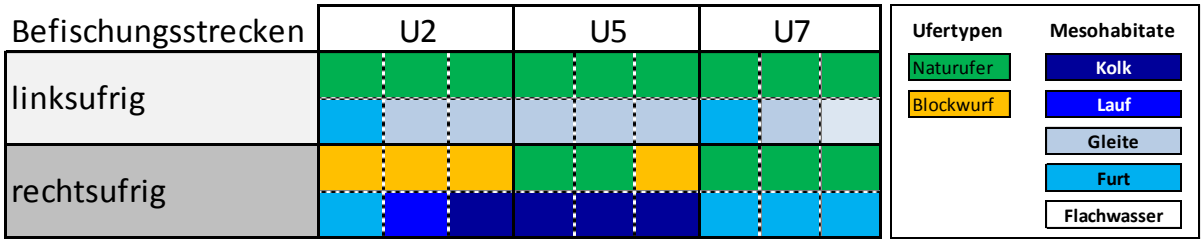


Abb. 1 Lage der Befischungsstrecken U2 (oben), U5 (Mitte) und U7 (unten).

Die strukturellen Voraussetzungen der drei Strecken sind nicht identisch: Während die rechtsufrige Strecke unterhalb des Wehrs Winznau (U2) Anteile von drei verschiedenen Mesohabitaten Furt (Riffle), Lauf (Run), Kolk (Pool) enthält, und somit das gesamte Spektrum von fast stehend bis rasch fliessend abdeckt, besteht die links- und rechtsufrige Strecke U5 oberhalb der Bally-Schwelle nur aus je einem Mesohabitat, Gleite (Glide) linksufrig bzw. Kolk rechtsufrig, Tab. 1) und das Wasser fliesst überall nur sehr langsam.
Die Uferstruktur ist entlang der linksufrigen Strecke U5 abwechslungsreicher als entlang der übrigen, da sie sowohl naturnahe als auch mit Blockwurf verbaute Teile enthält (Tab. 1).
Während die oberen beiden Strecken U2 und U5 lediglich aus einem einfachen Gerinne ohne Nebenarme bestehen, enthält die Strecke U7 ein kleines, aus stehenden Teilen und Fliessabschnitten bestehendes Flachwasser (Tab. 1), welches, wie Temperaturmessungen im Rahmen des Restwasserberichts zum Kraftwerk IBAarau ergaben, hauptsächlich durch Grundwasser gespeist wird.

Tab. 1 Charakterisierung der drei Befischungsstrecken nach linkem und rechtem Ufer getrennt betreffend Uferstruktur (Naturufer, Blockwurf) und Mesohabitat (Kolk, Lauf, Furt, Gleite, Flachwasser).



1.1.2. Artenzusammensetzung und Fischdichte (CPUE)

Primär werden bei Uferbefischungen Jungfische oder Kleinfische erfasst. Zusätzlich können einzelne ausgewachsene Individuen gefangen werden, welche ihre Verstecke in Holzstrukturen entlang des Ufers oder Uferverbauungen haben (Alet, Aal, Wels). Die Methode sagt somit primär etwas über Juvenilhabitate und ufernahe Habitate von Kleinfischen aus, während Aussagen über den Aufenthalt von Adulttieren grosswüchsiger Arten nicht möglich sind.

Im Rahmen der Uferbefischungen konnten insgesamt 20 Fischarten nachgewiesen werden, was als hoch einzustufen ist. Total wurden zwei ortsfremde Fischarten gefunden (Stichling, italienischer Steinbeisser). Das natürliche Verbreitungsgebiet des Stichlings in der Schweiz beschränkt sich auf den Rhein bei Basel (ZAUGG et al. 2003, REY et al. 2013), der italienische Steinbeisser kommt natürlicherweise nur südlich der Alpen vor (PERIAT ET AL. 2012). Der Bitterling war je nach Literatur historisch in der Schweiz nur im Gebiet des Hochrheins heimisch. Neuere Untersuchungen bezeichnen den Bitterling im Murtensee als heimische Art (PERIAT ET AL. 2012).
Die Befischungen zeigten zudem, dass die Aare zwischen Olten und Aarau Lebensraum für 11 Arten ist, welche auf der Roten Liste der Schweiz (KIRCHHOFER et al. 2007) aufgeführt sind (Tab. 2), darunter zwei stark gefährdete Arten (Bitterling, Bachneunauge), vier verwundbare Arten (Aal, Äsche, Schneider, Steinbeisser) und fünf potenziell gefährdete Arten (Bachforelle, Barbe, Groppe, Stichling Wels).

Der Alet und die Elritze waren in allen drei Strecken dominierende Arten. In der Strecke U7 war zudem die Schmerle an beiden Daten sehr häufig. Positiv zu werten sind die hohen Dichten des als verwundbar eingestuften Schneiders in der Strecke U2, insbesondere Ende Oktober (Abb. 2). Eine weitere als verwundbar eingestufte Art, der Steinbeisser (*Cobitis sp.*) konnte in allen drei Strecken nachgewiesen werden (Abb. 2).

Die Fischdichte war bei beiden Befischungen in der mittleren Strecke U5 am geringsten. Der Unterschied zu den beiden anderen Strecken war im September ausgeprägter als im Oktober (Abb. 2).
Während sich die Dichte in der Strecke U2 zwischen September und Oktober mehr als verdoppelte, nahm sie in der Strecke U7 ab. Bei der detaillierten Betrachtung fällt auf, dass sich die Fische in der Strecke U2 vor allem auf den rechtsufrigen, mit Blockwurf verbauten Kolk und den Lauf konzentrierten (Abb. 17). Diese Veränderung dürfte zumindest teilweise durch Wanderungen in die Wintereinstände erklärbar sein.

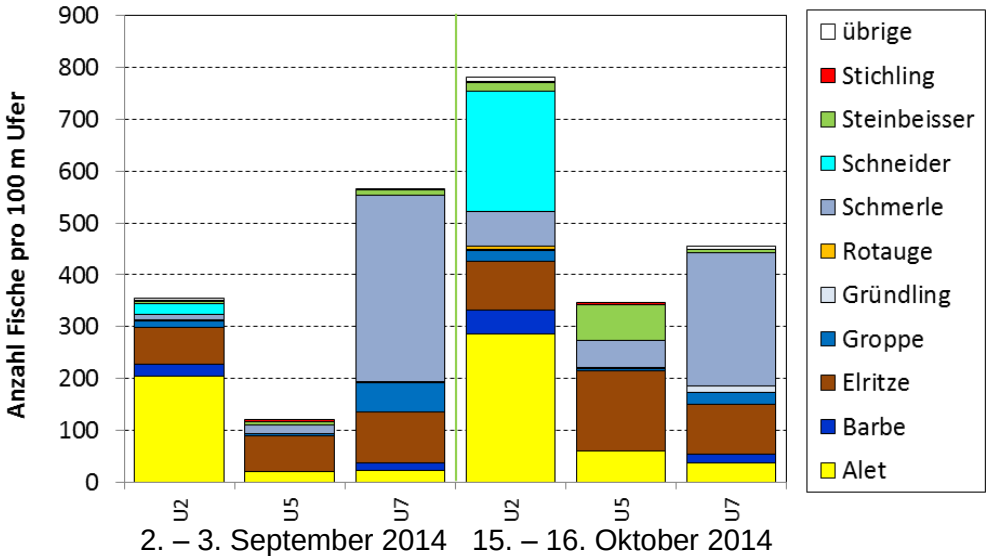


Abb. 2 Dichte (CPUE, N/100 m Ufer) und Artenzusammensetzung, Uferbefischungen Aare Olten - Aarau, September - Oktober 2014. Übrige Arten: Aal (1), Äsche (5), Bachforelle (13), Bachneunauge (2), Bitterling (1), Brachsmen (1), Egli (10), Hasel (4), Rotfeder (1), Wels (1).

1.1.3. Strömungsgilden gemäss (ZAUNER & EBERSTALLER 1999)

Die Fische können nach ihren Strömungspräferenzen in ihrem Leben generell und bei ihrer Fortpflanzung im Speziellen in sogenannte Strömungsgilden eingeteilt werden (ZAUNER & EBERSTALLER 1999), wobei im vorderen Teil des Begriffs die generelle Strömungspräferenz und im hinteren Teil des Begriffs die Laichplatzwahl beschrieben wird.
Die Gilde “indifferent / rheopar“, der der Hasel angehört, umfasst die Fische, die sowohl in fliessendem als auch in stehendem Wasser leben können (indifferent), aber fliessendes Wasser aufsuchen müssen um zu laichen (rheopar).

Von sechs möglichen Strömungsgilden konnten anlässlich der Uferbefischungen in der Aare deren 5 nachgewiesen werden. Lediglich eine Gilde (indifferent / limnopar), der Hecht und Karpfen angehören, fehlte. Fischarten, welche auf stehendes oder sehr langsam fliessendes Wasser angewiesen sind und in grossen Auengewässer-Systemen schwach durchströmte Nebenarme und Altwasser besiedeln (limnophil / limnopar), waren in allen Strecken zahlenmässig nur sehr schwach vertreten (Abb. 3).

In freifliessenden grossen Flüssen wie der Aare zwischen Thun und Bern (GUTHRUF 2008) oder der Reuss unterhalb von Luzern (GUTHRUF 2013) dominieren klar die typischen Flussfischarten, welche sowohl in fliessendem Wasser leben als auch dort ablaichen (rheophil / rheopar).
In den Restwasserstrecken der Aare zwischen Olten und Aarau war dies hingegen sowohl im September als auch im Oktober nur in der untersten Strecke (U7) der Fall (Abb. 3). Diese besteht überwiegend aus Furten (Schnellen) mit rasch fliessendem Wasser (Tab. 1).

In den übrigen Strecken dominieren hingegen die Fischarten der Strömungsgilde “indifferent / euryopar“, anpassungsfähige Ubiquisten, welche sowohl in fliessendem als auch in stehendem Wasser leben und sich fortpflanzen können (Abb. 3). Dieser Gilde gehören unter anderem Alet, Elritze, Flussbarsch und Rotauge an (ZAUNER & EBERSTALLER 1999).
Der Anteil der typischen Flussfischarten (rheophil / rheopar) ist am niedrigsten in der Strecke U5, in welcher das Wasser am langsamsten fliesst: Der Rückstau durch die Bally-Schwelle bewirkt, dass das linke Ufer durchgehend als langsam fliessende Gleite ausgeprägt ist (Tab. 1). Entlang dem rechten Ufer verläuft durchgehend ein Kolk (Tab. 1) mit ebenfalls geringen Fliessgeschwindigkeiten.

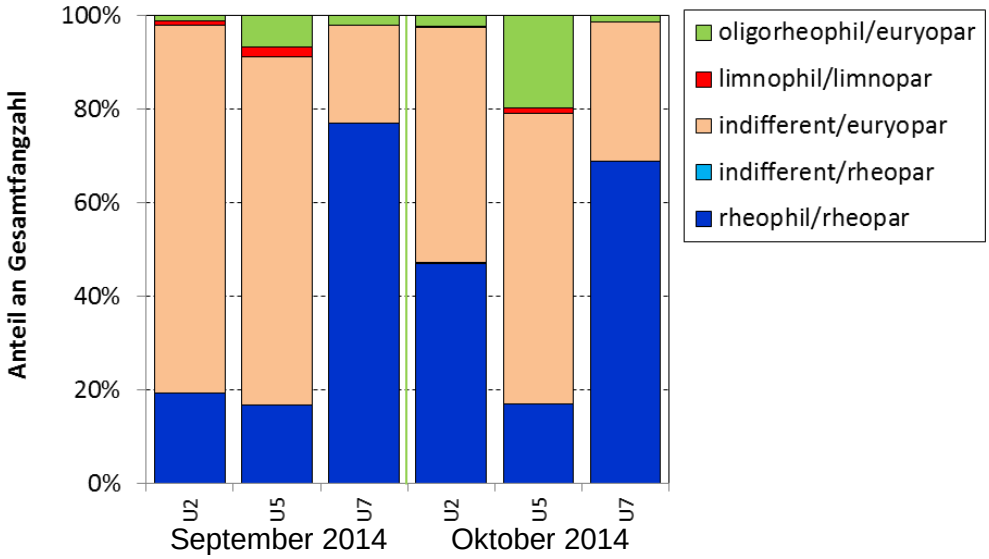


Abb. 3 Zugehörigkeit zu den Strömungsgilden, Anteile an der Gesamtfangzahl in den drei Befischungsstrecken. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September – Oktober 2014.

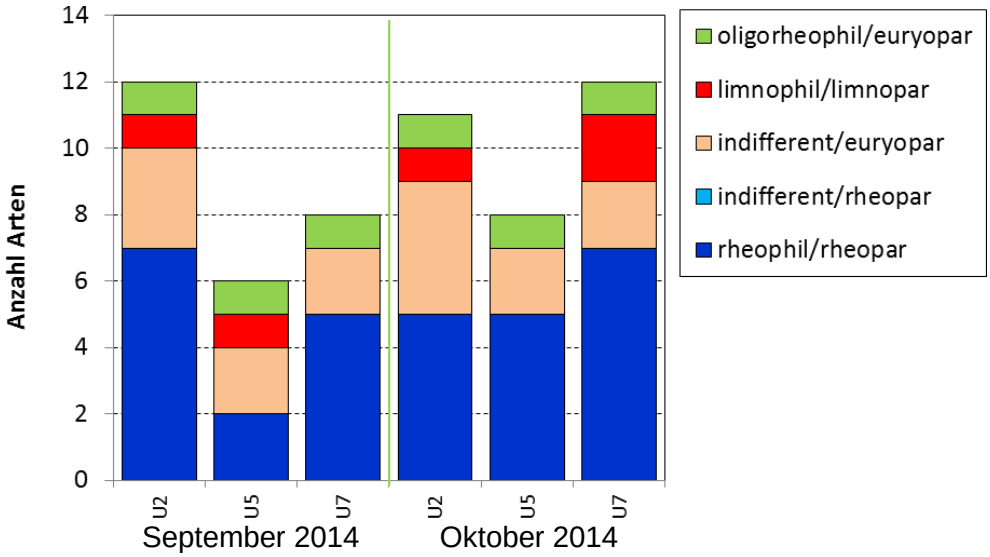


Abb. 4 Artenzahlen und Zugehörigkeit zu den Strömungsgilden in den drei Befischungsstrecken. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September – Oktober 2014.

Interessant ist die starke Zunahme des Anteils an typischen Flussfischarten in der Strecke U2 zwischen September und Oktober (Abb. 3): Insbesondere der Schneider, eine rheophile Kleinfischart, war massgebend an dieser Zunahme beteiligt (Abb. 2). Es ist anzunehmen, dass der Blockwurf am rechten Ufer der Strecke U2 ein wichtiges Überwinterungshabitat für diverse Fischarten darstellt. Eine detaillierte Analyse zeigt, dass die Dichte im Oktober im mässig (Lauf) bis langsam fliessenden (Kolk) am höchsten war (Abb. 17).

Die Beurteilung der Aufteilung der Gilden nach der Artenzahl liefert ein etwas anderes Bild: In der Mehrzahl der Strecken und Befischungsdaten überwiegen die rheophilen Fischarten knapp. Ausnahme bilden die Strecke U5 im September und U2 im Oktober. In der Strecke U5 war die Artenzahl an beiden Befischungsdaten am geringsten (Abb. 4, Abb. 5).

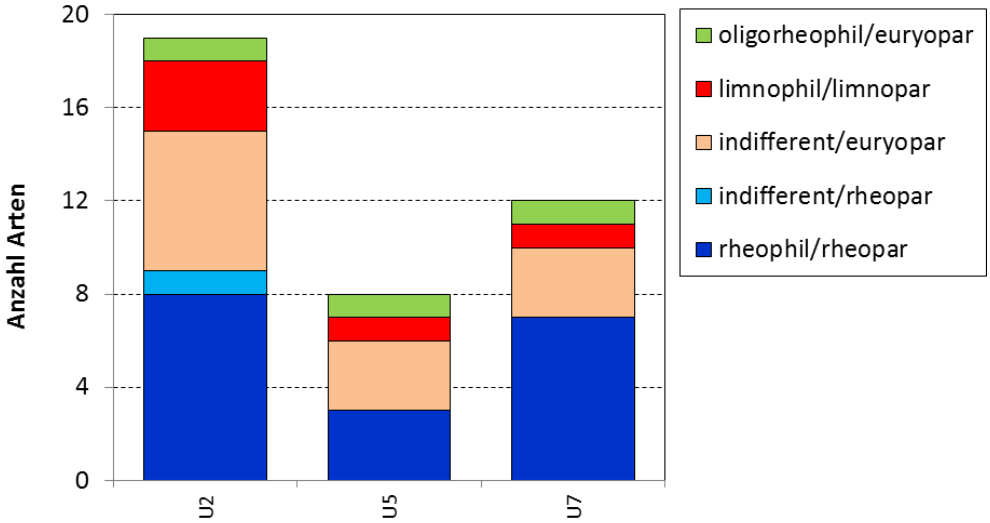


Abb. 5 Artenzahlen und Zugehörigkeit der Fische zu Strömungsgilden. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September und Oktober 2014.

Die Zusammenfassung beider Befischungsdaten zeigt, dass die Artenzahl in der Strecke U5 mit Abstand am geringsten ist (Abb. 5). Dies dürfte primär auf die starke Monotonie bezüglich Fliessgeschwindigkeit infolge Restwasserbedingungen und Rückstau durch die Bally-Schwelle zurückzuführen sein. Dies obwohl die Ufermorphologie an beiden Ufern an sich sehr vielfältig war: Abgesehen vom Blockwurf am rechten Ufer waren sowohl am linken als auch am rechten Ufer ansatzweise Strukturen vorhanden (im Wasser liegende Bäume, unterspülte Uferpartien), welche als Fischunterstand genutzt werden könnten.



Abb. 6 Totholz in der Strecke U5, rechtsufrig.

1.1.4. Ökologische Toleranz

Bei der grossen Mehrzahl der in der Uferbefischung erfassten Fische handelt es sich um tolerante Arten, welche sich an unterschiedliche Strömungsverhältnisse und andere ökologische Bedingungen anpassen können. Indikatorarten gemäss SCHAGER & PETER (2004) sind hingegen selten. Zwischen den drei Strecken ergeben sich relativ grosse Unterschiede, wobei die Strecke U5 mit einem Indikatorarten-Anteil von 2% am schlechtesten und die Strecke U2 mit rund 30% am besten abschneidet (Abb. 7 rechts). Anteile von bis zu 80%, welche in Fliessstrecken der Aare erreicht wurden (REY et al. 2013), werden selbst in den besten Mesohabitaten deutlich unterschritten.
Eine detailliertere, nach Mesohabitaten und Ufertypen und Flussseite getrennte Analyse zeigt, dass das rechte Ufer der Strecke U2 (Kolk, Furt, Lauf, Blockwurfverbauung, Abb. 7 links) die hohen Anteile an Indikatorarten aufwies. Für diese hohen Werte war primär der Schneider, aber auch die Groppe und Barbe verantwortlich (Tab. 2).

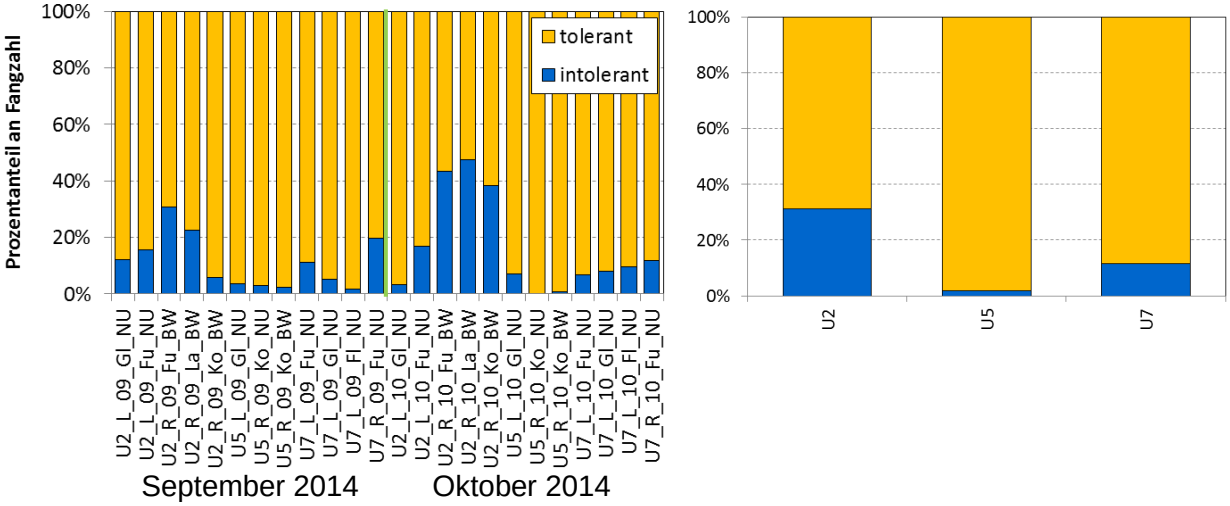


Abb. 7 Einteilung der Fische in intolerante Arten (= Indikatorarten nach SCHAGER & PETER (2004) und tolerante Arten. Beschriftung X-Achse: Fangorte: U2, U5, U7; L = linksufrig, R = rechtsufrig; 09 = September 2014, 10 = Oktober 2014; Mesohabitate: Ko = Kolk, Fu = Furt, Gl = Gleite, La = Lauf, Fl = Flachwasser; Ufertypen: NU = Naturufer, BW = Blockwurf.

1.2. Mesohabitate

1.2.1. Artenzusammensetzung und Dichte

Während der Befischung Anfang September waren die Fangzahlen in den seichten und schnell fliessenden Furten am höchsten. Ende Oktober verschoben sich die Standorte mit hohen Fangzahlen zu den tiefen und mässig fliessenden Läufen und zu den tiefen langsam fliessenden Kolken (Abb. 8). Die starke Zunahme der Fangzahlen in tiefen, eher langsam fliessenden Flussteilen (Läufe und Kolke) können mit Migrationen in Überwinterungshabitate erklärt werden. Gleiten waren hingegen sowohl im September wie im Oktober nur durch niedrige Fangzahlen geprägt (Abb. 8), obwohl die Befischungsstrecken dieses Typs lang waren.
Aus der Artenzusammensetzung ist ersichtlich, dass die Ubiquisten Alet und Elritze unabhängig von den Mesohabitaten relativ hohe Fangzahlen erreichten, während der strömungsliebende Schneider in Läufen am häufigsten gefangen wurde (Abb. 8). Schmerlen hingegen, welche versteckt unter Steinen der Schotter-Sohle leben, kamen mit Abstand in Furten am häufigsten vor. Der in sandigen oder sogar schlammigen Sedimenten vergrabene Steinbeisser lebte dagegen in langsam fliessenden Flussteilen (Kolk, Gleite, Flachwasser), wo sich die benötigten Sedimente ablagern konnten (Abb. 8).

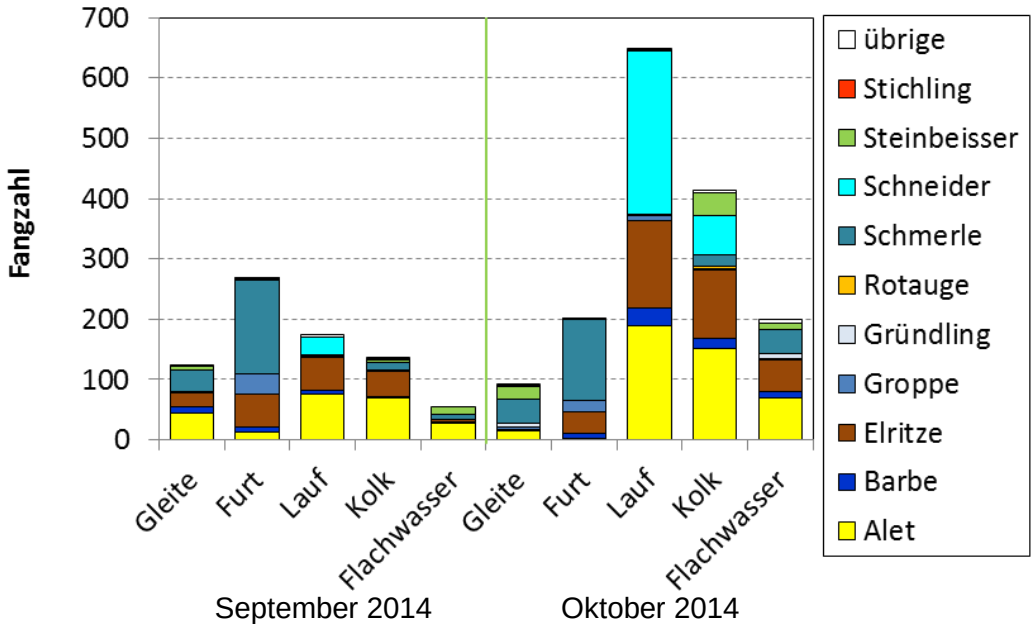


Abb. 8 Fangzahlen und Artenzusammensetzung in den verschiedenen Mesohabitaten. Uferbefischungen Aare Olten - Aarau, September - Oktober 2014. Übrige Arten: Aal (1), Äsche (5), Bachforelle (13), Bachneunauge (2), Bitterling (1), Brachsmen (1), Egli (10), Hasel (4), Rotfeder (1), Wels (1).

1.2.2. Strömungsgilden gemäss (ZAUNER & EBERSTALLER 1999)

In den Furten dominierten die typischen Flussfischarten (rheophil / rheopar) fangzahlmässig klar mit 75 – 80%. Auch in Gleiten erreichten sie relativ hohe Anteile von rund 40 – 60%. Entlang von Kolken hingegen war die Fliessgeschwindigkeit so gering, dass der Anteil der Flussfischarten lediglich 15 – 25% betrug.
Läufe waren geprägt durch sehr stark wechselnde Anteile rheophiler Arten: Während ihr Anteil an der Fangzahl Ende Sommer bei rund 20% lag, verdoppelte sich dieser bei Winterbeginn (Abb. 9), was damit zusammenhängen dürfte, dass die mit Blockwurf verbauten Läufe als Winterhabitat für rheophile Arten von Bedeutung sind.

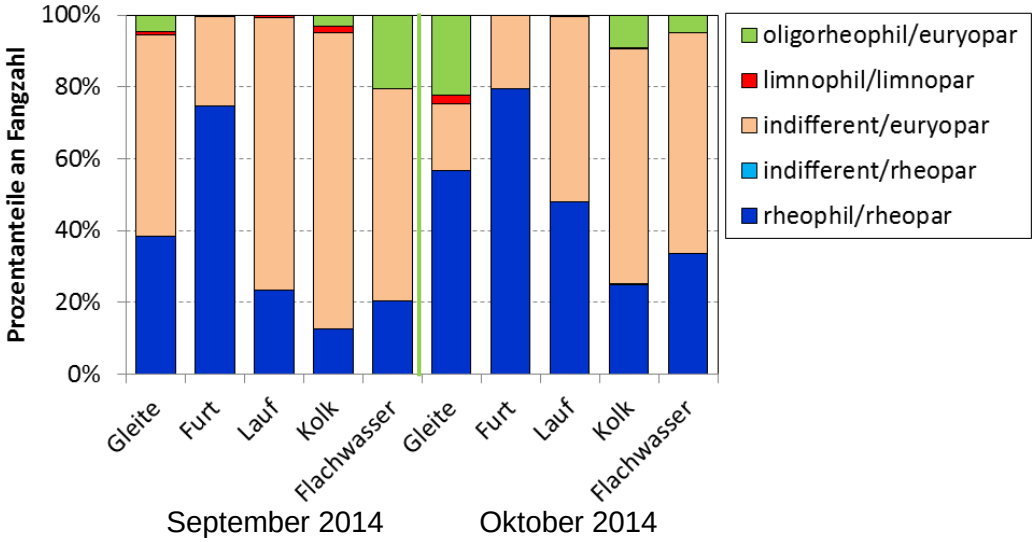


Abb. 9 Zugehörigkeit zu den Strömungsgilden, Anteile an der Gesamtfangzahl in den verschiedenen Mesohabitaten. Uferbefischung Aare Olten – Aarau, September – Oktober 2014.

Kolke sind im Oktober durch die mit Abstand höchsten Artenzahlen charakterisiert, da zu den indifferenten Arten, welche die Strecken bereits im Sommer besiedeln, rheophile Arten hinzukommen, welche die Strecken als Winterhabitat nutzen (Abb. 10). Neben der hohen Artenzahl ist in Kolken auch die Gildenzahl (5) am höchsten, was bedeutet, dass dort Fische mit verschiedenen ökologischen Ansprüchen zu Beginn des Winters geeignete Habitate finden (Abb. 10, Abb. 11).

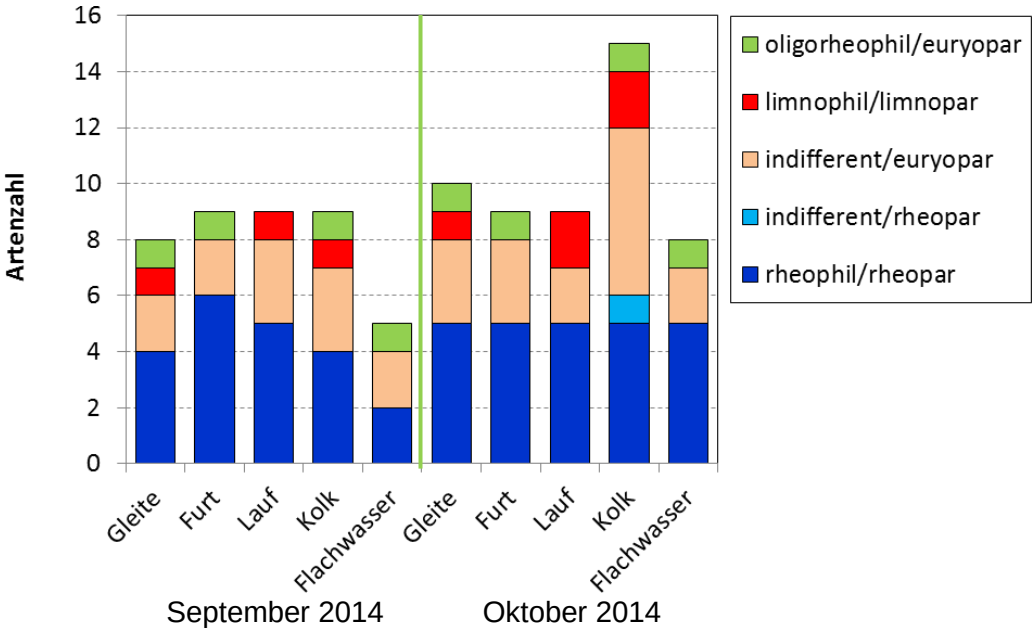


Abb. 10 Artenzahlen und Zugehörigkeit der Fische zu Strömungsgilden getrennt nach den vorhandenen Mesohabitaten. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September – Oktober 2014.

Kolke erwiesen sich aber als die Mesohabitate mit dem geringsten Anteil an typischen Flussfischarten (Abb. 10).

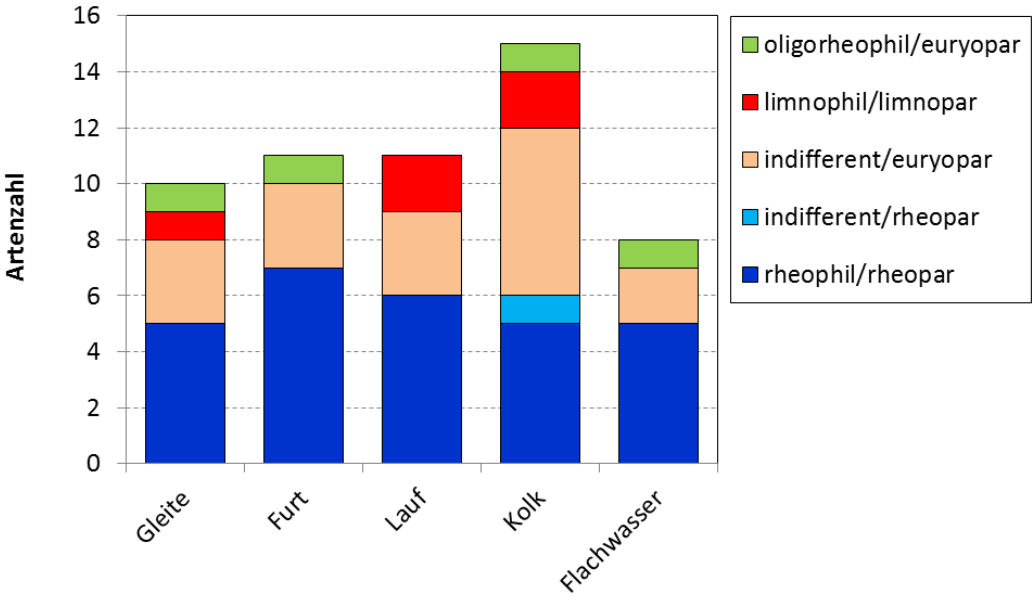


Abb. 11 Artenzahlen und Zugehörigkeit der Fische zu Strömungsgilden getrennt nach den vorhandenen Mesohabitaten. Uferbefischung Aare Olten – Aarau, September und Oktober 2014.

Das Flachwasser fällt durch eine vergleichsweise geringe Artenzahl auf (Abb. 10, Abb. 11), was primär darauf zurückzuführen sein dürfte, dass dieser Gewässertyp nur in einer der sechs befischten Uferstrecken vorkam und zudem eine sehr geringe Fläche bedeckte.

1.3. Ufertypen

1.3.1. Artenzusammensetzung und Fangzahlen

Die Artenzusammensetzung der Fische unterscheidet sich teilweise sehr stark je nach vorhandener Uferstruktur:
Der **Schneider**, der eine sehr ausgeprägte Affinität für Unterstände und Versteckmöglichkeiten hat, wurde bei den Uferbefischungen an der Aare zwischen Olten und Aarau ausschliesslich im Blockwurf gefangen (Abb. 11). Bei detaillierterer Betrachtung wurde die Art nur am rechten Ufer der mit Blockwurf befestigten Strecke U2 gefangen, fehlte aber im kurzen Blockwurfabschnitt der Strecke U5 (Abb. 17). Auch am Hochrhein (DÖNNI 1993, ZEH 1993) wurden Schneider primär im Blockwurf gefangen. Untersuchungen an der Reuss (GUTHRUF 2013) und an der Aare zeigten aber, dass die Art ihre Unterstände auch in anderen Strukturen findet, insbesondere in Holzstrukturen, Verklausungen und unterspülten Ufern (BREITENSTEIN 1997, BREITENSTEIN & KIRCHHOFER 1999, GUTHRUF 2008). In einer Studie an der Aare zwischen Bielersee und Rhein kam die Art bevorzugt im Bereich von Wurzelraumkolken vor (REY et al. 2013).
Auch der **Alet**, eine Art mit ausgeprägtem Strukturbezug, wurde insbesondere Ende Oktober in viel höheren Zahlen im Blockwurf gefangen als entlang von Naturufern (Abb. 11). Ein ähnliches Verteilungsschema war bei der Elritze zu beobachten (Abb. 11).
Schmerle und Steinbeisser hingegen wurden primär an Naturufern gefangen, da ihr bevorzugtes Substrat vor allem dort anzutreffen war. Während die Schmerle ihre Unterstände bevorzugt in Kies-Schotter-Fraktionen finden (BRUNKEN 1989), bewohnt der Steinbeisser bevorzugt schlammige oder sandige Sedimente, in die er sich eingräbt (BOHLEN 2003).

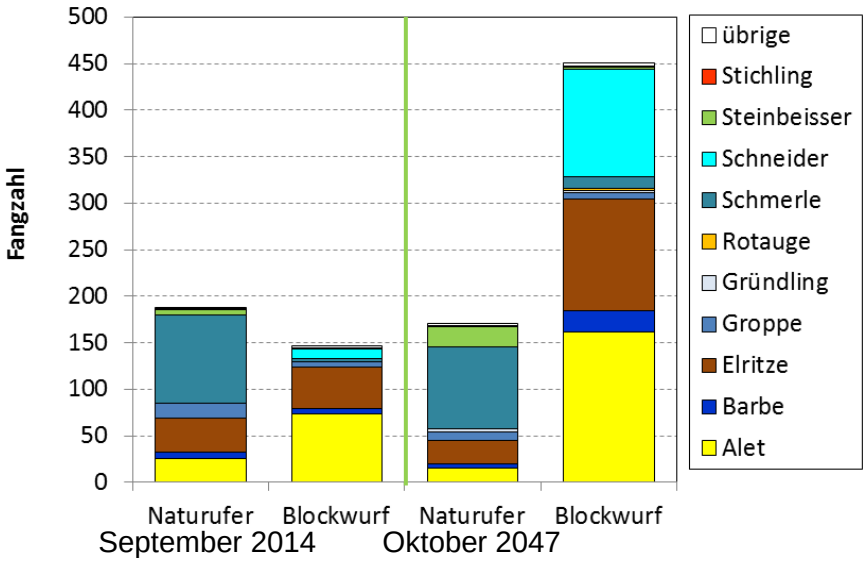


Abb. 12 Fangzahlen und Artenzusammensetzung entlang der beiden Ufertypen (Naturufer, Blockwurf). Uferbefischungen Aare Olten - Aarau, September - Oktober 2014. Übrige Arten: Aal (1), Äsche (5), Bachforelle (13), Bachneunauge (2), Bitterling (1), Brachsmen (1), Egli (10), Hasel (4), Rotfeder (1), Wels (1).

1.3.2. Strömungsgilden

Während entlang von Naturufern Individuen strömungsliebender Arten in der Mehrzahl waren, dominierten an Blockwurfufern vor allem Vertreter der Gilde “indifferent / euryopar“, d. h.

Ubiquisten, wie Alet und Elritze, die sowohl bei fliessendem als auch bei stehendem Wasser überleben und sich fortpflanzen können und den Blockwurf als Unterstand nutzen (Abb. 13). Die Gilde “oligorheophil / euryopar“, vertreten durch den Steinbeisser, kam bevorzugt an Naturufern vor (Abb. 13), wo geeignete Sedimente verfügbar waren.

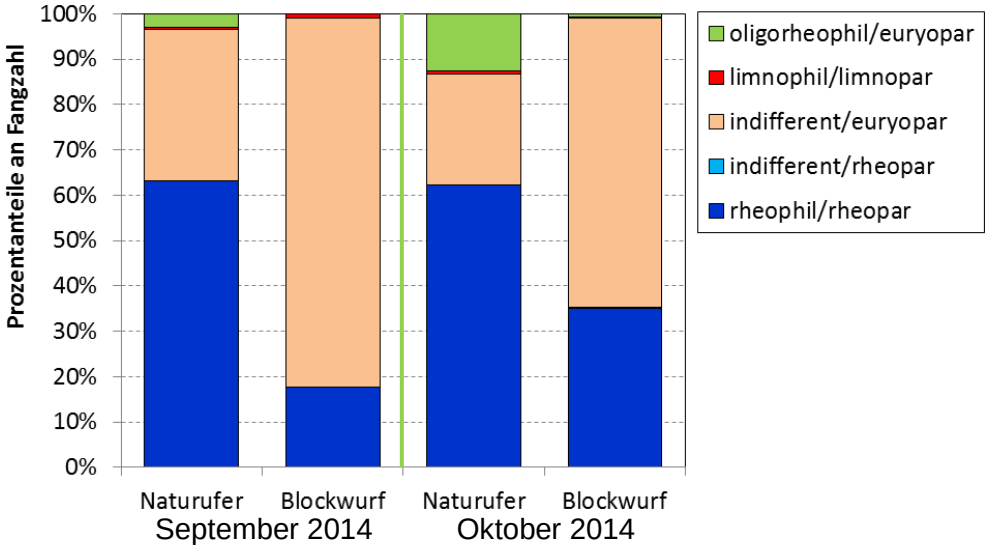


Abb. 13 Zugehörigkeit zu den Strömungsgilden, Anteile an der Gesamtfangzahl entlang von Naturufern und Blockwurfverbauungen. Uferbefischung Aare Olten – Aarau, September – Oktober 2014.

Aus den Artenzahlen ergeben sich keine Rückschlüsse auf ein Dominieren von rheophilen oder indifferenten Arten. Je nach Jahreszeit wechseln die Verhältnisse. Die hohe Artenzahl Ende Oktober im Blockwurf deutet auf eine mögliche Bedeutung dieser Struktur als Überwinterungshabitat hin (Abb. 14). Vor allem der Blockwurf am rechten Ufer der Strecke U2 im Bereich des Kolks und Laufs fiel durch hohe Fangzahlen auf (Abb. 18).

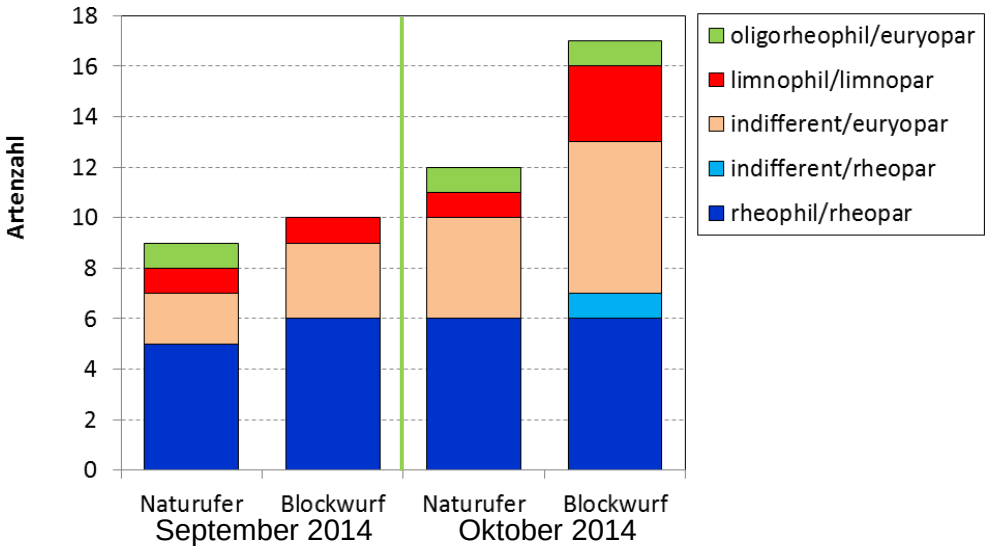


Abb. 14 Artenzahlen und Zugehörigkeit der Fische zu Strömungsgilden entlang von Naturufern und von Ufern mit Blockwurfverbauung. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September – Oktober 2014.

1.3.3. Längenverteilung der Fische

Aus der Längenverteilung ist erkennbar, dass bei der Uferbefischung primär Kleinfische (Bitterling, Elritze, Groppe, Gründling, Schmerle, Schneider, Steinbeisser, Stichling) gefangen wurden. Von den grosswachsenden Fischarten (Alet, Äsche, Bachforelle, Barbe, Brachsmen, Flussbarsch, Hasel, Rotauge, Rotfeder, Wels) wurden ausschliesslich Jungfische erfasst. Einzig beim Aal wurde ein ca. 90 cm langes Tier gefangen, welches vermutlich kurz vor der Abwanderung ins Meer stand.

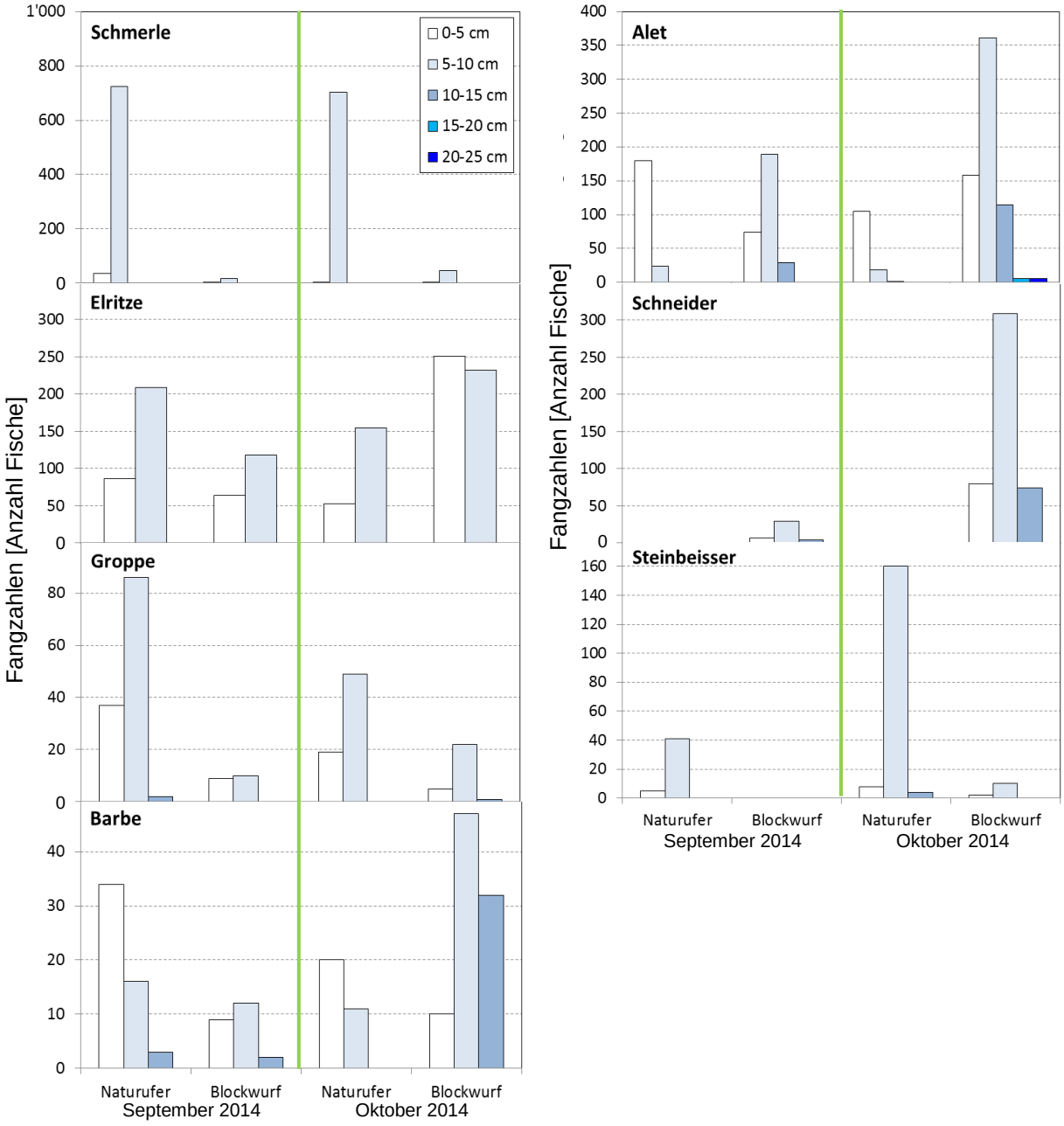


Abb. 15 Längenverteilung der Fischarten mit Fangzahlen von über 100 Individuen nach Ufertyp und Fangdatum getrennt.

Praktisch bei jeder Art waren Vertreter der kleinsten Längenklasse 0 – 5 cm vorhanden (Abb. 15), was abgesehen von Bachforelle und Äsche, die durch Besatz gestützt werden, auf eine erfolgreiche natürliche Fortpflanzung schliessen lässt. Im Folgenden wird auf die einzelnen Arten eingegangen mit dem Focus auf die Jahreszeit des Fangs und auf die Uferstruktur (Abb. 15):

Der **Alet** war an Naturufern praktisch ausschliesslich durch die beiden kleinsten Längenklassen (Länge 0 – 10 cm) vertreten, was auf 0^+-Tiere schliessen lässt. Grössere Individuen (1+ und älter) kamen praktisch ausschliesslich entlang der Blockwurfverbauungen vor, wo sich ihre Unterstände befinden.
Der **Schneider** kam ausschliesslich in den Blockwurfverbauungen vor und war durch juvenile und auch durch Adulttiere (Längenklasse 10 - 15 cm) vertreten.
Der **Steinbeisser** kam vorwiegend an Naturufern vor und war dort auch durch Juvenile und Adulttiere vertreten (Längenklasse 10 – 15 cm). In den Feinsediment-Ablagerungen am Fusse des Blockwurfs in Strecke U5 wurden nur juvenile Tiere gefunden.
Elritzen waren an sämtlichen Strecken durch 0^+- und ältere Tiere vertreten. Der sehr hohe Anteil der kleinsten Längenklasse (0 - 5 cm) im Blockwurf in der Befischung von Ende Oktober deutet darauf hin, dass 0^+-Elritzen ihre Wintereinstände im Blockwurf finden.
Die **Groppe** war unabhängig vom Probedatum sowohl am Naturufer als auch im Blockwurf durch juvenile und Adulttiere vertreten.
Barben waren Anfang September sowohl an Naturufern als auch im Blockwurf durch juvenile und subadulte Tiere vertreten. Ende Oktober wurden subadulte Barben (10 – 15 cm) nur noch im Blockwurf gefangen (Abb. 15).

2. Diskussion

Die Kombination aus Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe scheint eine sehr wichtige Rolle zu spielen im Zusammenhang mit der Artenzusammensetzung und der Dichte des Fischbestandes in der Aare zwischen Olten und Aarau. Alle drei Befischungsstrecken sind durch Restwasserbedingungen geprägt. Gegenüber dem Vollwasserabfluss bricht die Fliessgeschwindigkeit in weiten Teilen zusammen, so dass die Strömungsverhältnisse nicht mehr denjenigen eines frei fliessenden grossen Flusses entsprechen.
Dies äusserte sich darin, dass die typischen Flussfischarten (rheophil / rheopar) in den stehenden und langsam fliessenden Abschnitten im Vergleich zu Fliessstrecken grosser Gewässer der Schweiz nur noch schwach vertreten waren. Dies trifft insbesondere in der Strecke U5 zu, welche zusätzlich durch die Bally-Schwelle gestaut ist. Anstelle der typischen Flussfischarten treten hier Ubiquisten in den Vordergrund, welche sowohl in stehendem als auch in fliessendem Wasser überleben und sich fortpflanzen können (indifferent / euryopar).
Mangels funktionierender Nebenarme und Altwasser ist die Fliessgeschwindigkeit bei Hochwasser im ganzen Gerinne sehr hoch, so dass Fischarten, welche auf stehende und langsam fliessende Gewässer spezialisiert sind (limnophil / limnopar) nur sehr schwach vertreten sind.
In natürlichen Auengewässern bewohnen diese Arten die schwach durchströmten Nebenarme und Altwasser. Limnophile Arten haben bei Flussrevitalisierungen in der Aare eine Chance, sich auszubreiten, da bereits heute drei Vertreter dieser Gruppe in geringer Dichte in der Aare vorkommen und den Kolk für eine erfolgreiche Wiederbesiedlung neuer Strukturen darstellen. Andere Befischungen in der Aare zeigen, dass weitere Spezialisten für Stillwasser in der Aare im Kanton Solothurn vorkommen. So konnten Schleie bei Selzach nachgewiesen werden (GUTHRUF & GUTHRUF 2012). Schleie und Moderlieschen kamen auch in einer Uferbefischung bei Winznau vor. Mit dem Hecht (indifferent / limnopar) konnte eine Art nachgewiesen werden, die in stehendem und fliessendem Wasser leben kann, aber bei der Fortpflanzung auf stehendes Wasser angewiesen ist (GUTHRUF & GUTHRUF 2012, REY et al. 2013).
Der im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts in der Strecke U2 geplante Nebenarm könnte in Zukunft eine Funktion als Lebensraum für limnophile Arten wahrnehmen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass dort bei Hochwasser Kolke entstehen, welche auch bei geringem Abfluss der Aare genügend tief sind und über die für Fische erforderlichen Strukturen (Totholz, Wasserpflanzen) verfügen. Das Monitoring nach der Realisierung des Projekts wird Aufschluss darüber geben.

Blockwurf, insbesondere am rechten Ufer der Strecke U2 fiel zu Winterbeginn durch hohe Fischdichte und Artenzahl auf und scheint eine wichtige Funktion als Überwinterungshabitat für Jungfische diverser Arten und verschiedene Kleinfischarten zu übernehmen. Auch an der Emme war Anfang Winter eine starke Zunahme der Fischdichte in Zonen mit einen grossen Angebot an Unterständen unter Blöcken und Totholz zu beobachten (GUTHRUF 2002).
Der Blockwurf in Strecke U2 war so verlegt, dass eine Vielzahl von Hohlräumen und Versteckmöglichkeiten entstehen konnte. Die unregelmässige Verlegung der Steine mit Vorsprüngen und Buchten bewirkte zudem, dass strömungsberuhigte Zonen entstanden. Nur wenige bisher beurteilte Uferverbauungen sind derart strukturreich.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die Blockwurfverbauungen auf Prallufer konzentrieren, die ohnehin als Lebensraum für Fische bedeutsam sind. Durch die relativ kleinräumige Abfolge von drei Mesohabitaten (Furt, Lauf, Kolk) bietet die Strecke zudem die Möglichkeit dass die Fische je nach Jahreszeit eine passende Kombination aus Fliessgeschwindigkeit und Tiefe vorfinden. Da Prallufer meist verbaut werden, konnten naturnahe Prallufer mit den entsprechenden Habitatstrukturen (Totholzansammlungen, Verklausungen, unterspülte Partien) im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht befischt werden. Aus anderen Untersuchungen ist jedoch bekannt, dass solche Uferstrukturen an der Aare von noch grösserer Bedeutung sind als strukturierte Blockwürfe (GUTHRUF & GUTHRUF 2012).

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass der Blockwurf in der Strecke U2 als Ersatzlebensraum für weitgehend verlorengegangene Strukturen an natürlichen Prallufern betrachtet werden kann. Allerdings bringt Blockwurf aus gewässer- und fischökologischer Sicht auch gewichtige Nachteile mit sich: Die Struktur reduziert die Verzahnung von Wasser und Land sehr stark und verunmöglicht zudem jegliche Dynamik des Flusses und trägt dadurch massgebend zur Beeinträchtigung der Geschiebedynamik bei. Aus diesem Grund sollte unter allen Umständen auf die Schaffung neuer Blockwurf-Verbauungen verzichtet werden. Totholz ist ein geeignetes Mittel um dies auf natürliche Weise zu erreichen.



Abb. 16 Blockwurfverbauung am rechten Ufer bei Winznau (Strecke U2). Die Befischungsstrecke lag im Übergangsbereich einer Furt (oben links) Lauf (unten rechts) und Kolk (weiter flussabwärts, auf dem Bild nicht sichtbar). Der Blockwurf ist unregelmässig angeordnet, so dass Unterstände und Stillwasserzonen entstehen. Foto J. Guthruf.

3. Anhang

3.1. Tabellenanhang

Tab. 2 Zusammenstellung Fangzahlen und Streckenbeschreibungen.

Fangdatum	2. bis 3. September 2014												15. bis 16. Oktober 2014											
Strecke	U2	U2	U2	U2	U2	U5	U5	U5	U7	U7	U7	U7	U2	U2	U2	U2	U2	U5	U5	U5	U7	U7	U7	U7
Ufer (links/rechts)	L	L	R	R	R	L	R	R	L	L	L	R	L	L	R	R	R	L	R	R	L	L	L	R
Ufertyp	NU	NU	BW	BW	BW	NU	NU	BW	NU	NU	NU	NU	NU	NU	BW	BW	BW	NU	NU	BW	NU	NU	NU	NU
Mesohabitat	Gl	Fu	Fu	La	Ko	Gl	Ko	Ko	Fu	Gl	Fl	Fu	Gl	Fu	Fu	La	Ko	Gl	Ko	Ko	Fu	Gl	Fl	Fu
Aal																	1							
Alet	115	5	31	76	183	17	23	2	12	4	28		27		10	190	347	12	9	99	2	4	70	
Äsche			1						1			3												
Bachforelle			2	1											1								7	2
Bachneunauge													2											
Barbe	18	3	10	7	6				13	8	1	10		1	9	29	51				5	2	10	13
Bitterling																	1							
Brachsmen																	1							
Egli				2	1												7							
Elritze	9	27	34	54	21	30	34	73	99	32	4	60	2	3	11	144	28		9	300	55	5	53	80
Groppe	1	5	12	2	3	2	3	2	41			73	2	13	16	8	1	7		3	16	2	2	26
Gründling	4									1			3			1	4			2		18	7	1
Hasel																	4							
Rotauge																	12	1						
Rotfeder																1								
Schmerle	1	11	7	2	1	1	25	7	320	105	10	286	50	66	13	1	2	51	25	30	229	18	41	228
Schneider			7	29	4											271	192							
Steinbeisser	8					3	13		3	6	11	2	35					25	100	12		1	10	1
Stichling	1			1	4	2	2	1					2			2		4	3					
Wels																					1			
Summe Fische	**157**	**51**	**104**	**174**	**223**	**55**	**100**	**85**	**489**	**156**	**54**	**434**	**123**	**83**	**60**	**647**	**651**	**100**	**146**	**446**	**308**	**50**	**200**	**351**
Artenzahl	**8**	**5**	**8**	**9**	**8**	**6**	**6**	**5**	**7**	**6**	**5**	**6**	**8**	**4**	**6**	**9**	**13**	**6**	**5**	**6**	**6**	**7**	**8**	**7**
Dichte [N/m Ufer]	**2.1**		**5.0**			**0.6**	**1.9**		**7.0**			**4.3**	**2.1**		**13.6**			**1.0**	**5.9**		**5.6**			**3.5**

Gefährdungsstatus Rote Liste CH

- stark gefährdet (2, EN)
- verletzlich (3, VU)
- potenziell gefährdet (4, NT)
- nicht gefährdet (NG, LT)

3.2. Grafiken

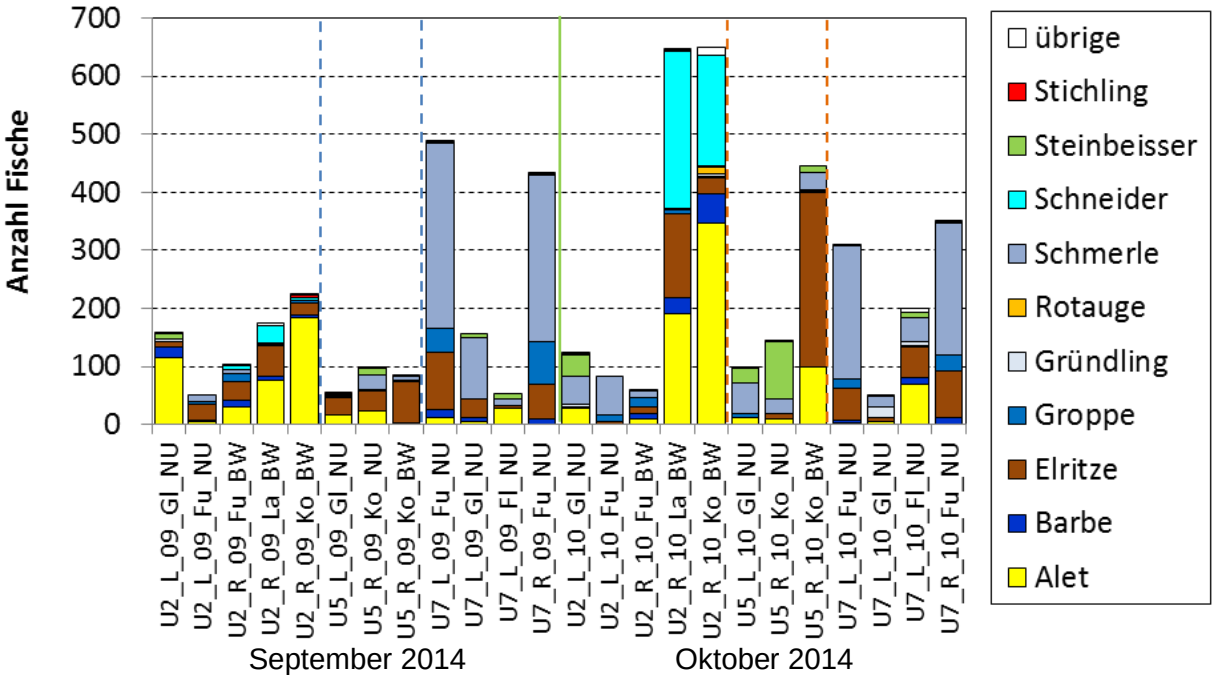


Abb. 17 Nach Flussufer, Befischungsstrecke, Mesohabitat, Uferstruktur und Fangdatum aufgeschlüsselte Fangzahlen und Artenzusammensetzung. Uferbefischungen Aare Olten - Aarau, September - Oktober 2014. Übrige Arten: Aal (1), Äsche (5), Bachforelle (13), Bachneunauge (2), Bitterling (1), Brachsmen (1), Egli (10), Hasel (4), Rotfeder (1), Wels (1). Beschriftung X-Achse: Fangorte: U2, U5, U7; L = linksufrig, R = rechtsufrig; 09 = September 2014, 10 = Oktober 2014; Mesohabitate: Ko = Kolk, Fu = Furt, Gl = Gleite, La = Lauf, Fl = Flachwasser; Ufertypen: NU = Naturufer, BW = Blockwurf.

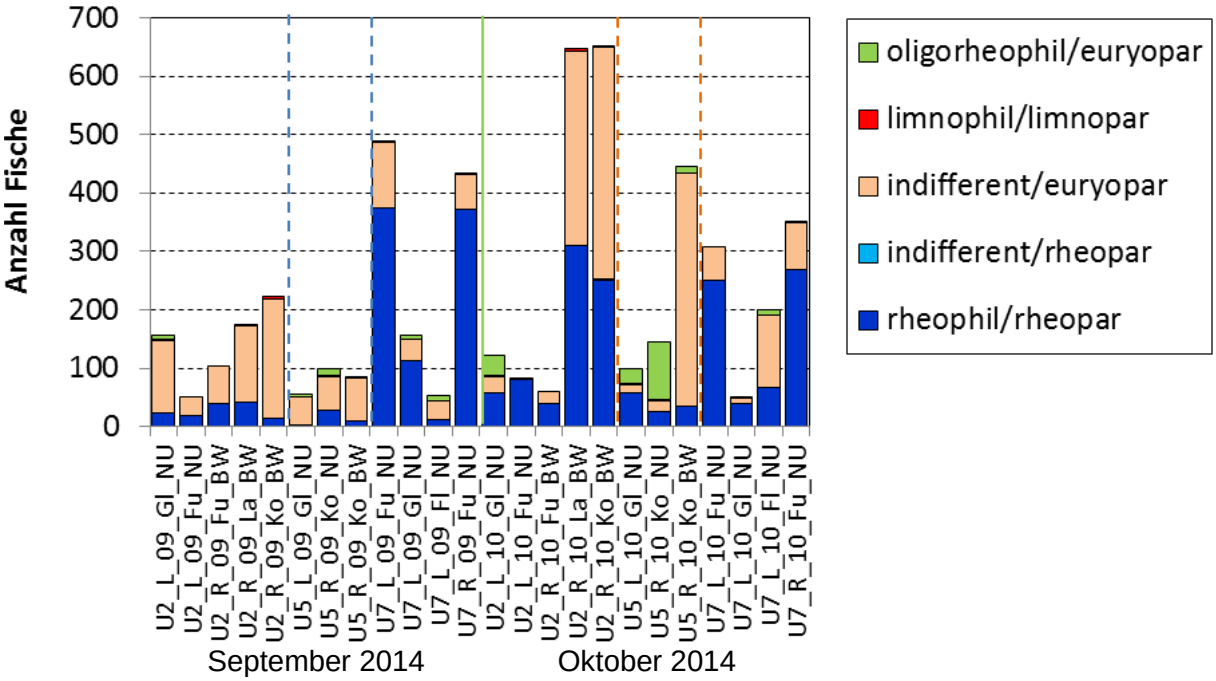


Abb. 18 Nach Befischungsstrecke, Flussufer, Mesohabitat, Uferstruktur und Fangdatum aufgeschlüsselte Zugehörigkeit der Fische zu den Strömungsgilden auf Grund der Fangzahlen. Uferbefischung Aare Olten – Aarau September – Oktober 2014. Legende: siehe Abb. 17.

4. Literaturverzeichnis

BOHLEN, J. (2003): Untersuchungen zur Autökologie des Steinbeissers, Cobitis taenia. - Diss. Humboldt-Universität: 155 S.

BREITENSTEIN, M. (1997): Altersstruktur, Wachstum, Wanderverhalten und Ontogenese des Schneiders (*Alburnoides bipunctatus*) in der Aare. - Diplomarbeit Universität Bern: 70 S.

BREITENSTEIN, M., KIRCHHOFER, A. (1999): Biologie, Gefährdung und Schutz des Schneiders in der Schweiz (*Alburnoides bipunctatus*). - BUWAL, Vollzug Umwelt Mitteilungen zur Fischerei 62: 46 S.

BRUNKEN, H. (1989): Lebensraumansprüche und Verbreitungsmuster der Bachschmerle *Noemacheilus barbatulus* (Linnaeus, 1758). - Fischökologie 1: 29-45.

DÖNNI, W. (1993): Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins. – Dissertation 196 S.

GUTHRUF, J. (2002): Emme unterhalb Biberist, Untersuchung der Restwasserproblematik. - Fischereibiologisches Gutachten Aquatica, Auftrag: Baudepartement des Kantons Solothurn, Amt für Umwelt: 85 S.

GUTHRUF, J. (2008): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern Erfolgskontrolle, Ist-Zustand Gewässerökologie und Fische. - Bericht Aquatica, Auftrag: Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieur Kreis II: 70 S.

GUTHRUF, J. (2013): Der Fischbestand der Reuss LU, Emmemündung bis Kantonsgrenze bei Honau -Fachbericht Fischökologie Aquatica, Auftrag: Verkehr und Infrastruktur vif, Kanton Luzern: 12 S.

GUTHRUF, J., GUTHRUF-SEILER, K. (2012): Instandsetzung linkes Aareufer Selzach, Erfolgskontrolle. - Gutachten Aquatica, Auftrag: Amt für Umwelt des Kantons Solothurn: 59 S.

KIRCHHOFER, A., BREITENSTEIN, M., ZAUGG, B. (2007): Rote Liste Fische und Rundmäuler - BAFU, Umwelt Vollzug, Rote Listen / Artenmanagement 34/07: 64 S.

PERIAT, G., VONLANTHEN, P., SEEHAUSEN, O., DEGIORGI, F., RAYMOND, J. C., BÜTTIKERR, B., GUILLARD, J. (2012): Etude du peuplement pisciaire du Lac de Morat. - Rapport définitif Eawag Fishecology group, Université de Besançon , ONEMA Thonon ,INRA Thonon Auftrag: BAFU, Etat de Fribourg, Service de la faune des forêts, de et de la nature du Canton de Vaud: 47 S.

REY, P., ORTLEPP, J., WERNER, S., MÜRLE, U., BECKER, A., HESSELSCHWERDT, J. (2013): Koordinierte Biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011 - 2013. Fachbericht HYDRA, Auftrag: Kanton Aargau: Abteilung für Umwelt, Sektion Boden und Wasser, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei; Kanton Bern: Gewässer- und Bodenschutzlabor, Gewässerökologie, Fischereiinspektorat; Kanton Solothurn: Amt für Umwelt, Abteilung Wasser, Amt für Wald, Jagd und Fischerei: 153 S.

SCHAGER, E., PETER, A. (2004): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer, Fische Stufe F (flächendeckend). Bern, BUWAL, Mitteilungen zum Gewässerschutz.

ZAUGG, B., STUCKI, P., PEDROLI, J.-C., KIRCHHOFER, A. (2003): Pisces Atlas. – Fauna Helvetica, CSCF Neuchâtel: 233 S.

ZAUNER, G., EBERSTALLER, J. (1999): Klassifizierungsschema der österreichischen Flussfischfauna in Bezug auf deren Lebensraumansprüche. - Österreichs Fischerei 52/1999: 198-205.

ZEH, M. (1993): Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins. - Dissertation EAWAG / ETH: 171 S.

A3 FACHBERICHT LIBELLEN

ARGE AareErfolg

Erhebung Baseline Erfolgskontrolle Aare Olten bis Aarau, Ausgangszustand Indikator Libellen



11.11.2014

BURGER LIECHTI
WALD ÖKOLOGIE MENSCH

Burger & Liechti GmbH 5408 Ennetbaden

Auftraggeber:

ARGE AareErfolg

Vertreten durch IC Infraconsult AG

Nicole Schiltknecht

Kasernenstrasse 27

3013 Bern

Auftragnehmer/Berichtverfasser:

Burger & Liechti GmbH

Limmatauweg 9

5408 Ennetbaden

Tel. 056 203 40 33

info@burgerliechti.ch

www.burgerliechti.ch

Tobias Liechti	Feldarbeit und Bericht
Thomas Burger	Qualitätskontrolle

Titelbild: Männchen der Kleinen Zangenlibelle. Foto Tobias Liechti

Inhalt

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 3

3.3 U3 Stillgewässcher Schachenwald Obergösgen 4

3.4 U7 Eigendynamik Wöschau 5

3.5 U8 Stillgewässer Grien erhoben 5

4 Diskussion 6

4.1 Witterung 6

4.2 Einwanderungspotenzial und Zielarten 6

Quellen 8

Anhang 9

1 Einleitung und Auftrag

Auf dem Aareabschnitt zwischen Olten und Aarau werden in den kommenden Jahren das Hochwasser- und Revitalisierungsprojekt Aare Olten bis Aarau realisiert sowie die Wasserkraftwerke Gösgen und Aarau neu konzessioniert. Dadurch ergeben sich verschiedenartige Eingriffe am und entlang des Gewässer und den angrenzenden Lebensräumen. Die Projekte verfolgen alle u.a. das Ziel neue, wertvolle, vom Wasser geprägte 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 Aufnahmen des Ausgangszustandes vorgestellt 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. Heute ist das Angebot an unterschiedlichen Lebensräumen für die teilweise komplexen Ansprüche der Arten vermutlich geringer als nach Umsetzung der Massnahmen.
Zu erhebende Daten	Abundanz vorkommender Libellenarten, weiter 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.
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.

2.2 Untersuchungsgebiet

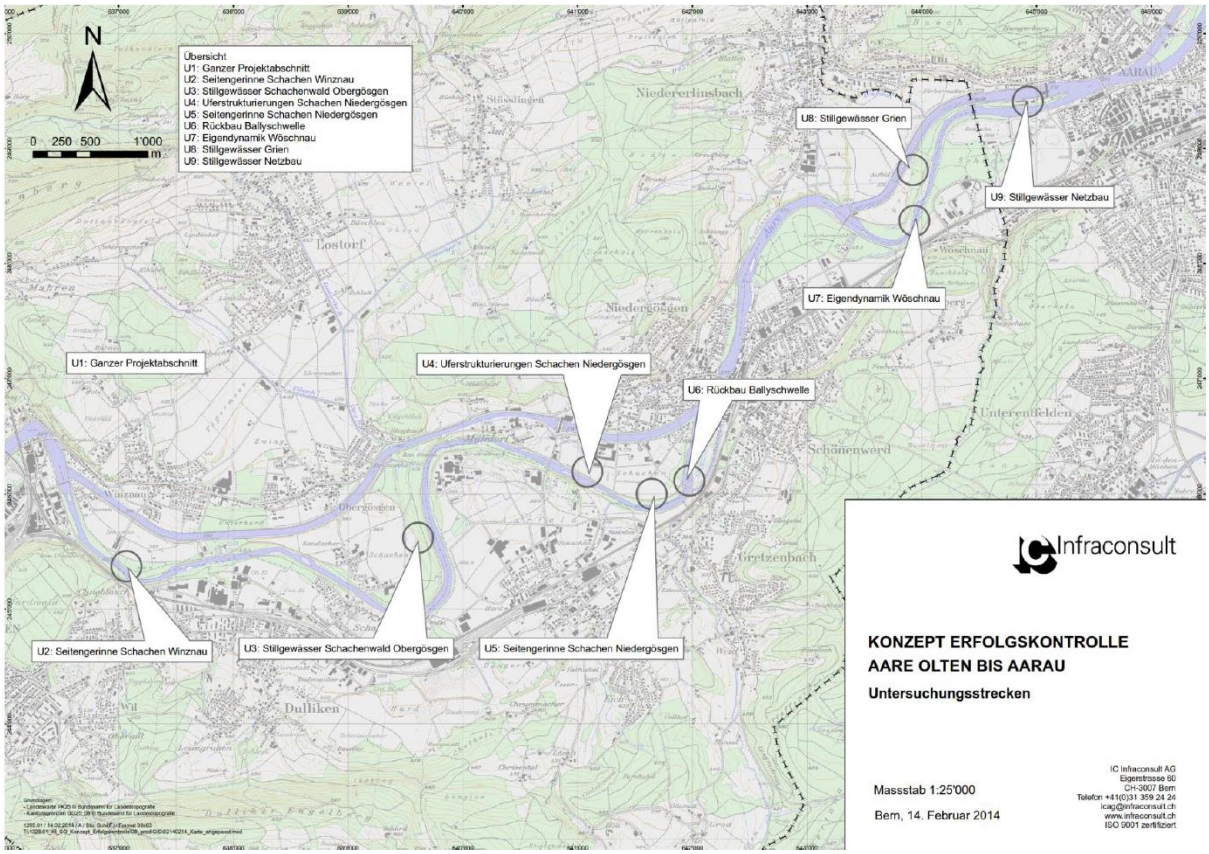


Abbildung 1: Untersuchungsgebiete gemäss Erfolgskontrollenkonzept entlang der Aare. Libellen werden nur in den Gebieten U2, Seitengerinne Schachen Winznau, U3, Stillgewässcher Schachenwald Obergösgen, U7 Eigendynamik Wöschau und U8 Stillgewässer Grien erhoben.

Die Untersuchungsgebiete werden in einem separaten Kapitel des Erfolgskontrollberichtes beschreiben. Die Fundorte (Koordinaten) finden sich in der Tabelle im Anhang.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamtergebnis

Tabelle 1: Im Sommerhalbjahr 2014 in den Untersuchungsgebieten nachgewiesene Libellenarten mit Tagesmaxima der Funde. Beim Gebiet U3 wurden auch Funde nahe der Untersuchungsfläche in einem Tümpel berücksichtigt, da nur *Calopterix splendens* in der eigentlichen Untersuchungsfläche gefunden wurde.
m: Männchen; w: Weibchen; Tan: Tandem; Ex: Exuvie; Im: frisch geschlüpftes Tier; RL: Rote Liste; NT: Potenziell gefährdet.

Tierart	***Status U2***	***Status U3 (Umg.)***	***Status U7***	***Status U8***
Aeshna cyanea				1 m
Anax imperator	1 m		3 m	
Calopteryx splendens splendens	10 m, w	3 m, w	83 m, w, Im	30 m, w, Im
Calopteryx virgo virgo	1 m	1 m	1 m	
Coenagrion puella	7 m	3 m, w		
Cordulia aenea			2 m, w	
Gomphus vulgatissimus (RL: NT)	1 Im			
Ischnura elegans	6 m	4 m, w		
Ischnura pumilio		2 m, w		
Libellula depressa	1 m	1 m		
Libellula quadrimaculata	1 m			
Onychogomphus forcipatus forcipatus (RL: NT)			1 m	
Orthetrum brunneum		3 m, Ex.	3 m	
Orthetrum cancellatum			4 m, w	
Platycnemis pennipes			10 Tan	3 m, w, Tan
Pyrrhosoma nymphula			1 m	
Total Funde	**28**	**17**	**108**	**34**
Total Arten	**8**	**7**	**9**	**3**
RL-Arten	**1**	**0**	**1**	**0**

3.2 U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Entlang dem von Rohrglanzgras bewachsenen Ufer finden sich verbreitet Gebänderte Prachtlibellen *Calopterix splendens*, selten auch Blauflügelige Prachtlibellen *Calopterix virgo*. Bei einem zeitweise durchflossenen Seitengerinne mit Rückwasser im Mündungsbereich westlich der Untersuchungsfläche fand sich eine frisch geschlüpfte Gemeine Keiljungfer *Gomphus vulgatissimus*.

Die häufigen Stillwasserarten Hufeisen-Azurjungfer *Coenagrion puella*, Grosse Pechlibelle *Ischnura elegans*, Vierfleck *Libellula quadrimaculata*, Grosse Königslibelle *Anax imperator* sowie die Pionierart Blattbauch *Libellula dipressa* wurden in temporären, von Regenwasser gespiesenen Tümpeln auf der Rodungsfläche beobachtet.



Abbildung 2: Fundstelle der frisch geschlüpften *Gomphus vulgatissimus*.

3.3 U3 Stillgewässer Schachenwald Obergösgen

Die im Wald durch Grundwasser beeinflussten Flutmulden sind heute so schattig, dass dort kaum Libellen beobachtet wurden. Die Flussarten, Gebänderte Prachtlibellen *Calopterix splendes* und Blauflügelige Prachtlibellen *Calopterix virgo*, wurden entlang dem Waldrand gefunden.

Südlich der Untersuchungsfläche bei der Kiesgrube Sandacker gibt es einen gut besonnten Tümpel. Dort wurden die bemerkenswerten Pionierarten Kleine Pechlibelle *Ischnura pumilio* und der Südliche Blaupfeil *Orthetrum brunneum* beobachtet, wie auch die weitern Arten Blattbauch *Libellula depressa*, Grosse Pechlibelle *Iscnnura elegans* und Hufeisen-Azurjungfer *Coenagrion puella*.



Abbildung 3: Entwicklungsgewässer von *Orthetrum brunneum* und *Ischnura pumilio*.

3.4 U7 Eigendynamik Wöschnau

Die durch Hochwasser und Kiesbänke geprägte Wöschnau weist neben verschiedenen nur bei Hochwasser durchflossenen Seitengerinnen auch temporäre Altarme und Flutmulden auf. Jedoch scheinen diese für die Entwicklung vieler Stillgewässerarten zu oft überschwemmt zu werden.
Einzelne Individuen von folgenden Arten konnten an diesen Gewässern beobachtet werden: Grosse Königslibelle *Anax imperator*, Falkenlibelle *Cordulia aenea*, Südlicher Blaupfeil *Ortherum brunneum*, Grosser Blaupfeil *Orthetrum cancellatum* und Frühe Adonislibelle *Pyrrhosoma nymphula*.

Entlang der dicht mit Rohrglanzgras bewachsenen Ufern ist die Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendens* und die Blaue Federlibelle *Platycnemis penipes* häufig. Je einmal wurde eine Kleine Zangenlibelle *Onychogomphus forcipatus* und eine Blauflügelige Prachtlibelle *Calopterix virgo* beobachtet.



Abbildung 4: Zeitweise durchflossenes Seitengewässer mit *Orthetrum brunneum, Orthetrum cancellatum* und *Cordulia aenea*.

3.5 U8 Stillgewässer Grien

Heute fehlen in dem Gebiet Gewässer, jedoch konnten drei Libellenarten auf der Insektenjagd entlang dem Waldrand beobachtet werden. Dies sind in grosser Anzahl Gebänderte Prachtlibelle *Calopterix splendes* und vereinzelt Blaue Federlibelle *Platycnemis pennipes*. Im Spätsommer konnte auch ein Männchen der Blauen Mosaikjunger *Aeshna caerulea* beobachtet werden.

4 Diskussion

4.1 Witterung

Nach warmen Frühlingsmonaten war der Juli 2014 sehr regenreich. Die Hochwasser im Juli und August mit viel Sand von der Emme führten für Flusslibellen zu schwierigen Bedingungen. Larven wurden weggeschwemmt oder mit Geschiebe überdeckt. So konnten z.B. im Spätsommer in den Seitengewässern in den Auen Wöschnau nur noch wenige Libellen nachgewiesen werden. Die Flächen wurden zu häufig und stark überflutet, dass sich die Libellen nicht entwickeln konnten.

Es gab aber über den ganzen Sommer genug schöne Tage, sodass die Aufnahmen wie geplant durchgeführt werden konnten. Die Aufnahmedaten waren: 21.05.14, 10.06.14, 16.07.14, 18.08.14,

4.2 Einwanderungspotenzial und Zielarten

Um das Einwanderungspotenzial für Libellen abzuschätzen wurden die CSCF-Daten der näheren Region abgefragt: Für die Region „Winznau“ Untersuchungsgebiet U2 und U3 wurden die Daten des 5x5 km-Quadrates 635000 / 245000 (rechte untere Koordinate) verwendet, für die Region „Niedergösgen“ Untersuchungsgebiet U7 und U8 das Quadrat mit der Koordinate 620000 / 245000.

Zudem wurden die gefundenen Arten mit den empfohlenen Zielarten für Flüsse nach Wildermuth & Küry 2009 verglichen (siehe Tabelle 3). Von den 8 potenziell an der Aare vorkommenden Zielarten wurden bei den Aufnahmen 5 nachgewiesen. Keine der drei zusätzlichen Zielarten wurde bisher in der näheren Region gefunden und zwar weil der entsprechende Lebensraum fehlt. Es ist möglich, dass durch die Revitalisierungsmassnahmen weiter Zielarten wie *Libellula fulva* auftauchen.

Drei Arten (*Cordulia aenea, Ischnura pumilio, Onychogomphus f. forcipatus*) wurden in der Region im Rahmen dieser Untersuchung das erste Mal nachgewiesen.

Cordulie aenea wurde in einem Seitengewässer bei Wöschnau gefunden (Abbildung 3), *Ischnura pumilio* in einem Tümpel Kiesgrube Sandacker (Abbildung 3) und *Onychogomphs f. forcipatus* Wöschnau leicht unterhalb des Aare-Wehrs.

Tabelle 3: In den umgebenden Quadraten 5x5 km gefundenen Arten gemäss Datenbank CSCF. Gefährdungsstatus (GONSETH & MONNERAT 2002) und Zielarten für Flüsse (WILDERMUTH & KÜRY 2009), welche potenziell an der Aare vorkommen könnten, sowie Beobachtungen von 2014.

Tierart	*RL-Arten*	*Zielart Flussauen*	*Nachweis- Quadrat „Winznau“*	*Nachweis- Quadrat „Niedergösgen“*	*Nachweis 2014*
Aeshna cyanea	LC		2000	2000	U8
Aeshna grandis	LC		1985	-	-
Aeshna mixta	LC		1990	-	-
Anax imperator	LC		1985	2011	U2, U7
Calopteryx splendens splendens	LC	Z	1999	2011	U2, U3, U7, U8
Calopteryx virgo virgo	LC	Z	-	1985	U2, U3, U7
Coenagrion puella	LC		1999	1985	U2, U3
Cordulia aenea	LC		-	-	U7
Enallagma cyathigerum	LC		-	2011	-
Erytromma lindenii	NT	Z	-	-	-
Gomphus vulgatissimus	NT	Z	1995	-	U2
Ischnura elegans	LC		1983	2000	U2, U3
Ischnura pumilio	LC		-	-	U3
Lestes viridis	LC		2000	2000	-
Libellula fluva	LC	Z	-	-	-
Libellula depressa	LC		2000	2000	U2, U3
Libellula quadrimaculata	LC		1999	2011	U2
Onychogomphus f. forcipatus	NT	Z	-	-	U7
Ophyogomphus cecilia	EN	Z	-	-	-
Orthetrum brunneum	LC		-	-	U2, U7
Orthetrum cancellatum	LC		-	1982	U7
Platycnemis pennipes	LC	Z		1982	U7, U8
Pyrrhosoma nymphula	LC		1999	2012	U7
Somatochlora metallica	LC		1986	-	-
Sympterum sanguineum	LC		1988	-	-
Sympetrum striolatum	LC		1999	2000	-
Sympetrum vulgatum	LC		1997	-	-

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.

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

Anhang

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

Tierart	*Anzahl*	*Status*	*Gebiet*	*Tag*	*Monat*	*Jahr*	*X-Koord.*	*Y-Koord.*
Anax imperator	1	m	U2	16	7	2014	637426	245353
Calopteryx splendens splendens	5	m, w	U2	10	6	2014	637192	245259
Calopteryx splendens splendens	5	m, w	U2	10	6	2014	637188	245267
Calopteryx splendens splendens	5	m, w	U2	16	7	2014	637161	245274
Calopteryx splendens splendens	1	w	U2	16	7	2014	637319	245308
Calopteryx splendens splendens	3	m, w	U2	16	7	2014	637426	245353
Calopteryx splendens splendens	5	m, w	U2	18	8	2014	637428	245360
Calopteryx virgo virgo	1	m	U2	10	6	2014	637192	245259
Coenagrion puella	5	m	U2	16	7	2014	637426	245353
Coenagrion puella	2	m	U2	16	7	2014	637387	245342
Coenagrion puella	2	m	U2	18	8	2014	637428	245360
Ischnura elegans	1	Im	U2	10	6	2014	637188	245267
Ischnura elegans	1	m	U2	16	7	2014	637426	245353
Ischnura elegans	6	m	U2	18	8	2014	637428	245360
Libellula depressa	1	m	U2	16	7	2014	637426	245353
Libellula quadrimaculata	1	m	U2	16	7	2014	637387	245342
Gomphus vulgatissimus	1	Imat.	U2, Umgebung	10	6	2014	636995	245396
Calopteryx splendens splendens	1	m, w	U3	16	7	2014	639537	245733
Calopteryx splendens splendens	1	m	U3, Umgebung	16	7	2014	639540	245447
Calopteryx splendens splendens	1	m	U3, Umgebung	16	7	2014	639499	245628
Calopteryx virgo virgo	1	m	U3, Umgebung	21	5	2014	639545	245468
Coenagrion puella	3	m, w	U3, Umgebung	10	6	2014	639489	245292
Ischnura elegans	3	m, w	U3, Umgebung	10	6	2014	639489	245292
Ischnura elegans	2	m, w	U3, Umgebung	16	7	2014	639487	245290
Ischnura elegans	4	m, w	U3, Umgebung	18	8	2014	639486	245291
Ischnura pumilio	2	m, w	U3, Umgebung	18	8	2014	639486	245291
Libellula depressa	1	m	U3, Umgebung	10	6	2014	639489	245292
Orthetrum brunneum	1	m, w	U3, Umgebung	10	6	2014	639489	245292
Orthetrum brunneum	3	m, w	U3, Umgebung	16	7	2014	639487	245290
Anax imperator	1	m	U7	10	6	2014	643885	248283
Anax imperator	1	m	U7	10	6	2014	643792	248209
Anax imperator	1	m	U7	10	6	2014	643641	248235
Calopteryx splendens splendens	11	m, Im	U7	21	5	2014	644004	248613
Calopteryx splendens splendens	7	m, w	U7	10	6	2014	643885	248283
Calopteryx splendens splendens	10	m, w, Im	U7	10	6	2014	643792	248209
Calopteryx splendens splendens	32	m, w	U7	10	6	2014	643641	248235

Tierart	*Anzahl*	*Status*	*Gebiet*	*Tag*	*Monat*	*Jahr*	*X-Koord.*	*Y-Koord.*
Calopteryx splendens splendens	16	m, w	U7	10	6	2014	643673	248342
Calopteryx splendens splendens	3	m	U7	10	6	2014	643892	248762
Calopteryx splendens splendens	1	w	U7	16	7	2014	643480	248375
Calopteryx splendens splendens	1	m	U7	16	7	2014	643519	248304
Calopteryx splendens splendens	3	m	U7	16	7	2014	643569	248258
Calopteryx splendens splendens	5	m	U7	16	7	2014	643679	248214
Calopteryx splendens splendens	1	w	U7	16	7	2014	643859	248338
Calopteryx splendens splendens	3	m	U7	16	7	2014	643974	248518
Calopteryx splendens splendens	11	m, w, Im	U7	16	7	2014	643999	248619
Calopteryx splendens splendens	3	m	U7	16	7	2014	643783	248341
Calopteryx splendens splendens	1	m	U7	18	8	2014	643875	248649
Calopteryx splendens splendens	17	m, w	U7	18	8	2014	643989	248574
Calopteryx splendens splendens	65	m, w	U7	18	8	2014	643802	248222
Calopteryx virgo virgo	1	m	U7	21	5	2014	644004	248613
Cordulia aenea	2	m, w	U7	21	5	2014	644004	248613
Onychogomphus f. forcipatus	1	m	U7	16	7	2014	643480	248375
Orthetrum brunneum	3	m, Ex	U7	10	6	2014	643885	248283
Orthetrum cancellatum	3	m	U7	10	6	2014	643885	248283
Orthetrum cancellatum	1	w	U7	10	6	2014	643916	248346
Platycnemis pennipes	1	w	U7	10	6	2014	643885	248283
Platycnemis pennipes	1	m	U7	10	6	2014	643641	248235
Platycnemis pennipes	4	m, w, Tan	U7	16	7	2014	643480	248375
Platycnemis pennipes	2	m, w, Tan	U7	16	7	2014	643519	248304
Platycnemis pennipes	1	m	U7	16	7	2014	643569	248258
Platycnemis pennipes	1	m	U7	16	7	2014	643846	248241
Platycnemis pennipes	1	w	U7	16	7	2014	643594	248359
Platycnemis pennipes	1	w	U7	16	7	2014	643889	248705
Pyrrhosoma nymphula	1	m	U7	10	6	2014	643885	248283
Aeshna caerulea	1	m	U8	18	8	2014	643927	248931
Calopteryx splendens splendens	1	w	U8	16	7	2014	643868	248651
Calopteryx splendens splendens	3	m	U8	16	7	2014	643889	248705
Calopteryx splendens splendens	14	m, w, Im	U8	16	7	2014	643912	248798
Calopteryx splendens splendens	12	m, w, Im	U8	16	7	2014	643926	248909
Calopteryx splendens splendens	3	m, w	U8	18	8	2014	643909	248855
Calopteryx splendens splendens	1	w	U8	18	8	2014	643903	248779
Calopteryx splendens splendens	2	m	U8	18	8	2014	643892	248712
Calopteryx splendens splendens	1	m	U8	18	8	2014	643802	248690
Calopteryx splendens splendens	1	m	U8	18	8	2014	643866	248825
Platycnemis pennipes	3	m, w, Tan	U8	16	7	2014	643679	248214

A4 ZUSATZINFORMATIONEN TERRESTRISCHE LEBENSRÄUME

Methode

Die Kartierung umfasste Fläche und Lage der einzelnen Lebensraumtypen, die durchschnittliche Vegetationsdeckung (in %) und die Vegetationshöhe (in m). Es wurde die Einteilung nach Delarze & Gonseth (2008) angewandt. Zusätzlich wurde der Typ "Neophytenbestand" erhoben. Die Lebensraumtypen wurden anhand der floristischen Zusammensetzung ausgeschieden. Einzeln kartierte Flächen wurden fortlaufend durchnummeriert. Es werden zusätzliche Informationen zu den einzelnen Flächen wie eine Liste der festgestellten Pflanzenarten (nicht abschliessend) und weitere Angaben zu bestandesbildenden Arten, Substraten und allfälliger Lebensraum-Einschlüssen gemacht. Die Informationen sind unter derselben fortlaufenden Flächennummer abgelegt, wie sie auch auf der Abbildung 12-1, Abbildung 12-2 und Abbildung 12-3 im Hauptdokument dargestellt sind.

Analog der Methode des Steckbriefs 19 des Handbuchs der EAWAG (2005) wurden die Lebensraumtypen weiter nach Vegetationsbedeckung und Vegetationshöhe unterteilt. Daraus wurde ein dreiteiliger Lebensraumcode generiert (Lebensraumtyp, Vegetationsdeckung, Vegetationshöhe, siehe folgende Tabelle).

Lebensraumtyp		Vegetationsdeckung		Vegetationshöhe	
1	Alluvionen ohne Vegetation	0	0-5 %	0	0 m
2	Alluvionen mit Vegetation	1	5-10 %	1	0-1 m
3	Flussuferröhricht (Phalaridion)	2	10-20 %	2	1-3 m
4	Auen- Weidengebüsch (Salicion elaeagni)	3	20-40 %	3	3-5 m
5	Weichholz- Auenwald (Salicion albae)	4	40-60 %	4	>5 m
6	Hartholz-Auenwald (Fraxinion)	5	60-80 %		
7	Feuchtwarmer Krautsaum (Convolvulion)	6	80-100 %		
8	Waldmeister- Buchenwald (Galio-Fagenion)				
9	Fromental- Brache (Arrhenatheretea)				
10	Neophyten- Bestand				

Herleitung Lebensraumcode nach Lebensraumtyp, Vegetationsdeckung und Vegetationshöhe (Reproduktion nach Handbuch EAWAG, 2005)

Untersuchungs-strecke	Nr.	Lebensraumtyp	Code	Präzisierungen	Vegetations-deckung (%)	Code	Vegetations-höhe	Code	Substrat	Einschlüsse	Anthropogene Faktoren	Bestandesbildende Arten	Gesamtcode
U2	23	Waldmeister- Buchenwald (Galio-Fagenion), Tendenz Eichen-Hainbuchenwald (Carpinion)	8	mittelhohe Artenzahl	100	6	< 30 m	4	Mineralischer Oberboden, Kies, Sand, Blocksatz	Flussuferröhricht (Phalaridion) Feuchtwarmer Frautsaum (Convolvulion)		Fagus sylvatica Carpinus betulus Tilia cordata	864
U2	24	Alluvionen ohne Vegetation	1	tiefe Artenzahl	< 5 %	0	< 0.5 m	1	Kies / Sand		Erholungsnutzng	Poa annua	101
U2	25	Flussuferröhricht (Phalaridion)	3	tiefe Artenzahl	100	6	< 2.5 m	2	Kies / Sand	Auen- weidengebüsch (Salicion elaeagni)		Phalaris arundinacea Agrostis stolonifera	362
U2	26	Auen- Weidengebüsch (Salicion elaeagni)	4	mittelhohe Artenzahl	80	6	< 10 m	4	Kies / Sand	Flussuferröhricht (Phalaridion)	Erholungsnutzng	Salix purpurea Salix eleagnos Salix alba	464
U2	27	Weichholz- Auenwald (Salicion albae)	5	mittelhohe Artenzahl	75	5	< 15 m	4	Kies / Sand	Flussuferröhricht (Phalaridion), Neophyten- Bestände, Auen-weidengebüsch (Salicion elaeagni)	Erholungsnutzng	Salix alba Phalaris arundinacea	554
U2	29	Fromental- Brache (Arrhenatheretea)	9	mittelhohe Artenzahl	75%	4	< 1.5 m	2	Kies / Sand	Auen- weidengebüsch (Salicion elaeagni) / Alluvionen ohne Vegetation	Erholungsnutzng	Arrhenaterum elatius Dactylis glomerata Festuca rubra Festuca arundinacea	942
U2	30	Hartholz-Auenwald (Fraxinion)	6	hohe Artenzahl	100	6	< 25 m	4	Mineralischer Oberboden, Sand	keine	Erholungsnutzng	Fraxinus excelsior Prunus padus Carpinus betulus	664
U2	31	Feuchtwarmer Krautsaum (Convolvulion)	7	tiefe Artenzahl	100	6	< 1.5 m	2	Sand / Kies	keine		Urtica dioica Rubus caesius	762
U2	32	Neophyten-Bestand	10	tiefe Artenzahl	100%	6	< 1.5 m	2	Sand / Kies	Feuchtwarmer Frautsaum (Convolvulion)		Reynoutria japonica	1062
U5	12	Weichholz- Auenwald (Salicion albae)	5	hohe Artenzahl	80	6	< 20 m	4	Kies / Sand	Neophyten- Bestände, Hartholz-Auenwald (Fraxinion), Feuchtwarmer Frautsaum (Convolvulion), Mesophiles Gebüsch (Pruno-Rubion), Auen- weidengebüsch (Salicion elaeagni)	illegale Komposthaufen	Salix alba Prunus padus Rubus caesius	564
U5	13	Flussuferröhricht (Phalaridion)	3	tiefe Artenzahl	100	6	< 2.5 m	2	Sand / Kies	keine		Phalaris arundinacea	362
U5	14	Feuchtwarmer Krautsaum (Convolvulion)	7	tiefe Artenzahl	100	6	< 2.5 m	2	Sand / Kies	Neophyten- Bestände, Auen- weidengebüsch (Salicion elaeagni)		Urtica dioica Galium aparine Impatiens glandulifera	762
U5	15	Neophyten- Bestand	10	tiefe Artenzahl	100	6	< 2 m	2	Sand / Kies	keine		Reynoutria japonica Solidago canadensis/gigantea	1062
U7	1	Flussuferröhricht (Phalaridion)	3	tiefe Artenzahl	100	6	< 2.5 m	2	Sand / Kies	keine	Erholungsnutzng	Phalaris arundinacea	362
U7	2	Weichholz- Auenwald (Salicion albae)	5	hohe Artenzahl	80	6	< 20 m	4	Kies / Sand	Neophyten- Bestände	Erholungsnutzng	Salix alba Rubus caesius	564
U7	3	Auen- Weidengebüsch (Salicion elaeagni)	4	mittelhohe Artenzahl	100	6	< 10 m	4	Sand		Erholungsnutzng	Salix purpurea Salix eleagnos Salix alba	464
U7	4	Hartholz-Auenwald (Fraxinion)	6	hohe Artenzahl	100	6	< 25 m	4	Mineralischer Oberboden, Sand	Neophyten- Bestände Feuchtwarmer Frautsaum (Convolvulion) Mesophiles Gebüsch (Pruno-Rubion)	Erholungsnutzng	Fraxinus excelsior Populus alba Hedera helix Aegopodium podagraria	664
U7	5	Neophyten- Bestand	10	tiefe Artenzahl	100	6	< 2 m	2	Sand / Kies	keine	teilweise Bekämpfung (intensive Mahd, ausgraben)	Solidago canadensis/gigantea Impatiens glandulifera Reynoutria japonica	1062
U7	6	Alluvionen ohne Vegetation	1	tiefe Artenzahl	< 5 %	0	< 0.5 m	1	Kies / Sand		Erholungsnutzng		101
U7	7	Alluvionen mit Vegetation	2	tiefe Artenzahl	40%	3	< 1 m	1	Kies / Sand		Erholungsnutzng	Dactylis glomerata Bromus strerilis Festuca rubra	231
U7	8	Fromental- Brache (Arrhenatheretea)	9	mittelhohe Artenzahl	95%	6	< 1.5 m	2	Sand	Flussuferröhricht (Phalaridion)	Erholungsnutzng	Dactylis glomerata Holcus lanatus Festuca arundinacea	962

Unter-suchungs-strecke	Nr. L	Art	Neophyt	101	231	362	464	554	564	664	762	864	942	962	1062
U2	30	Acer campestre								30					
U2	23	Acer platanoides										23			
U2	23	Acer pseudoplatanus										23			
U2	30	Acer pseudoplatanus								30					
U2	30	Aegopodium podagraria								30					
U2	29	Agropyron repens											29		
U2	23	Agrostis stolonifera										23			
U2	25	Agrostis stolonifera				25									
U2	26	Agrostis stolonifera					26								
U2	27	Agrostis stolonifera						27							
U2	27	Alliaria petiolata						27							
U2	30	Allium ursinum								30					
U2	29	Arrhenatherum elatius											29		
U2	23	Carpinus betulus										23			
U2	30	Carpinus betulus								30					
U2	23	Cornus sanguinea										23			
U2	23	Corylus avellana										23			
U2	30	Corylus avellana								30					
U2	29	Dactylis glomerata											29		
U2	25	Equisetum arvense				25									
U2	26	Equisetum arvense					26								
U2	27	Equisetum arvense						27							
U2	30	Euonymus europaea								30					
U2	23	Fagus sylvatica										23			
U2	30	Fagus sylvatica								30					
U2	29	Festuca arundinacea											29		
U2	26	Festuca rubra					26								
U2	29	Festuca rubra											29		
U2	23	Fraxinus excelsior										23			
U2	30	Fraxinus excelsior								30					
U2	27	Galeopsis tetrahit						27							
U2	31	Galium aparine									31				
U2	29	Galium mollugo											29		
U2	23	Hedera helix										23			
U2	30	Hedera helix								30					
U2	29	Holcus lanatus											29		
U2	27	Impatiens glandulifera	N					27							
U2	31	Impatiens glandulifera	N								31				
U2	23	Lonicera xylosteum										23			
U2	30	Lonicera xylosteum								30					
U2	30	Mercurialis perennis								30					
U2	30	Paris quadrifolia								30					
U2	23	Phalaris arundinacea										23			
U2	25	Phalaris arundinacea				25									
U2	27	Phalaris arundinacea						27							
U2	27	Phalaris arundinacea						27							
U2	31	Phalaris arundinacea									31				
U2	24	Poa annua		24											
U2	29	Poa trivialis											29		
U2	26	Populus nigra s.l. *	?				26								
U2	30	Prunus padus								30					
U2	23	Quercus robur										23			
U2	25	Reynoutria japonica	N			25									
U2	26	Reynoutria japonica	N				26								
U2	27	Reynoutria japonica	N					27							
U2	23	Rubus caesius										23			
U2	25	Rubus caesius				25									
U2	27	Rubus caesius						27							
U2	30	Rubus caesius								30					
U2	31	Rubus caesius									31				
U2	23	Rubus fruticosus										23			
U2	26	Salix alba					26								
U2	27	Salix alba						27							
U2	26	Salix elaeagnos					26								
U2	23	Salix purpurea										23			
U2	26	Salix purpurea					26								
U2	27	Salix purpurea						27							
U2	27	Solidago canadensis/gigantea	N					27							
U2	23	Tilia cordata										23			
U2	30	Tilia cordata								30					
U2	31	Urtica dioica									31				
U2	32	Reynoutria japonica	N												32

* = unklare Bestimmung

Unter-suchungs-strecke	Nr. L	Art	Neophyt	101	231	362	464	554	564	664	762	864	942	962	1062
U5	12	Acer pseudoplatanus							12						
U5	12	Clematis vitalba							12						
U5	12	Cornus sanguinea							12						
U5	12	Corylus avellana							12						
U5	12	Dactylis glomerata							12						
U5	14	Dactylis glomerata									14				
U5	12	Equisetum hyemale							12						
U5	12	Euonymus europaea							12						
U5	12	Fraxinus excelsior							12						
U5	12	Galium aparine							12						
U5	14	Galium aparine									14				
U5	12	Glechoma hederacea							12						
U5	12	Hedera helix							12						
U5	12	Humulus lupulus							12						
U5	14	Humulus lupulus									14				
U5	12	Impatiens glandulifera	N						12						
U5	14	Impatiens glandulifera	N								14				
U5	12	Juglans regia (angepflanzt)	N						12						
U5	12	Lamium galeobdolon							12						
U5	14	Lamium galeobdolon									14				
U5	12	Lamium maculatum							12						
U5	12	Lonicera xylosteum							12						
U5	12	Phalaris arundinacea							12						
U5	13	Phalaris arundinacea				13									
U5	14	Phalaris arundinacea									14				
U5	13	Phragmites australis				13									
U5	12	Populus nigra s.l. *	?						12						
U5	12	Prunus padus							12						
U5	12	Quercus robur							12						
U5	12	Reynoutria japonica	N						12						
U5	14	Reynoutria japonica	N								14				
U5	15	Reynoutria japonica	N												15
U5	12	Robinia pseudoacacia	N						12						
U5	12	Rubus caesius							12						
U5	14	Rubus caesius									14				
U5	12	Rubus fruticosus							12						
U5	14	Rubus fruticosus									14				
U5	12	Salix alba							12						
U5	12	Salix elaeagnos							12						
U5	12	Salix purpurea							12						
U5	12	Sambucus nigra							12						
U5	15	Solidago canadensis/gigantea	N												15
U5	12	Ulmus glabra							12						
U5	12	Urtica dioica							12						
U5	14	Urtica dioica									14				
U5	12	Viburnum opulus							12						

* = unklare Bestimmung

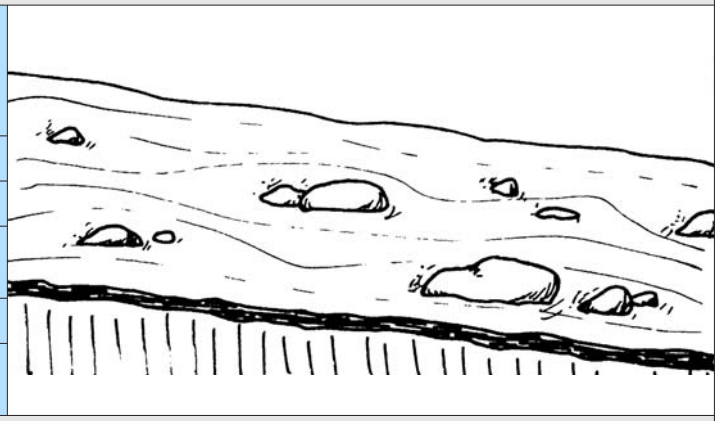
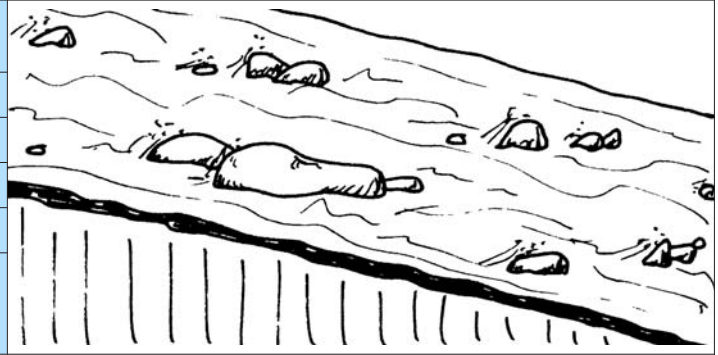
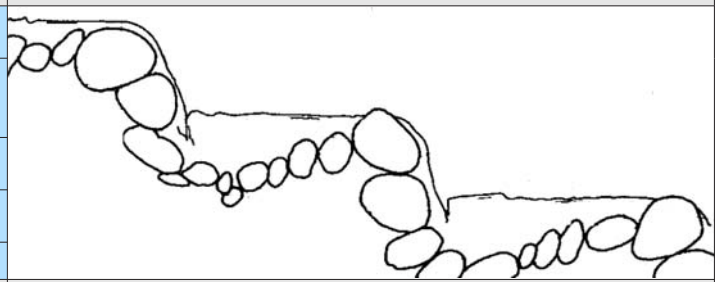
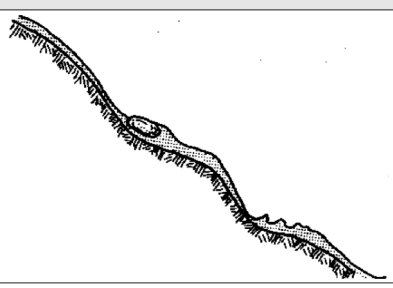
Unter-suchungs-strecke	Nr. L	Art	Neophyt	101	231	362	464	554	564	664	762	864	942	962	1062
U7	4	Acer pseudoplatanus								4					
U7	4	Aegopodium podagraria								4					
U7	1	Agrostis stolonifera				1									
U7	7	Agrostis stolonifera			7										
U7	8	Agrostis stolonifera												8	
U7	4	Allium ursinum													
U7	8	Arrhenatherum elatius												8	
U7	4	Berberis vulgaris								4					
U7	2	Brachypodium pinnatum							2						
U7	7	Bromus sterilis			7										
U7	8	Carex hirta												8	
U7	4	Carpinus betulus								4					
U7	2	Cornus sanguinea							2						
U7	4	Cornus sanguinea								4					
U7	2	Corylus avellana							2						
U7	4	Corylus avellana								4					
U7	4	Crataegus monogyna								4					
U7	1	Dactylis glomerata				1									
U7	7	Dactylis glomerata			7										
U7	8	Dactylis glomerata												8	
U7	2	Equisetum arvense							2						
U7	4	Equisetum hyemale								4					
U7	2	Euonymus europaea							2						
U7	4	Euonymus europaea								4					
U7	8	Festuca arundinacea												8	
U7	7	Festuca rubra			7										
U7	4	Fraxinus excelsior								4					
U7	1	Galeopsis tetrahit				1									
U7	4	Galium aparine								4					
U7	4	Glechoma hederacea								4					
U7	2	Hedera helix							2						
U7	4	Hedera helix								4					
U7	8	Holcus lanatus												8	
U7	4	Humulus lupulus								4					
U7	1	Impatiens glandulifera	N			1									
U7	2	Impatiens glandulifera	N						2						
U7	3	Impatiens glandulifera	N				3								
U7	4	Impatiens glandulifera	N							4					
U7	4	Impatiens glandulifera	N							4					
U7	5	Impatiens glandulifera	N												5
U7	4	Lamium galeobdolon								4					
U7	7	Lolium perenne			7										
U7	8	Lolium perenne												8	
U7	4	Lonicera xylosteum								4					
U7	4	Parthenocissus quinquefolia	N							4					
U7	1	Phalaris arundinacea				1									
U7	5	Phalaris arundinacea													5
U7	7	Poa annua			7										
U7	4	Populus alba								4					
U7	4	Populus nigra s.l. *	?							4					
U7	2	Prunus padus							2						
U7	4	Prunus padus								4					
U7	4	Prunus spinosa								4					
U7	4	Quercus robur								4					
U7	5	Reynoutria japonica	N												5
U7	7	Reynoutria japonica	N		7										
U7	8	Reynoutria japonica	N											8	
U7	2	Robinia pseudoacacia	N						2						
U7	1	Rorippa sp. *				1									
U7	2	Rubus caesius							2						
U7	3	Rubus caesius					3								
U7	4	Rubus caesius								4					
U7	5	Rubus caesius													5
U7	2	Salix alba							2						
U7	3	Salix alba					3								
U7	3	Salix elaeagnos					3								
U7	3	Salix purpurea					3								
U7	2	Scrophularia nodosa							2						
U7	8	Scrophularia nodosa												8	
U7	2	Solidago canadensis/gigantea	N						2						
U7	4	Solidago canadensis/gigantea	N							4					
U7	5	Solidago canadensis/gigantea	N												5
U7	4	Tilia cordata								4					
U7	4	Tilia platyphyllos								4					
U7	3	Urtica dioica					3								
U7	4	Urtica dioica								4					
U7	5	Urtica dioica													5

* = unklare Bestimmung

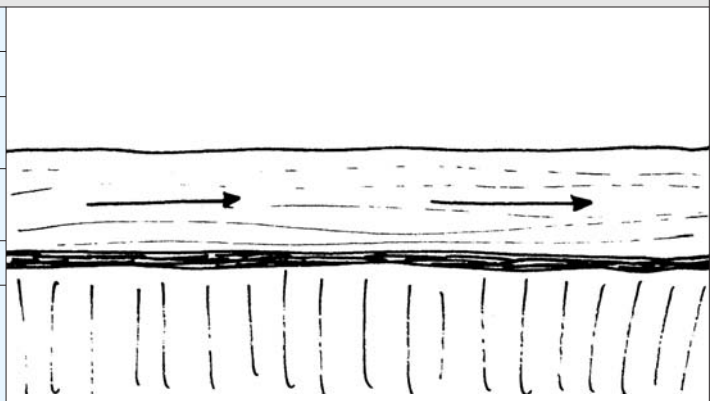
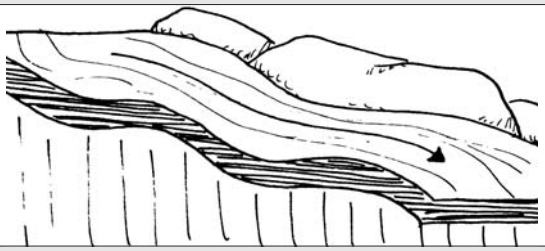
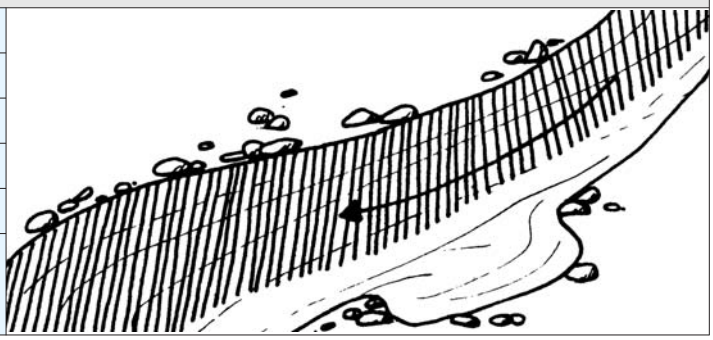
A5 DEFINITION DER MESOHABITATE

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	

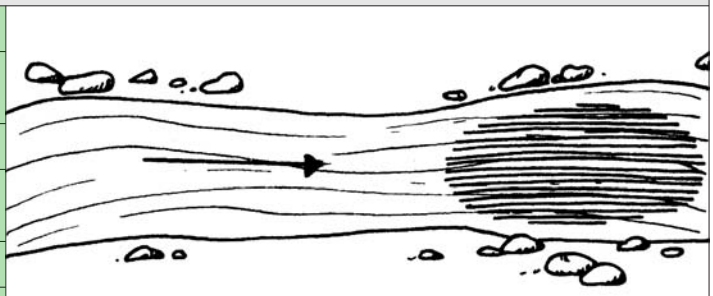
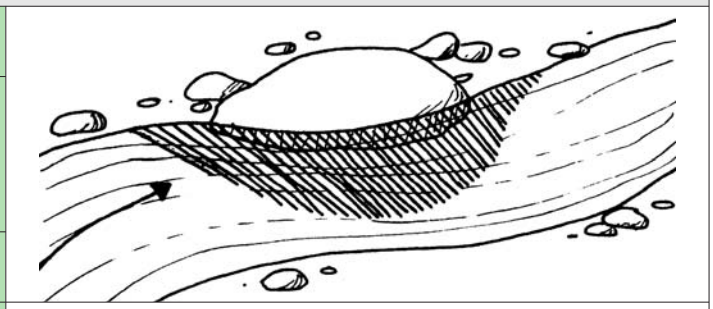
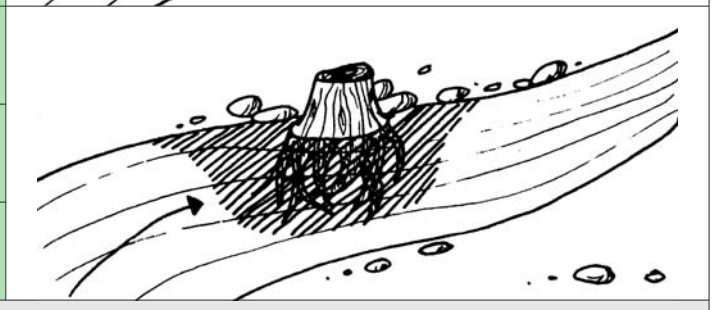
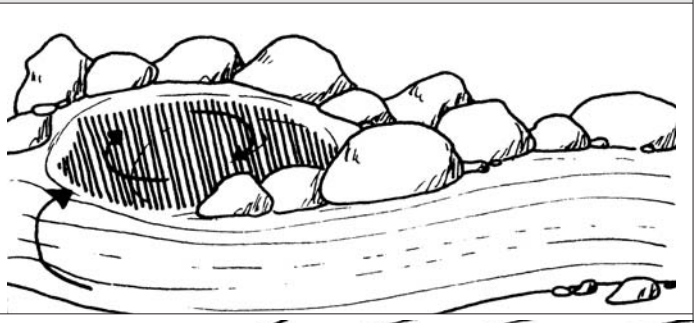
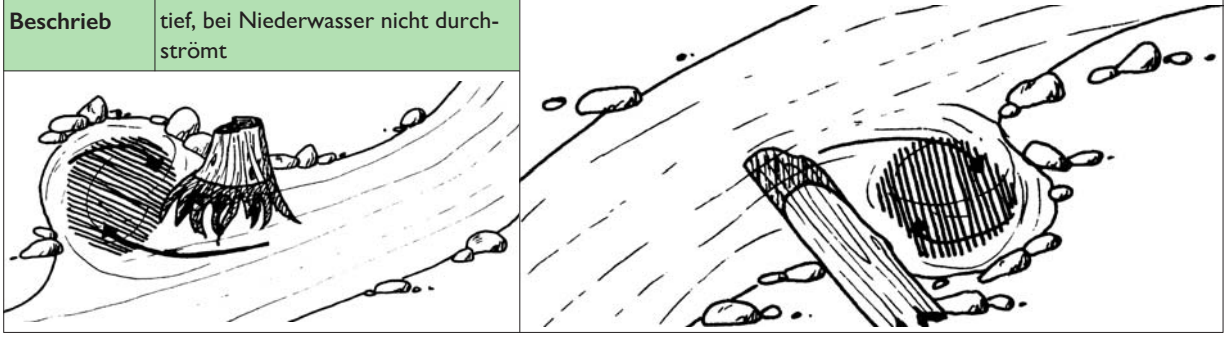
Nicht turbulent: kein weisses (schäumendes) Wasser

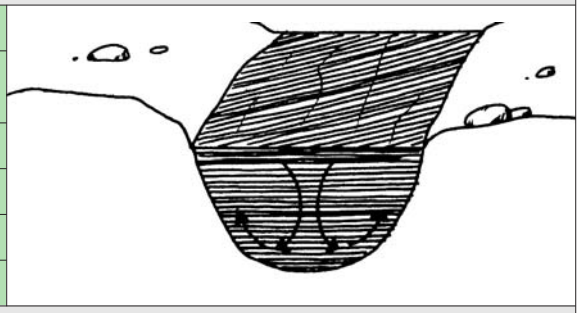
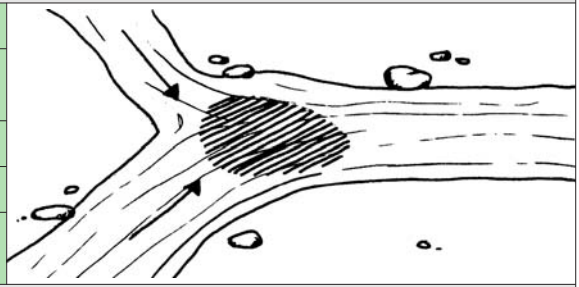
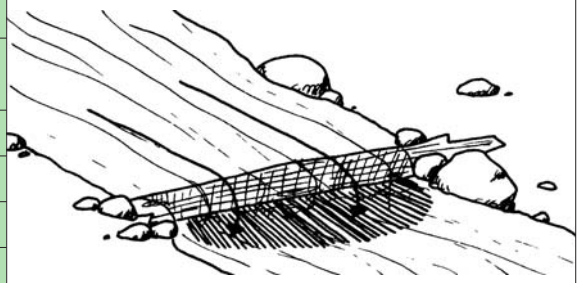
Gleite		
Turbulenz	keine	
Mittl. Flgschw.	<0.5 m/s; gleichförmig	
Tiefe	relativ seicht (0.1-0.3 m bzw. ≤0.05* mittlere Breite)	
Korngrösse	<6 cm; grössere Steine submers oder teilweise emers	
Gefälle	<1 %	
Beschrieb	breites Gewässerbett ohne Talweg; gewöhnlich den Übergang zwischen Kolk und Riffle bildend; 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	
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	

Beschrieb	v. a. bei höheren Abflüssen, nimmt einen Grossteil der Gerinnebreite ein

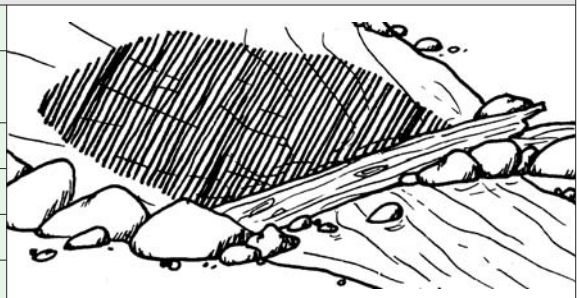
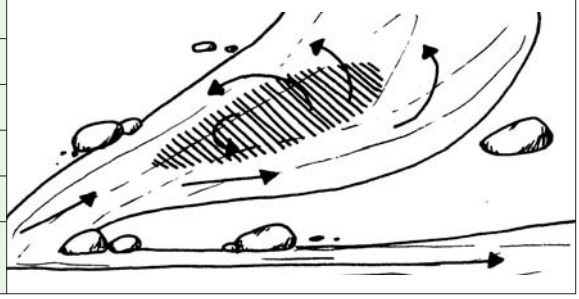
Langsam fliessende Mesohabitate

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

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

Rinne		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	starke Querschnittverengung in geradem Abschnitt	
Korngrösse	sehr grobkörnig, Wände oft anstehender Fels	
Längsschnitt	uniform, lang und eng	
Querschnitt	uniform, U-förmig	
Beschrieb	rasch und gleichförmig fliessend, tief	
Mündungskolk		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	Zusammentreffen zweier o. mehrerer Gewässerrinnen	
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Beschrieb	höhere Strömung/Turbulenz als die meisten and. Pooltypen	
Stufenkolk/Becken		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	vertikaler Fall des Wassers über ein die ±ganze Breite umfassendes Hindernis	
Korngrösse	sehr verschieden	
Längsschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Querschnitt	tiefster Punkt in der Mitte	
Beschrieb	oft gross und tief, >1 m	
Tümpel		
Lage	meist ufernah, isoliert vom Hauptstrom	
Korngrösse	variabel	
Beschrieb	kolk- oder flachwasserartig	

Staukolke (entstanden durch Aufstau)

Staukolk		
Lage	Hauptströmung	
Auslöser	Aufstauung unterhalb eines ±die ganze Breite 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	

A6 ABFOLGE DER LEBENSRAUMTYPEN

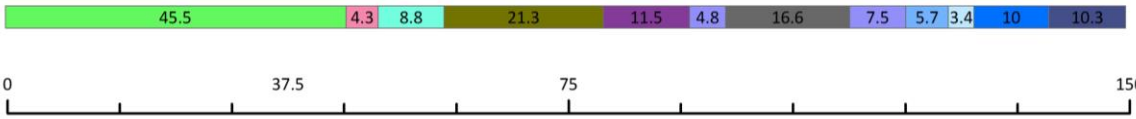
Transekt Untersuchungsstrecke U2, BAFU Querprofil 51.067:



Transekt Untersuchungsstrecke U5, BAFU Querprofil 45.032:



Transekt Untersuchungsstrecke U7, BAFU Querprofil 40.637:



Grafik: IC Infraconsult

LEGENDE

- Auen-Weidengebüsch (Salicion elaeagni)
- Feuchtwarmer Krautsaum (Convolvulion)
- Flussuferröhricht (Phalaridion)
- Fromental-Brache (Arrhenatheretea)
- Waldmeister-Buchenwald (Galio-Fagenion)
- Weichholz-Auenwald (Salicion albae)
- Hartholz-Auenwald (Fraxinion)
- Alluvionen mit Vegetation
- Alluvionen ohne Vegetation
- Gleite
- Furt
- Flachwasser
- Lauf
- Staukolk

A7 FOTODOKUMENTATION



Schachen Niedergösgen Fotostandort U53, 9.3.2015

Erfolgskontrolle Erhebung Ausgangszustand

Fotografische Dokumentation

29. Februar 2016

FISCHWERK
WERNER DÖNNI
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. Für die Untersuchungsstrecken U2 (Seitengerinne Schachen Winznau), U5 (Seitengerinne Schachen Niedergösgen), U6 (Rückbau Ballyschwelle), U7 (Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien) und U8 (Stillgewässer Grien) sollen je zwei bis vier Fotostandorte ausgewählt werden, an denen während der Vegetationsperiode sowie im Winter Fotos gemacht werden.

2 Fotostandorte

Die Auswahl der Fotostandorte ist der kritische Punkte im gesamten Vorgehen. Es besteht ein gewisses Risiko, dass die ausgewählten Standorte im Projektzustand nicht mehr zugänglich sind. Es wurden deshalb mehrere Fotostandorte pro Untersuchungsstrecke ausgewählt.

Für jedes Untersuchungsgebiet wurden Fotostandorte ausgewählt, die eine möglichst freie Sicht in die Untersuchungsstrecke erlauben. Es wurde auf ein grosses Blickfeld geachtet, das im Idealfall markante Strukturen enthielt, die durch das Projekt nicht verändert werden. Die Projektveränderungen sollen vom Fotostandort aus sichtbar sein, der Standort selber soll jedoch möglichst wenig Veränderung durch das Projekt erfahren, insbesondere im Bezug auf die Bodenhöhe (-> gleiche Fotoposition Ausgangs- und Projektzustand).

3 Vorgehen

Die Fotostandorte wurden mit einem GPS mit Submetergenauigkeit eingemessen. Dazu wurde eine Markierung angebracht (Abb. 1) und der Standort verbal beschrieben. Das Stativ wurde mittels eines Kompasses nach Norden ausgerichtet und mit der Wasserwaage ausbalanciert. Die Richtung der Fotos wurde festgehalten (Elevation, Deklination, Neigung). Pro Fotostandort wurden in verschiedene Richtungen fotografiert (Serien). Sämtliche Aufnahmen wurden mit der Programmautomatik und 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).



Die Fotos wurden während der Vegetationsperiode am 18.9.2014 bei bewölktem Himmel und niedrigem Abfluss aufgenommen. Die Aufnahme des Winter-Aspekts erfolgte am 9.3.2015 bei Sonnenschein und niedrigem Abfluss. Es wurden über 160 Aufnahmen an fünf Standorten gemacht. Die Bilddateien wurden nach folgendem System benannt:

Untersuchungsstrecke/Nummer Fotostandort_Jahreszeit_Datum_Serie

Bsp.: U23_SO_20140918_B1 = U2, 3. Fotostandort im Sommer am 18.9.2014, Serie B1.

Abkürzungen der Untersuchungsstrecken: U2 = Seitengerinne Schachen Winznau, U5 = Seitengerinne Schachen Niedergösgen, U6 = Rückbau Ballyschwelle, U7 = Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien, U8 = Stillgewässer Grien.

Abb. 1 Kamera auf Stativ am Ufer der Emme. Als Markierung wurde ein rotes Z auf der Ufermauer, einem Stein oder einem Baum, angebracht.

4 Dokumentation

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

Zum Zeitpunkt der Aufnahme des Winteraspektes war das Seitengerinnes Schachen Winznau (U2) bereits gebaut und in Betrieb.

4.1 Fotografische Dokumentation der Untersuchungsstrecken

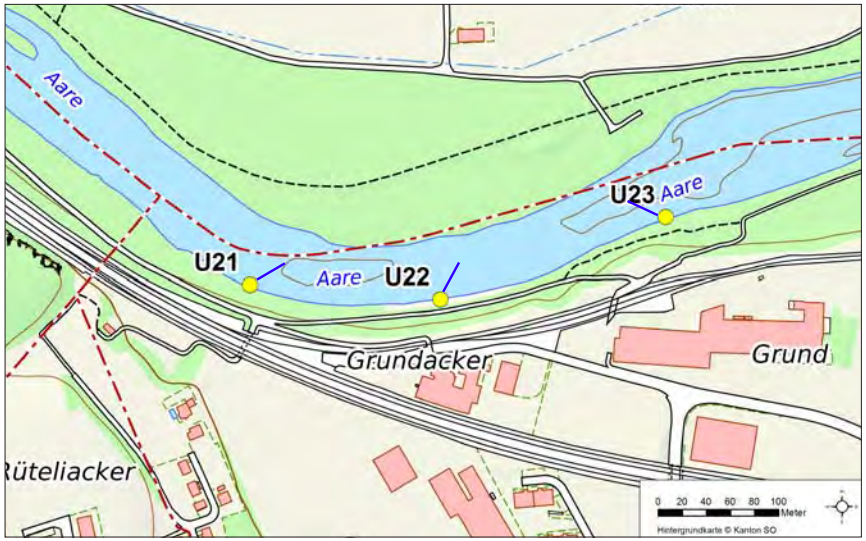
U2 Standorte des geplanten Seitengerinnes Schachen Winznau (Fotostandorte U21-U23).

U5 Standort des geplanten Seitengerinnes Schachen Niedergösgen (U51-U54).

U6 Rückbau der Ballyschwelle (U61; U62; U64). Standort des geplanten Seitengerinnes Schachen Niedergösgen (U63).

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

U8 Standort der geplanten Stillgewässer Grien (U81; U82).



U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Abb. 2 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U2 inklusive Blickrichtung.



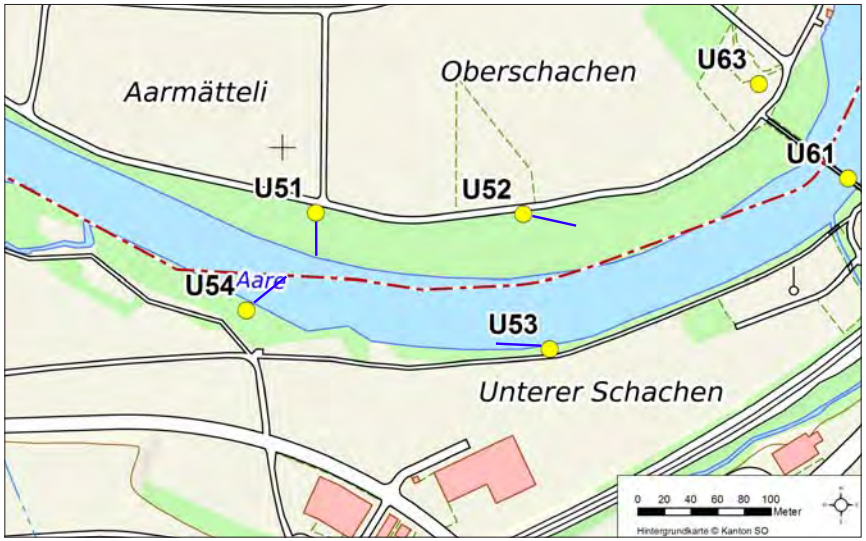
Abb. 3 Fotostandort U21. Blick auf die künftige Mittelinsel des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 4 Fotostandort U22. Blick auf die künftige Mittelinsel des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 5 Fotostandort U23. Blick auf die Mündung des Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 (noch kein Seitengerinne) / Rechts: 9.3.2015 (Seitengerinne in Betrieb)



U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

Abb. 6 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U5 inklusive Blickrichtung.



Abb. 7 Fotostandort U51. Blick auf das geplante Seitengerinne. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



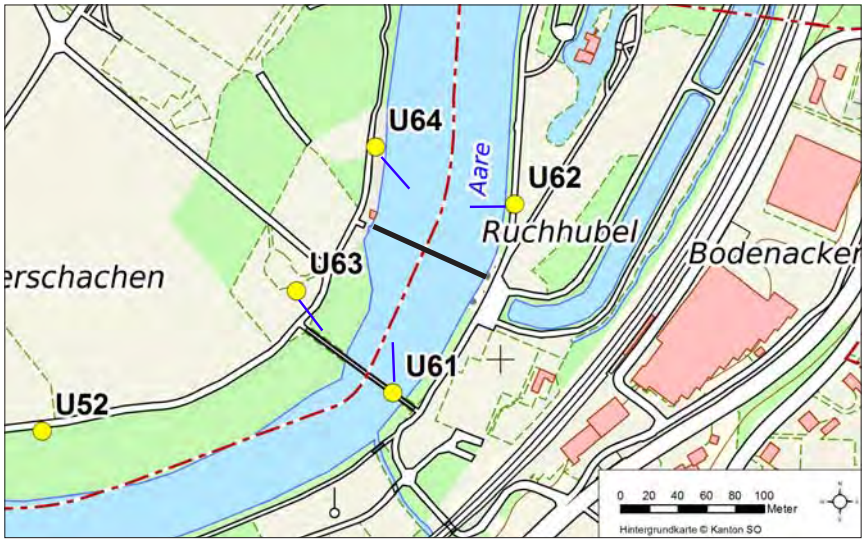
Abb. 8 Fotostandort U52. Blick auf das geplante Seitengerinne. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 9 Fotostandort U53. Blick auf die Aare im Bereich des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 10 Fotostandort U54. Blick auf den künftigen Ausfluss des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



U6 Rückbau Ballyschwelle

Abb. 11 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U6 inklusive Blickrichtung. Die Ballyschwelle ist als breite schwarze Linie dargestellt.



Abb. 12 Fotostandort U61. Blick flussabwärts auf Ballyschwelle. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



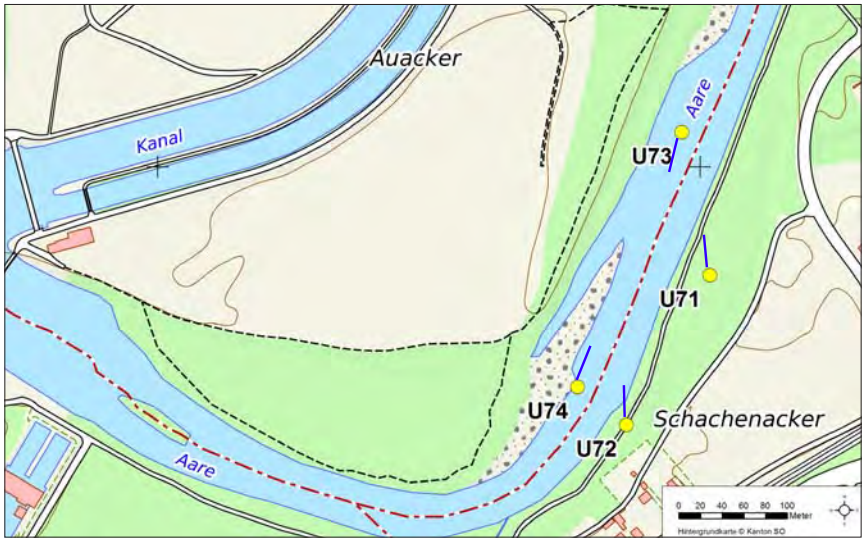
Abb. 13 Fotostandort U62. Blick auf Ballyschwelle. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 14 Fotostandort U63. Blick auf den künftigen Mündungsbereich des geplanten Seitengerinnes Schachen Niedergösgen. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 15 Fotostandort U64. Blick auf Ballyschwelle. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



U7 Eigendynamik Wöschnau / Seitengerinne Grien

Abb. 16 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U7 inklusive Blickrichtung.



Abb. 17 Fotostandort U71. Blick auf den künftigen Mündungsbereich des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 18 Fotostandort U72. Blick auf die Aare im Bereich des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 19 Fotostandort U73. Blick auf den künftigen Mündungsbereich des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 20 Fotostandort U74. Aareufer im Bereich des geplanten Seitengerinnes. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



U8 Stillgewässer Grien

Abb. 21 Lage der Fotostandorte im Untersuchungsgebiet U8 inklusive Blickrichtung.



Abb. 22 Fotostandort U81. Blick auf das geplante Stillgewässer. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015



Abb. 23 Fotostandort U82. Blick auf das geplante Stillgewässer. Links: 18.9.2014 / Rechts: 9.3.2015

A8 FLÄCHENANTEILE DER SUBSTRATKLASSEN

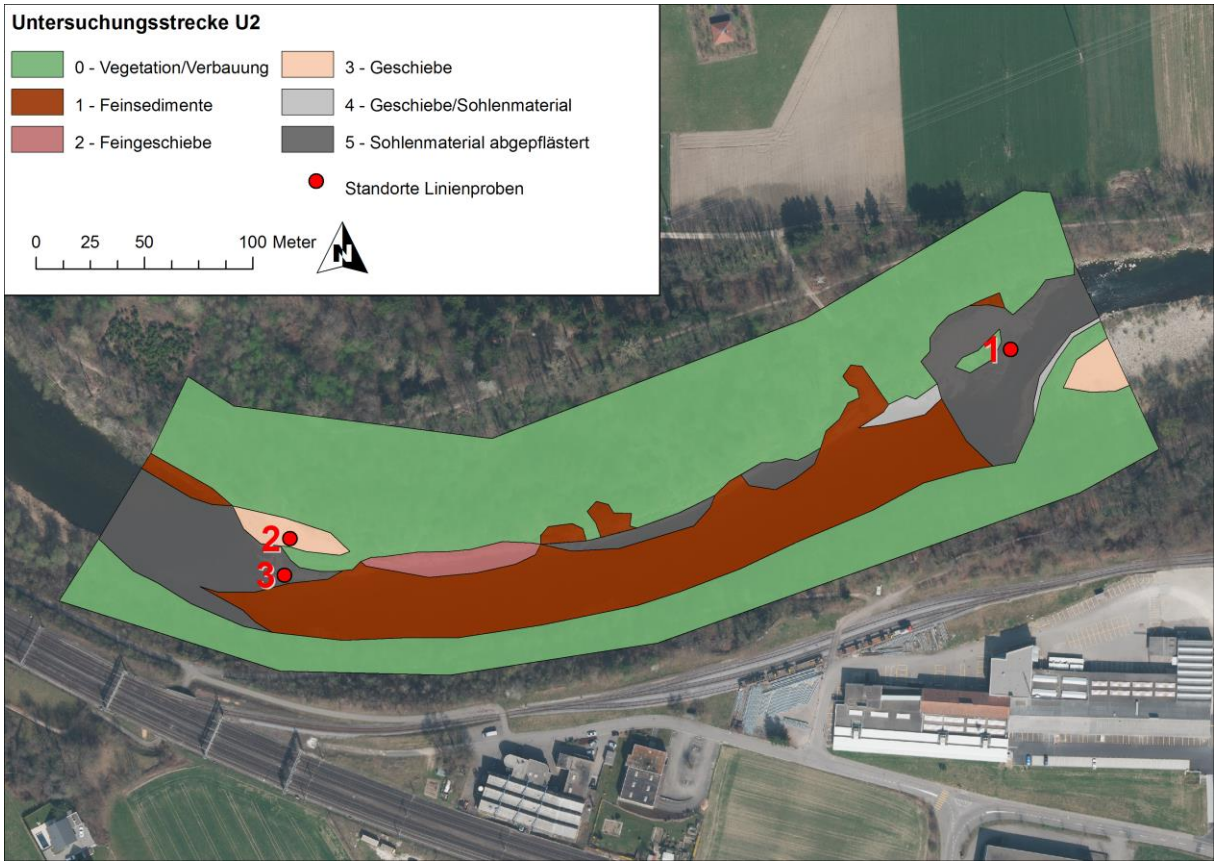


Abbildung 1: Übersicht der Flächenanteile der Substratklassen inkl. Vegetation für die Untersuchungsstrecke U2 Schachen Winznau

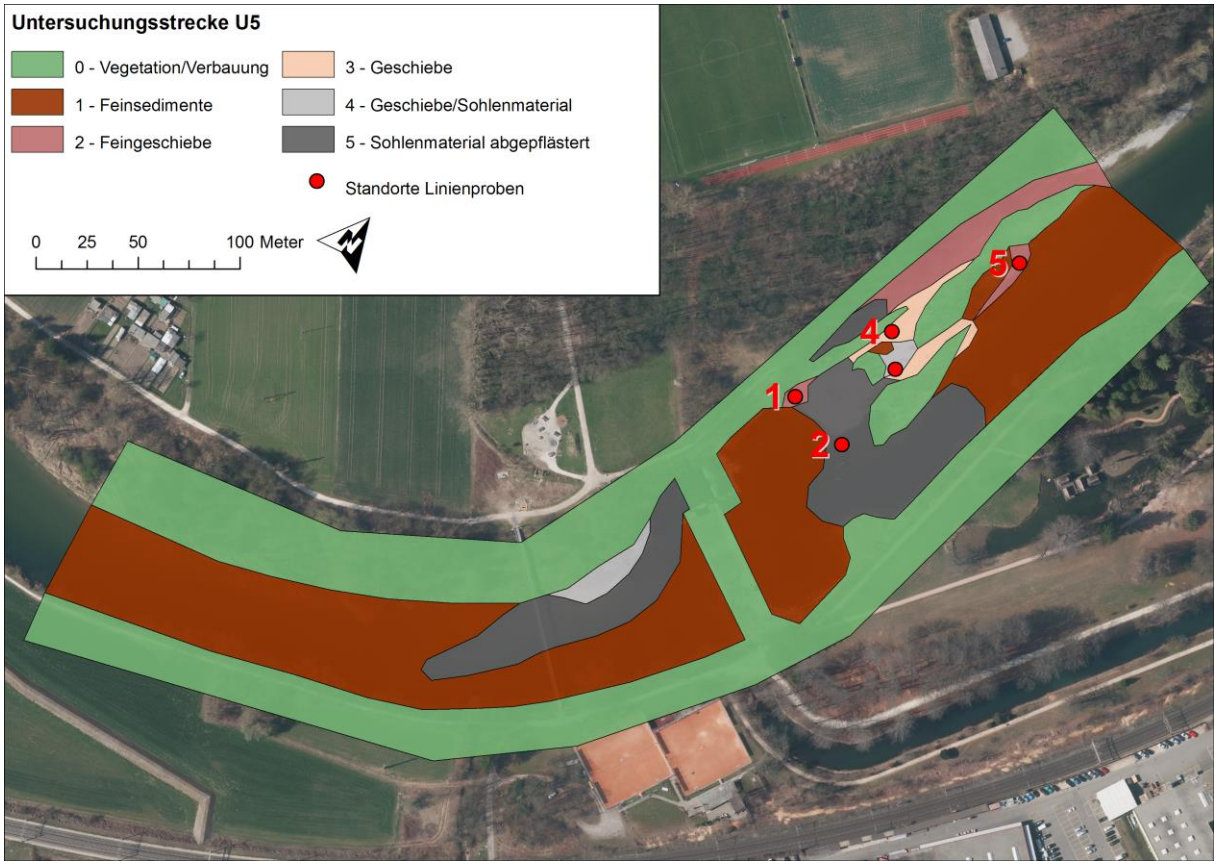


Abbildung 2: Übersicht der Flächenanteile der Substratklassen inkl. Vegetation für die Untersuchungsstrecke U5 Schachen Niedergösgen

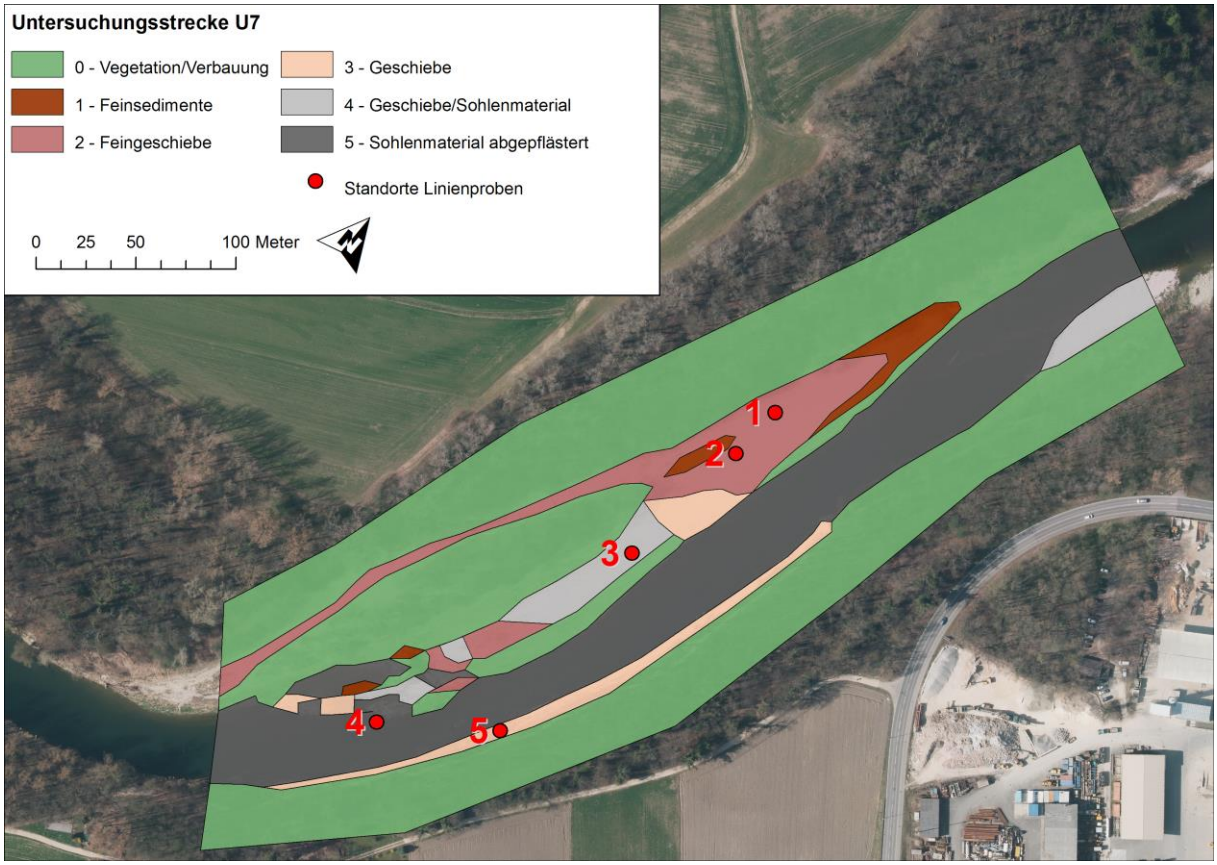


Abbildung 3: Übersicht der Flächenanteile der Substratklassen inkl. Vegetation für die Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

A9 KORNGRÖSSENVERTEILUNG

U2 Seitengerinne Schachen Winznau

Die Kornverteilungen (KV) 1 und 3 in Winznau zeigen eine Abpflästerung der Sohle, wobei die KV 3 eine gröbere Deckschicht zeigt als KV 1. KV 2 zeigt eine typische Kurve für laufendes Feingeschiebe (vgl. Abbildung 4).

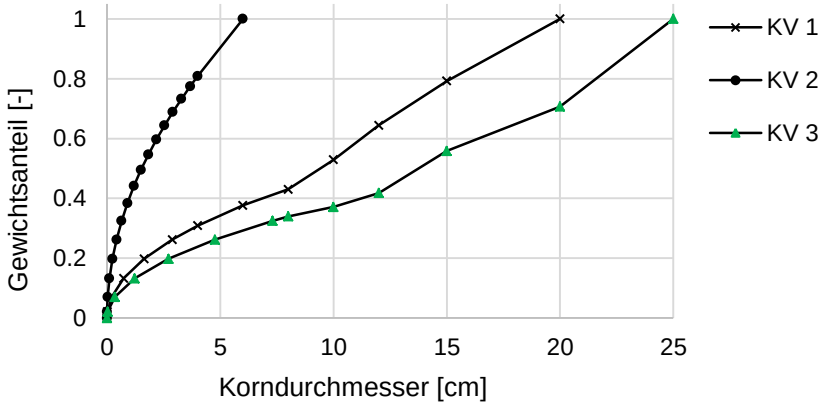


Abbildung 4: Korngrössenverteilungskurven für die Untersuchungsstrecke U2 Seitengerinne Schachen. KV 1 und KV 3 repräsentieren die Substratklasse 5, KV 2 die Substratklasse 3

U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen

In Niedergösgen zeigen die KV 1, 4 und 5 typische Kurven für laufendes Geschiebe, wobei KV 1 noch feiner einzustufen ist als die KV 4 und 5. Die KV 2 zeigt eine ausgebildete Deckschicht und die KV 3 eine Schicht mit gröberem Material, welches jedoch nicht als Deckschicht ausgebildet ist (vgl. Abbildung 5).

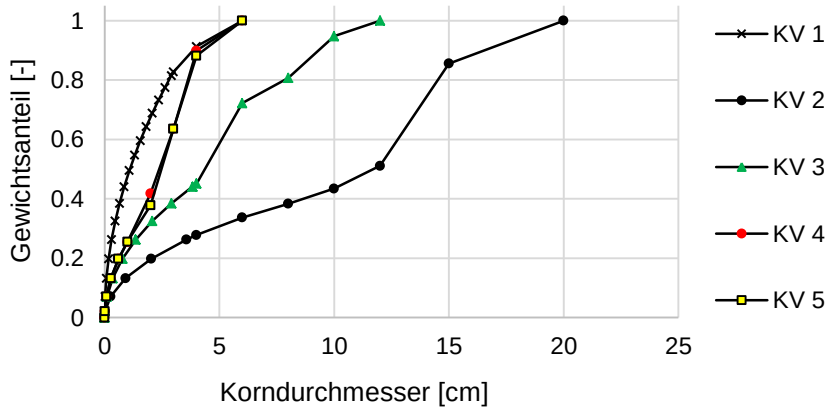


Abbildung 5: Korngrössenverteilungskurven für die Untersuchungsstrecke U5 Seitengerinne Schachen Niedergösgen. KV 1 und KV 5 repräsentieren die Substratklasse 2, KV 2 die Substratklasse 5, KV 3 die Substratklasse 4 und KV 4 die Substratklasse 3

U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien

Die KV 4 und 5 in Wöschnau zeigen einen grossen Grobkornanteil, die beiden KV sind jedoch nicht als vollständige Deckschicht ausgebildet. Die KV 1 und 2 in Wöschnau zeigen feines, laufendes Geschiebe, wobei die KV 1 leicht gröber als die KV 2 ist. Die KV 3 zeigt eine Schicht mit gröberem Material, welches jedoch nicht als Deckschicht ausgebildet ist (vgl. Abbildung 6).

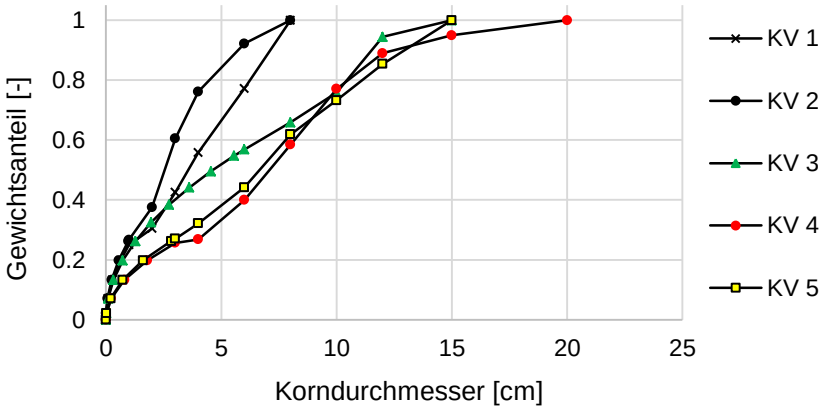


Abbildung 6: Korngrössenverteilungskurven für die Untersuchungsstrecke U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien. KV 1 und KV 2 repräsentieren die Substratklasse 2, KV 3 die Substratklasse 4, KV 4 die Substratklasse 5 und KV 5 die Substratklasse 3

Fotodokumentation:

U2 Seitengerinne
Schachen Winznau



Abbildung 7: Gröberes Geschiebe auf Kiesbank im unteren Bereich der Untersuchungsstrecke U2. Die Fliessgeschwindigkeit im Gerinne ist erhöht, wodurch sich eine Deckschicht ausgebildet hat.



Abbildung 8: Ausgedehnte, sandige Ablagerungen mit z.T. dichter Vegetation am Gleithang. Der Prallhang (rechts) ist befestigt. Im Gerinne ist die Sohle mit einer feinkörnigen Sedimentschicht überdeckt.

U5 Seitengerinne
Schachen Niedergösgen



Abbildung 9: Blick vom unteren Bereich des Perimeters gegen die Fliessrichtung. Sowohl das rechte als auch das linke Ufer sind stark bewachsen. Durch die ruhige Fliessgeschwindigkeit werden feinkörnige Sedimente im Gerinne abgelagert.



Abbildung 10: Kiesbank unterhalb der Ballyschwelle mit feinkörnigen Sedimenten (im linken Bereich des Bildes) und gröberen Sedimenten (im rechten Bereich).

U7 Eigendynamik Wöschnau/Seitengerinne Grien



Abbildung 11: Hinterwasserbereich auf der Kiesbank am Gleithang der Untersuchungsstrecke U7 (Blick gegen Fliessrichtung). Sowohl feinere Kornfraktionen (unten im Bild), wie auch gröbere Sedimente (linker Bereich des Bildes) sind vorhanden. Dazwischen teilweise dichte Vegetation.



Abbildung 12: Unterer Bereich der Kiesbank (Blick in Fliessrichtung). Grösstenteils feinere Sedimentfraktionen mit einzelnen, überwachsenen Flächen.

Impressum

Herausgeber, Bezugsquelle

Amt für Umwelt
des Kantons Solothurn
Werkhofstrasse 5
4509 Solothurn
Telefon 032 627 24 47
afu@bd.so.ch
www.afu.so.ch

Projektleitung

Dr. Martin Heeb, Amt für Umwelt

Bearbeitung Projekt

ARGE AareErfolg
c/o IC Infraconsult AG
Kasernenstrasse 27
3013 Bern

Kontakt: Nicole Schiltknecht

Fachliche Verantwortung

Hunziker, Zarn & Partner AG
- *Geschiebehaushalt*
- *Qualität und Korngrössenverteilung des Substrats*
- *Hydromorphologischer Index der Diversität HMID*

Fischwerk
- *Dynamik der Sohlenstruktur*
- *Dynamik der Uferstruktur*
- *Veränderung des Fischbestandes*
- *Durchgängigkeit für Fische*
- *Fotografische Dokumentation*

IC Infraconsult AG
- *Libellen*
- *Zeitliches Mosaik und Sukzession*
- *Landschaftsstrukturmasse*
- *Besucherzahl*

© by

Amt für Umwelt 2016