

Gewässerzustandsbericht Vorderrhein

Etappe 1: Erhebung der biologischen Grundlagen

Ist-Zustands-Analyse



Gewässerzustandsbericht Vorderrhein

Etappe 1: Erhebung der biologischen Grundlagen

Ist-Zustands-Analyse

Autoren:

Dr. Timo Basen, Dr. John Hesselschwerdt & Peter Rey (HYDRA AG, Hafenstr. 48, CH-8280 Kreuzlingen)

Bildrechte:

Titelbilder sowie weiteres Bild- und Grafikmaterial in diesem Bericht: ©HYDRA

Auftraggeber:

Amt für Jagd und Fischerei Graubünden

Inhalt

Inhalt	1
1 Einleitung	2
1.1 Fischrückgang im Vorderrhein	2
1.2 Auftrag	2
2 Methoden	4
2.1 Untersuchungsabschnitte	4
2.2 Fischbestand	10
2.3 Reproduktionspotenzial	11
2.4 Reproduktionserfolg	13
2.5 Nahrungsgrundlage	14
2.6 Fischereiliche Nutzung, Bewirtschaftung und Aufstiegszahlen	14
2.7 Abfluss und Wassertemperatur	15
2.8 Wasserkraftnutzung	15
3 Ergebnisse	18
3.1 Fischbestand	18
3.2 Reproduktionspotential	24
3.3 Reproduktionserfolg	26
3.4 Nahrungsgrundlage	27
3.5 Bewirtschaftung	30
3.6 Abfluss und Wassertemperatur	33
4 Einflussfaktoren und Schlussfolgerungen	37
4.1 Bestandssituation Bachforelle	37
4.2 Reproduktionspotential	38
4.3 Laichgeschäft	39
4.4 Nahrungsgrundlage	40
4.5 Prädation	42
4.6 Fischfang und Befischungsdruck	42
4.7 Hydrologie	43
4.8 Zusammenfassung	47
5 Ausblick	51
6 Literatur	53
A Anhang	56
A.1 Bilder Probestellen	56
A.2 Fischbestand Vorderrhein	59
A.3 Laichpotential Vorderrhein	61
A.4 Hydrologie	63
A.5 Makrozoobenthos – Artenliste	64

1 Einleitung

1.1 Fischrückgang im Vorderrhein

Seit Jahren wird ein deutlicher Rückgang der Forellenfänge im Vorderrhein beobachtet. In den letzten Jahren hat sich dieser Trend weiter fortgesetzt und die Fänge liegen mittlerweile auf sehr niedrigem Niveau.¹ Der kontinuierliche Rückgang der Fangquoten bei Bachforellen in Graubünden in den letzten 10 Jahren ist im Vergleich zu anderen Talflüssen besonders ausgeprägt.² Diese alarmierende Lage wurde wiederholt auch durch gezielte Erhebungen des Amts für Jagd und Fischerei (AJF) bestätigt. Demnach kann man – zumindest in bestimmten Abschnitten des Vorderrheins – von einem dramatischen Rückgang auch des Bachforellenbestands ausgehen, insbesondere was den Anteil grösserer Individuen betrifft. Darüber hinaus ist auch die Anzahl der aufsteigenden Bodensee-Seeforellen in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen³.

Das starke Hochwasser von 1987 gilt als wesentliche Ursache für den bereits damaligen starken Bestandsrückgang der Bachforelle im Vorderrhein, seither haben sich die Fischbestände nicht wieder erholt. Die Gründe für die weitere Verschlechterung der Fischbestände im Vorderrhein in den letzten zehn Jahren sind unklar.

Der Einfluss der Wasserkraft ist im Vorderrhein nicht erst ab Ilanz, sondern bereits von Rueras abwärts ausgeprägt. Oberhalb Ilanz sollte er in den letzten Jahren allerdings weitestgehend gleichgeblieben sein. Sowohl die Restwassersituation als auch der Schwall/Sunk-Betrieb (ab Russein) dürften sich nicht verschärft haben. Die Situation unterhalb des Zuflusses Russein wurde zwischenzeitlich sogar verbessert. Andere Extremereignisse, die Fischbestände nachhaltig beeinflussen können (extreme Hochwasser, offensichtliche Fischsterben) sind nicht gehäuft aufgetreten. Auf der anderen Seite haben bereits fortschreitende klimatischen Veränderungen (u.a. anhaltende Gletscherschmelze) den Vorderrhein als Lebensraum beeinflusst. Auch die Besatzpolitik hat sich in den letzten Jahren verändert.⁴ So wurde auf Grund des vorhandenen Potentials für erfolgreiche Naturverlaichung die Besatzintensität mit Forellen im Vorderrhein reduziert oder abschnittsweise ganz eingestellt. Die jeweiligen Auswirkungen dieser Einflussfaktoren auf den Forellenbestand sind zum jetzigen Zeitpunkt noch unklar.

1.2 Auftrag

Um die Forellenbestände zu erfassen, die Ursachen für die langjährigen vermuteten Rückgänge zu evaluieren und diesen letztlich entgegen wirken zu können, wurde vom Amt für Jagd und Fischerei Graubünden ein Projekt zur Untersuchung des Vorderrheins entwickelt. Basierend auf diesen Erkenntnissen soll ermittelt werden, welche Faktoren als Treiber für den Bestandsrückgang vermutet werden, und welche Massnahmen ergriffen werden müssten, um einen geeigneten Lebensraum für Bach- und Seeforelle zu schaffen, gesunde Fischbestände langfristig zu erhalten und möglichst auch eine nachhaltige Fischerei zu gewährleisten.

Beschlossen wurde ein etappierter Zeitplan. In der ersten, hier vorliegenden, *Etappe 1* sollen die biologischen Grundlagen des Vorderrheins erhoben werden. Hier erfolgt eine Ist-Zustands-Analyse der Fischbestände, der natürlichen Reproduktion, des Habitat- und Nahrungsangebot und deren Interpretation und Einordnung als möglicher Faktor

der aktuell schlechten fischereilichen Situation. Auch mögliche Massnahmenempfehlungen werden vorgestellt.

In dem hier vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der ersten Etappe zusammengefasst. Diese sind im Folgenden:

- Verifizierung der Bestandsrückgänge der Bachforelle mittels Bestandserhebungen
- Erhebung des Reproduktionspotential
- Kontrolle des Reproduktionserfolgs
- Erfassung der Nahrungsgrundlage
- Bewertung der hydrologischen Begebenheiten
- Bewertung der Wasserqualität
- Historische Aufarbeitung (Bestandsaufnahmen AJF)

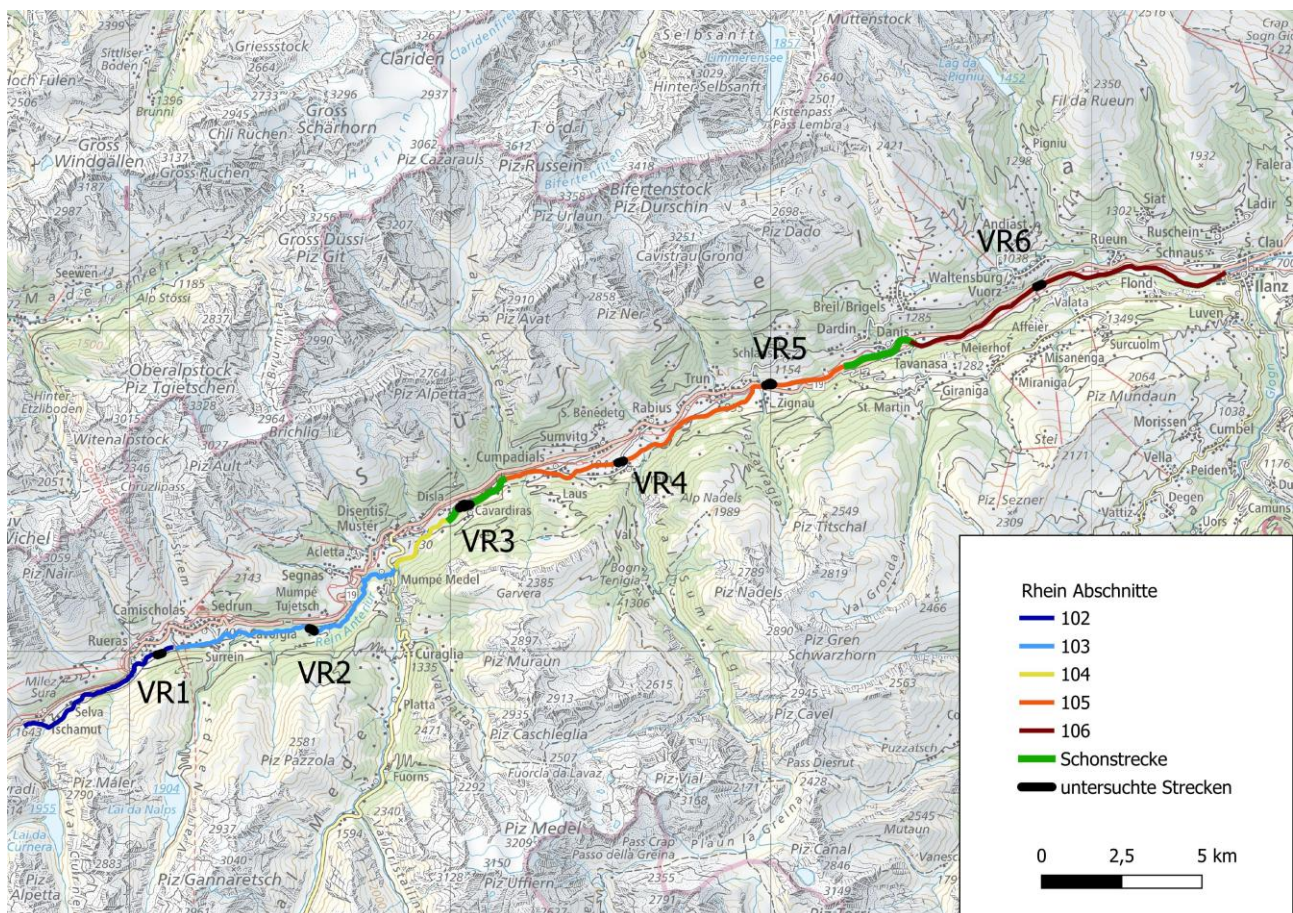
2 Methoden

2.1 Untersuchungsabschnitte

Der Vorderrhein entspringt dem Lai da Tuma im Gebiet des Gotthardmassivs. Bei Fontanivas auf Gemeindegebiet Disentis vereinigt sich der Vorderrhein mit dem Rein da Medel, bis Ilanz wird der Vorderrhein durch die Hauptquellflüsse Rein da Medel und den Rein da Maighels gebildet. Weitere wesentliche Zuflüsse des Haupttalflusses der Surselva unterhalb Ilanz bilden der Glenner/Glogn, und im weiteren Verlauf unterhalb der Ruinaulta die Rabiusa. Auf Höhe Reichenau vereinigt sich der Vorderrhein mit dem Hinterrhein zum Alpenrhein.

Als Projektperimeter wurde der Bereich von Rueras bis Höhe Ilanz definiert (Abbildung 2-1). Für die Hydrologie wurde auch der Einfluss ab der Quelle berücksichtigt. Im Gewässerverlauf wurden zusammen mit der örtlichen Fischereiaufsicht des AJF sechs Abschnitte definiert, in denen jeweils eine repräsentative Untersuchungsstrecke ausgewählt wurden, um den Zustand des Fischbestandes näher zu untersuchen (Tabelle 2-1). Fotos zu den Untersuchungsstrecken finden sich im Anhang. Nachfolgend werden die Streckenabschnitte des Vorderrheins grob umschrieben, sowie Luftbilder der Beprobungsstrecken für die Erhebung des Fischbestands und Forellenbrütlinge, sowie die Standorte der Makrozoobenthosprobenahme dargestellt.

Abbildung 2-1:
Gewässerabschnitte
des Vorderrheins (Tab.
2-1) und ausgewählte
Untersuchungsstrecken
(Tab. 2-2)



Abschnitt 102 – «VR-1»

Der Vorderrhein entspringt im Lai da Tuma, und durchquert zwischen Lai da Tuma und Sedrun eine hochalpine Landschaft, die durch steile Bergtäler, dichte Wälder und alpine Wiesen geprägt ist. Der Vorderrheinabschnitt hat eine natürliche Morphologie und ein starkes Gefälle. Über weite Strecken verläuft er durch eingeschnittene Schluchten, sein Substrat ist dominiert von Fels, Stein und Grobkies (Abb. 2-2 & Anhang A.1). In diesem Bereich ist der Abfluss durch die Regulierung des Stausees Lai da Curnera und diverse Fassungen von Seitengewässern hydrologisch massgeblich beeinträchtigt, der Grossteil des Wassers wird energetisch genutzt und in das Ausgleichbecken Runcahez umgeleitet (Restwasserstrecke, siehe auch 2.7). Die ebenfalls vorhandene Wasserkraftanlage an der Ual Val Giuv hat dagegen geringen Einfluss auf die Wasserführung. Am Standort Kraftwerk Sedrun wird der Vorderrhein aufgestaut, Richtung flussaufwärts ist die Durchgängigkeit für Forellen (Fischauf- und Abstieg) am Stauwehr noch eingeschränkt. Die Sanierung Fischgängigkeit wird aktuell umgesetzt. Die oberstgelegene Untersuchungsstrecke VR-1 befindet sich auf Höhe des Campingplatzes zwischen den Brücken bei Punt Rueras oberhalb von Sedrun (Abbildung 2-2).

Abbildung 2-2:
Probestelle VR-1 bei
Guerras im Abschnitt
102.



Abschnitt 103 – «VR-2»

Flussabwärts der Wasserfassung Sedrun vereinigt sich der Vorderrhein mit dem Rein da Nalps. Das untere Ende des Abschnitts bildet der Zusammenfluss mit dem Rhein da Medel auf Höhe Disentis/Múster. Diese Zuflüsse sind ebenfalls zum Teil stark hydrologisch beeinträchtigt. Die Gewässersohle des Vorderrheins ist unverbaut, der Verlauf naturnah, oft tief eingeschnitten und mit einer Vielzahl natürlicher kleiner Abstürze und Kolke. Die Durchgängigkeit für Forellen ist gegeben.

Die Untersuchungsstrecke VR-2 liegt auf Höhe Mumpé Tujetsch in einem engen, naturbelassenen Tal und ist dicht von Nadelwald umgeben (Abbildung 2-3, Anhang A.1). Das vorherrschende Substrat ist weiterhin geprägt von Fels, Stein und Grobkies, die Tiefenvarianz ist geprägt von Kolken, Riffeln und Abstürzen.



Abbildung 2-3:
Untersuchungsstrecke
VR-2 in dicht bewalde-
ten Flussabschnitt im
Abschnitt 103.

Abschnitt 104 – «VR-3»

Nach dem Zufluss des Rein da Medel fliesst der Vorderrhein weiter in einer Restwasserstrecke, in einem naturnahen Bereich mit Nebengerinnen. Das Schongebiet Pardomat, auch als Auengebiet Disla–Pardomat bekannt ist Teil dieses Abschnittes, es liegt in der Nähe von Sumvitg. Das Auengebiet bietet eine Vielzahl von Lebensräumen, darunter Feuchtgebiete und Auenwälder. Der Vorderrhein fliesst in diesem Abschnitt durch ein aufgeweitetes Tal mit zahlreichen Seitenarmen und Kiesbänken, die regelmässig überschwemmt werden und somit dynamische Lebensräume schaffen (Abbildung 2-4).

Die Untersuchungsstrecke VR-3 ist zwischen Plaun Sut und Plaun Grond lokalisiert (Abbildung 2-4), hier ist der Flusslauf naturnah, weist keinen Uferverbau auf, das Sohlsubstrat ist durch das geringere Gefälle und die grössere Gewässerbreite feiner als im oberhalb gelegenen Abschnitt (Stein, Kies, stellenweise Sand).



Abbildung 2-4:
Probestelle VR-3 unter-
halb Disentis im Auen-
gebiet Pardomat in
Abschnitt 104.

Abschnitt 105 – «VR-4» und «VR-5»

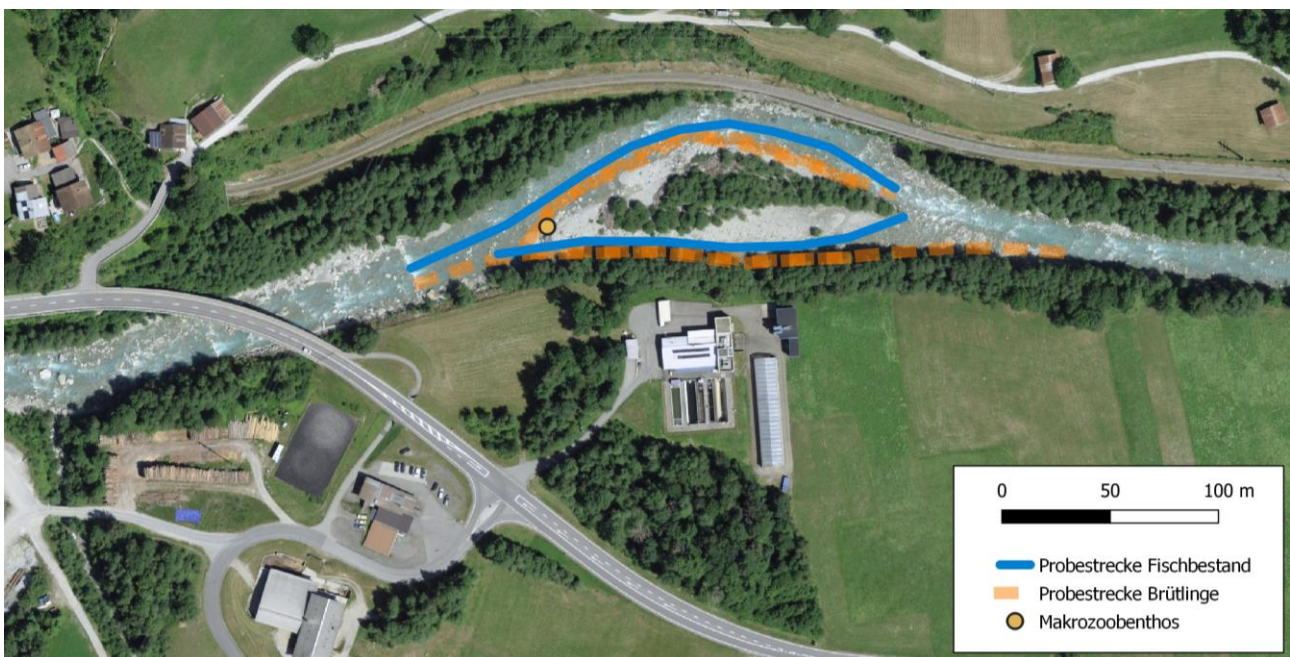
Der folgenden Rheinabschnitt zwischen Zufluss Ual Russein und der Wasserrückgabe Tavanasa ist geprägt von einer weiteren Aufweitung des Flussbettes. Das Umland besteht aus einer Mischung von landwirtschaftlichen Flächen, bewaldeten Gebieten und kleinen Siedlungen, die Ufer sind mancherorts verbaut. Stellenweise ist auch die Gewässerstruktur stark beeinflusst. Der Abschnitt des Vorderrheins unterhalb Pardomat ist geprägt durch Wasserkraftnutzung, und die vorherrschenden Restwasserabflüsse. Die Rückgabe des Wassers erfolgt erst unterhalb der Kraftwerksstufe Ilanz, in diesem Abschnitt «fehlt» somit ein Grossteil des Abflusses des Rein da Sumvitg. Zusätzlich dazu beeinflussen in dem Vorderrheinabschnitt die Schwall-Sunk Regulierungen des Kraftwerks Russein die Abflüsse. Jährliche Spülungen des Beckens Runcahez, des Ausgleichsbeckens und der Wasserfassung Tavanasa und regelmässige Spülungen des Sandfangs von Russein beeinflussen den Geschiebeeintrag in diesen Gewässerabschnitt.



Abbildung 2-5:
Probestelle VR-4 bei
Surrein im Abschnitt
105.

In diesem Abschnitt liegen die Probestellen VR-4 auf Höhe Brücke Surrein (Abbildung 2-5) und im Bereich der Ebene von Lumneins auf Höhe Trun VR-5 (Abbildung 2-6). Die benetzte Fläche des Vorderrhein ist hier aufgrund eines meist kanalartigen Verlaufs mit Regelprofil breiter als die vergleichbaren Probestrecken oberhalb. Der Flusslauf ist insgesamt monoton ohne grosse Tiefen- oder Strömungsvarianzen, das Substrat ist hauptsächlich geprägt von Steinen bis Blöcken, mit vereinzelt ausgedehnten Kiesflächen. Die Untersuchungsstrecke VR-5 liegt direkt bei einer für den Abschnitt untypischen Aufweitung mit Kiesbank.

Abbildung 2-6:
Probestelle VR-5 auf
Höhe Zignau/Trun in
Abschnitt 105.



Abschnitt 106 mit Probestelle «VR-6»

Der Vorderrhein unterhalb von Tavanasa bis Ilanz ist ein weitgehend monotoner Abschnitt, dessen Gewässersohle geprägt ist von Steinen und Blöcken, mit vereinzelt, ausgedehnten Kiesflächen. Der Abfluss ist bestimmt von einer relativ geringen Restwasserführung und zusätzlichem geringen Schwall-Sunk Effekten infolge von Wasserkraftnutzung. Die umgebende Landschaft ist geprägt von steilen Berghängen, bewaldeten Gebieten und landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Ufer sind oftmals verbaut, die Gewässerstruktur ist deutlich beeinträchtigt. In den letzten Jahren wurde in diesem Abschnitt mit «Instream» Massnahmen versucht, dieser monotonen Gewässerstruktur entgegenzuwirken. An einigen Stellen sind mittlerweile im Flusslauf – zumindest sehr lokal – struktureichere Abschnitte vorhanden, insgesamt ist das Gerinne des Rheins jedoch weiterhin kanalartig.

Für diesen Flussabschnitt wurde der Standort VR-6 (Brücke Waltensburg) als repräsentative Gewässerstrecke ausgewählt, hier ist der kanalartige Flusslauf charakteristisch eintönig und weist kaum eine Tiefen- oder Breitenvarianz auf.

Abbildung 2-7:
Probestelle VR-6 auf
Höhe Waltensburg in
Abschnitt 106.



Tabelle 2-1:
Repräsentative Unter-
suchungsstrecken im
Verlauf des Vorder-
rheins zwischen Sedrun
und Ilanz. Aufnahmen
der Strecken sind im
Anhang A.1 dargestellt.

Nr.	Strecke	Koordinaten (LV95)	Höhenlage (m.ü.NN.)
VR-1	zwischen den Brücken bei Punt Rueras	1169880, 2700854	1'350
VR-2	Oberhalb Einmündung Rein da Nalps	1170614, 2705768	1'230
VR-3	Zwischen Plaun Sut und Plaun Grond	1174461, 2710288	983
VR-4	Brücke Surrein aufwärts	1175925, 2715406	975
VR-5	Im Bereich Ebene von Lumneins	1178301, 2719891	820
VR-6	Brücke Station Waltensburg aufwärts	1181412, 2728418	735

2.2 Fischbestand

Die Fischbestandserhebungen wurden mittels Elektrofischerei durchgeführt. Dazu wurden jeweils ca. 200 m Fließstrecke in zwei Durchgängen befischt. Die Befischungen wurden teils in den Wintermonaten durchgeführt, da bei einzelnen Strecken nur zu diesem Zeitpunkt geeignete Abflüsse und somit eine gute Befischbarkeit des Gewässers gegeben war. Die Befischung der Strecke VR-3 im Juni ergab aufgrund zu hoher Wasserführung keine befriedigenden Ergebnisse und wurde im Oktober 2022 wiederholt. Die Befischung der Strecke VR-1 erfolgte durch das AJF im Rahmen einer Grundlagenerhebung Sanierung Wasserkraft (August 2021).

*Tabelle 2-2:
Länge, Fläche und
Datum der elektrisch
befischten Strecken*

Strecken	VR-1	VR-2	VR-3	VR-4	VR-5	VR-6
Länge [m]	202	207	295	201	214	201
Fläche [ha]	0,14	0,17	0,59	0,36	0,54	0,46
Datum	27.08.2021	23.06.2022	14.10.2022	11.02.2022	11.02.2022	11.02.2022



*Abbildung 2-8:
Befischung des Vorder-
rheins im Sommer
(links) und im Winter
(rechts).*

In der Regel wurden zwei Elektrofischgeräte (je 1,7kW) und jeweils zwei Anoden eingesetzt. Alle gefangenen Fische wurden kurzzeitig entnommen und bis zur weiteren biometrischen Analyse in durchflossenen Wannen zwischengehalten. Anschliessend wurden die gehälterten Tiere in ein Betäubungsbad umgesetzt um – ohne die Tiere übermässig zu stressen – Länge und Gewicht aller gefangenen Tiere zu erfassen. Die Längenverteilung ermöglicht eine grobe Unterteilung nach Jahrgangsklassen, die Relation von Länge und Gewicht eine Aussage über den individuellen Ernährungszustand der Tiere (Konditions-Index=KI). Mögliche Besonderheiten (Verletzungen, Anzeichen von Erkrankungen u.a.) einzelner Tiere wurden protokolliert und fotografisch dokumentiert. Alle behändigten Fische wurden abschliessend wieder innerhalb der Untersuchungsstrecke freigelassen.

Zusätzlich zur üblichen Erfassung von Länge und Gewicht aller Fische wurden pro Strecke jeweils von 50 Fischen Schuppen- und Gewebeproben entnommen. Bei jeweils zehn Fischen wurde der Gesundheitszustand durch Sezieren erfasst. Bei Auffälligkeiten wurden die Fische zur späteren Analytik (mögliche PKD-Befunde, siehe 3.1 Fischgesundheit) eingefroren.

Es ist davon auszugehen, dass man bei einer Elektrobefischung ein Teil der dort lebenden Fische nicht entnehmen kann. Daher wurde zur Bestandsabschätzung die

Befischungsstrecke in zwei Durchgängen befischt und an ihrem oberen Ende abgesperrt, um ein zwischenzeitliches Entkommen verbliebener Tiere zu vermeiden. Durch die Abnahme der Fangzahl von Durchgang zu Durchgang kann die Fangwahrscheinlichkeit abgeschätzt und der tatsächliche Fischbestand mittels Extrapolation nach DeLury⁵ ermittelt werden.

2.3 Reproduktionspotenzial

Der Umfang des betrachteten Perimeters, die Zugänglichkeit des Vorderrheins an vielen Abschnitten und der oft fehlende Überblick von einem Standpunkt am Boden aus machen die Erfassung von Laichgruben und potenziellem Laichsubstrat mit Hilfe einer normalen Begehung nahezu unmöglich. Für den Herbst/Winter 2022 war daher geplant, das Reproduktionspotenzial und die Reproduktionstätigkeit (Laichgruben) von Forellen im Vorderrhein mittels Luftbilder aus dem Helikopter zu erfassen. Im Umkreis der Untersuchungsstrecken sollten diese durch detaillierte Drohnenaufnahmen (Abbildung 2-9) und Vorortbegehungen (u.a. Erfassung Kolmation) ergänzt werden. Um möglichst viele Laichgruben zu erfassen, sollte die Untersuchung am Ende der Hauptlaichzeit der Forellen durchgeführt werden, die üblicherweise bis Anfang/Mitte November abgeschlossen ist. Aufgrund des sehr warmen Sommers 2022 schien sich die Laichzeit etwas nach hinten zu verschieben. Bereits mitten in der Laichzeit kam es allerdings zu starken Hochwässern. Dies führte zu einer wiederholten Umlagerung der Flusssohle, wodurch keine Laichgruben mehr erkennbar waren. Entsprechendes galt für den Winter 2023/24. Daher musste in Rücksprache mit dem AJF auf die perimeterübergreifende Erfassung von Laichgruben mittels Helikopter verzichtet werden.

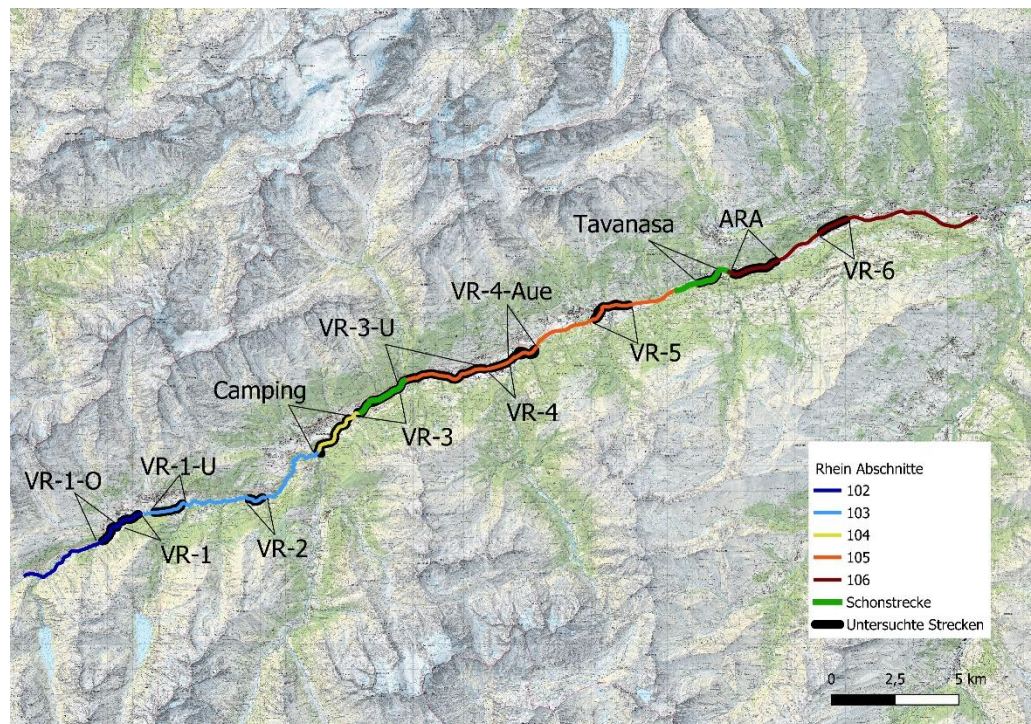
Zur Ermittlung der möglichen Laichhabitate wurden daher die Drohnenflüge stark ausgeweitet. Neben dem Perimeter um die Untersuchungsstrecken, wurden zahlreiche weitere, potenziell interessante Bereiche befliegen (Abbildung 2-10). Die gesamten Informationen wurden nachfolgend im GIS aufbereitet.

Am 09.11.2022 wurden insgesamt 4,5 km Flusslauf mit der Drohne erfasst und 2,5 km zu Fuss kartiert. Nachdem sich die Erfassung mittels Helikopter letztendlich als gar nicht durchführbar erwies, wurde die Drohnenerfassung im folgenden Jahr wiederholt und auf 24,4 km Strecke ausgeweitet (08./09.11.2023).

*Abbildung 2-9:
Drohnenaufnahmen in
verschiedenen Flug-
höhen (links: Übersicht
ca. 40m Flughöhe,
rechts: Detailsicht aus
ca. 15m Höhe).*



Abbildung 2-10:
Übersicht der Rhein-
abschnitte, in denen
Laichsubstrate durch
Luftbilder erfasst
wurden.



Da aufgrund der Herbsthochwässer keine Zuordnung von Laichgruben erfolgen konnte, wurde vor allem die Substratstruktur der Gewässerabschnitte betrachtet. Die Parameter für eine Substrateignung als potenzielle Laichfläche wurde anhand folgender Parameter erhoben (Tabelle 2-3): Substratzusammensetzung, Kolmationsgrad, Strömungs- und Tiefenverhältnisse. Neben den Abschätzungen am Luftbild wurden die Erfahrungen aus dem Feld hinzugezogen, um das Reproduktionspotential zu beurteilen. Diese hier aufgeführten Parameter gelten im Wesentlichen für Bachforellen, können zum Teil jedoch auch für Seeforellen in Betracht kommen. Seeforellen haben zum Teil abweichende Ansprüche, das betrifft vor allem ein etwas gröberes Substrat und eine höhere, tolerierte Fließgeschwindigkeit.^{6,7}

Tabelle 2-3:
Qualitätskriterien zur
Bewertung potenzieller
Laichflächen für
Bachforellen

Parameter	geeignet für Bachforellen
Substratzusammensetzung in der Deckschicht	Hauptsächlich Grobkies ab 2 cm, bis Steine bis 11,5 cm, aber auch feinere und gröbere Substrate möglich
Kolmationsgrad des Substrates	keine bis leichte Kolmation (geringer Anteil Feinmaterial); regelmässig, aber nicht zu häufig mobilisiertes Substrat)
Einschätzung der Strömungsverhältnisse	ständig benetzte Flächen mit moderaten Strömungsverhältnissen; Beschleunigungsstrecken vor Riffeln (ideal: 20–50 cm/s)
Einschätzung der Tiefenverhältnisse	Wassertiefen zwischen 20-60 cm ideal, auch schon ab 5 cm möglich

2.4 Reproduktionserfolg

Zur Kontrolle des Reproduktionserfolgs wurden elektrische Punktbefischungen (Brütlingsbefischungen) mit einem Rückentragegerät (Firma Brettschneider; 0,67 kW) durchgeführt. Dies erfolgte im Bereich der Untersuchungsstrecken zur Ermittlung des Fischbestands (siehe 2.2).

Geplant war eine Untersuchung im Mai. Spülungen der Ausgleichsbecken Runcahez und Tavanasa im April 2023 sollten und hatten letztendlich allerdings die Wasser- und Feststofffracht in den Strecken VR-5 und VR-6 beeinträchtigt. Daher wurden die Stellen VR-5 & VR-6 zweimalig, vor und nach den Spülungen, befischt (01.04. & 08.05.2023). VR-1 bis VR-4 wurden jeweils einmal am 08./09.05.2023 befischt. Als Teilkompensation des Erkenntnisverlusts der weggefallenen Laichgrubenkartierungen, wurden die befischten Bereiche in den Untersuchungsstrecken gegenüber der ursprünglichen Planung verlängert und zusätzliche, erfolgsversprechende Abschnitte des Vorderrheins zwischen Surrein und Tavanasa untersucht (jeweils ca. 200–600 m, siehe Tabelle 2-4). Bei der Begehung der Strecke wurden geeignete Jungfischlebensräume (Mikrohabitate) entlang der Uferlinie befischt. Die Anzahl an Brütlings wurde pro 100 m Abschnitt ermittelt.

*Tabelle 2-4:
Streckenlängen der
Brütlingserhebungen
im Vorderrhein.
#: durchgeführt*

Strecke	VR-1	VR-2	VR-3	VR-4	VR-4 Aue	VR-5	Tavanasa	ARA	VR-6
Länge (m)	435	296	605	223	310	470	295	338	324
01.04.2023	-	-	-	-	-	#	-	-	#
08.-17.05.	#	#	#	#	#	#	#	#	#

*Abbildung 2-11:
Brütlingsbefischung im
ufernahen Bereich.*



2.5 Nahrungsgrundlage

Bereits im Rahmen der Bestandserhebungen wurden über den Konditionsindex (KI) Hinweise auf den Ernährungszustand und damit die Nahrungsverfügbarkeit im Vorderrhein gewonnen. Zusätzlich wurde die Verfügbarkeit von Invertebraten (Makrozoobenthos, MZB) mittels Biomassebestimmung an den sechs Probestrecken erfasst. Die Probenahmen fanden nach Modul-Stufen-Konzept (MSK) Makrozoobenthos statt.⁸ Zusätzlich wurde jeweils die Biomasse der Grossgruppen bestimmt. Für die Probestellen VR-5 & VR-6 wurde das ursprünglich geplante Zeitfenster in Folge der im Frühjahr 2023 durchgeführten Spülung der Ausgleichsbecken Runcahez und Tavanasa nach vorne verschoben (01.04.2023). Die restlichen Probenahmen erfolgten am 29./30.04.2023.

Die Hauptnahrung von Forellen besteht allgemein aus wirbellosen Kleinlebewesen und Zooplankton. Die Jugendstadien der Forellen bevorzugen benthische Nahrung, zur Nahrung grosser Forellen zählen zusätzlich auch Fischbrütlinge und Jungfische. Zur Untersuchung des entsprechenden Nahrungsangebots wurden an den repräsentativen Probestellen VR-1 bis VR-6 die wirbellosen Kleinlebewesen der Bachsohle untersucht. Artenspektrum, Besiedlungsdichten und die relativen Häufigkeiten der verschiedenen Arten des Makrozoobenthos wurden durch flächenbezogene Proben erfasst.

2.6 Fischereiliche Nutzung, Bewirtschaftung und Aufstiegszahlen

Die Forellen im Vorderrhein werden ausserhalb der bestehenden Schonstrecken fischereilich genutzt. Zur Darstellung von langfristigen Änderungen in den letzten beiden Dekaden werden die Fangzahlen der Angelfischerei dargestellt (2002-2023). Auch wenn Angelfänge keine gesicherten Rückschlüsse auf den tatsächlichen Fischbestand zulassen, so können sie ein Hinweis auf Trends anzeigen.

In der Bewirtschaftungspraxis wurden und werden Forellen in einigen Abschnitten besetzt. Daher wird im Folgenden auch die Besatzhistorie aufgeführt für den Zeitraum, in dem diese massgeblich verändert wurde (2002-2023).

Aufgrund der vermuteten, geringen Fischbestände wurde versucht die Entnahme durch die Angelfischerei den geschätzten Forellenbeständen gegenüberzustellen. Für die Ermittlung der Biomasse der fischereilich entnommenen Forellen wurden mittlere, theoretische Individualgewichte für die entsprechenden Grössenklassen angenommen.

In den Perimeter wandern Seeforellen zum Laichen ein, und haben somit einen Einfluss auf die Forellenpopulation. Seeforellen befinden sich nur einen Teil ihres Lebenszyklus im Fluss: vom Schlupf bis zum Abwandern in den Bodensee mit grob 15 cm Länge und als grosse adulte Laichtiere jährlich für einen kurzen Zeitraum. Ein natürlicherweise grosser Anteil an Seeforellen an der Forellenreproduktion kann daher zu einem vermeintlich zu geringen Anteil an dauerhaft im Fluss lebenden, geschlechtsreifen Bachforellen führen. Daher werden die langjährigen Aufstiegszahlen an den Fischaufstiegen Reichenau (Alpenrhein) und Tavanasa (Vorderrhein) dargestellt (ab 2007 mit Fertigstellung der Aufstiegsanlage im Alpenrhein).

2.7 Abfluss und Wassertemperatur

Wassertemperatur

Im Projektperimeter wurden an verschiedenen Gewässerabschnitten vom AJF Temperaturlogger ausgebracht, und die Wassertemperatur wurde in 15 min-Intervallen aufgezeichnet. Vergleichend wurden Datenreihen kantonaler und nationaler Pegelmessstellen angefragt, sofern vorhanden. Eine Übersicht der Standorte und Betriebszeiträume findet sich in nachstehender Tabelle.

*Tabelle 2-5:
Standorte von Tem-
peraturloggern und
weiterer Messstationen
im Vorderrhein.*

Abschnitt		Temperatur -messung	Abfluss- messung	Zeitraum
zwischen den Brücken bei Punt Rueras	VR-1	Datenlogger	-	11/2021- 11/2022
Brücke Mises las Cavorgias	VR-2	Datenlogger	-	11/2021- 11/2022
Brücke Waldstrasse Fontanivas	Zwischen VR-2 und VR-3	Datenlogger	-	11/2021- 11/2022
Brücke Cumpadials- Surrein	Oberhalb VR-4	Datenlogger	-	11/2021- 11/2022
Brücke Hauptstrasse Trun-Zignau	VR-5	(Datenreihenausfall)	-	
Disentis – Camping Vorderrhein	Vor + Nach Zusammenfluss Rein da Medel	-	Pegelstation Kanton	07/2021- 01/2024
Rein da Sumvitg	Sumvitg, Encardens 2430	-	Pegelstation BAFU	01/2000- 01/2024
Vorderrhein – Ilanz	Ilanz 2033	Pegelstation BAFU seit 2002	Pegelstation BAFU	01/2000- 01/2024

Abfluss

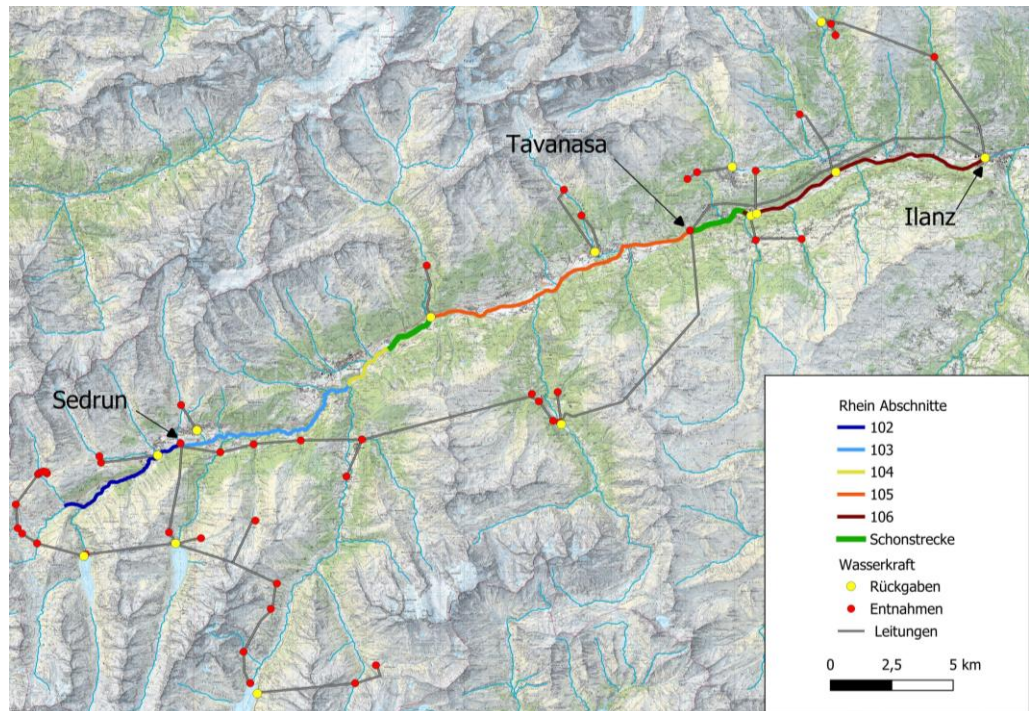
Für den Vorderrhein standen Datenreihen der kantonalen Messstellen (Pegel Disentis bei Campingplatz, und unterhalb Campingplatz; Hydrodaten; gr.ch) und des BAFU zur Verfügung (Pegel Ilanz; <https://www.hydrodaten.admin.ch/>). Es wurden Auffälligkeiten des Oberflächenabflusses besonders vor dem Hintergrund auftretender Hochwässer untersucht. Hierzu wurden die Hochwasserwarnstufen der Pegel bzw. der Schwellenwert eines bettbildenden Hochwassers genutzt. Dieser wurde ab einer theoretischen Abflusshöhe (70 m³/s am Pegel Ilanz) definiert, ab der die Sohle des Gewässers nachhaltig umgelagert wird.

2.8 Wasserkraftnutzung

Mehrere grosse und kleine Wasserkraftwerksstandorte nutzen den Vorderrhein und seine Zuflüsse im Projektperimeter zum Teil intensiv. Das Wasser aus drei grossen alpinen Stauseen (Lai da Nalps, Lai da Cunera, Lai da Sontga Maria) wird an verschiedenen Orten zur Stromerzeugung genutzt.

Eine der wesentlichen Anlagen im Projektperimeter ist die Wasserfassung (WF) **Sedrun** der KW Vorderrhein AG, das das in den Stauseen gesammelte Wasser aus dem Oberlauf des Vorderrheins zur Stromerzeugung verwendet (Abbildung 2-12). Das Wasser wird über Stollen abgeleitet und im Ausgleichsbecken Runcahez gespeichert und an den Kraftwerksstandort Tavanasa und letztendlich Ilanz über einen Druckstollen weitergeleitet. Aber auch kleinere Zuflüsse (u.a. Val Giuv, Val Strem) sind im oberen Perimeter gefasst. So wird das Val Strem in die Wasserfassung (WF) Sedrun eingeleitet, die Wasserrückgabe KW Val Giuv erzeugt einen geringen Schwall-Sunk in den oberen Abschnitt des Projektperimeters.

Abbildung 2-12
Übersicht über die
Wasserkraftanlagen im
Perimeter, sowie die
drei wesentlichen
Kraftwerksstandorte.



Auch diverse Seitengewässer zwischen Sedrun und Disentis (Val Nalps, Val Gierm, Val Crusch) werden energetisch genutzt, haben aber eher geringe Einflüsse auf die Abflusscharakteristik des Hauptstroms. Im weiteren Verlauf folgen weitere Kraftwerke (KW Russein, KW Ferrera) zwischen Disentis und Tavanasa, die Stromerzeugung erfolgt durch die Nutzung des Russeinbach (Staubecken Barcuns) und des Ferrerabach. Vor allem das KW Russein führt zu Schwall-Sunk im Vorderrhein.

Ab **WF Tavanasa** wird eine dynamische Restwassermenge dotiert, der Hauptteil der von weiter flussaufwärts gesammelten Wassermassen wird über einen Druckstollen weitergeleitet. Die Stromproduktion und somit auch die Wasserrückgabe in den Vorderrhein erfolgt in Ilanz. Im Zwischeneinzugsgebiet des Vorderrheins ab WF Tavanasa liegen noch die Wasserrückgaben der KW Frisal, KW Tschär und KW Ladril. Diese beeinflussen auch den Abfluss des Vorderrheins.

Die gesamte betrachtete Rheinstrecke von Rueras bis Tavanasa (VR-1 – VR-5) ist durch niedrige Restwasserabflüsse geprägt, die für die Stromerzeugung genutzten Wassermassen stehen dem Gewässersystem somit nicht zu Verfügung. Hinzu kommen stellenweise Schwall-Sunk-Betrieb bedingt durch verschiedene Kraftwerksstandorte (Tabelle 2-6). Unterhalb des **Kraftwerks Ilanz** erfolgt die wesentliche Wasserrückgabe in den Vorderrhein, dieser ist im weiteren Verlauf stark von Schwall-Sunk geprägt.

Tabelle 2-6: Untersuchungsabschnitte im Verlauf des Vorderrheins zwischen Sedrun und Ilanz und Auswirkungen der Wasserkraft

Untersuchungsabschnitt		Streckencharakteristik		
		Gewässerverlauf	Wasserführung	Sonstige Einflüsse Wasserkraft
102	Einmündung Ual Val Val – Wasserfassung Sedrun	Natürlicher Verlauf, steil, natürliche Uferstruktur	Restwasser, geringer Schwall- Sunk	Stauregulierung Sedrun Einflüsse der KW Val Giuv, Spülungen erfolgen meist jährlich
103	Wasserfassung Sedrun – Rein da Medel	Natürlicher Verlauf, enge Schluchten, naturnahe Ufer	Restwasser	Stauregulierung Sedrun ab. Kleinere WF Val Gierm, Val da Crusch
104	Rein da Medel – Val Russein	Natürlicher Verlauf, naturnahe Ufer, Aufweitung des Flussraumes	Restwasser	Stauregulierung Sedrun ab. Wasserfassung Baselgia, Rein da Medel, Wasserfassung Rein da Plattas beide Gemeindegebiet Medel
105	Val Russein – Wasserfassung Tavanasa	Kanalisierte Verlauf, kaum Varianz, teilweise verbaute Ufer	Restwasser Schwall-Sunk ab Russein, Ferrerabach	Schwall-Sunk Regulierung durch KW Russein und KW Ferrerabach, bisher jährliche Spülungen Spülungen Runcahez jährlich, bisher im Frühjahr, nun ab Herbst
106	WF Tavanasa – Wasserrückgabe Ilanz	Kanalisierte Verlauf, kaum Varianz, teilweise verbaute Ufer	Restwasser Schwall-Sunk ab Mutteins	Überläufe WF Tavanasa bei Hochwasser, Spülungen AB Tavanasa bis dato jährlich im Frühling April, ab 2024 neu im August KW Frisal; KW Tscharbach & KW Ladril mit geringen Abflussmengen. Spülungen je nach Bedarf
	Ab Wasserrückgabe Ilanz	Kanalisierte Verlauf, kaum Varianz, teilweise verbaute Ufer	Rückgabe ab Ilanz, starker Schwall-Sunk Effekt	

3 Ergebnisse

3.1 Fischbestand

Der Fischbestand des Untersuchungsperimeters im Vorderrhein wird von Forelle (Bachforelle und Seeforelle) und Groppe geprägt.⁹ Eindeutige Nachweise von adulten Seeforellen wurden – vermutlich aufgrund der Befischungszeiträume ausserhalb der Laichzeit – nicht erbracht. Es wurden jedoch sehr unterschiedliche Erscheinungsformen der Bachforelle festgestellt, einzelne Individuen zeigten eine deutliche Silberfärbung, die auf die Smoltform der Seeforelle hindeuten kann (Abbildung 3-1). Auch Sichtungen von Seeforellen im Aufstieg bei Tavanasa (siehe unten) lassen darauf schliessen, dass der Aufstieg der Tiere aus dem Bodensee erfolgt.

*Tabelle 3-1:
Bachforellenbestände
im Vorderrhein: gefan-
gene Forellen, Fisch-
dichte gefangen, be-
rechnet (nach DeLury),
Fangeffizienz, Bio-
masse und Bewertung
der Bestände nach
Modulstufenkonzept.
*) gutachterlich evtl.
Aufzuwerten
**) geschätzt*

Stelle	Anzahl Fische gefangen	Fischdichte gefangen [Ind./ha]	Fang- effizienz	Fischbestand berechnet [Ind./ha]	Biomasse berechnet [kg/ha]	Modulstufe F Bewertung «Fische»
F-VR-1	114	805	0,13	3'289	111,7	«mässig»*
F-VR-2	50	286	0,89	288	11,9	«mässig»
F-VR-3	1'529	2'543	0,65	2'961	62,8	«gut»
F-VR-4	54	149	0,50	199	8,0	«mässig»
F-VR-5	117	328	0,52	285	8,7	«mässig»
F-VR-6	18	39	0,5**	78	0,9	«mässig»

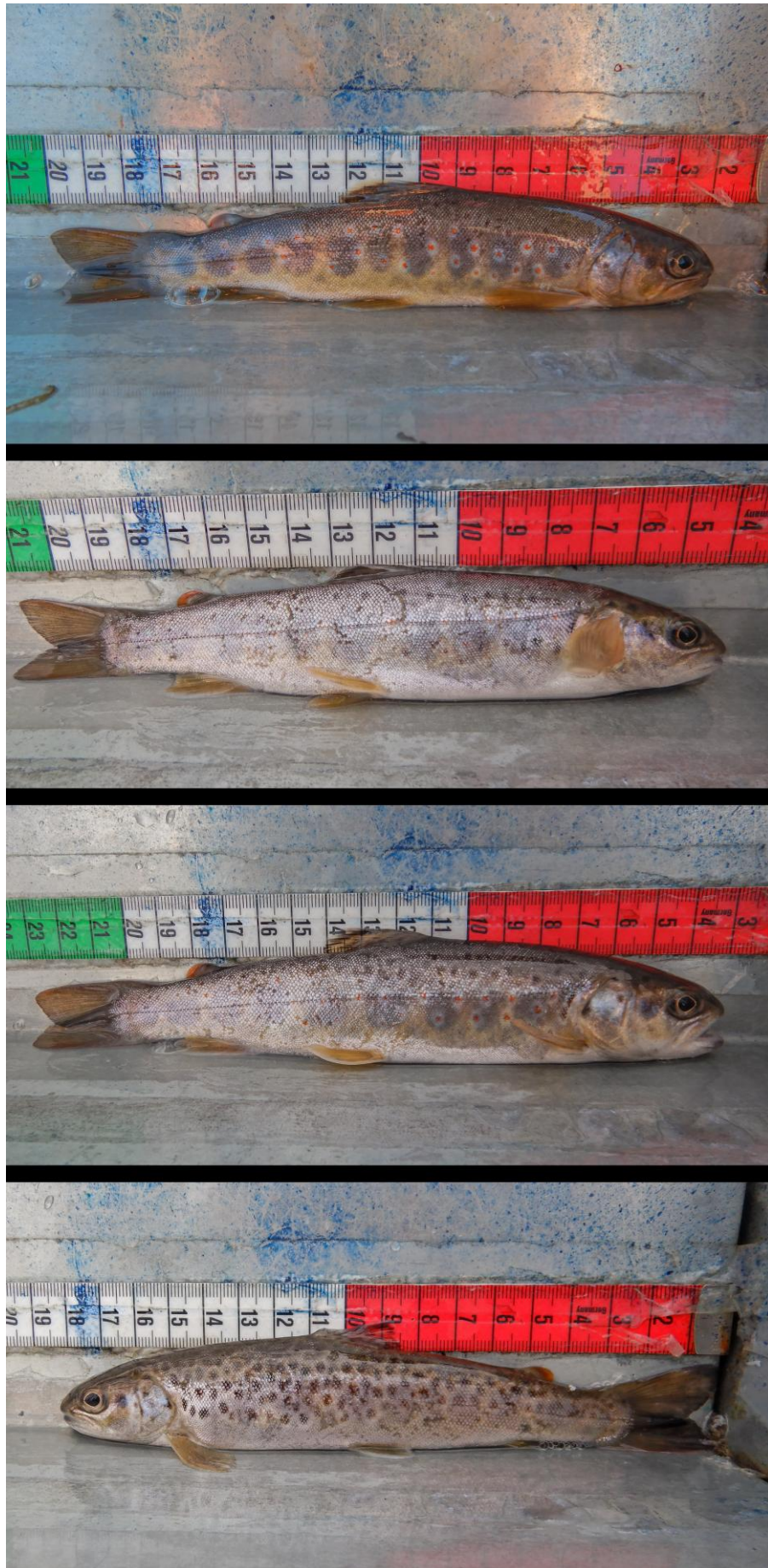
Probestelle VR-1

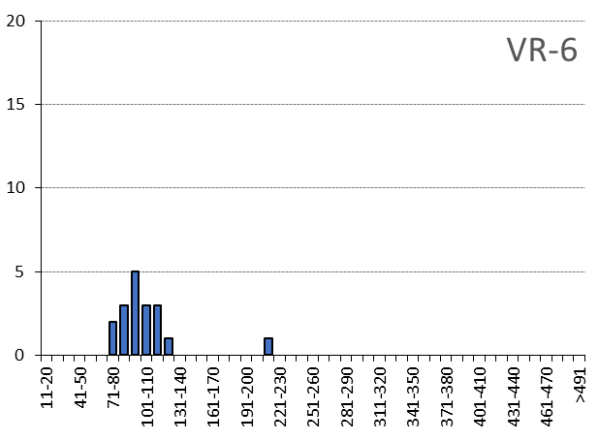
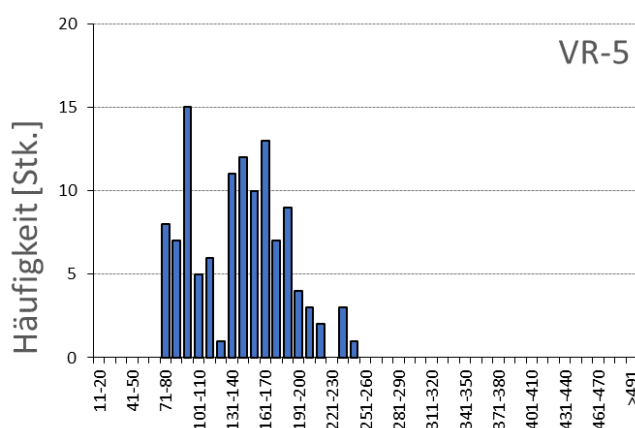
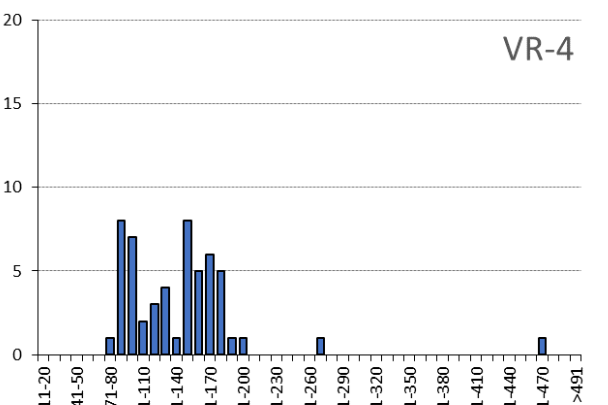
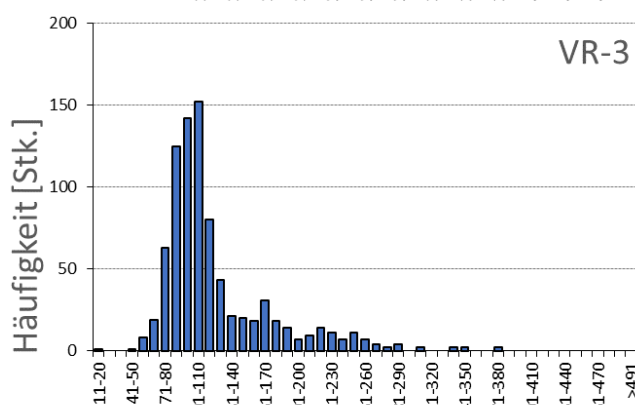
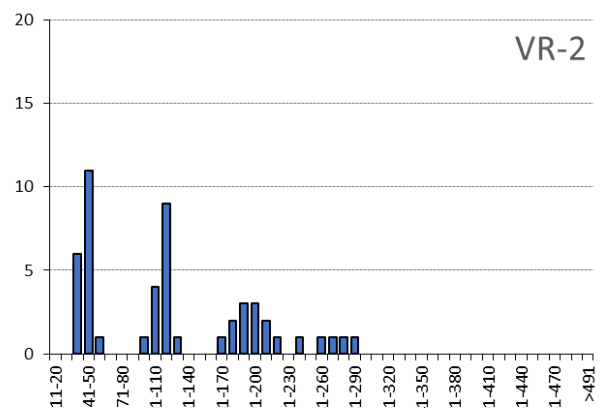
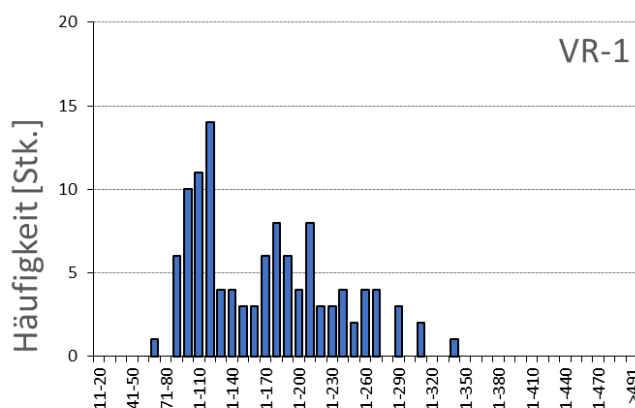
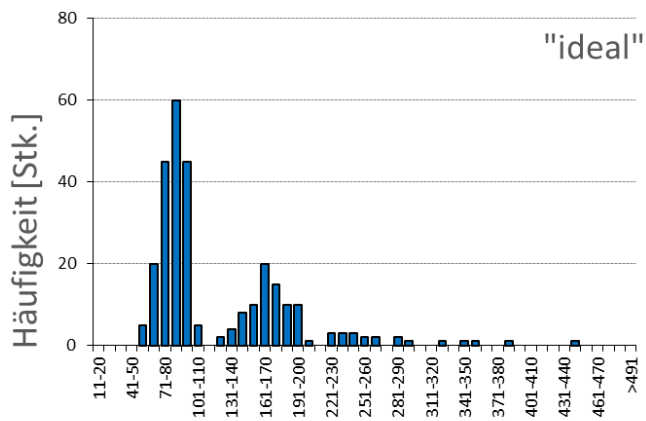
Bei der Befischung im August 2021 wurden in zwei Durchgängen jeweils ca. 0,14 ha Wasserfläche befischt, aufgrund eines natürlichen Hindernisses konnte bei niedrigen sommerlichen Abflüssen auf eine Absperrung des oberen Endes der Befischungstrecke verzichtet werden. Insgesamt konnten 114 Forellen bei einer Fangeffizienz von 13% gefangen werden.

Die mittlere Grösse der Tiere lag bei 16,5 cm, der Konditionsindex bei 1,09 (Tabelle 3-2). Die Altersstruktur/Grössenverteilung der Forellen lässt auf eine erfolgreiche Fortpflanzung schliessen (Abbildung 3-2). Der Anteil an 0+-Forellen (ca. 30 Sömmerlinge) war allerdings sehr gering (siehe auch 3.3). Der dazu im Vergleich hohe Anteil an Jährlingen deutet darauf hin, dass es immer wieder eine gute Reproduktion gibt, es im Frühjahr 2021 möglicherweise zu grösseren, hochwasserbedingten Ausfällen kam (siehe 3.5). Bei einem «gesunden» Fischbestand würde man deutliche Jahrgangskohorten (0+, 1+, 2+, ...) erwarten, mit einer Dominanz der Jungfische und einer Abnahme der Individuenhäufigkeit mit zunehmender Grösse. Von den 114 Fischen waren 8% Massfische (zwischen 26 und 34 cm) in diesem Abschnitt vorhanden.

An VR-1 scheinen sowohl die Jungfischdichte als auch das Vorhandensein grosser, alter Tiere geringer ausgeprägt zu sein, als zu erwarten wäre. Die «mässige» Bewertung nach MSK Stufe F ergibt sich vor allem aus einer Abwertung durch die Alterstruktur und die Fischdichte. Aufgrund der Höhenlage muss die Probestelle knapp als «voralpin» eingestuft werden, was zu einer höheren Vorgabe der Fischdichte als im alpinen Raum führt. Die Gewässercharakteristik lassen allerdings darauf schliessen, dass eine Bewertung für alpine Standorte naheliegender ist, nach der die Bestandsdichte und die Gesamtbewertung «gut» ergeben würde.

Abbildung 3-1:
Bandbreite an
Phänotypen der
Bachforelle im
Voderrhein





Totallänge [mm]

Totallänge [mm]

Abbildung 3-2: Längenverteilung der fischereilich erfassten Forellen in den Probestrecken des Vorderrheins.

VR-3: unterschiedliche Achsendimension; Forellen kleiner 20 cm in der Abbildung unterrepräsentiert (siehe Text). Ideale Verteilung eines Forellenbestandes abgeändert aus Modulstufenkonzept Fische Stufe F.¹⁰

Sowohl berechnete Individuenzahlen als auch Biomasse waren innerhalb der höchstgelegenen Strecke des Vorderrheins höher als an allen anderen Strecken (Tabelle 3-1). Die Diskrepanz zwischen gefangenen Fischen und berechnetem Bestand liegt an der geringen Fangeffizienz.

Bei einer späteren Stauraumpülung der Wasserfassung Sedrun im August 2023 wurden Fische durch die entstandenen, hohen Abflüsse von oberhalb eingedrifft. Diese wurden nach Schliessung der Schleusen durch Mitarbeiter des AJs geborgen (zwei Befischungen Sep./Okt. 2023) und nach oberhalb versetzt. Bei diesen Befischungen wurden 455 Forellen gefangen, der Grossteil der Tiere war zwischen 10 und 30 cm gross.

Probestelle VR-2

Bei der Befischung der Strecke «VR-2» im Juni 2022 wurden 50 Bachforellen gefangen, die zwischen 4,0 und 28,9 cm lang waren (Mittlere Länge 12,0 cm). Der Konditionsindex der Tiere lag bei 1,05, die Fangeffizienz war mit 89% sehr hoch. Erfreulich war der relativ hohe Anteil von 0+ Forellen (Abbildung 3-2), ein direkter Vergleich mit VR-1 ist allerdings nur bedingt möglich, da die Untersuchung in einem anderen Jahr stattfand. Neben den 0+ Tieren waren ausgeprägte Jungfischkohorten vorhanden (1+, 2+), Massfische waren ca. 6% der erfassten Tiere, Forellen grösser dem Entnahmefenster (>34 cm) fehlten in der Bestandserfassung jedoch vollständig. Die geschätzte Biomasse lag mit 11 kg/ha deutlich unter der von VR-1 oder VR-3. Der Forellenbestand wird nach MSK ebenfalls als «mässig» bewertet. Die Populationsstruktur (wenig 0+, Verhältnis 0+>0+) und vor allem die Fischdichte erniedrigen hier die Bewertung des Fischbestandes.

Probestelle VR-3

Die Strecke konnte im Juni 2022 aufgrund von zu hohen Abflüssen nicht effektiv genug befischt werden, daher wurde die Befischung im Oktober 2022 erfolgreich wiederholt. Dabei wurde die höchste Individuenzahl an Forellen im gesamten Projektperimeter festgestellt. Auf ca. 300 m Fliessstrecke wurden insgesamt 1'529 Forellen (hochgerechnet ca 3'000 Ind/ha) und 28 Groppen erfasst. Die Anzahl der behändigten Fische war so hoch, dass die Biometrieerfassung der Tiere angepasst werden musste, um das Wohlergehen der Tiere nicht zu gefährden und die Verweildauer in den Hälterungsbecken zu minimieren. So wurden bei 840 Individuen aus beiden Durchgängen das Gewicht und Länge exakt, für die restlichen 689 Fische nur die Grössenklassen erfasst (5 cm-Abstufung). Das Gewicht von Letzteren für die Ermittlung der Gesamtbiomasse wurde anhand einer Längen-Gewichts Korrelation ermittelt. In der Abbildung sind nur die tatsächlich gemessenen Fische dargestellt (ca. 55% aller gefangenen Bachforellen). Die restlichen Fische wurden in Grössenklassen 5-10, 10-15, 15-20 cm geschätzt, alle Individuen >20 cm wurden gemessen.

Die Bachforelle zeigt bei insgesamt hoher Fangzahl/Abundanz eine «gute» und natürliche Populationsstruktur mit einem deutlich sichtbaren und dominierenden Jahrgang (0+). Die Abwertung der Gesamteinschätzung erfolgt nur durch die Populationsstruktur des Forellenbestandes (Verhältnis von 0+ zu Rest). Nur sehr vereinzelt wurden auch Forellen grösser 30 cm nachgewiesen, der Anteil an Tieren im Fangmass betrug nur knapp 1%. In diesen schnell fliessenden Abschnitt mit variabler Morphometrie wurde mit 65% eine vergleichsweise hohe Fangwahrscheinlichkeit erreicht. Der mittlere KI der Individuen lag bei 0,98, dieser Wert wurde auch bei der

ersten Befischung im Frühsommer erreicht (ca. 200 Individuen, KI 0,99). Der Konditionsindex lag damit etwas niedriger als weiter flussaufwärts. Bei einem Index um 1,0 ist trotz des hohen Bestandes noch von keiner Nahrungslimitierung auszugehen.

Probestelle VR-4

In diesem kanalartigen, geradlinigen Abschnitt des Vorderrheins wurden 54 Bachforellen und eine Groppe erfasst, die Fangwahrscheinlichkeit betrug 50%. Die mittlere Grösse der Bachforellen betrug 13,9 cm, der KI der Tiere belief sich auf sehr niedrige 0,87. Dies deutet auf eine schlechte Ernährungssituation und/oder erhöhten Stress hin. Auffällig war, dass bei 11% der Individuen Verletzungen auftraten. Dies waren zumeist Bissspuren (Abbildung 3-3) oder Flossenverletzungen.

Die Altersverteilung lässt erkennen, dass Jungfische (1+, 2+) vorhanden sind, Brütlinge waren aufgrund der frühen Saison (Befischung im Februar) nicht zu erwarten. Allerdings konnten hier lediglich eine Forelle grösser 45 cm und ein Tier im Fangmass (2% der Ind.) erfasst werden, ein Fehlen der älteren Jahrgangsklassen ist offenkundig. Der Fischbestand dieses Abschnittes kann als «mässig» bezeichnet werden, dies vor allem bedingt durch eine sehr geringe nachgewiesene Fischdichte.

Abbildung 3-3:
Verletzung einer
Bachforelle.



Probestelle VR-5

Bei der Bestandserfassung in diesem Rheinabschnitt wurden in zwei Durchgängen 117 Forellen und 25 Groppen gefangen. Die Fangwahrscheinlichkeit für Forellen betrug 52%. Die Tiere waren zwischen 7,0 und 24,9 cm lang, die mittlere Länge betrug 14,2 cm, der KI lag bei tiefen 0,83. Die Verletzungsrate war mit 1,7% etwas erhöht. Es handelte sich meist um nicht eindeutig zuordbare Bissspuren (siehe auch Anhang A.2).

Der Bestand an Forellen wird nach MSK bei recht niedriger Fangzahl mit «mässig» bewertet. Die Abwertung erfolgte auch hier durch die geringe Forellendichte und eingeschränkte Populationsstruktur. Die Altersklassen bis ca. 20 cm (1+, 2+) konnten nachgewiesen werden, adulte Bachforellen grösser 25 cm (Fangmass 26–34 cm) und 0+ Fische (aufgrund der Jahreszeit) konnten nicht nachgewiesen werden.

Probestelle VR-6

Aufgrund der sehr geringen Fangzahl von 18 Forellen nach dem ersten Durchgang wurde auf einen zweiten Durchgang verzichtet. Die Fische waren zwischen 8 und 22 cm lang (mittlere Länge: 10,6 cm), bis auf ein einzelnes Individuum fehlten Fische >14 cm vollständig (siehe Abbildung 3-2). Der mittlere Konditionsindex der Fische war der niedrigste im gesamten Untersuchungsperimeter und betrug lediglich 0,81. Auch hier dürften Nahrungsmangel und/oder Stress verantwortlich sein.

Der Bestand wurde mit der angenommen Fangwahrscheinlichkeit von 50%, entsprechend der benachbarten Strecken 4 und 5, berechnet. Damit ergibt sich ein geringer Fischbestand (0,9 kg/ha). Auch hier erfolgt die Abwertung der Modulstufenbewertung anhand der geringen Fischdichte und der Populationsstruktur.

Fischgesundheit

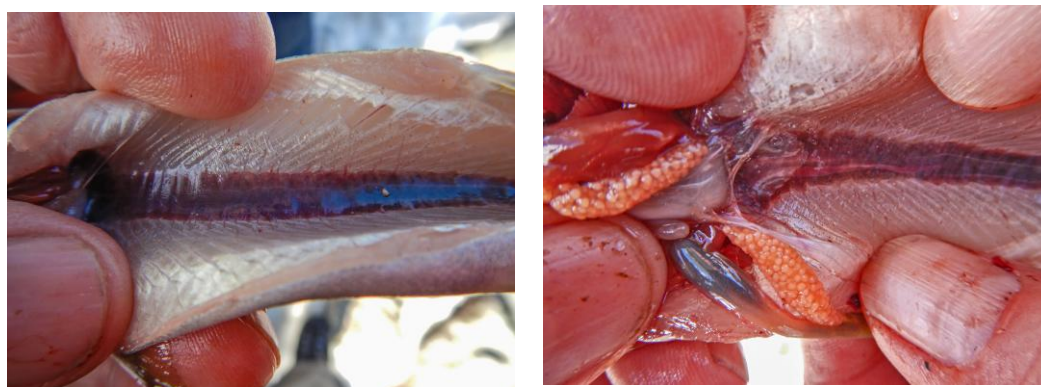
*Tabelle 3-2:
Konditionsindex KI und
Verletzungshäufigkeit
der fischereilich erfas-
sten Forellen im
Vorderrhein.*

	min. KI	max. KI	mittlerer KI	Anteil verletzter Fische [%]
F-VR-1	0,85	1,65	1,09	0,88
F-VR-2	0,81	1,24	1,05	0,0
F-VR-3	0,60	1,56	1,00	0,71
F-VR-4	0,65	1,14	0,87	11,11
F-VR-5	0,52	1,17	0,83	1,72
F-VR-6	0,59	1,01	0,81	0,0

Auffallend ist, dass der Konditionsindex der Fische im Verlauf der Fliegsstrecke abnimmt (Tabelle 3-2). Wurden bei den Abschnitten VR-1–3 Werte von im Mittel >1,0 ermittelt, so sanken diese an den Abschnitten VR-4–6 auf teils deutlich unter 0,9 ab. In den Abschnitten VR-1 und VR-2 dürfte Nahrung kein limitierender Faktor gewesen sein, im naturnahen VR-3 könnte die hohe Fischdichte auch bei gut vorhandenem MZB zu einer Limitierung geführt haben. Ein Index von «1» wird allerdings noch als «gut» angesehen. Von VR-4 flussabwärts war der Konditionsindex der Forellen deutlich reduziert. Als Ursache kommt hier vor allem eine reduzierte Ernährung in Frage. Zusätzlich kann auch ein erhöhter Stress oder vergrößerte Wege zur Nahrungsaufnahme zu einem geringen Konditionsindex führen. Dies könnte auch durch eine Zunahme hydromorphologische Stressoren bedingt sein (Zunahme Schwall-Sunk im Verlauf des Rheins, siehe 2.7).

Der einzig geschädigte Fisch bei VR-1 wurde vermutlich von einem Graureiher («Stich») verletzt. Erhöhte Verletzungsraten und Fischschädigungen traten im unteren Abschnitt des Untersuchungsperimeters auf (zwischen Disentis und Trun), dies waren vornehmlich Kratzer, Biss- und Schwanzflossenverletzungen (vor allem in VR-4). In einzelnen Fällen kann auf eine erfolglose Fischotterattacke geschlossen werden. Auch bei VR-3 und VR-5 wurden bei einzelnen Individuen ähnliche Verletzungen nachgewiesen (Kratzer, Flossenschäden, Bisswunden; siehe Anhang A.2), die aber nicht eindeutig einer erfolglosen Otterattacke zuzuordnen sind.

*Abbildung 3-4:
typische, gesunde
Niere (oben) und leicht
vergrößerte, knotige
Niere (rechts).*



Im Feld wurden einigen Fischen der Bauchraum geöffnet und der Zustand der Nieren untersucht (Abbildung 3-4). Bei Auffälligkeiten der Nieren (Körnigkeit, Vergrößerung, asymmetrische Form, ungerader Rand) wurden diese Tiere im Labor der nationalen

Fischuntersuchungsstelle des Zentrums für Fisch und Wildtiermedizin (FIWI) in Bern untersucht. Die untersuchten Fische aus den Gebieten Mises las Cavorgias (VR-2), Pardomat (VR-3) sowie Lumneins (VR-5) waren gemäss den Prüfberichten des FIWI alle PKD negativ.

3.2 Reproduktionspotential

Die umfangreiche Erfassung potenzieller Laichflächen lässt erkennen, dass die Gesamtflächen an geeignetem Laichsubstrat im Projektperimeter ungleich verteilt sind. Sind im oberen Abschnitt (zwischen und Disentis VR-1 bis VR3) zumeist nur kleine Fläche vereinzelt vorhanden (geringe mittlere Ausdehnung, geringer Anteil an benetzter Fläche), nimmt mit zunehmender Laufstrecke sowohl der Anteil als auch die Ausdehnung geeigneter Laichflächen zu. Dies entspricht in manchen Abschnitten des Vorderrheins der erwartbaren Substratverteilung eines Gewässers mit (vor-)alpinem Charakter (Abschnitt VR-1 bis VR-3), in dem feinere Substratklassen natürlicherweise selten vertreten sind. Wobei hier lokal auch ein Geschieberückhalt durch die Stauhaltungen mitverantwortlich sein könnte. Dies wurde für den Abschnitt bis Sedrun aufgezeigt, allgemein ist das Geschiebedefizit im Perimeter als vernachlässigbar eingestuft.¹¹

*Tabelle 3-3:
Potenziell geeignete
Laichflächen für Forellen im Vorderrhein.
Anmerkung: Flächen
von VR-4 flussabwärts
zu grossen Teilen
während Eientwick-
lungszeit umgelagert.*

Abschnitt		Abschnitts- länge	Potenziell geeignete Laichflächen			
			Anzahl	Fläche [m²]	Anteil [%]	Mittlere Ausdehnung [m²]
		[km / ha]				
102	VR-1-O	0,9/0,9	6	70	0,8%	11,6
102	VR-1	0,9/1,2	7	20	0,2%	2,9
103	VR-1-U	1,2/1,7	19	175	1,0%	9,2
103	VR-2	0,6/0,8	16	117	1,4%	7,3
104	Camping	2,0/6,1	38	897	1,5%	23,6
Schon	VR-3	1,3/5,4	20	1'185	2,2%	60,3
105	VR-3-U	4,2/11,5	55	4'745	4,1%	87,5
105	VR-4	0,6/1,4	18	293	2,1%	16,3
105	VR-4 Aue	1,2/5,3	7	598	1,1%	86,9
105	VR-5	1,7/7,5	34	4'110	5,5%	121,0
106	Tavanasa	0,9/2,2	8	866	3,9%	109,2
106	ARA	1,8/6,8	23	4'794	7,1%	209,5
106	VR-6	1,1/4,1	17	4'626	11,4%	282,1

Im Rahmen der Substraterfassungen sind zwei für die Interpretation der Ergebnisse wichtige Punkte aufgetreten:

- Die Eignung als Laichhabitat nimmt im Flusslauf durch zunehmende Umlagerungswahrscheinlichkeit während der Eientwicklungszeit ab (Erläuterung siehe unten).
- Die erfassten Substratflächen stellen eventuell nicht den Normalzustand dar. So wurden bei VR-4 bis VR-6 während der Befischungen (vor allem VR-6 im Februar 2022) teils deutlich weniger geeignete Substrate als während der Luftbildaufnahmen (November 2022/23) festgestellt. Die Hochwasser dürften zu einem frischen Kieseintrag geführt haben.

Mit Zunahme der Fliessstrecke verliert der Vorderrhein seinen hochalpinen Charakter (hohe Abstürze, hohes Gefälle) und wird zu einem aufgeweiteten Talfluss. Auf der anderen Seite nimmt der Anteil an feinerem Substrat zu (Grob- bis Feinkies, Korngrössen < 6 cm). Somit steht den Forellen auch mehr potenzielles Laichsubstrat zur Verfügung. Bei entsprechender Eignung und sofern diese Flächen auch bei der vorhandenen Restwassersituation dauerhaft überströmt sind und nicht während der Eientwicklungszeit durch Hochwasser umgelagert werden, können schon vermeintlich kleine Laichflächen letztendlich für ausreichend viele Brütlinge sorgen. Dagegen scheinen hydrologische Beeinträchtigungen im Perimeter die Larvalentwicklung und das Abwachsen zu Adulten zu beeinträchtigen (siehe 3.5 und 4.2). Insgesamt kommen ausgedehnte Laichmöglichkeiten nur lokal begrenzt vor.¹¹ In den flachen, monoton fliessenden Abschnitten unterhalb VR-5 (Trun bis Waltensburg) sind vor allem grössere, zusammenhängende Kiesflächen zu verorten (siehe Zunahme der mittleren Ausdehnung, Tabelle 3-3). Letztere werden allerdings leicht auch während der Eientwicklungszeit umgelagert.

Einen grossen Einfluss auf die tatsächliche Nutzbarkeit des Substrats hat eine mögliche Umlagerungssensitivität nach der Eiablage (Oktober/November) bis zur Emergenz der Forellenlarven im Frühjahr. Hierbei unterschieden sich die verschiedenen Abschnitte in den Wintern 2022/2023 deutlich. Im oberen Bereich sind zwar nur wenig Flächen vorhanden, diese zeigen allerdings kaum Anzeichen von Umlagerungen während der Eientwicklungszeit. Dies ist erkennbar an Kieselalgenaufwuchs (braune Flächen auf den groben Felsen und Steinen, Abbildung 3-5). Vergleicht man dies mit den ausgedehnten Kiesflächen im unteren Teil des Perimeters (schon in Teilen in VR-3 zu beobachten, bei VR-4,-5,-6 sehr deutlich erkennbar), sind die betrachteten Flächen auffällig »hell«, also frisch umgelagert. Dies war Folge der Hochwasserdynamiken im Herbst und Winter 2022 und 2023, die zu einer Umlagerung nicht nur der feinen Substratpartikel in der Gewässersohle führte (vergleichbar gleich grosse Steine scheinen »blass«, Abbildung 3-5 rechts). Hier wurde die meisten Flächen geeigneter Substratgrössen noch während der Eientwicklungszeit zumindest oberflächlich umgelagert. Da eine Aussage über die Tiefe der Umlagerung nur schwer möglich ist, lässt sich auch nicht sicher bestimmen, wie stark die Reproduktion beeinträchtigt wurde.

Folglich kann man im Unterlauf des Perimeters von ausgedehnten Kiesflächen ausgehen, die aber durch Abflussspitzen ihrer Eignung als stabile Laichfläche verlieren können. Zugleich gibt es besonders wenige grosse Laichtiere, die diese Flächen nutzen könnten.

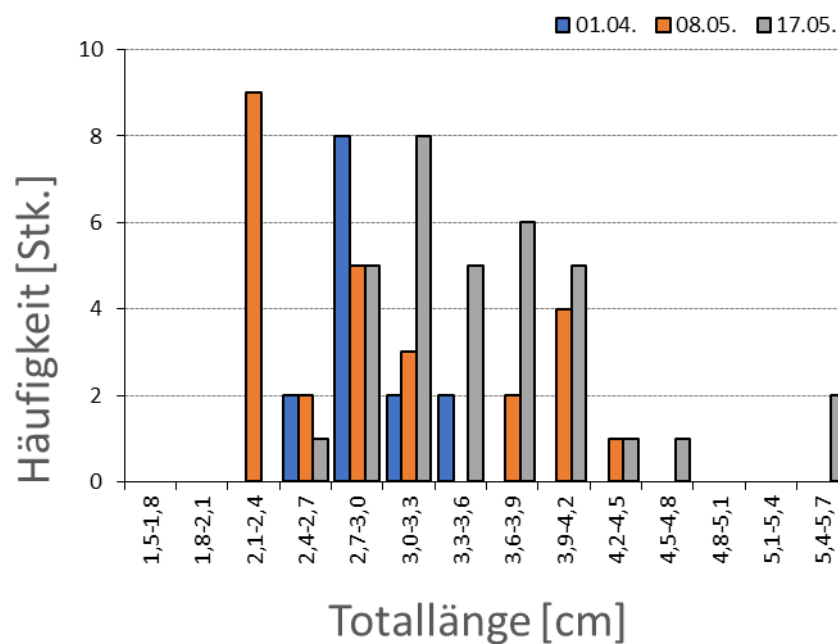


Abbildung 3-5: Links (VR-1): Deutlich erkennbar ist der „braune“ Kieselalgenauswuchs auf nicht umgelagerten Steinen und Felsen
Rechts (VR-6): In weiter Stromab gelegenen Abschnitten wurde durch Hochwässer das Substrat umgelagert. Der Grob-/Kies erscheint heller, Kieselalgen sind kaum mehr zu erkennen.

3.3 Reproduktionserfolg

Bei der Untersuchung der Jungfischbestände wurden insgesamt ca. 1'000 Brütlinge erfasst, ein Teil dieser Tiere wurde vermessen ($n = 76$). Die Brütlinge waren in der Regel zwischen 2,0 und 4,5 cm gross, vereinzelt Individuen waren bereits grösser als 5 cm (Abbildung 3-6). Waren im April generell noch wenig Tiere nachweisbar, so erhöhte sich deren Anzahl bis Anfang/Mitte Mai natürlicherweise mit fortschreitendem Schlupf. Zum späteren Zeitpunkt hielten sich alle Fische aktiv schwimmend in strömungsberuhigten Bereichen ufernah auf, hatten keinen erkennbaren Dottersack mehr und wiesen eine dunkle Färbung auf.

Abbildung 3-6:
Längenverteilung der
Forellenbrütlinge im
Frühjahr 2023.



Die meisten Brütlinge wurden in den naturnahen Bereichen in VR-3 (Schongebiet) und im Bereich der Strecke Tavanasa (zwischen den Strassenbrücken) gefunden, hier fliesst der Rhein noch unkanalisiert in seinem naturnahen Bett. Die Brütlinge waren zumeist

in strömungsarmen, deckungsreichen, ufernahen Strukturen zu finden. Diese beliefen sich auf wenige, lokale Abschnitte, so dass hier eine Häufung von Jungfischen erfasst werden konnte (Tabelle 3-4; Anhang A.2). Sehr niedrige Brütlingsdichten wurden im Abschnitt VR-1 nachgewiesen, hier wurde trotz idealer Befischungsbedingungen und ausgedehnter Befischungsstrecke (>400 m) nur ein Brütling gefunden. Dies bestätigt die dort gefundenen geringen Anzahlen an Jungfischen während der übrigen Elektrobefischungen. In den übrigen Streckenabschnitten waren die Fischdichten niedrig (meist um 10 Ind./100 m).

Die höchsten gefundenen Brütlingsdichten decken sich mit den bereits bekannten Forellenlaichgebieten. Da die Strecken bei Tavanasa und der ARA zudem als Seeforellenlaichgebiet bekannt sind, könnte es sich auch um Seeforellenbrütlinge gehandelt haben die nur teilweise zur Rekrutierung der lokalen Bachforellenpopulation beitragen.¹² Eine Unterscheidung der Brütlinge der beiden Morphen der Forelle ist nicht möglich.

Ein starker Rückgang der Brütlingsdichte war zwischen der Schonstrecke VR-3 und den direkt nachfolgenden Abschnitten zu beobachten. Dazwischen liegt der Zufluss Aua dal Russein mit dem KW Russein. Die meist jährliche Spülung fand 14.06.2023 deutlich nach den Brütlingsbefischungen statt (08.-17.05.2023). Der hier beobachtete geringe Dichte an Brütlingen könnte am Schwall/Sunk-Betrieb des Kraftwerks liegen.

Tabelle 3-4:
Anzahl erfasster Bach-
forellen sowie Brütlinge
im Vorderrhein im
Frühjahr 2023.

Strecke	Forellen	Brütlinge	
	Gesamt	Gesamt	pro 100m
VR-1	121	1	0,2
VR-2	125	31	10,5
VR-3	746	378	62,5
VR-4	88	42	18,8
«VR-4 Aue»	64	22	7,1
VR-5	156	42	8,9
«Tavanasa»	410	310	105,1
«ARA»	184	98	29,0
VR-6	59	37	11,4

3.4 Nahrungsgrundlage

Der Hauptbestandteil des Makrozoobenthos im Vorderrhein waren die sogenannten EPT-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera: Eintags-, Stein- und Köcherfliegen), sowie Zweiflügler (Diptera) (Abbildung 3-7). Milben (Acari), Würmer (Oligochaeten) oder Käfer (Coleoptera) waren nur in wenigen Proben (VR-1 und 2) und in sehr geringen Anteilen überhaupt nachweisbar. Die höchsten Individuendichten (3'000 Ind./m²) und auch die höchsten Biomassen (15–20 g/m²) waren im Bereich VR-2 und VR-3 anzutreffen. Details der Taxaliste findet sich im Anhang (A.4).

Abbildung 3-7:
Makrozoobenthos im
Vorderrhein.
Dargestellt sind
Individuen pro m²
Gewässergrund.

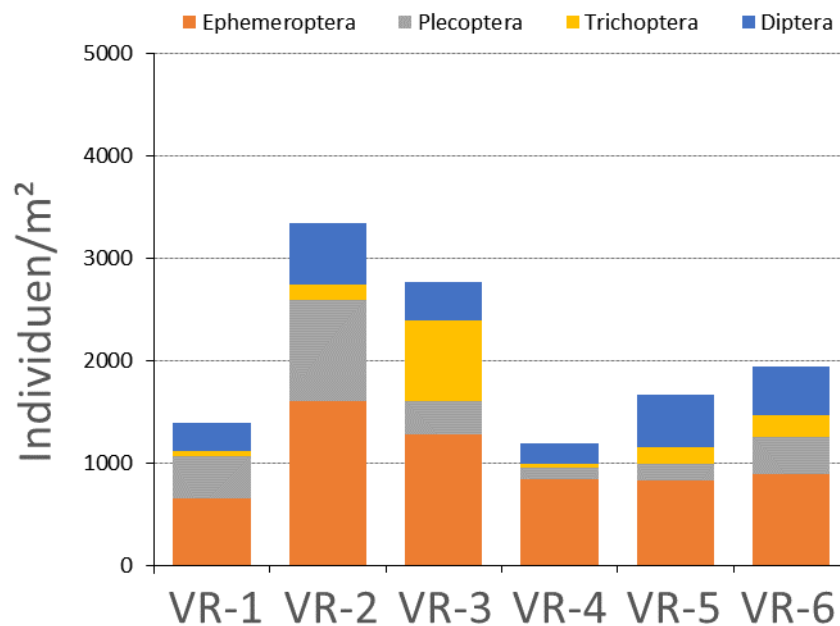
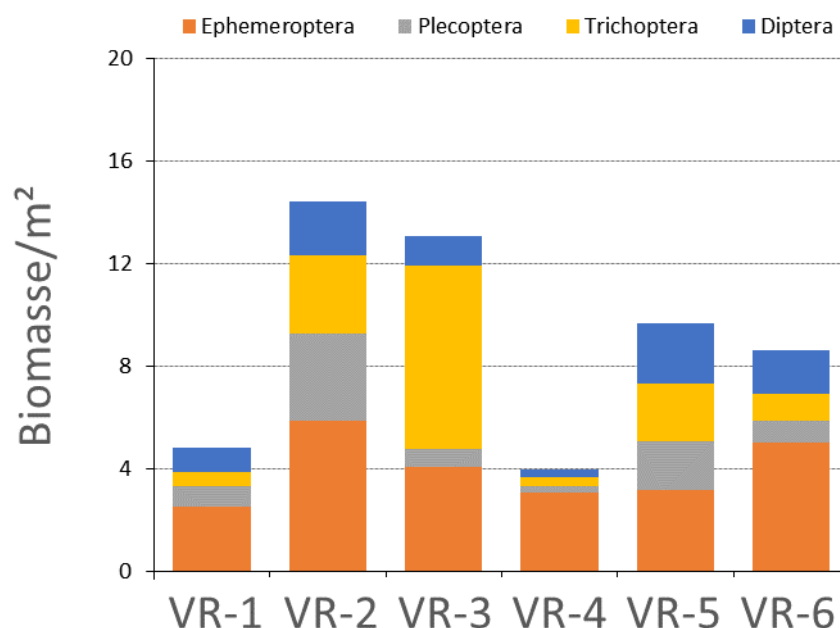


Abbildung 3-8:
Makrozoobenthos-
dichten im Vorderrhein.
Dargestellt ist die
Biomasse pro m².



In den Darstellungen werden keine Organismengruppen dargestellt, die mit weniger als 10 Individuen über alle Probestellen nachgewiesen wurden. Dies betrifft Oligochaeta (0 Ind.), Arcari (1 Ind.) und Coleoptera (9 Ind. resp. 18 Ind/m²), diese traten nur an Probestelle VR-1 und VR-2 auf.

Die Bewertung von Zusammensetzung und Menge (Häufigkeitsklassen) des MZB nach Modulstufenkonzept F⁸ lag je nach Probestelle zwischen «mässig» bis «sehr gut». Dabei führten vor allem fehlende Indikator taxa an den Stelle VR-4 bis VR-6 zur Abwertung. Insgesamt nahm die Bewertung mit der Fließstrecke ab. Normalerweise nimmt die Taxazahl im Flusslauf zu, die Ergebnisse zeigen daher eine Beeinträchtigung an.

Für Forellen von grösserer Relevanz ist allerdings nicht das Vorkommen von seltenen Taxa, sondern Gesamtabundanz und verfügbare Biomasse. Bei deren Betrachtung

müssen die Stellen VR-1 bis VR-3 von den unterhalb gelegenen Strecken betrachtet werden. Bei VR-1 bis VR-3 konnte die gesamte Gewässerbreite beprobt werden, die Werte sind daher für den dortigen Vorderrhein repräsentativ. Bei den unterhalb gelegenen Stellen konnte ein Teil der stark strömenden Sohle nicht beprobt werden. In diesen Bereichen ist die Besiedlung mit MZB geringer. Über die gesamte Breite betrachtet, werden Dichte und Biomasse für VR-4 bis VR-6 etwas überschätzt.

Im oberen Bereich sind beide Werte an den Stellen VR-2 und VR-3 gut und dürfte für eine gesunde Forellenpopulation nicht limitierend wirken, was sich auch in den Fangergebnisse (Dichte und Konditionsindex) widerspiegelte. Auffällig sind die geringen Dichten bei VR-1. Alpine Gewässer mit stark variabler Wasserführung beherbergen natürlicherweise weniger MZB, der hier beobachtete Effekt könnte aber auch durch einzelne Hochwasser oder ungünstige Restwasserführung verursacht worden sein. Die beobachtete Dichte, zusammen mit dem dort ebenfalls guten Konditionsindex, deutet allerdings auf keinen Nahrungsmangel hin.

Bei den unteren Stellen ist das für Forellen verfügbare Benthos geringer. Durch den beschriebenen Probenahmeeffekt sogar merklich geringer als im oberen Vorderrhein.

Auffällig gering sind Dichten und Biomasse bei VR-4. Hier waren bereits bei der Probenahme ufernahe Feinsedimentablagerungen und dort auch eine deutliche Kolmation aufgefallen. An der sehr groben Sohle war die Kolmation dagegen wieder gering. Zumindest in den Arealen mit feinerem Substrat führt dies zu reduzierten MZB-Dichten. Ein guter Teil der vorhandenen Tiere kam zusätzlich geklumpt knapp unterhalb der Wasserlinie vor (Trichopteren auf Feinsediment) und ist daher für Forellen vermutlich schlechter verfügbar. Das beobachtete Feinsediment stammt vermutlich aus Spülungen des Staubereichs des Kraftwerk Russein. Der Schwall-Sunk-Betrieb kann dann zu einer zusätzlichen Verfestigung des Substrats führen. An den Stellen VR-5 und VR-6 ist das verfügbare MZB zwar wieder etwas mehr, aber weiterhin geringer als bei VR-2 und VR-3. Die bei den Forellen beobachteten, geringen Konditionsindizes deuten bereits auf einen gewissen Nahrungsmangel hin. Eine grössere Population dürfte sich in diesem Bereich nicht ernähren können.

Das MZB im Perimeter wurden in der Vergangenheit (1996, 2001, 2005) semiquantitativ zur Berechnung der Bonitierung erhoben. Der Biogene Faktor (B) – ein Mass für den Nährtierbestand (MZB) – wurde mit 1,5 bis 3,5 erfasst, dies entspricht nahrungsarmen ($B < 3$) bis mittleren ($B = 4-7$) Gewässern. Nahrungsarme Gewässer sind mit einem Nährtierbestand von 0 bis 10 g Frischgewicht/m² definiert.¹³ Auch wenn die damaligen Daten nicht genauer quantifiziert waren, so zeigt dies zumindest keine Änderung der MZB-Dichten an.

*Tabelle 3-5:
Bewertung des Makro-
zoobenthos im Vorder-
rhein nach Modulst-
ufenkonzept F.
Zusätzlich dargestellt
werden die Biomasse,
die Anzahl an EPT-Fa-
milien, die Diversitäts-
klasse DK und Indika-
torguppe IG.*

Probestelle	Gesamt-Biomasse	EPT-Familien	Diversitäts-klasse DK	Indikator- gruppe IG	IBCH-Bewertung
MZB-VR-1	5,4 g/m ²	8	0,7	1,0	«Sehr gut»
MZB-VR-2	17,5 g/m ²	6	0,7	1,0	«Sehr gut»
MZB-VR-3	20,2 g/m ²	8	0,6	1,0	«Gut»
MZB-VR-4	4,3 g/m ²	5	0,4	0,7	«Mässig»
MZB-VR-5	11,9 g/m ²	7	0,5	0,7	«Mässig»
MZB-VR-6	9,7 g/m ²	7	0,5	0,7	«Mässig»

Abbildung 3-9:
Köcherfliegenlarven im
Mageninhalt einer
Bachforelle.



Bei vereinzelt Forellen wurde – im Zuge der Niereninspektion (siehe 3.1 Fischgesundheit) – der Mageninhalt im Feld untersucht (Abbildung 3-9). Dabei wurden vereinzelt *Hydrurus* (Süßwasseralge), Chironomiden, sowie *Allogamus*, *Baetis* und *Ecdyonurus* (ETP-Taxa) nachgewiesen. Die Futternutzung entsprach im Wesentlichen dem häufigsten Futterdargebot im Gewässer.

3.5 Bewirtschaftung

Fangstatistik Vorderrhein

Wie im gesamten Kanton, ist auch die Angelfischerei im Vorderrhein in den letzten Jahren deutlich rückläufig (Abb. 3-5). Im Jahr 2023 bei aktuell 2'464 fischereilichen Ereignissen (Fischgängen) wurden rund 1'258 Fische gefangen (Abschnitt A1, Vorderrhein oberhalb Ilanz 102-106).^{1,14} Dabei handelt es sich zumeist um Bachforellen, einen weitaus geringeren Teil des Fangerfolgs machen Seeforellen oder Regenbogenforellen aus.

Perimeterweit kam es in den letzten Jahren zu deutlichen Einbussen beim Fang, stellenweise gingen über den Betrachtungszeitraum die Fangzahlen um >60% zurück (Abb. 3-10), in den letzten beiden Jahren ist ein kleiner Anstieg der Fangerfolge zu verzeichnen (FSA 103, 105, 106). Wie die Anzahl gefangener Fische ist auch die fischereiliche Effizienz (CPUE)^{1,14} in den letzten Jahren deutlich rückläufig mit stellenweisen Rückgängen von bis zu 41%. Es ist zu beobachten, dass die negative Entwicklung im Dekadenvergleich (2004-2013/2014-2023) über alle Abschnitte des Vorderrheins (FSA102-106) feststellbar ist. Ob die neuerlichen, leichten Zunahmen der Fänge (ab 2022) anhalten, bleibt abzuwarten. Der Fischfang ist als Indikator für den Fischbestand jedoch nur bedingt geeignet, da er auch stark von der fischereilichen Aktivität abhängig ist (Häufigkeit des Fischens und geeignete Standortwahl).

Die höchsten absoluten Fangzahlen und geringsten Rückgänge (aber immerhin noch 46%) waren im längsten Abschnitt FSA 105 zu verzeichnen, dieser Bereich liegt unterhalb der Schonstrecke Pardomat und kann vom guten Fischbestand um die Untersuchungsstrecke VR-3 (hohe Fangzahlen, gute Altersklassenverteilung) herum profitieren. Hier liegen auch die Abschnitte mit den höchsten Brüttingsdichten, die von aufsteigenden Seeforellen in ihrer Laichwanderung erreicht werden. In diesem Bereich scheint die Angelfischerei weniger starke Rückläufe zu verzeichnen (CPUE -27%).

Es wurde versucht, die fischereilichen Entnahmen der Bach- und Seeforellen in den hier näher untersuchten Abschnitten des Rheins (FSA 102-106) den in 3.1 ermittelten Fischbeständen gegenüberzustellen (siehe Anhang A.2). Hierfür wurde jeweils die in den einzelnen Untersuchungsstrecken ermittelten Bestände auf die Fläche des gesamten FSA-Abschnitts hochgerechnet. Dabei wurde zwischen Forellen unterschieden, welche in oder ausserhalb des Fangmasses liegen. Eine entsprechende

Abschätzung der Fischbestände der gesamten Abschnitte ist sicher fehlerbehaftet und darf daher nur als grober Anhaltspunkt dienen.

Die rückläufigen Fänge in der letzten Dekade sind zum Teil bedingt durch die Einführung des Fangfensters (ab 2020), aber auch vor dieser Reglementierung waren die langfristigen Fangzahlen in allen Abschnitten rückläufig. Ob die aktuell zu beobachteten kleinen Anstiege der Fangzahlen in einigen Abschnitten anhalten werden und möglicherweise eine Wirksamkeit der etablierten Schonmassnahmen aufzeigen, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu bewerten.

Die geschätzten in den Abschnitten vorhandenen Biomassen der Forellen innerhalb des Fangfensters bewegen sich in einer ähnlichen Grössenordnung wie die ebenfalls abgeschätzten, entnommene Biomasse (Tab. 3-6). Die Zahlen für die Fänge liegen sogar teilweise über denen der Bestände. Auch wenn vor allem die Bestandsschätzung mit grossen Fehlern behaftet sein können, so deuten die Zahlen auf einen signifikanten Einfluss der Fischerei auf.

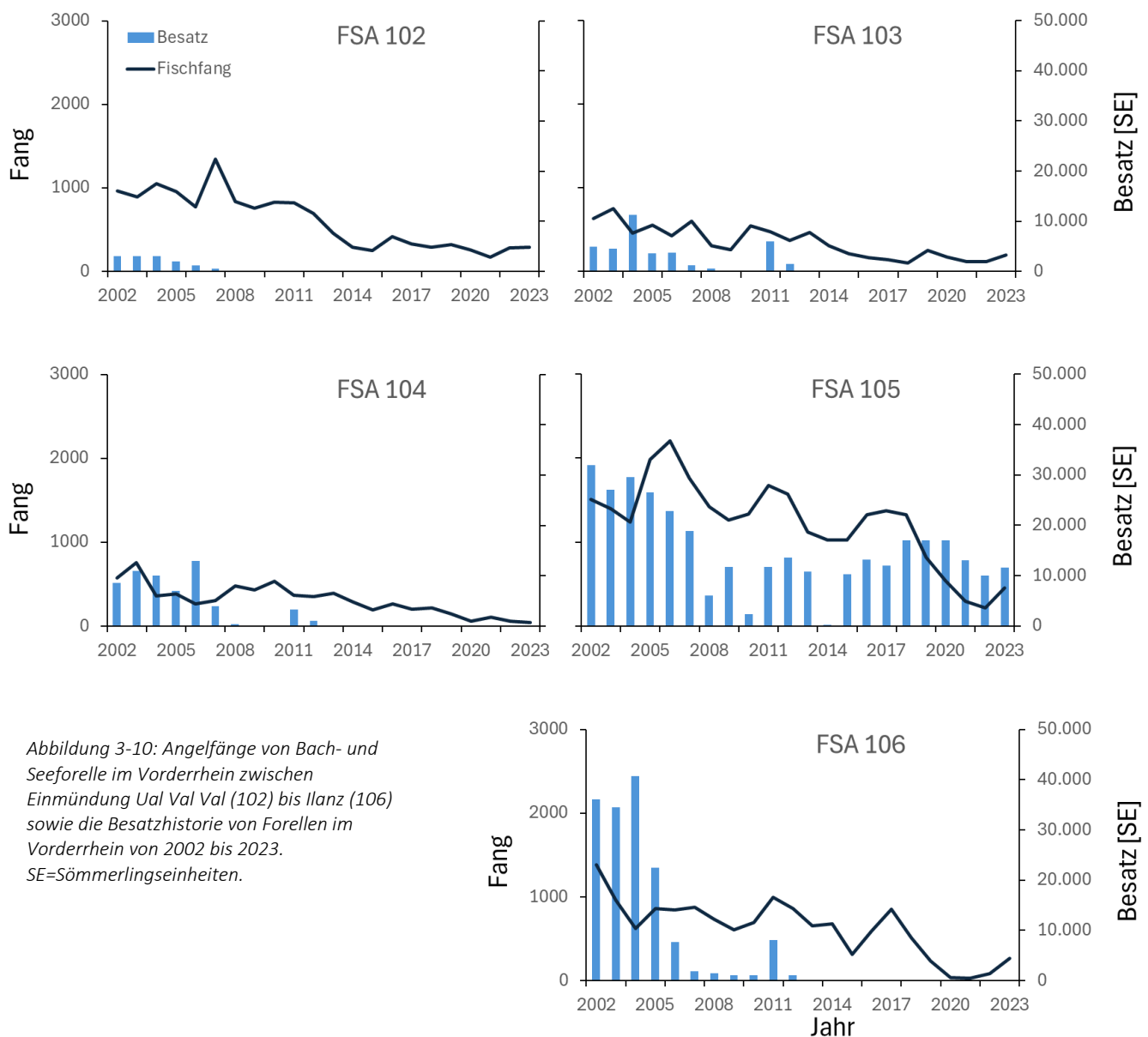


Abbildung 3-10: Angelfänge von Bach- und Seeforelle im Vorderrhein zwischen Einmündung Ual Val Val (102) bis Ilanz (106) sowie die Besatzhistorie von Forellen im Vorderrhein von 2002 bis 2023. SE=Sömmerlingseinheiten.

Die in der Tabelle geschätzten Bestandsdaten zeigen aber auch gleichzeitig, dass die Bestandsschätzungen anhand der einzelnen Befischungstrecken vor allem von VR-4 flussabwärts fehlerbehaftet sein dürften. In den elektrischen Befischungen der repräsentativen Abschnitte wurden streckenweise keine Individuen im Fangfenster nachgewiesen, entsprechende Tiere wurde in den letzten Jahren allerdings in den Vorderrheinabschnitten geangelt. Hier wurde der geschätzte Bestand vermutlich unterschätzt.

*Tabelle 3-6
Gegenüberstellung des
theoretischen Fischbe-
standes im Vorderrhein
und der Angelfischerei-
lichen Entnahmen.*

			geschätzter, hochgerechneter Bestand				geschätzte jährliche Entnahme		
FSA- Abschnitt	Fläche [ha]	Strecke	Gesamt		ausserhalb Fangfenster	im Fangfenster	2023	2014- 2023	2004- 2013
			[kg/ha]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	Jahresmittel [kg]	
102	3,1	VR-1	196,8	601	408	193	77	86	229
103	6,6	VR-2	11,9	79	56	23	54	52	122
104	7,3	VR-3	62,8	457	409	49	12	44	105
105	24,7	VR-4	8,0	198	185	14	128	251	455
		VR-5	8,7	215	215	0			
106	29,7	VR-6	0,5	27	27	0	77	107	227

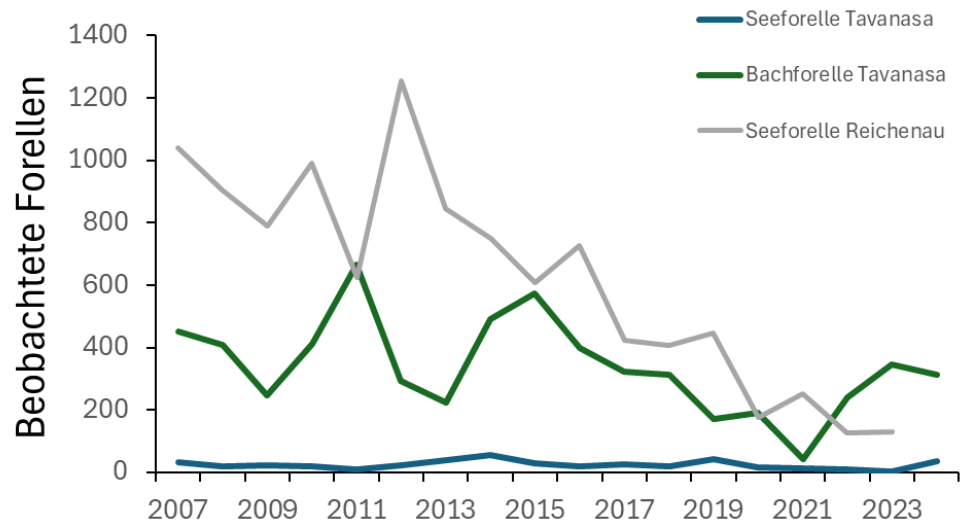
Besatzhistorie Vorderrhein

Im hier untersuchten Perimeter wurde die Besatztätigkeit ab 2009 demnach gegenüber früher deutlich reduziert, in den letzten Jahren wurde, durch Anpassungen der Besatzstrategien vermehrt ganz auf Besatz verzichtet.⁴ Nur im Bereich von der Einmündung Russein bis zur Wasserfassung Tavanasa (FSA 105) wird aktuell noch direkt im Vorderrhein besetzt (10'000–17'000 Sömmerlingseinheiten SöE zwischen 2020 und 2023), die Intensität soll nach der aktuellen Besatzstrategie jedoch weiter reduziert werden. Neben dem Hauptstrom werden aktuell auch die kleinen Seitengewässer im Abschnitt A1 (Vorderrhein oberhalb Ilanz) mit Forellen besetzt, insgesamt jedoch eher geringe Mengen (<2'000 SöE pro Gewässerabschnitt, Gesamtbesatz 32'000 SöE).

Aufstiegszahlen Seeforelle

Die aus dem Bodensee in den Alpenrhein aufwandernden Seeforellen werden unter anderem am Kraftwerk Reichenau und am Kraftwerk Tavanasa mittels Videoüberwachung (Reichenau) und Reusenkontrollen erfasst. Die rückläufigen Aufstiegszahlen aus dem Alpenrhein (Reichenau: von über 1'000 Fischen pro Jahr auf aktuell unter 200) können im Vorderrhein (Tavanasa) nur bedingt bestätigt werden (Abbildung 3-11). Für Vorderrhein wurden in einzelnen Jahren vergleichsweise hohe Aufstiegszahlen beobachtet (2007: 33; 2014: 54; 2019: 42; 2024: 35), jedoch waren auch immer wieder Jahre mit sehr geringer Wanderaktivität vorhanden (<10 Ind). Der Rückgang im Seeforellenbestand (weniger Fischfänge, weniger Aufsteiger) ist zumindest in den letzten 17 Jahren im Vorderrhein nicht anhand der Aufstiegszahlen zu belegen. Für die in der Fischtreppe Tavanasa nachgewiesenen Bachforellen könnte ein leichter, langfristiger Rückgang bestehen.

Abbildung 3-11
Erfasste See- und
Bachforellen am
Kraftwerk Reichenau
im Alpenrhein und
Kraftwerk Tavanasa im
Vorderrhein.



3.6 Abfluss und Wassertemperatur

Wassertemperatur

Die langjährige Aufzeichnung seit 2002 lässt erkennen, dass die Wassertemperaturen im Vorderrhein – vermutlich bedingt durch die Klimaerwärmung – leicht angestiegen sind (Abbildung 3-12, Anhang A.3). So erhöhte sich die mittlere Jahrestemperatur am Standort Ilanz von 6,2 °C auf 7,6 °C über die letzten 20 Jahre. Jahresmaximaltemperaturen über 15 °C – ab dieser wird das Infektionsrisiko von PKD für Fische erhöht¹⁵⁻¹⁸ – wurden erstmalig ab dem Jahr 2017 festgestellt, seitdem wurde diese Schwelle immer wieder überschritten (2017, 2018, 2022, 2023).

Abbildung 3-12:
langjährige Entwick-
lung der Wassertem-
peratur (Tagesmittel-
werte) im Vorderrhein
an der Station Ilanz
(BAFU).

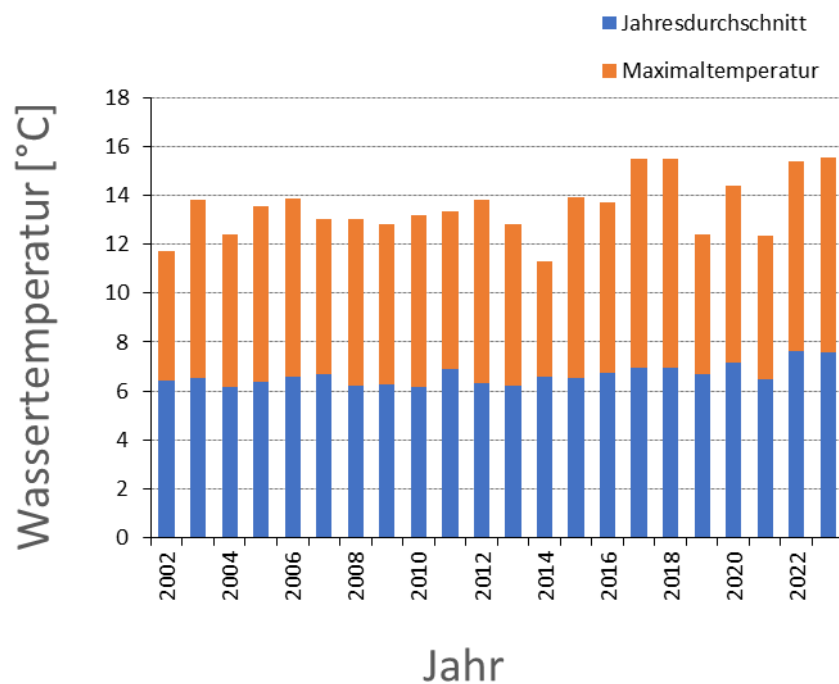
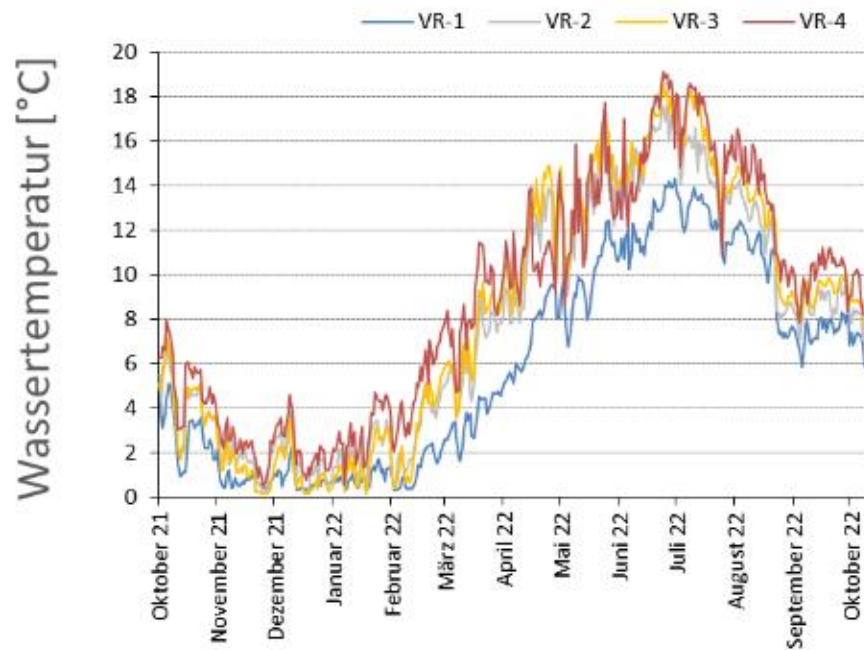


Abbildung 3-13:
Wassertemperatur im
Vorderrhein im Jahr
2021–2022 an vier
Abschnitten (VR-1-4).



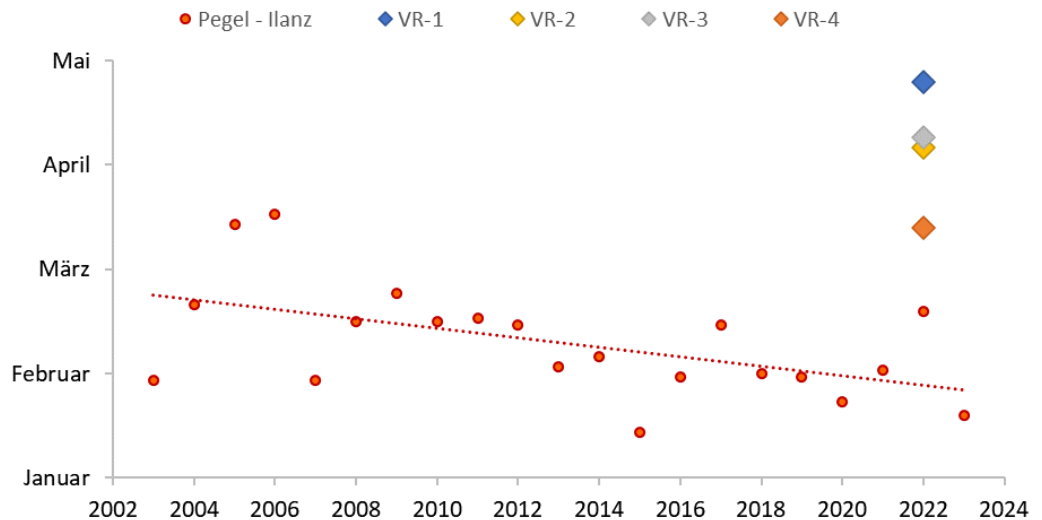
Für Forellen als kälteadaptierte Fische liegt der optimale Temperaturbereich für das Wachstum und die Aktivität zwischen 12 und 16 °C. Bereits ab 20–22 °C gelangen die Fische in den Bereich der Toleranz, über 25 °C werden die Wassertemperaturen kritisch.^{19,20} Die Messungen des AJFs an vier Gewässerabschnitten im Untersuchungsperimeter ergab eine jahreszeitliche Amplitude zwischen 0,1 und 19,1 °C (Abbildung 3-13). Wassertemperaturen über 20 °C wurden nicht dokumentiert.

Der Abschnitt VR-1 (blaue Kurve) oberhalb des Zusammenflusses Vorderrhein und Rein da Nalps ist vor allem im Frühjahr und Sommer deutlich kühler als die weiter stromab gelegenen Abschnitte (VR-2 bis VR-4).

Mit der Annahme, dass der Hauptzeitpunkt des Laichgeschäfts von Forellen im Vorderrhein jedes Jahr Anfang bis Mitte November stattfindet, kann aus den gemessenen Wassertemperaturen der theoretische Beginn der Emergenz von Bachforellenbrütlings aus dem Kieskörper ermittelt werden. Die aus dem Forellenei schlüpfenden Dottersacklarven bleiben noch eine Weile im Schutz des Kieskörpers. Das schützende Kieslückensystem verlassen sie ca. 300 Tagesgraden nach Eiablage (Herleitung der Abweichung gegenüber oft üblichen 400 Tagesgraden anhand der vorherrschenden Temperaturen, siehe ^{21,22}). Auch wenn diese theoretische Betrachtung Ungenauigkeiten beinhaltet, so können prinzipielle Effekte dargestellt werden.

Für den Vorderrhein bei Ilanz ist der angenommene Beginn des Schlupfs in den letzten Jahren sukzessive früher erreicht worden (Abbildung 3-14), so hat sich dieser von Anfang März auf Anfang Februar verschoben. Nicht nur die Sommerwassertemperaturen (Abbildung 3-12), auch im Winter hat sich das Wasser merklich erwärmt (Abbildung 3-14). Zwischen den vier unterschiedlichen Loggerstandorten im Vorderrhein beträgt der Unterschied des theoretischen Schlupfzeitpunkt knapp einen Monat (Abbildung 3-14).

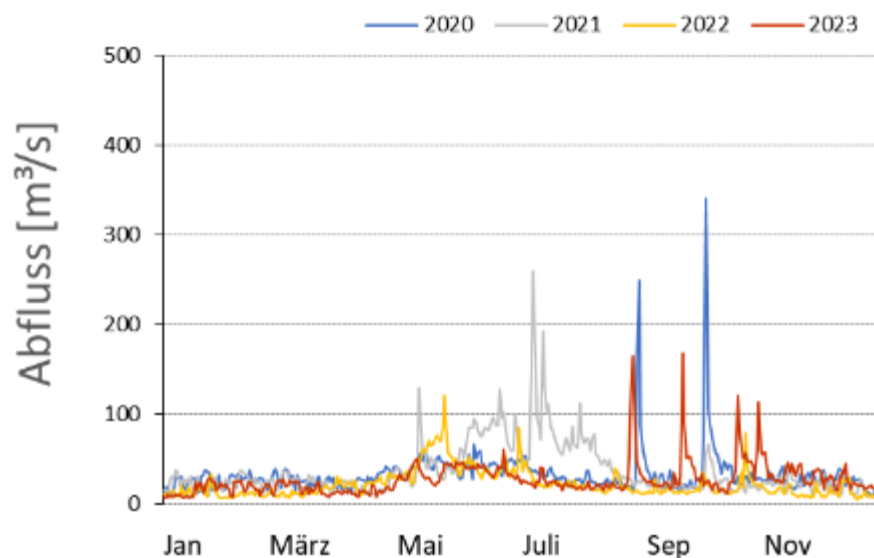
Abbildung 3-14:
Theoretisch ermittelter
Schlupfzeitpunkt von
Bachforellenbrütlingen
an unterschiedlichen
Standorten. Hier wird
eine Verweildauer von
300 Tagesgraden im
Interstitial angenom-
men (Details siehe
Text).



Abfluss

Aus der langjährigen Datenreihe des Pegels bei Illanz ist zu erkennen, dass der Abfluss des Vorderrheins im Wesentlichen durch Gletscher- und Schneeschmelze, das Regime ist glazio-nival geprägt ist. Im Durchschnitt beträgt der Abfluss des Vorderrheins bei Illanz $30 \text{ m}^3/\text{s}$ (Jahresmittel 1962–2023). Die Abflüsse sind im Winter bedingt durch Schneefälle im Einzugsgebiet gering (im Mittel bei ca. $20 \text{ m}^3/\text{s}$) und steigen im Zuge der Schneeschmelze ab April deutlich an. Höchste Abflüsse werden in der Regel im Mai bis Juli erreicht. Abflussspitzen über $100 \text{ m}^3/\text{s}$ treten regelmässig auf (Abbildung 3-15), Hochwasserwarnstufen von HQ2 ($>303 \text{ m}^3/\text{s}$), HQ5 ($> 430 \text{ m}^3/\text{s}$: 2008, 2011, 2012, 2020) oder sogar HQ30 ($> 641 \text{ m}^3/\text{s}$: 2008) konnten in den letzten Jahren vereinzelt beobachtet werden (2008).

Abbildung 3-15:
Abfluss des
Vorderrheins bei Illanz
in den letzten Jahren.



In den Jahren 2022 und 2023 kam es wiederholt zu Hochwasserabflüssen zu Ende der Laichzeit (Oktober-November), so dass eine Zuordnung der Laichgruben/-flächen nicht möglich war.

Bettbildende Abflüsse, bei denen die Sohle des Gewässers nachhaltig umgelagert wird,

sind besonders in und nach der Laichzeit der Forellen ein bestandsgefährdender Aspekt der Individualentwicklung. In der Vergangenheit haben Schwallversuche unterhalb Ilanz gezeigt, dass ab Abflüssen ab $70 \text{ m}^3/\text{s}$ mit einer Umlagerung des Substrats zu rechnen ist, daher wurde Abflüsse $> 70 \text{ m}^3/\text{s}$ während der Schonzeit der Forellen (Okt-Mai) betrachtet. In den letzten 20 Jahren kam es zu keiner wesentlichen Häufung dieser Abflüsse (Anhang A.4; $R^2 = 0,013$), die Winterhochwässer waren früher gleich häufig zu beobachten. Auch für eine theoretische Schwelle von $> 100 \text{ m}^3/\text{s}$ konnten keine Häufungen während der Larvalentwicklung festgestellt werden. Ausserhalb dieses Zeitfensters gab und gibt es regelmässig Hochwasser (Abbildung 3-15), diese wirken sich allerdings weniger auf die Reproduktion aus und ab dem Juvenilalter sind Forellen an Hochwasser gut angepasst.

4 Einflussfaktoren und Schlussfolgerungen

4.1 Bestandssituation Bachforelle

Bestandssituation Vorderrhein

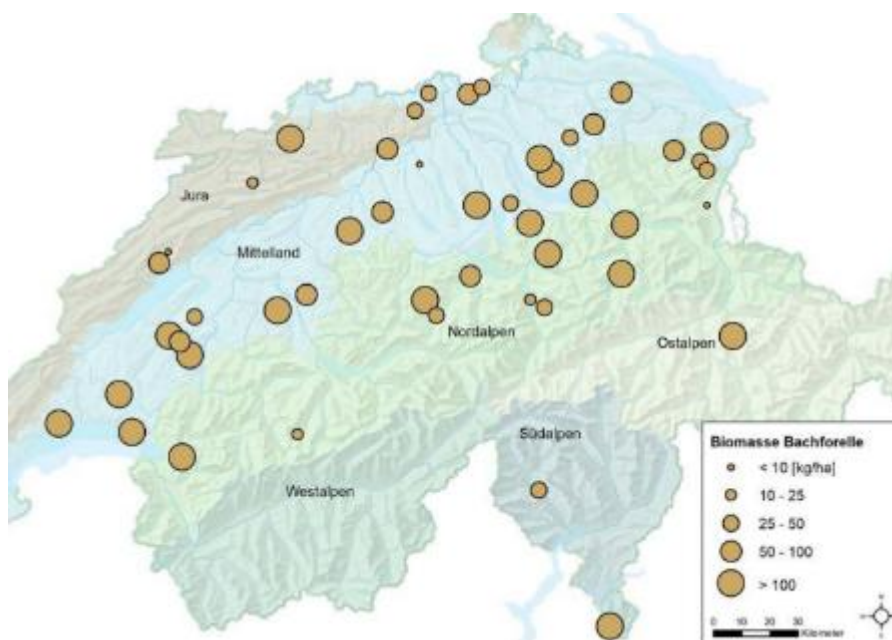
Die Situation der Forelle im Vorderrhein ist vielerorts ernüchternd, die hier befischten Abschnitte bestätigten die geringen Fischereierfolge. Oberhalb Sedrun ist der Forellenbestand von subadulten bis adulten Tieren dominiert, 0+ und Individuen über 30 cm scheinen zu fehlen. Auch im weiteren Verlauf des Flusses wurden kaum grössere Individuen nachgewiesen die oberhalb der minimalen Fanggrösse lagen und sich daher vermutlich bereits reproduziert hatten. Einzig der Abschnitt VR-3 in der Schonstrecke Pardomat weist eine gute Bestandsstruktur für Bachforellen aus, hier wurden die höchsten Fischdichten im Perimeter nachgewiesen und auch der Anteil an Fischen mit Fangmass war respektabel. Unterhalb sind die Bachforellenbestände wieder deutlich geringer, der Bachforellenbestand im Vorderrhein zwischen Cumpadials und Ilanz hat sehr geringe Fischdichten. Dies spiegelt sich auch in der Bewertung im Vorderrhein nach Modulstufenkonzept Stufe F wider, hier erfolgt mehrheitlich lediglich eine «mässige» Einschätzung der Fischbesiedlung.

Auch die Biomasse ist teilweise sehr gering (0,9 kg/ha in VR-6) oder gering (8,0/8,7 kg/ha in VR-4/VR-5). Nur in VR-1 und VR-3 sind die Dichten mit bis zu 111,7 kg/ha gut. Die Biomasse bei VR-6 ist sogar noch geringer als innerhalb der stark schwallbeinträchtigten Strecke unterhalb von Ilanz (2,9 kg/ha im Jahr 2019), wobei hier auch eine andere Erhebungsmethode zum Einsatz kam.²³ Im Untersuchungsbereich liegen die höheren Dichten alle in Abschnitten mit natürlicher oder naturnaher Gewässerstruktur (VR-1 bis VR-3). Die geringsten Fischdichten waren dagegen in den monotonen Gewässerabschnitten VR-4 bis VR-6. Diese liegen zudem im Schwallenfluss des Zufluss Aua Russein durch das dort gelegene KW Russein und das bei Mutteins gelegene KW Frisal. Diese Wasserstandsregulierungen haben allerdings eine geringere Amplitude wie die Schwall-Sunk Einflüsse unterhalb Ilanz und wirken daher vermutlich nur auf kurzer Fliessstrecke.

Die hier nachgewiesenen Biomassen (0,9–111,7 kg/ha) lassen sich mit anderen Forellenbeständen in den Schweizer Alpen vergleichen.²⁴ Die quantitative Bewertung der Fischbestände in der gesamten Schweiz lassen kein Regionales Muster erkennen, hohe oder mittlere Fischdichten konnten in allen untersuchten biogeografischen Regionen beobachtet werden (Abb. 4-1).

Grundsätzlich bleibt festzustellen, dass im Bachforellenbestand in allen hier untersuchten Abschnitten grösserer Individuen (>30 cm) zu fehlen scheinen, dies bestätigt die Ergebnisse früherer Studien und allgemeiner Beobachtungen von Seiten der Anglerschaft und des AJFs. Diese hat mit grosser Sicherheit einen negativen Einfluss auf die Reproduktionsleistung und somit langfristig auf den Forellenbestand im Vorderrhein.

Abbildung 4-1
Verteilung von Bachforellenbiomassen in Schweizer Gewässern.
Entnommen und verändert nach: Ninck et al. 2021



Aufgrund des mittlerweile sehr geringen Fischbestands dürften die Entnahmen durch die Fischerei heute einen relevanten Teil der Population betreffen, auch wenn die Fänge ebenfalls rückläufig sind. Hierauf weist neben der groben Gegenüberstellung von Fängen und Beständen auch die positiven Ergebnisse für die Schonstrecke (Pardomat) im Perimeter hin.

4.2 Reproduktionspotential

Insgesamt gibt es im Vorderrhein wenig für Forellen geeignetes Laichhabitat, es dominiert sehr grobes Substrat. Im oberen Teil ist dies vor allem der Gewässercharakteristik, vor allem dem starken Gefälle geschuldet. Hier liegen die geeigneten Substrate oft zerstreut und in kleinen Bereichen vor, im weiteren Verlauf erhöht sich der Anteil und die Ausdehnung von Flächen geeigneter Substratgrößen. Diese Flächen scheinen in ihrer Stabilität für eine erfolgreiche Reproduktion aber nur bedingt geeignet zu sein, in Folge der hohen Abflusssdynamiken kam es in den Beobachtungsjahren im aufgeweiteten Gewässerbett mehrfach zu Geschiebetransport und grossräumigen Umlagerungen. Diese Umlagerungen scheinen allerdings nur die oberen Kiesschichten zu betreffen, eine erhebliche Beeinträchtigung der Laichnester war nicht zu beobachten. Die gefundenen Brütlingsdichten im Gewässerverlauf deuten jedoch an, dass diese Flächen im gesamten System für eine erfolgreiche Reproduktion bis zum Schlupf der Brütlinge im Frühjahr ausreichen kann. Mit Ausnahme des Abschnitts VR-1 konnten im gesamten Perimeter Brütlinge erfasst werden. Da kein Zusammenhang von Laichangebot und Brütlingsdichte vorliegt, dürfte bei jetzigem Fischbestand eine Limitierung der Laichflächen nicht vorliegen. Die zu geringe Rekrutierung an Nachkommen dürfte meist während der Larval/Brütlingszeit der Forellen liegen. Bereits für die Laichentwicklung ungünstig sind allerdings die von VR-4 flussabwärts immer wieder stattfindenden Verluste von möglichen Laichgruben durch Hochwasser. Dieser Effekt ist in grösseren Flüssen häufig zu finden. Forellen reagieren hierauf auch mit einer Verlagerung der Reproduktion in den Oberlauf oder in Zuflüsse. Nach dem Schlupf sind die Forellenlarven noch sehr empfindlich. In diesem Zeitraum sind sie für Schwall-Sunk sehr anfällig. In den kanalisierten Abschnitten (VR-4 bis VR-6) führt die eintönige Gewässerstruktur auf vielen Abschnitten zu einem Mangel

Adulthabitaten. Tiefe Wasserzüge, Kolke, grosse Steine, Totholz und andere strukturgebende Elemente sind selten. Dies gepaart mit einer geringer Breiten- und Tiefenvariabilität des Hauptgerinnes – vor allem unterhalb Tavanasa – ist das Angebot an Fischhabitaten für adulte Fische nicht ideal.¹⁴ Juvenilhabitate sind ufernah vorhanden, dürften bei stabiler Abflusssituation daher nicht limitierend wirken. Aus früheren Studien im Vorderrhein wurde beurteilt, dass die Habitatbedingungen im hier untersuchten Perimeter für das Laichgeschäft und die Juvenilentwicklung geeignet ist.²¹ Die Auswertung der Luftbilder und die Brütlingsbestände konnten diese Annahme teilweise bestätigen (siehe 3.2 und 3.3). Im Projektperimeter sind die Laichsubstrate ausreichend verfügbar und werden von den Forellen erfolgreich angenommen. Kiesschüttungen oder Geschiebezugaben dürften die Situation nicht verbessern.

4.3 Laichgeschäft

Neben lokal vorkommenden Bachforellen spielt die Seeforelle einen grossen Einfluss im Laichgeschäft im Vorderrhein. Die in den Vorderrhein aufsteigenden Seeforellen wandern vom Bodensee auf und werden dabei am Kraftwerk Reichenau und der Wasserfassung Tavanasa erfasst. Vereinzelt werden dort Tiere bereits sehr früh im Jahr detektiert, der Hauptteil der Seeforellen wandert ab September. Das Ende der Hauptwanderzeit von Seeforellen liegt in der Regel fast durchgehend im November, teilweise noch in den Dezember hinein.²²

Im Projektperimeter weisen früheren Berechnungen und die Beobachtungen der zuständigen Fischereiaufsicht (Roland Tomaschett) auf eine Laichzeit von Seeforellen zwischen Anfang Oktober bis Ende November hin, ortstreue Bachforellen laichen dagegen zumeist früher. Im Rahmen der Laichhabitatkartierungen zur Schwall-Sunk Sanierung im Vorderrhein konnten im Jahr 2016 frische Seeforellenlaichgruben Ende November beobachtet werden. Aufgrund der vorherrschenden Hochwasserlage in den Jahren 2022 und 2023 konnte eine vergleichbare Untersuchung nicht durchgeführt werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass auch in der zurückliegenden Periode die Hauptaktivität des Laichgeschäfts der Seeforellen Mitte/Ende November abgeschlossen war.

Neben der Entwicklung des Laichs ist auch die Verweildauer der Forellen-Dottersacklarven im Kieskörper temperaturabhängig.²⁵ In früheren Erhebungen wurde ermittelt, dass die empfindliche Larvalzeiten (Eireifung, Schlupf, Dottersackphase, Verlassen des Kieslückensystems) der Forelle im Vorderrhein zwischen Mitte März und Ende Mai liegt.²² Auch wenn diese Annahmen für Streckenabschnitte unterhalb des hier untersuchten Parameters erhoben wurden, konnten die aktuell erfassten Larvaldaten diese Zeiträume weitestgehend bestätigen: Waren zu Beginn der theoretischen Larvalzeit (Anfang April) erst an einzelnen Stellen geschlüpfte Brütlinge nachweisbar, konnten diese Mitte Mai bereits an allen Abschnitten erfasst werden. Der Schlupfzeitraum zieht sich dann über mehrere Wochen, wie eine vergleichende Untersuchung im Jahr 2024 aufzeigen konnte. Hier wurden noch Anfang Juni frisch geschlüpfte Brütlinge von 2 cm Länge erfasst.

Auffällig war das Fehlen von Brütlingen im naturnahen Bereich mit relativ hoher Fischdichte bei VR-1. Dort konnte trotz ausgedehnter Befischung kein Nachweis einer erfolgreichen Reproduktion im Winter 2022/23 erbracht werden. Es ist durchaus möglich, dass noch die Tiere im Kieslückensystem verblieben waren oder sehr schwer aus dem schnellfliessenden Abschnitt (mit wenig geeigneten Jungfischhabitaten) zu bergen waren. Das Fehlen von 0+-Forellen bereits während der Bestandserhebung im Sommer 2021 trotz hoher Fischdichten deutet auf einen weitgehenden Ausfall der

Reproduktion in einzelnen Jahren hin. Zusätzlich können auch die vorherrschenden Substratbedingungen und die schwierige Erreichbarkeit des Abschnitts die Naturverlaichung in diesem Abschnitt einschränken. Die 2021 gefundene Altersverteilung deutet ansonsten auf ein erfolgreiches Abwachsen in den Jahren mit erfolgreicher Reproduktion hin. Aufgrund der aktuellen Erkenntnisse könnte eine erneute Brütlingsbefischung im Frühjahr 2025 zu mehreren Zeitpunkten (z.B. Anfang April bis Ende Juni) diese Ergebnisse stützen und die relevanten sensiblen Zeiträume der Larvalentwicklung hervorheben.

Bis auf die Untersuchungsstelle VR-1, sind die gefundenen Larvaldichten perimeterweit durchaus mit anderen Gewässern der Voralpen vergleichbar^{26,27} und weisen den Vorderrhein in der Restwasserstrecke durchweg als Laichgewässer mit einer funktionierenden Naturverlaichung aus. Jedoch deuten die vorhandenen Laichbedingungen, die gefundenen Brütlingszahlen und der Einfluss von Schwall-Sunk auf eine eingeschränkte natürliche Rekrutierung mit möglichen Ausfällen in den nachwachsenden Jahrgängen hin. In Bereichen mit Schwall-Sunk können diese Ausfälle bereits während der Larvalzeit erfolgen. Mit Ausnahme der Schwall-Sunk-Strecke ab Illanz ist geeignetes Laichhabitat zwar reduziert und streckenweise nur lokal vorhanden, es kann sich aber meist eine für den Populationserhalt nötige Menge an Brütlingen entwickeln.

Fischbesatz

Von Seiten des AJFs wurde im hier untersuchten Perimeter in den letzten Jahren vermehrt auf Besatz verzichtet, die Besatztätigkeit wurde demnach gegenüber früher deutlich reduziert.⁴ Änderungen der Besatzstrategie in der Vergangenheit zeigten keine offensichtliche Auswirkung auf den bereits damals (sehr niedrigen) Fang von Forellen.

Die in den letzten Jahren umgesetzte Strategie der Besatzreduktion von Sömmerlingen kann in weiten Teilen des Perimeters durch das vorhandene Potential für die Reproduktion (Habitat vorhanden und erfolgreiche Naturverlaichung) bestätigt werden. Trotz vorhandener Defizite in Abfluss (Schwall-Sunk, Restwasser) und Habitat (stellenweise Kolmation) ist im gesamten Perimeter eine erfolgreiche Naturverlaichung nachweisbar. Indizien weisen hier weniger die Larvalentwicklung als eher die Jungfischentwicklung als möglichen kritischen Schritt der Ontogenese hin.

Um mögliche Defizite in der Populationsstruktur aufzudecken, könnte punktuell eine Anpassung der Besatzart (vermehrter Besatz von Jährlingen) erfolgen. Dies könnte an Abschnitten erfolgen, in denen ältere Jahrgänge sehr gering ausgeprägt sind oder Jährlinge in der natürlichen Altersstruktur fehlen (VR-4–VR-6), oder die hydrologischen Begebenheiten auf deutliche Defizite hinweisen (z.B. unterhalb Russein).

4.4 Nahrungsgrundlage

In den ersten Wochen nach dem Schlüpfen leben die jungen Bachforellen von den Nährstoffen, die in ihrem Dottersack gespeichert sind. Sobald der Dottersack aufgebraucht ist, beginnen die jungen Bachforellen, aktiv nach Nahrung zu suchen. Dieser Übergang ist kritisch, da die Jungfische lernen müssen, selbstständig Nahrung zu fangen. In dieser Phase ernähren sie sich hauptsächlich von sehr kleinem, treibendem Makrozoobenthos, unterhalb von Stillgewässern könnte auch Zooplankton hinzukommen. Mit Heranwachsen steigt der Anteil an benthischer Nahrung, Bachforellen fressen nun eine Vielzahl von Wasserinsekten und deren Larven, darunter Eintagsfliegen, Köcherfliegen, Steinfliegen oder Libellenlarven. Auch fallen nun kleine Fische unter ihre Nahrungspräferenzen.

Makrozoobenthos

Das Nährtierangebot für Bachforellen im Vorderrhein ist in allen Untersuchungsabschnitten als gut bis für den aktuellen Forellenbestand ausreichend zu bezeichnen, die wesentlichen, verwertbaren Futterorganismen des Makrozoobenthos sind in allen beprobten Abschnitten des Perimeters vorhanden. Die Gesamtbenthosdichten im Perimeter fallen zwar im Vergleich zu tiefer liegenden Gewässersystemen des Alpenraumes geringer aus (vergleiche Daten aus z.B. Sitter oder Aare)²⁸, für die Höhenlage und die Gewässereigenschaften des Alpenraumes ist sie im oberen Bereich als typisch einzustufen (vergleiche Daten aus Moesa oder Inn).^{29,30} Im Verlauf der Fliessstrecke nimmt die Biomasse des MZBs jedoch ab. Vermutlich hängt dies auch mit der Abnahme der Substrat-, Strömungs- und Habitatdiversität der kanalartigen Strukturen des Vorderrheins (ab VR-4, siehe 2.1) zusammen. Die schnell überströmte Gewässersohle wird von VR-4 flussabwärts geringer besiedelt als die Randbereiche, im Oberlauf ist die Besiedlung über die ganze Gewässerbreite gleichmässiger. Zumindest bei VR-4 wird das Makrozoobenthos zudem ufernah durch verfestigte Feinsedimente beeinträchtigt, welche von der Aua Russein und dem Ual da Ferrera eingetragen werden. Der Effekt wird vermutlich durch dortige Spülungen des Staubereichs des Kraftwerks Russein verstärkt, der dortigen Schwall-Sunk-Betrieb könnte dann zur Verfestigung beitragen. Die Konditionsindices können ein Hinweis auf die tatsächliche Nutzung der Nahrung durch die Forellen sein. Neben der Biomasse des MZB muss allerdings auch berücksichtigt werden, wie gut die Nahrung erreichbar ist. Eine ungünstige Gewässerstruktur könnte die Nahrungsaufnahme erschweren und so zu einem geringen KI führen. Die geringen Indexwerte bei VR-4 bis VR-6 deuten zusammen mit den Biomassen des MZB auf Nahrungslimitierung als zumindest eine Ursache des verringerten KI hin. Insgesamt dürften hier aktuell keine höheren Fischdichten möglich sein.

Auch wenn die vorliegenden Daten zu MZB-Dichten und Konditionsindex der Fische auf eine mögliche Nahrungslimitierung von VR-4 flussabwärts hindeuten, so dürfte sich diese Situation über die Jahre nur wenig verändert haben. Auch in alten Erhebungen wurde der Vorderrhein als Abschnitt mit geringen MZB-Dichten ausgewiesen. Daher ist abschliessend keine eindeutige Aussage darüber möglich, ob und wie sich das Nahrungsangebot im Vorderrhein auf den beobachteten Forellenrückgang der letzten Jahre ausgewirkt hat.

4.5 Prädation

Fischotter

Die aktuellen Sichtungen (Losungen, Kamerafallen, Schadbilder gefangener Forellen) lassen den Schluss zu, dass sich der Fischotter im Vorderrhein zwischen Ilanz und Disentis etabliert hat, der Schwerpunkt scheint im Bereich zwischen Disentis und Trun zu liegen. Im Frühjahr 2024 wurden zwei Individuen sicher nachgewiesen. Die genauen Grundlagen zur Besiedlung des Projektperimeters sind unklar sowohl in genauer Herkunft als auch in der aktuellen Individuendichte.

Erste Indizien deuten auf vermehrte Schadbilder bei Fischbeständen in den Bereichen hin, die den Schwerpunkt der Otterverbreitung beschreiben. Es bleibt abzuwarten wie sich die Otterbestände weiterentwickeln, und ob auch am Vorderrhein ein Anstieg der Prädation auf Fischbestände – ähnlich wie im Engadin – zu beobachten sein wird. Dort wurde in der Frühphase der Otterbesiedlung stellenweise ein deutlicher Anstieg von geschädigten Fischen nachgewiesen (in vorherigen Untersuchungen $<1\%$ Verletzungen; mittlerweile bereits 3% aller behändigten Fische, stellenweise sogar bis zu 30%)³¹. Sollte sich der Fischotter langfristig am Vorderrhein etablieren, werden diese zukünftig mit Sicherheit die Fischbestände beeinflussen. Da der Fischotter erst seit kurzem am Vorderrhein vorkommt, kann er allerdings nicht für den schon länger beobachteten Rückgang der Forellen verantwortlich sein.

Sonstige Prädation auf den Forellenbestand (z.b. durch Graureiher oder Gänsesäger) ist zwar vereinzelt nachweisbar, dürften in ihrer geringen Häufung allerdings keinen nachhaltigen Einfluss auf die Fischbestände ausüben.

4.6 Fischfang und Befischungsdruck

Neben natürlicher Prädation kann auch die Fischerei einen negativen Einfluss auf Fischbestände haben. Dies gilt insbesondere, wenn diese bereits anderweitig unter Druck stehen. Der Befischungsdruck wirkt infolge der Fangmassbegrenzung (Mindestmass) in der Regel zumeist auf die sich reproduzierenden Tiere im Bestand. Die Fischerei kann durch hohen Befischungsdruck in Kombination mit weiteren Stressoren (unzureichendes Material oder Fischbehandlung) auch – in geringerem Masse – auf die jüngeren Jahrgangsklassen auswirken. Um einen Bestand zu schützen und der Entnahme gerade der grossen Individuen entgegenzuwirken, kann die Etablierung eines Fangfensters langfristig helfen, die Reproduktionsleistung des Bestands aufrecht zu erhalten.³² Dies wird im Vorderrhein aktuell praktiziert, Tiere über 34 cm sollten somit als grosse Mehrfachlaicher für den Bestand erhalten bleiben. Diese Regelung wird seit 2020 praktiziert. Ein Fangfenster kann seine Vorteile allerdings nur ausspielen, wenn entsprechend grosse Tiere im Bestand vorhanden sind. In den aktuellen Erhebungen konnten diese Individuen aber nur ganz sporadisch nachgewiesen werden. In den Bestandserfassungen wurden insgesamt über 1'800 Fische gefangen, von denen lediglich 28 Individuen im Fangfester ($<1,5\%$) und fünf Tiere grösser waren als das vorgeschriebene Fangfenster. Diese Tiere wurden in VR-3 und VR-4 erfasst, in allen anderen Strecken wurden keine entsprechenden Tiere nachgewiesen. Daher scheint die Schonstrecke (VR-3) einen (lokal wirkenden) positiven Einfluss auf die grossen Individuen im Bestand zu haben. Die Einrichtung weiterer Schonstrecken und die gleichzeitige Weiterführung der aktuellen Fangbestimmungen sollte helfen, ein Herauswachsen potenzieller Laichtiere aus dem Fangfester zu unterstützen. Die Zeit seit der Einführung des Fangfensters (2020) hat zusammen mit der geringen Anzahl adulter Forellen und den gleichzeitigen Fängen nicht ausgereicht, um das Nachwachsen

eines guten Reproduzentenbestands grosser Forellen zu gewährleisten.

Dem sehr geringen Anteil an «grossen Tieren» gegenüber stehen die Forellen die die jährlich fischereilich entnommen werden (2023: 1'251). Der Befischungsdruck im Perimeter ist in den letzten Jahren zwar rückläufig, erkennbar an den abnehmenden Fangzahlen, dennoch scheint die Entnahme an massigen Bachforellen weiterhin über dem Ausmass zu liegen, welches eine gesunde Population als Ertrag bereits stellen kann.

Die wenigen Seeforellen, die im Aufstieg Tavanasa erfasst werden (<30), machen wenn überhaupt, nur einen kleinen Teil der entnommenen Tiere aus – sofern sie vor September im Perimeter auftauchen. Vermutlich werden die meisten Seeforellen noch in der Schonzeit wieder abwandern und treten daher in der Fischerei nicht auf. Dies spiegeln auch die sehr geringen Fangzahlen an Seeforellen in der Fangstatistik wieder.

Die Aufstiegszahlen aus den Zählungen am Vorder- und Alpenrhein ab 2007 deuten darauf hin, dass in den letzten Jahren der Anteil an laichbereiten Seeforellen zwar im Alpenrhein massiv, im Vorderrhein dagegen weniger abgenommen hat. Jedoch ist davon auszugehen, dass auch im Vorderrhein die langjährigen Rückgänge der Seeforellen auch auf die lokalen Bestände gewirkt hat, und zumindest für einen Teilrückgang der lokalen Bestände von VR-4 flussabwärts gesorgt hat. Welchen Anteil Seeforellen aktuell am Forellenbestand im Alpenrhein haben, klären laufenden Untersuchungen des AJs anhand von Vaterschaftsanalysen der aufsteigenden Seeforellen am Standort Reichenau.

4.7 Hydrologie

Der Abflussregimetyp des Vorderrheins ist glacio-nival geprägt, oberhalb von Ilanz wird er vor allem durch die Schneeschmelze im Frühjahr und die schmelzenden Gletscher in den Sommermonaten geprägt. Hinzu kommen die Niederschläge des Einzugsgebietes und die Regulierung der Abflüsse in Form der Wasserkraftnutzung. Hervorzuheben sind hier vor allem die Stauseen (Lai da Nalps, Lai da Carnuera und Lai da Sontga Maria) und im weiteren Verlauf die Kraftwerke in Sedrun, Tavanasa sowie in der Aua Russein bei Russein.

Hochwasser

Aus den Abflussdaten des Vorderrheins kann ein langfristiger Rückgang der Hochwasserwahrscheinlichkeit beobachtet werden.¹⁴ Dieser Rückgang ist im Wesentlichen durch die erhöhte Rückhaltekapazität der neu gebauten Stauseen (ab ca. 1960) zur Wasserkraftnutzung zu erklären. Die höchsten Jahresabflüsse ereigneten sich zumeist über Sommer und Herbst, also in der Regel vor der Laichzeit der Forellen (siehe 3.5).

In einer vereinfachten Betrachtung löst bei einem Hochwasser der Anfangsimpuls (der rasche Anstieg der Strömungskräfte) den Transport von Material über die Gewässersohle aus. In einem Fliessgewässeroberlauf ist das Substrat gröber, daher ist hier mehr Impuls (höhere Abflussänderungen) nötig, um Oberflächensubstrat in Bewegung zu setzen. Mit zunehmender Fliessstrecke wird der Anteil an feinerem Substrat höher, somit sinkt die notwendige Energie für die Umlagerung. Daher sind unterhalb gelegene Gewässerabschnitte theoretisch anfälliger für Hochwasserbedingte Umlagerungen. Zusätzlich erhöht sich auch die potenzielle Laichfläche der Forellen, da die durchschnittlichen Korngrössen abnehmen (siehe 0).

Für Forellenentwicklung sind im wesentlichen Hochwässer in der Laichzeit bzw. der Zeit der Eireifung relevant, da dies der störungsanfälligste Zeitraum der Individualentwicklung der Tiere darstellt. Treten Hochwasser während der Laichzeit auf, können

diese die vorhandenen Laichgruben umlagern, und die optimale Eientwicklung gefährden. Auch nachdem die Brütlinge aus dem Interstitial geschlüpft sind, können hohe Abflüsse oder starke Abflussänderungen zu einem Verdriften der schwimm-schwachen Tiere führen. Neben Hochwasserabflüssen stellen insbesondere Murgänge oder auch Gletscherschmelze eine zeitliche Belastung für den Fischbestand im Vorderrhein dar (u.a. Sedimenteintrag, Trübung, Verlust von Lebensräumen).

Um konkrete Aussagen zur Umlagerung im Vorderrhein und letztlich direkte Einflüsse auf Forellenlaich und -brut treffen zu können, fehlt jedoch konkrete Messungen der dynamischen Umlagerungen vor Ort. Einen Hinweis über zeitliche Entwicklungen kann allerdings die Analyse anhand der Abflussdaten – wie hier mittels der angenommenen bettbildenden Abflüsse ab $70 \text{ m}^3/\text{s}$ – kann erste Indizien liefern, wann und wie oft die erfolgreiche Reproduktion der Forellen in den letzten Jahren durch Verlust von Laichgruben durch Hochwässern beeinflusst wurde. Die in den letzten Jahren beobachteten Hochwasser während der Eientwicklung förderten den Verdacht einer Zunahme entsprechender Ereignisse. Es konnte in der Laichzeit allerdings keine eindeutige Häufung an Hochwässern beobachtet werden, die zu regelmässigen Rekrutierungsausfällen geführt haben und somit langfristig für einen Rückgang der Bestandszahlen in den letzten Jahren verantwortlich gemacht werden können. Wir gehen daher davon aus, dass die vorherrschenden Abflussereignisse der letzten Jahre einen Einfluss auf die Forellenbestände in den naturbelassenen Abschnitten oberhalb Ilanz gehabt haben.

Schwall und Sunk

Den unregelmässigen Abflussänderungen durch natürliche Hochwässer stehen die mehr als täglichen Abflussänderungen durch den Schwall-Sunk Betrieb gegenüber. Im Perimeter ist dies erst in der Restwasserstrecke unterhalb Russein und Tavanasa (VR-4) ausgeprägt. Ob die beim KW Russein seit Jahren umgesetzte Schwallsanierung erfolgreich war, wird aktuell im Rahmen einer Wirkungskontrolle überprüft.

Schwall-Sunk Prozesse haben unterschiedliche Auswirkungen auf die erfolgreiche Entwicklung von Forellen. Wie auch bei natürlichen Hochwässern ist der Forellenlaich innerhalb der Laichgrube relativ gut geschützt, sofern er nicht trockenfällt und die Laichgrube durch Scherkräfte umgewälzt wird. Nach dem Schlupf verbringen die Larven eine gewisse Zeit im geschützten Kieskörper. Da die Flossen noch nicht vollständig entwickelt sind, benötigen die Larven in dieser Zeit sehr geschützte Bereiche mit minimalen Pegeländerungsraten. Für eine einzelne Larve dauert dieser Zeitraum nur 1-2 Wochen, aber für eine Forellenpopulation, deren Laich- und Schlupfzeit sich über 1-2 Monate erstreckt, ergibt sich ein längerer Zeitraum, in dem immer ein Teil der Larven empfindlich ist. Nach dem Schlupf droht daher eine direkte Gefährdung für schwimmschwache Jungfischstadien, diese können beim Abschalten der Turbinen (Sunk) im trockenfallenden Bereich des Flussbetts liegen bleiben und verenden. Im Vorderrhein zwischen Russein und Ilanz ist starker Schwall-Sunk nur bei Abflüssen ab $6 \text{ m}^3/\text{s}$ zulässig. Ab diesem Abfluss sollen bei Sunk aufgrund der Gerinneform kaum Flächen trockenfallen, sondern sich nur die Wassertiefe ändern. Beobachtungen während der Brütlingsbefischungen zeigten jedoch eine für Brütlinge vermutlich doch relevante Wasserwechselzone. Inwieweit Schwall-Sunk das Heranwachsen der Brütlinge gefährdet, wird die laufende Wirkungskontrolle zeigen.

Unabhängig vom Ausmass einer Beeinträchtigung durch Schwall-Sunk durch das KW Russein, der Schwallbetrieb hat sich in den letzten Jahrzehnten nicht verschärft, sondern wurde durch die dortige Schwallsanierung mindestens abgemildert. Für den jetzigen Rückgang der Forellen kann Schwall-Sunk daher nicht der Hauptverursacher

sein.

Spülungen und Sedimenteintrag

Bei Spülungen von Stauanlagen werden dort abgelagerte Feststoffe (u.a. Geschiebe, Sand, Schlamm) in die unterliegenden Gewässersysteme abgeschwemmt. Dabei muss durch ein passendes Spülregime mit Nachspülungen dafür gesorgt werden, dass es zu keinen längerfristigen Ablagerungen vor allem von Feinmaterial kommt.³⁴ Ansonsten können die aquatischen Lebensräume, Flora und Fauna nachhaltig geschädigt werden.³⁵ Die jährlichen Spülungen der Ausgleichsbecken im Einzugsgebiets des Vorderrheins (u.a. Runcahez, Tavanasa, Barcuns) tragen prinzipiell regelmässig Feinsedimente in langsam fliessende Rheinstrecken ein. Zumindest im Bereich der Strecke VR-4 gibt es Hinweise (persönliche Sichtung während der hier vorliegenden Felderhebungen), dass es zu ufernahen Feinsedimentablagerungen und einer Kolmation dieser Bereich kommt. Dies betrifft prinzipiell aber auch alle Rheinabschnitte unterhalb Tavanasa bis Ilanz, in einer Strecke, in der die vorherrschenden Substratbedingungen ansonsten eine gute Naturverlaichung ermöglichen. Frühere und aktuelle Studien (Zevraia, Breil, Pigniu) lassen allerdings auf geringe und allenfalls kurzfristige Auswirkungen der Spülungen schliessen,^{35,36} nach denen sich die Gewässer schnell wieder erholen.

In den letzten Jahren wurden Planungen umgesetzt, die anfallende Spülungen in ökologisch weniger sensible Zeiträume (Herbst, Zeiten grösserer Abflüsse) zu verlegen. Ob dadurch die Forellenbestände langfristig unterstützt und Ausfälle vermieden werden, ist zu erwarten, bleibt allerdings abzuwarten.

Restwasser

In Restwasserstrecken mit nicht ausreichender Restwasserführung kann es zu starken, negativen Auswirkungen auf die Biodiversität in Fliessgewässern kommen. Zu gering dotierte Restwassermengen führen in erster Linie zum Verlust der typischen saisonalen Dynamik alpiner Flüsse. Dies beeinträchtigt sowohl kritische Lebensphasen der Jungfische als auch die Entwicklung von wasserlebenden Insekten. Fehlen in Restwasserstrecken die kleinen und mittleren Hochwasserereignisse, fehlen auch die regelmässigen, natürlichen Teilumlagerungen der Flusssohle. Damit verstopft auf Dauer das Kieslückensystem. Fehlt diese regelmässige, aber nicht zu häufige Umlagerung, gehen Lebensräume für Insektenlarven und Laichflächen für Kieslaichende Fischarten wie die Bachforelle verloren. Solche Umlagerungen können nur teilweise durch starke, jährliche Hochwasser ersetzt werden.

Die im Vorderrhein grösstenteils vorgefundenen Dichten an Forellenbrütlingen deuten auf eine vorhandene Naturverlaichung im gesamten Perimeter hin. Weiter gibt es auch sehr produktive Restwasserstrecken (hohe Brütlingsdichten). Die Defizite im Vorderrhein im Bereich der Strecken VR-4 bis VR-6 liegen eher in der Kombination von Restwasserführung und ungünstiger Morphologie mit meist grosser Gewässerbreite. Diese Faktoren haben sich in den letzten Jahren aber nachweislich nicht verschlechtert, womit sie den Bestandsrückgang der Forellen nicht erklären könnten. Gegen diese Stressoren wurden und werden bereits Massnahmen umgesetzt (Schwall-Dämpfung, Spülungsanpassungen, Instreammassnahmen), die dem langfristigen Trend der Bestandsentwicklung entgegenwirken sollen.

Wasserqualität

Aufgrund von im Vorfeld nicht erklärbaren physiologischen Veränderungen an Fischen im Vorderrhein wurde die Gewässerqualität des Vorderrheins in einer anderen Studie bezüglich Mikroverunreinigungen (112 Substanzen) untersucht.⁴³ Die Ergebnisse dieser Studie werden im Folgenden kurz zusammengefasst, die detaillierten Untersuchungsergebnisse können auf der Homepage des AJFs abgefragt werden.

An zwei Standorten im Perimeter wurden umfassende Wasseruntersuchungen durchgeführt. Der oberhalb gelegene Standort war in Tavanasa (FSA-105; auf Höhe der Wasserfassung) verortet, der zweite Standort in Ilanz (noch in der Restwasserstrecke) gelegen. Im Laufe der Untersuchungen wurden monatlich jeweils zwei 14-tägige Sammelproben erhoben, im Labor auf Mikroverunreinigungen untersucht und letztlich deren ökotoxikologischen Risiken beurteilt. Diese Methodik ermöglicht eine Erfassung von diffus eingetragenen Verunreinigungen aus Landwirtschaft, Strassen- oder Siedlungsentwässerung sowie punktuelle Einträge aus kommunalen Kläranlagen.

	Substanzspezifische Grenzwerte (andauernde Anforderung)	Organische Pestizide (0.1 µg/L-Grenzwert)	Qualitätskriterium Beurteilung «Ökotoxikologie»	Einhaltung Qualitätskriterium (QK)
Tavanasa	Keine Verunreinigung nachgewiesen	Keine Verunreinigung nachgewiesen	Gut	eingehalten
Ilanz	Keine Verunreinigung nachgewiesen	Keine Verunreinigung nachgewiesen	Gut	eingehalten

Für keinen der analysierten Spurenstoffe (Medikamente, organische Pestizide) konnte im Untersuchungszeitraum eine Belastung aufgezeigt werden, für alle Proben wurde das Qualitätskriterium für chronische Messungen (QK) eingehalten. Die Bewertung der Zustandsklassen angelehnt an das «Modul Nährstoffe» des Modulstufenkonzepts ergab eine «gute» Bewertung.

Ökologisch bedenkliche Stoffe wurden insgesamt nur vereinzelt detektiert, deren chronische Konzentrationen lagen dabei fast alle geringer als 10% des QK. Lediglich die Werte bei Diclofenac lagen höher, aber weiterhin unterhalb des QK. Möglicherweise akute und toxisch wirkende Konzentrationsspitzen konnten allerdings aufgrund der Erhebungsmethodik nicht erfasst werden.

Durchgängigkeit

Im Perimeter zwischen Tavetsch und Waltensburg ist der Vorderrhein weitestgehend fischgängig. Nur an der Wasserfassung Sedrun (aktuell nicht fischgängig) und der Kraftwerksstufe bei Tavanasa (eingeschränkte Funktionalität) ist der Vorderrhein nicht komplett durchgängig. Besonders im Abschnitt oberhalb Sedrun ist die Erreichbarkeit und somit die Naturverlaichung der Forellen eingeschränkt. Eine Sanierungspflicht für den Fischauf- und Abstieg wurde angeordnet und wird bis 2030 umgesetzt. Weitere nicht kraftwerksbedingte Fischwanderhindernisse wurden entlang des Vorderrheins nicht registriert., Mit der Sanierung der Fischgängigkeit in den kommenden Jahren wird die freie Fischwanderung im Vorderrhein wieder hergestellt oder zumindest verbessert.

Wassertemperatur

Der Vorderrhein gilt als sommerkühler Alpenfluss, doch auch hier lassen langjährige Aufzeichnung erkennen, dass die Wassertemperaturen durch den Klimawandel leicht angestiegen sind. Aktuell ist die vorherrschende Wassertemperatur für die Fischbestände im Vorderrhein jedoch nicht bestandsbeeinflussend, der beobachtete, leichte Anstieg der Temperatur in den letzten Jahrzehnten hatte mit Sicherheit noch keinen Einfluss auf die Bestandsrückgänge gehabt. Der Rhein folgt dem gleichen Muster wie andere Schweizer Oberflächengewässer.³⁷ Durch globale Veränderungen wird sich

die Jahrestemperatur des Rheins – je nach Fortschreiten des Klimawandels – voraussichtlich noch weiter um 1–3 °C bis zum Ende des Jahrhunderts erwärmen.³⁷ Durch früher eintretende Gletscherschmelze wird gegen Ende des Winters bis in den Frühling hinein ein Anstieg des Abflusses und folglich moderat kühlere Temperaturen auftreten. Langfristig wird eine Erhöhung der durchschnittlichen und der maximalen Wassertemperaturen im Sommer negative Auswirkungen u.a. auch auf die Jungfischentwicklung haben. Besonders juvenile Bachforellen verlassen dann den Bereich der Optimaltemperatur¹⁹ und geraten dabei in physiologisch riskante Verhältnisse.

PKD

Durch sommerliche Erwärmung der Gewässer kann es bei Salmoniden zur Nierenerkrankung PKD («proliferative kidney disease» PKD) kommen.^{17,38,39} Das Auftreten der Krankheit ist saisonal, beginnt zumeist im Sommer mit steigenden Wassertemperaturen über 15° C und dauert bis zum Herbst an, wenn die Wassertemperaturen allmählich wieder sinken. Zusätzliche Stressoren (z.B. schlechte Wasserqualität, Prädatoren) begünstigen den Krankheitsausbruch. Für den subalpinen und alpinen Raum wurden in den Jahren immer wieder PKD-Nachweise erbracht. Die im Rahmen der hier vorliegenden Studie untersuchten Individuen wiesen allerdings keine Anzeichen von Infektionen auf. Auch waren die gemessenen Wassertemperaturen noch in einem Ausmass, dass eine ausgeprägte sommerliche Infektion auszuschliessen ist. Bisher scheint PKD die Fischbestände in den Höhenlagen der Alpen noch nicht substanziell zu bedrohen, so waren lange Zeit keine Fälle von PKD über 1'000 m bekannt.⁴⁰ Die Gefahr, dass Salmoniden im Vorderrhein in nächster Zeit durch PKD bedroht sind, ist aktuell als gering einzustufen. Mag also die Wassertemperatur für die Bach- und Seeforellen im Vorderrhein mittelfristig noch kein akutes Problem darstellen, durch den fortschreitenden Klimawandel wird sich die Problematik aber mit Sicherheit verschärfen.

Bezüglich anderer krankheitsbedingter Defizite beim Forellenbestand kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Aussage getätigt werden. Im Einzugsgebiet des Vorderrheins wurden vereinzelt auffällige Symptome (z.B. sterile Adulttiere) beobachtet. Ähnliches wurde bei den für die vorliegende Studie sezierten Fische nicht beobachtet.

4.8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit weist den Vorderrhein zwischen Rueras und Waltensburg als Gewässer mit grösstenteils niedrigen Forellenbeständen aus, einzelne Abschnitte (zb. Schonstrecke Pardomat) weisen jedoch hohe Dichten und eine natürliche Populationsstruktur auf. Damit kann man – in Kombination mit den beobachteten Rückgängen der Angelfischerei der letzten Jahre – von einem langanhaltenden Bestandsrückgang der Forellen im Vorderrhein ausgehen.

Die Alterstruktur der Forellenbestände ist geprägt von Individuen der Jahrgangsklassen 1+ oder 2+. Besonders stark zur Reproduktion beitragende Fische über 30 cm wurden in den Befischungen nur sehr selten nachgewiesen. Dies mag durch die Angelfischerei beeinflusst sein, andere grössenselektive Mechanismen (massive natürliche Prädation, Fischsterben) sind nicht bekannt. Bei den über weite Strecken nur gering vorhandenen Laichhabitaten wäre eine effektive Nutzung dieser Flächen durch grosse Weibchen wünschenswert. Die geltenden Fangreglementierungen mit Fangfenster gelten erst seit wenigen Jahren und haben in dieser Zeit noch zu keiner nachweislichen Verbesserung der Bestände an grossen Reproduzenten geführt. Vermutlich gibt es zu wenige adulte Forellen die aus dem Fangfenster herauswachsen könnten. Der bessere Fischbestand

in der Schonstrecke VR-3 deutet darauf hin, dass die hier ausbleibende grössenselektive Fischerei einen günstigen Einfluss auf die dortige Zusammensetzung hat, und dass besagte Schonstrecke einen positiven Einfluss auf die umliegenden Abschnitte haben kann.

Eine grobe Gegenüberstellung von fischereilichen Fängen mit geschätzten Beständen deutet darauf hin, dass mehr adulte Forellen entnommen werden als die Population als Ertrag kompensieren kann. Die erfolgreiche Naturverlaichung ist in allen hier untersuchten Abschnitten nachgewiesen, jedoch deuten die gefundenen Brüttings- respektive 0+ Dichten auf eine Beeinträchtigung der Larvalentwicklung hin. Um VR-1 kommt es möglicherweise zu zeitweisen Ausfällen von Teilen der Reproduktion, von VR-4 flussabwärts dürfte es zu Defiziten bei der Weiterentwicklung emergierter Forellenbrütlinge kommen. Mögliche Einflüsse stellen hier eher das vorherrschende Abflussregime als die Substratverfügbarkeit dar. Die aktuelle, praktizierte Besatzpraxis im Vorderrhein dürfte nicht ursächlich für den Rückgang der Bestände sein.

Die Resilienz von Forellenpopulationen in alpinen Gewässern wird massgeblich durch ihre Fähigkeit bestimmt, sich erfolgreich an wechselnde Umweltveränderungen anzupassen. Wesentlich ist dabei die Reproduktion. Unter guten Bedingungen können bereits kleinere, gut genutzte Laichflächen zum Erhalt einer lokalen Population führen. Auch der Ausfall einzelner Jahre bei der Reproduktion können in den Folgejahren oft ausgeglichen werden. Als Ergebnis können Forellenpopulationen regelmässige, widrige Bedingungen, aber auch seltene Extremereignisse wie starke Hochwasser überstehen. Der aktuelle Fischbestand mit seiner defizitären Populationsstruktur deutet daher darauf hin, dass das Resilienzvermögen der Forellen im Vorderrhein weitestgehend ausgeschöpft ist. So kann das Zusammenspiel von mehreren hier aufgezeigten Stressoren letztlich auch zu einem Zusammenbruch der Bestände führen.

Tabelle 4-1 Defizitanalyse der Abschnitte des Vorderrheins in der vorliegenden Studie. * vermutlich nicht jedes Jahr

	Laichhabitat	Vorkommen Brütlinge	Morphologie	Nahrungs- angebot	Hydrologie	Wasser- temperatur	Bewirt- schaftung	Befischungs- druck	Fischgesund- heit	Natürliche Prädation
102 (VR-1)	Sehr wenig, teils stand- ortgerecht, Geschiebe- defizit möglich	Stark einge- schränkt, kaum Brütlinge nachweisbar *	Durchgängig- keit eingeschränkt, Substrat grob	mittel, keine Limitierung (KI)	Restwasser	Keine negative Auswirkung bisher	Keine aktive	Hoch	Keine Anzeichen für Einschränkung	Gering
103 (VR-2)	wenig, teils standortge- recht, Geschiebe- defizit möglich	mittel	Divers, Substrat grob	gut	Restwasser	Keine negative Auswirkung bisher	Keine aktive	Hoch	Keine Anzeichen für Einschränkung	Gering
104 (VR-3)	wenig, hohes Umlagerung s-risiko	gut	Divers, Substrat grob	gut	Restwasser	Keine negative Auswirkung bisher	Schutz- gebiet	Schutzgebiet	Keine Anzeichen für Einschränkung	Gering
105 (VR-4,5)	mittel, hohes Umlagerung s-risiko	mittel	Adult- und Jungfisch- habitate Kolke fehlen, Morphologie degradiert	limitierend, Indizien durch MZB-Angebot und KI der Fische	Schwall-Sunk, Feinsediment- eintrag bei Spülungen	Keine negative Auswirkung bisher	Geringer Besatz	Hoch	Abnahme des Konditionsindex	Leichte Häufung von Schadbildern, (Otter?)
106 (VR-6)	mittel, hohes Umla- gerungsrisi- ko	mittel	Adult- und Jungfisch- habitate fehlen, Morphologie degradiert	limitierend, Indizien durch MZB-Angebot und KI der Fische	Schwall-Sunk	Keine negative Auswirkung bisher	Keine Aktive	Hoch	Abnahme des Konditionsindex	Gering

Die Erfassung der Gewässersohle mittels Drohnenkartierung weist den Vorderrhein in seinem Verlauf als Gewässer mit über weite Strecken geringer Substratverfügbarkeit für Forellenlaichplätze aus. Eine relevante Substratkolmation wurde in dieser Studie nur unterhalb des Zufluss Aua Russein bei VR-4 beobachtet, ein Abschnitt, in dem der Anteil an Laichsubstrat zunimmt. Mit zunehmender Fließstrecke scheinen die vorhandenen Laichhabitate auch während der Eientwicklungszeit immer wieder durch Hochwasserdynamiken umgelagert zu werden. In anderen Studien im Perimeter zur Subtratkolmatierung im Zuge von Spülungen wurden in keinem Bereich verstärkte Kolmationen der Flusssohle festgestellt.^{41,42}

Die meisten Zuflüsse im untersuchten Perimeter sind zumeist gefasste Ausläufer kleiner Bergbäche, deren Beschaffenheit im Unterlauf für ein erfolgreiches Laichgeschäft oder einen Fischbesatz kaum in Frage kommen. Grössere Zuflüsse wie Rein Medel, Rein da Nalps und Rein da Sumvig sind von Restwasserabflüssen geprägt. Die wenigen Gewässer, deren ungefasster Unterlauf für die Forellenpopulation des Vorderrheins im Perimeter relevant sein können sind möglicherweise das Ual Rabijs, Rein d'Acletta, Segnas, Flem und Schmuier. Hier bedarf es einer Prüfung, ob diese Gewässerabschnitte für den defizitären Hauptstrom als Ersatz für Lebensraum und/oder Reproduktionsraum aufgewertet werden können.

In den Abschnitten VR-4 – VR-6 gibt es aufgrund der eintönigen Gewässerstruktur einen Mangel an Jungfisch- und teilweise auch Adulthabitaten. Es fehlen sowohl flachere, ruhigere Bereiche, als auch Kolke oder tiefe Züge.

Ebenfalls in diesen Abschnitten scheint es zu einer Nahrungslimitierung der Forellen zu kommen. Die gefundenen Nährtier-Biomassen dürften zwar auch für grössere Forellenpopulationen ausreichend sein, die schlechte Kondition der Fische deutet allerdings darauf hin, dass nicht alles MZB für die Forellen erreichbar, oder die Nahrungsbeschaffung zu aufwendig ist.

Die Untersuchung von Bachforellen im Hinblick auf PKD liefern bislang keine Hinweise auf eine Belastung der Fische im Vorderrhein. Die vorherrschenden Wassertemperaturen unterstützen diese Befunde. Der allgemeine Ernährungszustand der erfassten Forellen nimmt im Verlauf des Perimeters ab, dies ist möglicherweise durch die Abnahme an verfügbaren Fischnährtieren und die Zunahme an hydrologischen Belastungen hin.

Die Abflussdaten des Vorderrheins weisen den Vorderrhein als deutlich beeinflusstes Gewässersystem aus. Im oberen Untersuchungsabschnitt ist der Rhein durchweg eine Restwasserstrecke, ab KW Russein beeinflussen mehr und mehr Schwall-Sunk Effekte das Ökosystem.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass vermutlich nicht ein einzelner Faktor für den Rückgang der Bestände in den letzten Jahrzehnten geführt hat, sondern eine Kombination. Daher können Massnahmen die nur einzelne Faktoren betreffen dem Rückgang auch nur bedingt entgegenwirken.

5 Ausblick

Aktuelle Massnahmen

Bereits jetzt werden Massnahmen umgesetzt, um dem langanhaltenden Rückgang des Fischbestandes im Vorderrhein entgegenzuwirken. Dies erfolgt zumeist punktuell und soll in seiner Funktion vor allem Bach- und Seeforellen und deren unterschiedliche Lebensstadien ansprechen. Eine Aufwertung des Gewässerlebensraums wird lokal und kleinräumig durch Instreammassnahmen im Vorderrhein vorgenommen, die vor allem dem Schutz vorhandener Kiesbänke, Erhöhung der Strömungs- und Tiefenvariabilität und Schaffung von neuen Fischunterständen resultieren kann.

Neben den schon umgesetzten Massnahmen zur Revitalisierung und Aufweitungen im Vorderrhein der letzten Jahre (u.a. Disentis, Tutjesch) soll der Rhein zukünftig zwischen Tavanasa und Ilanz auf knapp 6 km revitalisiert und aufgeweitet werden. All diese Massnahmen dienen in erster Linie einer sukzessiven Verbesserung der Gewässerstruktur, die das Missverhältnis von Gewässerbreite zu Abflussmenge entschärfen sollen.

Die noch eingeschränkte Fischgängigkeit an den Wasserfassungen Sedrun und Tavanasa wird in den nächsten Jahren wiederhergestellt oder verbessert. Systemweit wird somit die gewässertypische Durchgängigkeit erreicht. Mancherorts ist die Durchgängigkeit bereits natürlicherweise – typisch für einen alpinen Oberlauf – eingeschränkt (speziell in der Region Fontanivas).

Konzept Etappe 2

In der hier vorliegenden ersten Etappe zur Untersuchung des Fischbestandes im Vorderrhein wurde der Ist-Zustand der Forellenbestände, die natürliche Reproduktion und das Habitat- und Nahrungsangebot erfasst und eine Defizitanalyse erstellt.

Ausgehend von den hier ermittelten Ergebnissen zum Forellenbestand im Vorderrhein könnte eine vertiefte Ursachenanalyse sinnvoll sein. Zum Teil werden diese Untersuchungen bereits jetzt umgesetzt. Mögliche Ansatzpunkte wären hier:

- Genetisch ermitteln, inwieweit der Besatz einen Einfluss auf den natürlichen Bestand der Bach-/Seeforellen hat (wird bereits untersucht). Auch die im Zuge der vorliegenden Studie beprobten Forellen könnten für die Beantwortung der genetischen Fragestellungen genutzt werden.
- Genetischen Analysen zur Beantwortung der Frage, ob innerhalb des Untersuchungsgebiets eine genetische Strukturierung vorliegt, d.h. unterscheiden sich Forellen aus verschiedenen Gewässerabschnitten in genetischen Merkmalen (Inzucht- bzw. Auszuchtdepression). Dies kann Hinweise auf eine Anpassung der Besatzpraxis liefern (wird bereits untersucht).
- Ebenfalls wird aktuell untersucht, welchen Einfluss aufsteigende adulten Seeforellen aus dem Bodensee auf den (nutzbaren) Fischbestand im Vorderrhein haben.
- Evaluierung veränderter Nutzungs- und Umweltbedingungen im Einzugsgebiet des Vorderrheins (u.a. Wasserkraft, Landwirtschaft, Murgangaktivität, Goldwaschen) bezogen auf die relevanten Rheinabschnitte als mögliche Ursachen des Forellenrückgangs.
- Aufbauend auf den vorliegenden Substratkartierungen und den ermittelten Brütlingdichten sind Brutboxenversuche zur Ermittlung des natürlichen Schlupferfolgs in Kombination mit detaillierter Kontrolle der Juvenilentwicklung (Brütlingbefischungen von Schlupf bis Sommer) sinnvoll (zum Teil sind diese

schon in Umsetzung). Brutboxenversuche wären vor allem relevant zur Abklärung der Ursache der geringen Brüttingsdichten in 102 bzw. an neuralgischen Standorten (unterhalb VR-3), die möglicherweise durch lokale Schwall-Sunk Dynamiken oder Kolmatierung beeinflusst werden.

- Eine mögliche Kolmation der Gewässersohle kleinräumig direkt um Einleiter quantitativ untersuchen.

Massnahmen und Empfehlungen

Anpassungen der Besatzmassnahmen erscheinen auf den hier erhobenen Datengrundlagen der Jungfischbestände aktuell nicht notwendig, die vorhandenen Jungfischzahlen weisen auf eine funktionierende Naturverlaichung hin. Die Jungfische scheinen durch die vorherrschenden hydrologischen Gegebenheiten – nachweisbar zumindest an einzelnen Standorten (unterhalb VR-4) – beeinflusst.

Auffälligkeiten der Jungfischdynamiken bedürfen erst näherer Untersuchungen, bevor konkrete Änderungen am Besatzkonzept zu tätigen sind. Um mögliche Defizite in der Populationsstruktur aufzudecken, könnte an Teststrecken und zeitlich begrenzt eine Anpassung der Besatzart in Form von ausnahmsweise Jährlingen erfolgen. Dies müsste an Abschnitten erfolgen, in denen nachweislich Jährlinge fehlen oder die natürliche Altersstruktur Defizite in der Kohortenentwicklung aufweist. Zur Kontrolle benötigt es Strecken mit Weiterführung des aktuellen Besatzes und möglichst auch eine Nullbesatzstrecke ohne Besatzmassnahmen als Referenz. Auch die Rolle des Besatzes auf Höhe Tavanasa für den Bestand ist hierfür zu bewerten und gegebenenfalls die Strategie anzupassen. Der Erfolg müsste mit Bestandsuntersuchungen begleitet werden.

Fischereiliche Anpassungen der Fangquoten oder Fangmasse sind nach jetzigem Stand der Dinge nicht direkt anzugehen, müssen aber näher betrachtet werden. Die vorliegenden Bestands- und Fangstatistikdaten deuten darauf hin, dass die vorhandene Schonstrecke einen wichtigen für den Perimeter hat.

Damit das Fangfenster seine Wirksamkeit ausspielen kann werden grosse Forellen benötigt, die aus dem Fangfenster herauswachsen können. Dafür braucht es vermutlich eine Ausweitung und Neuausweisung von fischereilichen Schonstrecken. Hierzu sind Gewässerabschnitte zu benennen, die morphologisch und hydrologisch für alle Altersstadien geeignet sind. Um direkte Effekte einer möglichen Ausweisung einer Schonstrecke zu quantifizieren, sollten in und um diese Abschnitte die Entwicklung der Fischbestände erfasst werden.

Ein weiteres Defizit im betrachteten Perimeter des Vorderrheins dürfte das Bestehen von Schwall-Sunk für die Gewässerabschnitte unterhalb Russeinbach sein. Zur Schwall-Sunk-Sanierung des Aua Russein findet aktuell die Wirkungskontrolle statt. Mit Ergebnissen ist bis Sommer 2025 zu rechnen.

Gerade vor dem Hintergrund der monotonen Gewässerstruktur im Unterlauf des Perimeters sind die schon angedachten und umgesetzten Massnahmen zur Strukturaufwertung konsequent weiter fortzuführen und in ihrer Dimensionierung auszuweiten. Die lokal wirkenden Instream Massnahmen helfen nur kleinräumig, mehr vernetzte Strukturvielfalt für den Vorderrhein ist notwendig, um wieder günstigere Habitate für die Fischwelt zu schaffen.

6 Literatur

1. AJF (2024). Amt für Jagd und Fischerei: Fischereistatistik Graubünden. <https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/diem/ajf/fischerei/Fischereistatistik/Seiten/start.aspx>.
2. Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF), Amt für Natur und Umwelt (ANU) Graubünden (2021). Gewässerzustandsbericht Vorderrhein.
3. IBKF (2024). Jahresbericht der AG Wanderfische 2023 Bericht zur IBKF 2024.
4. Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF, Roland Tomaschett und Marcel Michel) (2020). Besatzstrategie 2025 Fischereibezirk I.
5. DeLury, D.B. (1947). On the estimation of biological populations. *Biometrics* 3, 145–167.
6. Werner, S., Rey, P., Hesselschwerdt, J., Becker, A., Ortlepp, J., Dönni, W., und Camezind, M. (2014). Seeforelle – Arterhaltung in den Bodenseezuflüssen. Interreg IV-Projektbericht. (Im Auftrag der Internationalen Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodensee-Fischerei (IBKF), AG Wanderfische).
7. Basen, T., und Rey, P. (2021). Rückgang des Seeforellenertrags am Bodensee-Obersee (IBKF - AG Wanderfische).
8. Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2010). Modul-Stufen-Konzept Makrozoobenthos Stufe F.
9. Michel, M. (2017). Fische und Krebse in Graubünden (somedica).
10. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, heute: BAFU) (2004). Modul-Stufen-Konzept Fische Stufe F.
11. Hunziker, Zarn & Partner, und Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU) (2014). Sanierung Geschiebehaushalt. Schlussbericht.
12. Caviezel, R., und Student, U. (2006). Reproduktion der Seeforelle im Vorderrhein.
13. Holm, P., Güttinger, H., und Baumann, P. (2002). Die Entwicklung des Fischnährtierbestandes in schweizerischen Fließgewässern zwischen 1980 und 2000. *fischnetz-info* 10, 5–7.
14. AJF, A. für J. und F.G. (2020). Amt für Jagd und Fischerei Graubünden: Zustandsbericht Haupttalflüsse in Graubünden. Fact Sheet: Vorderrhein.
15. Morris, D.J., und Adams, A. (2006). Transmission of *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa: Malacosporea), the causative organism of salmonid proliferative kidney disease, to the freshwater bryozoan *Fredericella sultana*. *Parasitology* 133, 701–709.
16. Tops, S., Okamura, B., und Andere (2003). Infection of bryozoans by *Tetracapsuloides bryosalmonae* at sites endemic for salmonid proliferative kidney disease. *Diseases of aquatic organisms* 57, 221–226.

17. Wahli, T., Bernet, D., Steiner, P.A., und Schmidt-Posthaus, H. (2007). Geographic distribution of *Tetracapsuloides bryosalmonae* infected fish in Swiss rivers: an update. *Aquatic Sciences* 69, 3–10. <https://doi.org/10.1007/s00027-006-0843-4>.
18. Ros, A., Baer, J., Basen, T., Chucholl, C., Schneider, E., Teschner, R., und Brinker, A. (2021). Current and projected impacts of the parasite *Tetracapsuloides bryosalmonae* (causative to proliferative kidney disease) on Central European salmonid populations under predicted climate change. *Freshwater Biology* 66, 1182–1199. <https://doi.org/10.1111/fwb.13709>.
19. Küttel, S., Peter, A., und Wuest, A. (2002). Rhone Revitalisierung: Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer.
20. Trevor J. Krabbenhoft, Myers, B.J.E., Wong, J.P., Chu, C., Tingley, R.W., Falke, J.A., Kwak, T.J., Paukert, C.P., und Lynch, A.J. (2020). FiCli, the Fish and Climate Change Database, informs climate adaptation and management for freshwater fishes. *Sci Data* 7, 124. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0465-z>.
21. Hesselschwerdt, J., und Rey, P. (2016). Schwallisanierung Vorderrhein: Brutboxenversuch Forellen 2016.
22. Hesselschwerdt, J. (2021). Schwallisanierung Vorderrhein: Ermittlung Ende Larvalperiode Forellen.
23. IRKA - Internationale Regierungskommission Alpenrhein und Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie (2020). Fischökologisches Monitoring Alpenrhein 2019.
24. Ninck, L., Dönni, W., und Vonlanthen, P. (2021). Bundesamt für Umwelt (BAFU)-NAWA Spez Biologie - Erhebung 2019. Fachbericht Fische.
25. Solomon und Lightfoot (2008). The thermal biology of brown trout and Atlantic salmon.
26. Küttel, S. (2001). Bedeutung der Seitengewässer der Rhone für die natürliche Reproduktion der Bachforelle und Diversität der Fischfauna im Wallis.
27. Peter, A., und Schölzel, N. (2017). Fischökologische Untersuchungen in der Maggia für die Jahre 2015/2016: Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation (Peter FishConsulting).
28. Hesselschwerdt J., Rey P., und Bosch N. (2022). Fischereibiologische Detailstudie Sitter.
29. Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012). Sanierung Schwall/Sunk – Strategische Planung (Bundesamt für Umwelt).
30. Hesselschwerdt J. (2022). Schwall-Sunk-Sanierung Moesa Teilphase 1: Defizit und Ursachenanalyse.
31. Basen, T., Rey, P., und Hesselschwerdt, J. (2023). Äschenpopulation im Oberengadin Rückgang der Fangerträge und Ursachenanalyse. Schlussbericht. Studie Im Auftrag des Kanton Graubünden, Amt für Jagd und Fischerei (AJF).

32. Joachim Guthruf, Aquatica GmbH, Werner Dönni, Fischwerk (2014). Altersanalysen und Wachstumsbestimmungen an Bachforellen in Bündner Gewässern.
33. AXPO, K.V.A. und K.I.A. (2020). Schwall-Sunk Sanierung Vorderrhein: Defizit- und Ursachenanalyse - Hauptbericht.
34. Zurwerra, A., Meile, T., und Käser, S. (2016). Künstliche Hochwasser. Massnahme zur Beseitigung ökologischer Beeinträchtigungen in Restwasserstrecken unterhalb von Speicherseen. Auslegeordnung Grundlagen und Handlungsbedarf (PRONAT und BG, 2016) 215.
35. Hesselschwerdt, J., Mührle, U., und Ortlepp, J. (2019). Stauanlagen Zervreila, Sanierung der Nebenanlagen Begleituntersuchungen Makrozoobenthos, Fische und Habitate.
36. Amt für Jagd und Fischerei (AJF) (2024). Factsheet: Primärspülung Stausee Panix.
37. Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2021). Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer - Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Schmocker-Fackel P., Hüsler F., Oosenbrug E., Lanz K., Zahner S. (BAFU).
38. Rubin, A., De Coulon, P., Bailey, C., Segner, H., Wahli, T., und Rubin, J.-F. (2019). Keeping an eye on wild brown trout (*Salmo trutta*) populations: Correlation between temperature, environmental parameters, and proliferative kidney disease. *Frontiers in veterinary science* 6, 281.
39. Lewisch, E., Unfer, G., Pinter, K., Bechter, T., und El-Matbouli, M. (2018). Distribution and prevalence of *T. bryosalmonae* in Austria: A first survey of trout from rivers with a shrinking population. *Journal of fish diseases* 41, 1549–1557.
40. Bundesamt für Umwelt, (BAFU) (2014). Biodiversität: Geodaten - PKD. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/daten--indikatoren--karten/umwelt--und-geodaten-des-bafu/verfuegbare-geodaten-des-bafu/biodiversitaet--geodaten.html>.
41. Hirschi, J., Bühlmann, M., Stebler, A., und Caspescha, L. (axpo) (2024). Kraftwerk Vorderrhein AG, Ausgleichsbecken Runcahez. Abklärungen zur ökologischen Optimierung der Spülung.
42. Hirschi, J. und Stebler, A. (axpo) (2024). Kraftwerk Vorderrhein AG, Ausgleichsbecken Tavanasa. Abklärungen zur ökologischen Optimierung der Spülung.
43. Vogel, U., Gerber, R., und Chevrolet, A. (limnex) (2023). Mikroverunreinigungen im Vorderrhein. Untersuchung vom März bis Dezember 2022 im Vorderrhein bei Ilanz und Tavanasa

A Anhang

A.1 Bilder Probestellen

Abbildung A.1

Probestrecken am
Vorderrhein

VR-1

Luftbilder auf Höhe
Campingplatz (links)

Sicht von oberhalb der
Probestrecke (rechts)



Aufnahme von Höhe
Brücke nach oberhalb
(MZB Probestelle, links)

Aufnahme von Brücke
nach unterhalb
(Probestrecke
Brütlinge, rechts)



VR-2

Aufnahme der
Probestrecke Fische
(links)

Luftbild von unterhalb
der Probestrecke
(rechts)



Enger, dicht
bewaldeter Abschnitt
(links)

Aufnahme der
Probestrecke Fische,
Brütlinge (rechts)

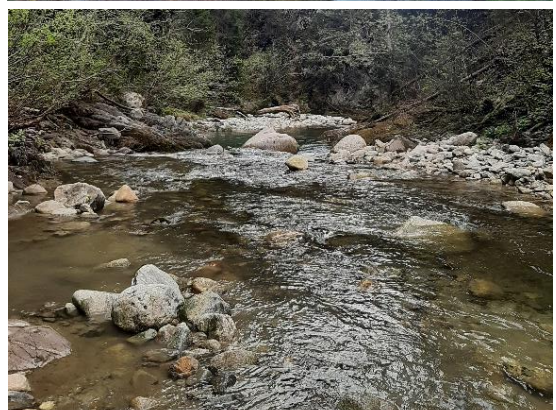


Abbildung A.2

VR-3

Luftbilder der
Probestrecke Fische
(links)

Ende der Strecke an
natürlicher Schwelle in
der Bildmitte (rechts)



Substrat des
Hauptgerinnes (links)

Nebengerinne
(Probestrecke
Brütlinge, rechts)



VR-4

Aufnahme der
Probestrecke Fische
nach flussauf (links)

Aufnahme nach
flussabwärts der
Probestrecke (rechts)



Elektrobefischung im
Winter 2022 (links)

Aufnahme der
Probestrecke Fische
flussabwärts (rechts)



Abbildung A.3

VR-5

Luftbild der
aufgeteilten
Probestrecke (links)

Sicht von flussab auf
die Probestrecke
(rechts)



Hauptarm (Fisch
Probestelle, links)

Zusammenfluss, Sicht
nach flussauf (rechts)



VR-6

Sicht auf die
Probestrecke Fische
von flussab (links)

Probestrecke nach
flussauf (rechts)



Sicht vom oberen Ende
der Probestrecke (links)

Aufnahme der
Probestrecke Fische,
Brütlinge (rechts)



A.2 Fischbestand Vorderrhein

Schadbilder Fische

Schadbilder von elektrofischereilich erfassten Forellen. Die mit * markierten Fische stammen aus der abgebrochenen Befischung im Frühjahr 2022.

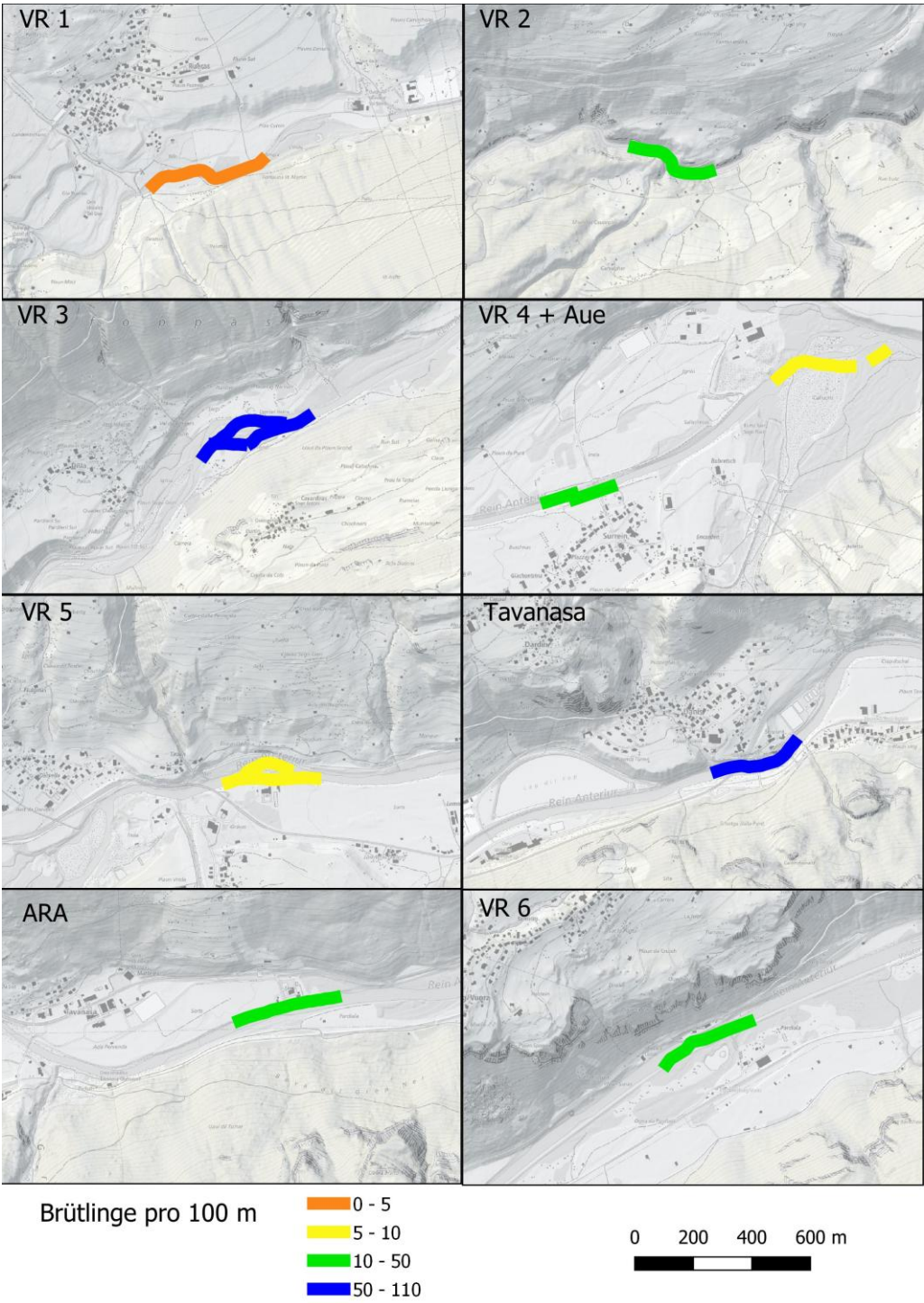
Strecke	Länge	Gewicht	Bemerkung/Schädigung
VR-1	11,4	-	Stichverletzung (Graureiher?)
VR-3*	11,1	14	Flossenbiss
VR-3*	13,3	22	geschlitzte Schwanzflosse
VR-3*	14	28	Kratzspuren
VR-3*	17,5	58	Kratzspuren, Smoltfärbung
VR-3*	22	121	Kratzspuren
VR-3	18,7	61	Bauchverletzung
VR-3	19,4	74	laichreif, Bisswunde Afterflosse
VR-3	9,6	9	Schaden Rückenflossen
VR-3	37,5	537	laichreif, Kiemenschaden, Rückenflossenschaden
VR-3	22	110	Schuppenschaden
VR-3	24,7	175	Schnittverletzung Afterflosse
VR-4	8,5	4	Schnittverletzung Schwanzflosse
VR-4	10,6	10	Schaden Schwanzflosse
VR-4	14,5	28	Schaden Schwanzflosse
VR-4	26,4	150	Pilzbefall, Bissspuren (Otter?)
VR-4	46,7	817	Schaden Schwanzflosse
VR-4	14,5	28	Bissspuren
VR-5	7,9	3	Bissspuren (Eisvogel?)
VR-5	18,1	48	Bissspuren (Vogel/Otter?)

Ergebnisse der kantonalen Fangstatistik (2014-2023) für See- und Bachforellen. Rückgang bezogen auf den Zeitraum 2004-2013.

Fangstatistik Vorderrhein

FSA-Abschnitt	Fläche	Länge	Fänge	Mittlere Fänge		Rückgang	Fangereignisse	Rückgang	CPUE	Rückgang
			(2023)	(2014-23)	(2004-2013)		(2023)		(2023)	
	[ha]	[km]				[%]		[%]		[%]
101	2,2	7,2	54	35	109	-68	258	+18	0,2	-65
102	3,1	7,7	292	290	852	-66	346	-46	0,8	-37
103	6,6	11,8	195	180	447	-60	295	-32	0,7	-41
104	7,3	4,7	45	158	388	-59	175	-44	0,3	-35
105	24,7	16,7	453	841	1556	-46	1096	-30	0,4	-27
106	29,7	14,9	266	360	773	-53	570	-42	0,5	-32
107	41,2	13,8	171	250	921	-73	465	-48	0,4	-56

Dichten von Forellenbrütlingen an ausgewählten Abschnitten des Untersuchungsgebiet im Vorderrheins zwischen Rueras und Illanz.



A.3 Laichpotential Vorderrhein

Auswahl an typischen Kiesflächen, die für Bachforellen als Laichfläche in Betracht kommen aufgrund ihrer hydromorphologischen Eigenschaften.

Von oben nach unten:

Abschnitt VR-1 (1:50)

Abschnitt VR-2 (1:50)

Abschnitt VR-3 (1:100)

Abschnitt VR-4 (1:100)

Abschnitt VR-5 (1:100)

Abschnitt VR-6 (1:100)





A.4 Hydrologie

Abfluss und
Wassertemperatur des
Vorderrheins der
letzten 20 Jahre am
Standort Pegel Ilanz.

Dargestellt sind
Überschreitungsdauern
[Tage] von Abfluss-
schwellenwerten in der
Zeit der
Laichentwicklung von
Forellen (Okt-Mai),
sowie Überschreitung
von Temperaturwerten
(10, 15 °C) und die
Minimum-, Maximum-
und Jahresdurch-

	Abfluss		Wassertemperatur				
	Überschreitungsdauer		Überschreitungsdauer		Jahrestemperatur		
	[d]		[d]		[°C]		
	HQ	HQ5					
Jahr	[> 70 m³]	[> 430 m³]	15 °C	10 °C	Minimum	Maximum	Durchschnitt
2002	24			49	0,4	15,5	7,0
2003	27			83	0,8	11,7	6,4
2004	6			55	0,4	13,8	6,5
2005	9			82	0,3	12,4	6,2
2006	10			88	0,5	13,5	6,4
2007	6			52	0,1	13,9	6,6
2008	12			62	0,8	13,0	6,7
2009	22			48	0,7	13,1	6,2
2010	8			53	1,0	12,8	6,3
2011	3			82	0,7	13,2	6,2
2012	24			58	0,9	13,4	6,9
2013	17			55	0,7	13,8	6,3
2014	10			45	1,2	12,9	6,2
2015	19			64	0,9	11,3	6,6
2016	6			76	1,0	13,9	6,5
2017	10		1	82	0,7	13,7	6,7
2018	40		2	83	0,4	15,5	7,0
2019	12			54	1,0	15,5	7,0
2020	9	1		90	1,3	12,4	6,7
2021	8			71	1,6	14,4	7,2
2022	20		10	106	0,8	12,3	6,5
2023	10		3	105	0,5	15,4	7,6

A.5 Makrozoobenthos – Artenliste

Taxaliste der
gefundenen
Makrozoobenthos
Organismen des
Vorderrheins (Ind./m²)

	VR-1	VR-2	VR-3	VR-4	VR-5	VR-6
Oligochaeta	0	1	0	0	0	0
<i>Stylodrilus</i> sp.		1				
Ephemeroptera	327	806	643	430	419	450
<i>zusätzliche Baetidae (nur gezählt)</i>		622	399		252	243
<i>Alainites muticus</i>	1					
<i>Baetis alpinus</i>	105	99	152	207	91	31
<i>Baetis rhodani</i>	65	52	40	67	26	112
<i>Ecdyonurus helveticus</i>	4				3	
<i>Ecdyonurus helveticus-Gr.</i>	20	5	11		7	1
<i>Ecdyonurus venosus</i>		1	4		3	
<i>Ecdyonurus venosus-Gr.</i>			2		12	4
<i>Rhithrogena alpestris</i>				84		32
<i>Rhithrogena corcontica</i>	7					
<i>Rhithrogena gratianopolitana</i>		1		1	1	15
<i>Rhithrogena grischuna</i>	1					
<i>Rhithrogena puthzi</i>	3		3	25	2	4
<i>Rhithrogena semicolorata-Gr.</i>	116	26	32	46	22	8
<i>Rhithrogena</i> sp.	5					
Plecoptera	211	491	164	58	79	178
<i>Amphinemura sulcicollis/triangularis</i>	11					
<i>Amphinemura triangularis</i>	1					
<i>Isoperla grammatica</i>			3			2
<i>Leuctra</i> sp.	167	486	158	58	76	175
<i>Perla grandis</i>	3		1		2	
<i>Perla</i> sp.	2					
<i>Perlodes microcephalus</i>		5				
<i>Protonemura lateralis</i>	3					
<i>Protonemura</i> sp.	22		2			
<i>Rhabdiopteryx alpina/harperi</i>	2					
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>					1	1
Trichoptera	24	78	393	15	82	106
<i>Allogamus auricollis</i>		18	371	2	59	98
<i>Chaetopterygini/Stenophylacini</i>		1				
<i>Drusus biguttatus</i>	9	6				
<i>Halesus radiatus</i>		2				
<i>Halesus</i> sp.		2				1
<i>Potamophylax cingulatus</i>	1	28	2		6	
<i>Potamophylax cingulatus/latipennis/luctuosus</i>		6			3	
<i>Rhyacophila sensu stricto</i>	3	14	18	9	12	7
<i>Rhyacophila torrentium</i>	8	1	2	4	2	
<i>Rhyacophila tristis</i>	3					
<i>Coleoptera</i>	7	2	0	0	0	0
<i>Limnius perrisi</i> Lv.	7	2				
Diptera	135	301	185	105	255	236
<i>Chironomini</i>		1	83		1	4
<i>Diamesinae</i>	3	14	2		6	21
<i>Orthocladiinae</i>	14	32	12	3	110	
<i>Prodiamesa olivacea</i>			3	1		3
<i>Tanypodinae</i>	38	26	15		4	4
<i>Tanytarsini</i>	32	153	55	80	82	185
<i>Antocha</i> sp.	1		2			
<i>Chelifera</i> sp.		2				
<i>Dicranota</i> sp.	16	38	7	14	8	10
<i>Hemerodromia</i> sp.			1			
<i>Hexatoma</i> sp.	27	22	3	2	17	2
<i>Ibisia marginata</i>		1				
<i>Prosimulium</i> sp.	1	6				1
<i>Psychodidae</i> Gen. Sp.	1	1				
<i>Simulium</i> sp.	2	5		5	27	6
<i>Tipula</i> sp.			2			