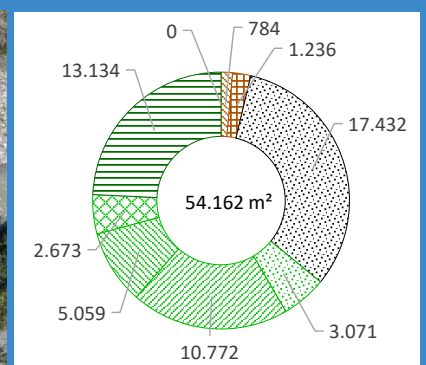


Habitatflächen am Alpenrhein

Methodenvorschlag zur Erfassung, Quantifizierung und Bewertung von Flussraumstrukturen anhand von Luftbildern



Konzept im Auftrag der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA)

St. Gallen, im Juli 2017

Impressum

Herausgeber:

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA)
Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie

Bericht, Grafik & Gestaltung:

HYDRA, St. Gallen

Zitiervorschlag:

REY, P. & J. HESSELSCHWERDT (2017): Habitatflächen am Alpenrhein. Methodenvorschlag zur Erfassung, Quantifizierung und Bewertung von Flussraumstrukturen anhand von Luftbildern. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie. 45 S., St.Gallen.

Bezugsadresse:

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA),
Programmbeauftragte: Aurelia Spadin, Unterdorf 17, CH-7411 Sils im Domleschg
e.mail: info@alpenrhein.net, www.alpenrhein.net

Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie:

Mitglieder: Helmut Kindle (Liechtenstein, Vorsitz), Roland Jehle (Liechtenstein), Dominik Thiel (St. Gallen), Michael Kugler (St. Gallen), Marcel Michel (Graubünden), Nikolaus Schotzko (Vorarlberg), Gerhard Hutter (Vorarlberg).

Habitatflächen am Alpenrhein

Methodenvorschlag zur Erfassung, Quantifizierung und
Bewertung von Flussraumstrukturen anhand von Luftbildern

Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA)
Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie

2017

Inhalt

1. Hintergrund und Ziel	6
1.1 Einleitung.....	6
1.2 Methodenziel	9
2. Methode	10
2.1 Habitatcharakterisierung.....	10
2.1.1 Luftbild	11
2.1.2 Ergänzende Informationen	13
2.1.3 Kalibrierung (morphologisch)	13
2.2 Habitatflächenbilanzierung	18
2.2.1 Bildverarbeitung / Georeferenzierung.....	18
2.2.2 Datenverarbeitung GIS und Flächen-/Linienzuordnung	18
2.2.3 Bilanzierung.....	19
2.3 Habitatflächenbewertung.....	20
2.3.1 Bewertungsansätze und Ermittlung von Habitatwerten	20
2.3.2 Ermittlung von Habitatwerten.....	21
2.3.3 Berechnung der Bewertung.....	22
3. Habitatflächenanalyse Alpenrhein	25
3.1 Untersuchungsgebiet und analysierte Flussabschnitte	25
3.2 Habitatflächenanalysen Alpenrhein	25
3.2.1 Flussabschnitt Bonaduz (Hinterrhein)	26
3.2.2 Flussabschnitt Stau Reichenau	28
3.2.3 Flussabschnitt Mastrils	30
3.2.4 Flussabschnitt Triesen.....	32
3.2.5 Flussabschnitt Bangs-Zollbrücke.....	34
3.2.6 Flussabschnitt Rüthi, Mündung Werdenberger Binnenkanal	36
3.2.7 Flussabschnitt Lustenau	38
3.3 Vergleichende Bilanzierung	40
3.3.1 Flächenanteile Wasser-Land und relative Flussraumflächen.....	40
3.3.2 Streckenanteile Uferlinie und Uferlängen	40
3.4 Bewertung	41
3.5 Fazit und Ausblick.....	43
3.5.1 Einsatz bei geringerer Informationsdichte.....	43
3.5.2 Einsatz der Methode bei der Revitalisierungsplanung	43
3.5.3 Geplante weitere Projekte.....	43
4. Literatur	44

1. Hintergrund und Ziel

1.1 Einleitung

Der Alpenrhein ist ein Gebirgsfluss, der aus naturräumlichen Gründen, aber vor allem auch durch seine abschnittsweise sehr starke Regulierung im Längsverlauf grosse Unterschiede in seiner Morphologie, seinem Lebensrauminventar und deshalb auch in seiner Besiedlung durch verschiedene Tier- und Pflanzenarten zeigt (REY & HESSELSCHWERDT 2016; EBERSTALLER et al, 2014). Da im Rahmen eines Monitoringprogramms in der Regel nicht annähernd alle vorhandenen Habitats und diese auch nicht zu allen Jahreszeiten untersucht werden können, sind Angaben zur Besiedlung von Probestellen immer unvollständig. Diesem Dilemma wird in der modernen Untersuchungspraxis dadurch Rechnung getragen, dass die an einer Probestelle repräsentativen Habitats und die darin lebenden Organismen mittels einer statistisch sinnvollen Zahl an Teilproben (z.B. im Multihabitatsampling) erfasst werden.

Bioindikatoren und Habitats

Die Anwesenheit oder das Fehlen von Zeigerarten (Bioindikatoren) ist für die Beurteilung der Besiedlungsverhältnisse von Bedeutung: der Nachweis einer Zeigerart lässt indirekt auf das Vorhandensein eines für sie geeigneten Habitats schliessen. Im Umkehrschluss lässt das Vorhandensein oder das Fehlen geeigneter Habitats auf das Siedlungspotenzial für bestimmte Arten schliessen, unabhängig davon, ob sie tatsächlich in einer Untersuchung nachgewiesen wurden oder nicht.

Die Möglichkeiten, die ökologische Qualität und Funktionsfähigkeit des Flussraums Alpenrhein zu bewerten, sind in mancherlei Hinsicht unzureichend. Das liegt vor allem daran, dass der Fluss biologisch so stark verarmt ist, dass viele typische Bioindikatoren fehlen und Bioindices die tatsächlichen Verhältnisse nur unzureichend widerspiegeln. Für das Vorhandensein, die Dimension und die Qualität von Lebensräumen für eine entsprechenden flusstypischen Biozönose liegen auch noch zu wenige Informationen vor, um grundsätzliche ökologische Qualitätsunterschiede zwischen Alpenrheinstellen und -strecken herausarbeiten zu können. Für verschiedene Indikatorgruppen wurden allerdings bereits die bevorzugten morphologischen, hydrologischen und topografischen Ausprägungen geeigneter Habitats (Strukturpräferenzen) definiert (SCHÄLCHLI et al. 2011, EBERSTALLER et al. 2014, REY & HESSELSCHWERDT 2016). Stets korrelierte eine bessere Qualität der Besiedlung von Wasser, Ufer und Kiesbänken mit dem Vorhandensein primärer (historisch natürlicher) Lebensraumtypen.

Primäre und sekundäre Lebensräume

Ein natürliches Gewässer weist ein mehr oder weniger grosses Spektrum primärer (ursprünglicher) Lebensraumtypen auf (Primärbiotop). Durch anthropogene Veränderungen, z.B. Flussregulierungen werden Primärbiotop oft durch Sekundärbiotop ersetzt (Abb. 1). Je nachdem, welche Lage und Morphologie diese Sekundärbiotop aufweisen, können sie durch standorttypische oder durch standortfremde Organismen besiedelt werden. Sowohl Primär- als auch Sekundärbiotop können einen hohen ökologischen Wert besitzen.

Das Vorhandensein und die Qualität von Primärbiotop setzt voraus, dass für deren Entstehung (Erhaltung), dynamische Veränderung und Regeneration ausreichend Raum zur Verfügung steht. Der benötigte Raum ist dabei gewässertypspezifisch (s.u.). Eine solche Abhängigkeit zwischen Lebensraumqualität und Raumangebot besteht für Sekundärbiotop in weitaus geringerem Masse.

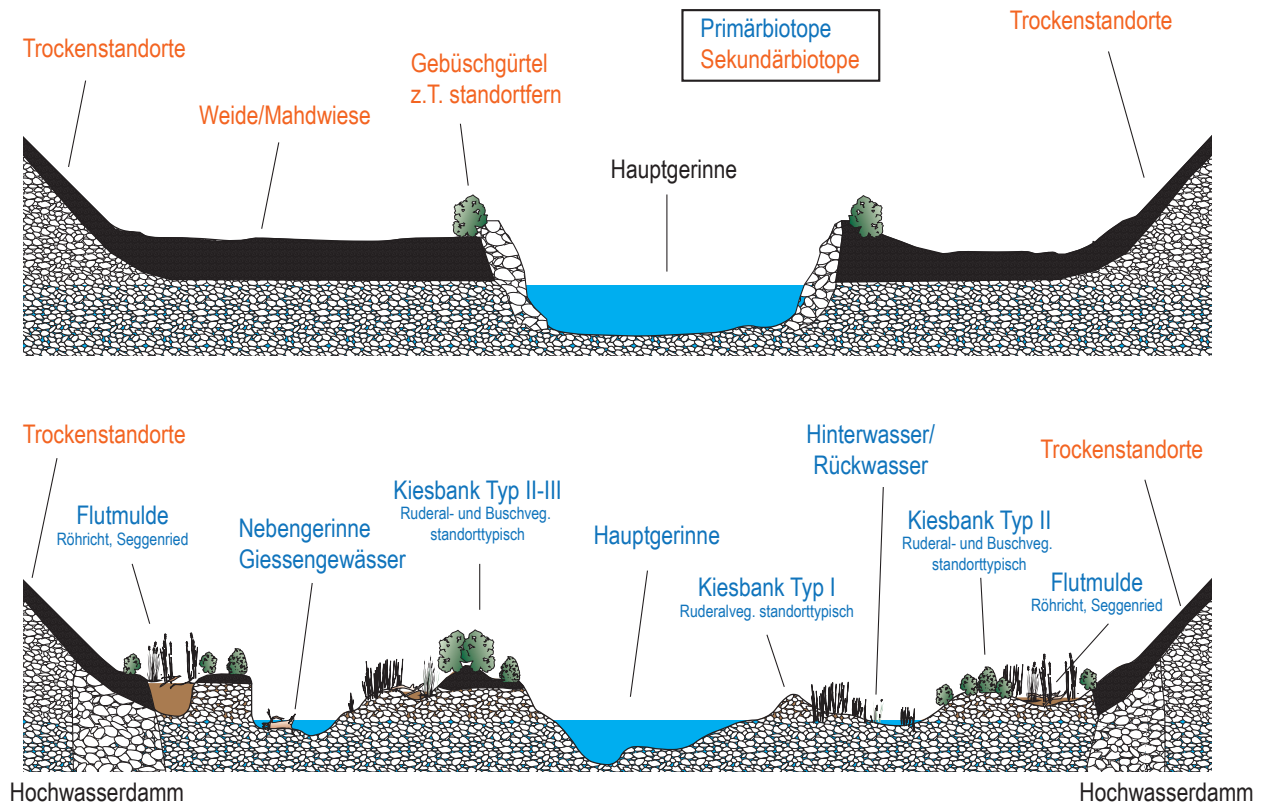


Abb. 1: Schematische Darstellung der Verteilung von Primär- und Sekundärbiotope auf unterschiedlich naturnah ausgeprägten Flussquerschnitten innerhalb der Hochwasserdämme (Quelle: REY & BOLLER 2016) .

Ökologische Trittsteine

Für die endgültige Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit eines Flussabschnitts sind neben dem Inventar an Lebensräumen auch deren Dimension und Konnektivität zu berücksichtigen. Die Dimension eines Lebensraums bestimmt seine Artenvielfalt und Produktivität, die Konnektivität sein Besiedlungspotenzial. Konnektivität beschreibt die Verbindung von Lebensräumen untereinander und ist ein Überbegriff für die Attribute Durchgängigkeit, Vernetzung und Verzahnung. Populationen flusstypischer Tier- und Pflanzenarten können sich selbst in natürlichen und optimal für sie geeigneten Habitaten auch nur dann in Populationsstärke halten und reproduzieren, wenn diese eine ausreichende Dimension besitzen und zudem mit weiteren Habitaten ähnlicher Wertigkeit durch spezifische „Strahlwirkung“ vernetzt sind. Ist dies der Fall, dann fungieren solche Flussabschnitte mit entsprechendem Potenzial als „ökologische Trittsteine“.

Flussraumbreiten und Habitatentwicklung am Alpenrhein

Am regulierten Alpenrhein (und den Unterläufen seiner grösseren Zuflüsse Vorder- und Hinterrhein, Plessur, Landquart, Ill) wird der Flussraum weitestgehend durch Hochwasserdämme begrenzt. Innerhalb dieser Grenzen erfolgt über längere Abschnitte noch einmal eine Aufteilung in Gewässerraum und Vorländer, die durch Mittelwuhren voneinander getrennt sind (vgl. Abb. 1, oberes Bild). Die Möglichkeiten zum Erhalt von Primärbiotopen sind daher stark eingeschränkt. In Abschnitten, in denen noch eine ausreichende Flussraumbreite zur Verfügung steht und in solchen, in denen sie durch Gerinneaufweitungen zurückgewonnen werden kann, nähert sich das System durch Prozesse der Eigenstrukturierung und Reifung naturnahen morphologischen und ökologischen Verhältnissen. Am Alpenrhein und Am Hinterrhein trifft man im Bereich der Mastrilser Auen sowie der Rhäzünser und Bonaduzer Auen (Hinterrhein) auf solche Verhältnisse. Die Primärbiotopen machen hier einen grossen Flächenanteil des Gewässerraumes aus.

Am Alpenrhein und am Hinterrhein ist der Zusammenhang zwischen der Gerinnebreite (Sohlenbreite) und der Ausbildung unterschiedlicher Morphologien bzw. Bewuchsdichten und -arten gut bekannt (SCHÄLCHLI 2016). Auch die Bedeutung für die Ausbildung von Habitaten unterschiedlicher Wertigkeit wurde diskutiert (REY & BOLLER 2016, REY & HESSELSCHWERDT 2016). Fazit: mit zunehmenden Sohlenbreiten nehmen zunächst die Zahl und Fläche der aquatischen Habitate, danach die der Habitate der Übergangszonen und zum Schluss die terrestrischen Habitate an Zahl, Dimension und Qualität zu (Abb. 2). Auf diese Weise kann die unterschiedliche Sohlenbreite verschiedener Alpenrheinabschnitte per se als Qualitätskriterium für die Habitatflächenbeurteilung betrachtet werden. Der Alpenrhein eignet sich somit sehr gut für die Entwicklung einer Methode zur Habitatflächenanalyse.

Sohlenbreiten

< 90 m



Gerinne permanent benetzt, starke Sohl- und Ufererosion, monotone Sohlstruktur

90 - 120 m



Laterale Kiesbankflächen, bei erhöhten Abflüssen und Schwall benetzt, starke Sohl- und Ufererosion, erste Pionierpflanzen

120 - 170 m



Kiesbankflächen lösen sich vom Ufer, bei erhöhten Abflüssen und Schwall nur wenig benetzt, erste Buschvegetation, deutliche Ufererosion

170 - 250 m



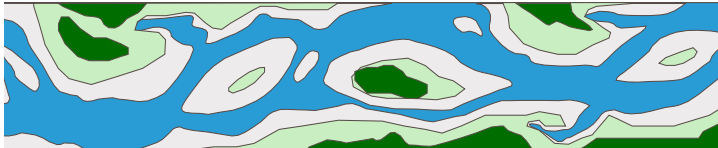
Kiesbänke und Flussinseln werden höher, Überflutung nur noch bei HQ. Gerinne zeigt deutliche Furkationen, deutliche Gras-/Buschvegetation, Ufererosion

250 - 350 m



Erste stabile Flussinseln, grössere Flächen mit Buschvegetation, erste Auwaldflächen, Morphodynamik ab ca. HQ₅, Mässige bis geringe Ufererosion.

> 350 m



Breite des natürlichen Pendelband nahezu erreicht, Grosse Flussinseln mit Auwaldvegetation Morphodynamik ab ca. HQ₁₀, erste zusammenhängende Auen. geringe Ufererosion

benetzte Flächen Kies-/Sandflächen m/Pioniervegetation Busch-/Grasvegetation Auwald

Abb. 2: Im Verlauf des Alpenrheins lässt sich der Zusammenhang zwischen Flussraumbreite und der Entwicklung von Lebensräumen im Wasser und an Land gut verfolgen. Quellen: SCHÄLCHLI 2016, REY & BOLLER 2016, ergänzt.

Qualitative und quantitative Datenerfassung

Abb. 3 zeigt, welche Elemente der ökologischen Funktionsfähigkeit bzw. der Flussraumqualität durch geeignete Untersuchungen erhoben und in ihrer Qualität und/oder Quantität bemessen werden können. Im Rahmen verschiedener IRKA-Programme (MICHOR et al. 2005, SCHÄLCHLI et al. 2012, EBERSTALLER et al. 2014, REY & HESSELSCHWERDT 2016) wurden die Basisinformationen für weitergehende Bewertungsmethoden gesammelt. Davon wurden am Alpenrhein folgende Schritte bisher noch nicht durchgeführt:

- die Zuordnung von Tier- und Pflanzenarten zu bestimmten Habitaten (→ Kalibrierung);
- die Unterscheidung von Habitaten anhand ihrer ökomorphologischen Eigenschaften (→ Habitatflächencharakterisierung);

- die Abgrenzung von Habitaten innerhalb eines untersuchten Flussabschnitts (→ Kalibrierung);
- die Quantifizierung und relative Lage von Habitaten (→ Habitatflächenbilanzierung);
- die Beurteilung des untersuchten Flussabschnitts anhand seines Habitatinventars (→ Habitatflächenbewertung);
- die Beurteilung des Besiedlungspotenzials eines Flussabschnitts anhand seiner Trittsteinvernetzung (→ Habitatflächenbewertung).

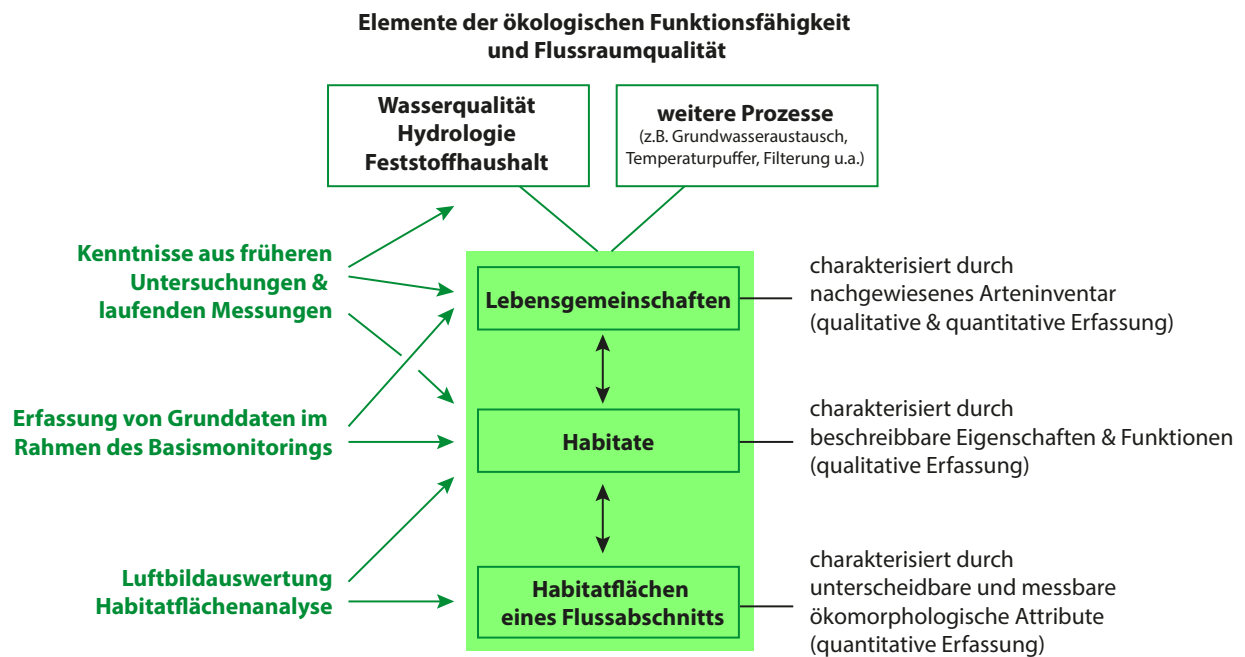


Abb. 3: Elemente der ökologischen Funktionsfähigkeit und Flussraumqualität: Erfassung, Eigenschaften und Verbindungen untereinander.

1.2 Methodenziel

Ausgehend von diesen Vorüberlegungen wird in der vorliegenden Studie ein Methodenvorschlag zur Habitatflächenanalyse vorgestellt. Dieser ist derzeit auf einem noch weitgehend konzeptuellen Bearbeitungsstand, was es ermöglicht, dass die Methode durch Einbezug weiterer Informationen verbessert, verfeinert und ausgebaut, auf der anderen Seite aber auch vereinfacht werden kann, wenn die Informationsdichte geringer ist als in den vorgestellten Beispielen. Bei allen Szenarien einer Habitatflächenanalyse sollen aber grundsätzliche Unterscheidungsmöglichkeiten erhalten und Qualitätsunterschiede erkennbar bleiben.

Mit der Methode sollen Habitatflächen anhand von Unterschieden in ihren erkennbaren ökomorphologischen Attributen unterschieden werden. Die Methode wurde vorerst an den bereits vorhandenen Informationen und Materialien aus dem Basismonitoring 2015 getestet (REY & HESSELSCHWERDT 2016). Sie soll am Alpenrhein für folgende Bereiche eingesetzt werden können:

- bei der (ökomorphologische) Flussraumcharakterisierung
- bei der vergleichenden Bewertung von Flussabschnitten
- bei der Revitalisierungsplanung.

2. Methode

Die Methode ist in drei grössere Bearbeitungsblöcke gegliedert, in verschiedenen Kapiteln dieses Konzepts vorgestellt werden (Abb. 4):

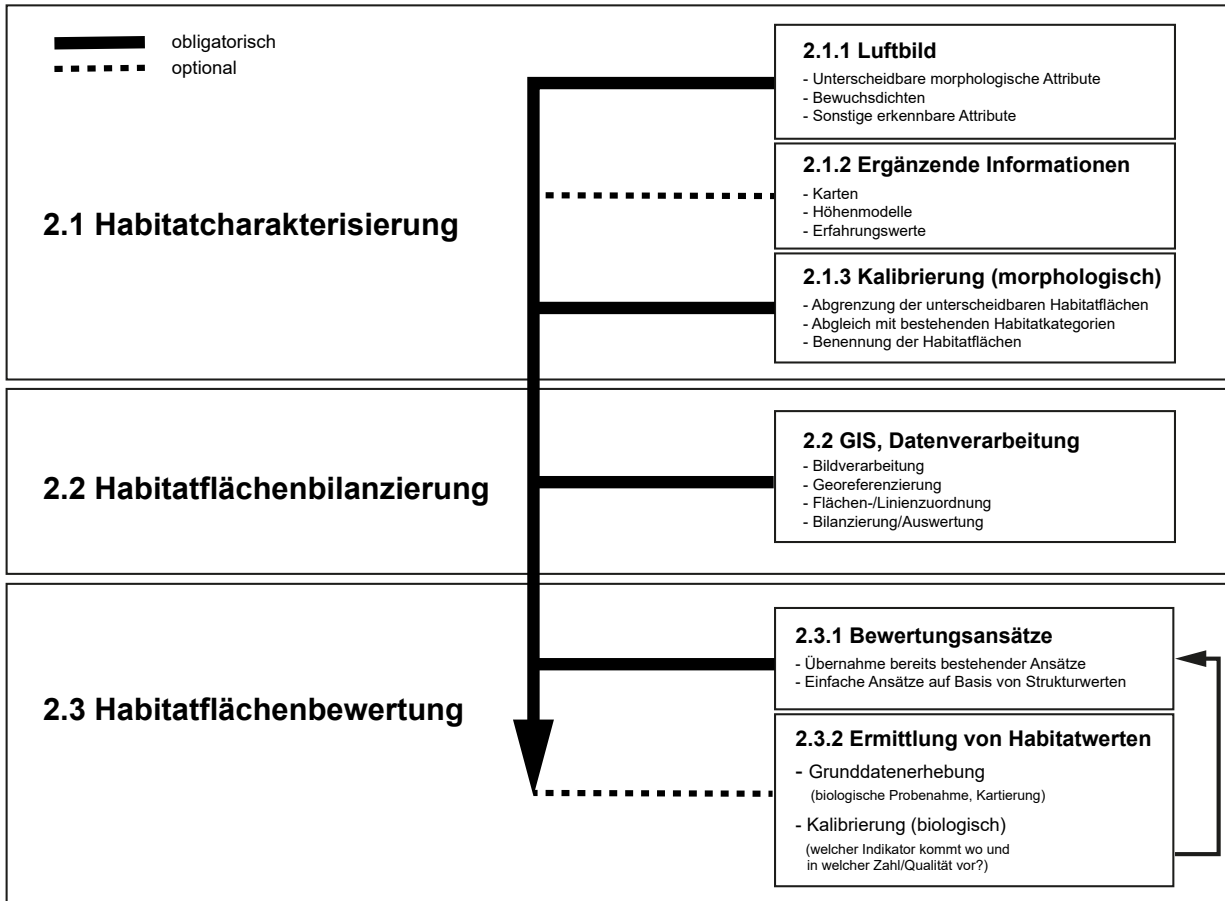


Abb. 4: Ablaufschema und korrespondierende Kapitel für die Habitatflächenanalyse am Alpenrhein/Hinterrhein.

2.1 Habitatcharakterisierung

Bei der Habitatcharakterisierung wird eine Abgrenzung voneinander funktionell und optisch unterscheidbarer Habitats vorgenommen. In diese Abgrenzung fliessen bereits Kenntnisse mit ein, die bei der Erfassung der Grunddaten gewonnen wurden (vgl. Abb. 3). Hinzu kommen Daten bisheriger Flächenaufnahmen an einzelnen Alpenrheinabschnitten (z.B. ZAHNER 1988; PITSCH & ZARN 2011).

2.1.1 Luftbild

Zur Abgrenzung von Habitatflächen werden Luftbilder verwendet. Damit greifen wir auf die Erfahrungen mit der Schweizer Methode zur ökomorphologischen Untersuchung und Beurteilung der Seeufer zurück (NIEDERBERGER et al. 2016). Fliessgewässern im Allgemeinen und der Alpenrhein im Besonderen zeigen aber im Gegensatz zu Seeufern eine viel stärkere Abfluss- und Strukturdynamik. Am Alpenrhein kommen noch die Abflussschwankungen durch Schwall und Sunk dazu.

Ausgangspunkt für die optische Unterscheidung von Habitatflächen ist die Bereitstellung von geografisch referenzierbaren Luftbildern ausreichend guter Auflösung. Für die vorliegende Studie wurde das bereits

vorhandene Bildmaterial aus dem IRKA-Basismonitoring 2015 verwendet (REY & HESSELSCHWERDT 2016). Ergänzt wurde es durch Luftbilder aus Schweizer und Vorarlberger Geoportalen (www.map.geo.admin.ch; <http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx>). Diese Luftbilder repräsentieren zum Teil unterschiedliche, zeitlich begrenzte Abflusssituationen. Wir schlagen deshalb vor, die Luftbilder künftig zu einem Zeitpunkt mit einem rekonstruierbaren Pegel bei möglichst geringem Hintergrundabfluss (z.B. MNQ) aufzunehmen, bestenfalls jeweils bei Schwall und bei Sunk, alternativ nur bei Sunk. Auch sollten die Aufnahmen während der Vegetationsperiode gemacht werden.

Zur Herstellung der eigenen Luftbilder wurde ein Multikopter verwendet, der mit einer ferngesteuerten Fotokamera (Auflösung 16 Megapixel) ausgerüstet war (Abb. 5). Für jedes Foto wurden parallel die GPS-Koordinaten aufgezeichnet. Die Luftbilder wurde aus einer Höhen zwischen 30 m und 60 m aufgenommen (Abb. 6). Für die spätere Bildverarbeitung (vgl. Kap. 2.1.3) musste darauf geachtet werden, dass



jeder Punkt im Gelände aus verschiedenen Richtungen aufgenommen wurde. Hierfür wurde die Kamera mit starkem Weitwinkelobjektiv versehen und senkrecht nach unten ausgerichtet. Die Randbereiche weisen dann den für die weitere Bearbeitung erwünschten schrägen Aufnahmewinkel auf. Aufgrund der geringen Lautstärke und Grösse ist ein Multikopter ideal für sehr enge Verhältnisse wie in Schluchten oder empfindliche Gebieten wie Naturschutzgebieten geeignet.

Abb. 5: Multikopter mit Fotoapparat.



Abb. 6: Drohnenaufnahmen derselben Flussbereiche (Abschnitt Bonaduz) aus 60 m (linkes Bildpaar) und aus 30 m Höhe (rechtes Bildpaar) mit ihren jeweiligen Auflösungsgrenzen

Unterscheidbare morphologische Attribute

Wenn die Luftaufnahmen eine ausreichende Auflösung vorweisen, mit der sich auch kleinere Objekte gut erkennen lassen (Abb. 6), dann lässt sich ein grosser Teil der im Flussraum vorkommenden unterschiedlichen Habitate anhand ihrer individuellen Ausprägung (Kombination ökomorphologischer Attribute) erkennen und umgrenzen. Dieser Unterscheidung werden die habitatsbezogenen Ergebnisse des Basismonitorings, früherer Untersuchungen am Alpenrhein und Daten aus der Literatur zugeordnet (Kalibrierung).

Bewuchsdichten und Vegetationstypen

Die Unterscheidung verschiedener Bewuchsdichten auf den Land- und Wasserwechselflächen sind ein entscheidendes Kriterium der Habitatabgrenzung (Abb. 7). Sie kann auch anhand mässig aufgelöster Luftaufnahmen erfolgen (z.B. www.map.geo.admin.ch, andere Geoportale oder GoogleEarth). Die Unterscheidung von Vegetationstypen setzt allerdings eine deutlich höhere Auflösung und eine vorgängige Kalibrierung anhand von Grunddatenaufnahmen oder geeignetem Fotomaterial (z.B. Schrägluftbilder, vergleiche NIEDERBERGER et al. 2016) voraus. Damit können am Luftbild unterscheidbare Attribute einem entsprechenden Vegetationstyp, teilweise sogar einzelnen Pflanzenarten (z.B. blaugrüne Färbung von Tamariskenlaub, Röhricht u.a.) zugeordnet werden (Abb. 8).



Abb. 7: Unterschiedliche Bewuchsdichten auf einer Flussinsel im Alpenrhein (Beispiel Mastrils).



Abb. 8: Unterschiedliche Vegetationstypen: links Tamarisken (blaugrün) und Weiden (gelbgrün) bei Mastrils; rechts: Röhricht in der Rheinvorstreckung.

Verbauungen und sonstige erkennbare Attribute

Sofern bestehende Uferverbauungen nicht durch Vegetation abgedeckt sind, können auch Art und „Härte“ (locker, lückig <--> verfugt, dicht) im Luftbild erkannt werden (Abb. 9). Mittels Plausibilisierung lassen sich auch die meisten natürlichen von anthropogenen Strukturen unterscheiden.



Abb. 9: Unterschiedliche Verbauungstypen am Alpenrhein: links Blockwurf auf Höhe Illmündung; rechts: verfugter Blocksatz (Steinschichtung) und Bühne unterhalb von Lustenau.

2.1.2 Ergänzende Informationen

Karten, Höhenmodelle und Grunddaten unterstützen die Interpretation von Strukturen, die auf dem Luftbild erkennbar oder nur erahnbar sind. Sehr präzise Höhenmodelle – die auf Basis von LIDAR-Aufnahmen auch etwas unter Wasser reichen – geben Auskunft über die relative Erhebung von Strukturen über die Sohlenlage hinaus und helfen indirekt bei der Abschätzung von Alter und Stabilität der Bodenbedeckung (Vegetation, Anlagen etc.). Sie sind überdies Voraussetzung für hydraulische Modelle und Habitatflächenmodelle.

Sind für einen habitatreichen Alpenrheinabschnitt alle verfügbaren Daten zusammengestellt und kalibriert (siehe 2.1.3), so lassen sich die daraus entstehenden Erfahrungswerte auf andere Abschnitte übertragen. Die Analyse verbessert sich durch Einbeziehen weiterer Informationen und Erfahrungen von Mal zu Mal.

2.1.3 Kalibrierung (morphologisch)

Bei der morphologischen Kalibrierung wird ein ökologisch abgrenzbares Habitat einer sichtbaren Struktur/ einem Strukturkomplex bzw. einer Textur (regelmässiges Muster von Strukturen) zugeordnet.

Abgrenzung der unterscheidbaren Habitate

Ausgehend von den oben vorgestellten Unterscheidungsmöglichkeiten konnten auf den Luftaufnahmen vom Alpenrhein mehr als 40 Strukturen/Strukturkomplexe unterschieden werden, wie sie teilweise auch im Bericht zum Basismonitoring Ökologie 2015 vorgestellt werden (REY & HESSELSCHWERDT 2016). Da es zwischen diesen auch Überschneidungen gab, wurde die Liste auf 23 Primär- und Sekundärhabitats und 7 Ufertypen begrenzt. Die 23 Habitatkategorien wurden noch einmal den generell unterscheidbaren Lebensbereichen Wasser (aquatisch) und Land (terrestrisch) zugeordnet. Bereiche/Habitate, die regelmäßig zeitweise benetzt sind, fielen in die dritte Kategorie der Wasserwechselzone (amphibisch).

Alle im Luftbild gefundenen Strukturen und Attribute der ausgewählten Alpenrheinabschnitte konnten

diesen Kategorien zugeordnet werden. Wenn es Probleme bei der Interpretation gab, war meist eine Zuordnung/Entscheidung auf Basis von Erfahrungswerten oder Plausibilisierungen möglich. Solche Zuordnungen zu anderen Habitaten sind ohne grosse Auswirkung, solange sich deren Habitatqualitäten ähnlich sind. Ansonsten könnte es zu einer späteren Fehlbeurteilung des Flussabschnitts führen, je nachdem, wie dominant das falsch zugeordnete Habitat ausgeprägt ist.

Ableich mit bestehenden Habitatkategorien

Im Leitfaden zur Erhebung des Qualitätselements Fische des Lebensministeriums Österreich (HAUNSCHMID et al. 2010) werden struktur- und lagebezogene Unterscheidungen von aquatischen Strukturen und Strukturkomplexen angegeben. Hierunter fallen auch die meisten Uferstrukturen.

Für den terrestrischen Bereich wurden im Rahmen des Rhône-Thur-Projekts der EAWAG (ROHDE 2005) anhand von Luftbildern und Feldaufnahmen Habitattypen, der Deckungsgrad und die Höhe der Vegetation unterschieden.

Beide Quellen wurden für die in Tab. 1 unterschiedenen Habitatkategorien zu Rate gezogen und den hier gewählten Habitattypen zugeordnet. Ebenfalls berücksichtigt wurden die Erkenntnisse, die GRAF & CHOVANEC in einem 2016 verfassten Bewertungssystem des BMLFUW vorstellen. Hierin sind auch die von AMOROS et al. (1982, 1987) unterschiedenen „Makrohabitatblöcke“ einer hypothetischen Auenlandschaft aufgeführt, die sich mit unserer Kategorisierung zumindest hinsichtlich der Elemente Eupotamon und Parapotamon in Deckung bringen lassen (Abb. 10).

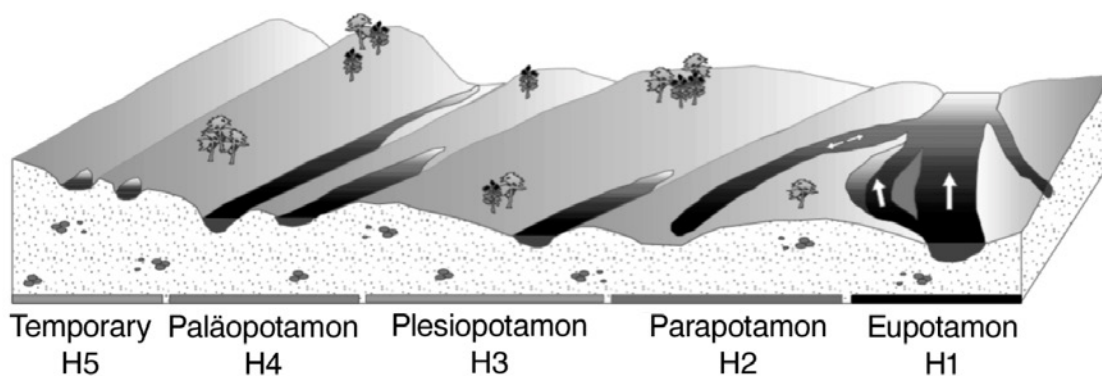


Abb. 10: Schematische Darstellung einer hypothetischen Auenlandschaft und ihrer „Makrohabitatblöcke“ nach AMOROS et al. (1987) in GRAF & CHOVANEC (2016).

Benennung/Kategorisierung der Habitatflächen

Die so gewonnene Auswahl für den Alpenrhein relevanter Habitatflächen ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei ist anzumerken, dass es sich im vorliegenden Konzept der Methodenentwicklung auch erst um eine vorläufige Kategorisierung handelt, die durch Berücksichtigung weiterer Informationen und Quellen (z.B. zur Kartierung der Auenflächen der Mastrilser Au (1988) als Au von nationaler Bedeutung vgl. www.geo.admin.ch (Layer Auenvegetation), zur Dynamik der Mastrilser Au wie in ECOWERT und HZP (2010) und zur Berücksichtigung einzelner Indikatoren wie in GRAF & CHOVANEC u.a.) und der Rückmeldung von Fachleuten für die endgültige Methode noch Modifikationen erfahren kann.

Die Kategorisierung unterscheidet darüber hinaus Flächenelemente sowie Linienelemente, deren Fläche in der Mindestflächengrösse (s.u.) aufgeht.

Tab. 1: Liste und Codierung der für den Alpenrhein benannten/kategorisierten Habitats und ihr Abgleich mit bestehenden Habitatkategorien (A/CH).

Code	Bezeichnung Habitat/Kompartiment	Entsprechung bei bestehenden Kategorien (CH/A)	
		Kategorie nach FDA (A)	Kategorie Rhone/Thur Projekt (CH)
aquatische Bereiche (Flächenelemente)			
W1a	Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt	Flussmitte unbestimmt / Rinner	
W1b	Staubereich (Stillwassercharakter)	-	
W2	Hauptgerinne Riffle (flach)	Furt	
W3	Hauptgerinne flache Kies-Schotterbankufer	-	
W4	Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser	Flussmitte unbestimmt	
W5	Nebengerinne beidseitig angebunden	Seitenarm beidseitig angebunden, durchströmt	
W6a	Altwasser permanent einseitig angebunden	Altarm	
W6b	Altwasser ohne permanente Anbindung	- / Ausstand (bei HQ angebunden)	
W7a	<i>Totholz im Flachwasser</i>	-	
W7b	<i>Totholz mit tiefem Kolk</i>	-	
amphibische Bereiche (Flächenelemente)			
A1a	Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend		
A1b	Wasserwechselzone selten ganz austrocknend		
A2a	Flutmulden häufig ganz austrocknend		
A2b	Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend		
A3	Röhrichte, Kleinröhrichte		
terrestrische Bereiche (Flächenelemente)			
L1	Kies- und Sandbankfläche vegetationslos		vegetationslose Kies-/Sandbank
L2	Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation		Kies-/Sandbank mit Pioniervegetation
L3a	Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch		Kies-/Sandbank mit Pioniervegetation
L3b	Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren		Auengebüsche und Wälder
L3c	Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch		Auengebüsche und Wälder
L3d	Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue		Auengebüsche und Wälder
L4	Flussinseln mit Hartholzaue		Auengebüsche und Wälder
L5	Flussinseln mit Trockenaue		Auengebüsche und Wälder
Uferlinien (Linienelemente)			
U1a	Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank	Schotterbank, Sandbucht, Sand-/Schlammbank	
U1b	Naturufer mit Röhricht (Schilf, Glanzgras etc.)	Sonstiges	
U1c	Naturufer Sonstige	Uferabbruch, Fels, sonstiges Naturufer	
U2a	Dichter Uferbau (Steinschichtung, Ufermauer)	Steinschichtung	
U2b	Blockwurf	Blockwurf	
U2c	Buhne	Buhne / Buhnenfeld	
U2d	Kunstufer Sonstige	sonstiger technischer Bereich	

Mindestflächengrößen und Schwellenwerte, Anwendungsbeispiele

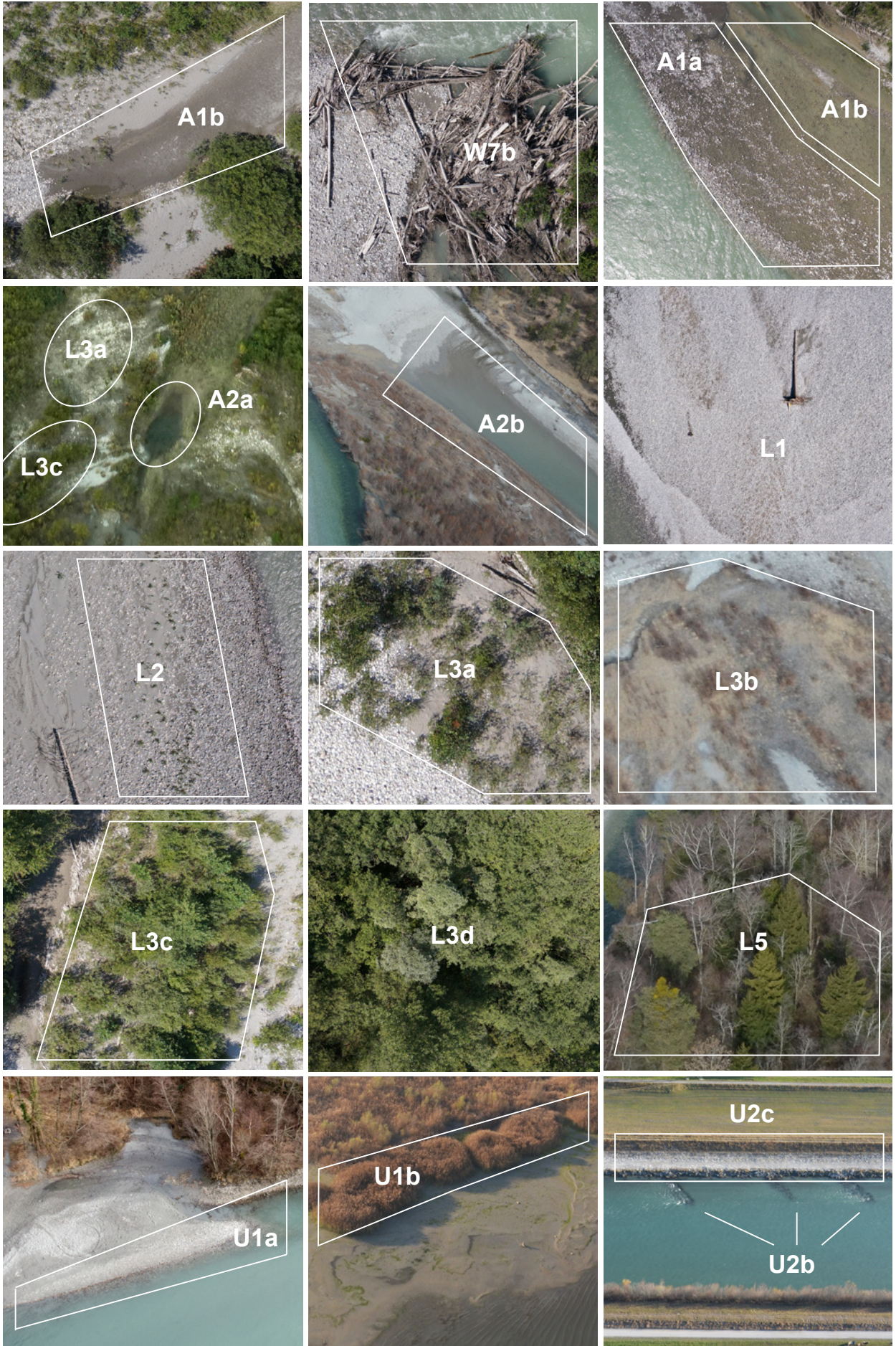
Um plausible Grenzen zwischen Habitaten ziehen zu können und den Aufwand der Flächenerhebung auf ein sinnvolles Mass zu reduzieren, wurden Mindestflächengrößen eingeführt, ab denen eine Habitatunterscheidung erfolgt ist. Diese lagen - je nach Bildauflösung und Habitattyp - zwischen ca. 25 m² und ca. 50 m². Dabei musste eine Struktur, um als Flächenelement (vgl. Tab. 1) erfasst werden zu können, eine Mindestausdehnung von 5 m zumindest in eine Richtung aufweisen. Kleinere Flächen wurden subjektiv den benachbarten grösseren Flächen zugeschlagen. Ab einer Mindestflächengröße erfolgte die Aufnahme dann wieder meteregenau. Entsprechendes gilt auch für die Uferlinien. Hier wurde eine Mindestlänge von ca. 5 m festgelegt (vgl. 2.2.1).

Die Festlegung von Schwellenwerten, ab denen Grenzen zwischen zwei Habitattypen gezogen werden, ist qualitativ (in diesem Fall beschreibend) erfolgt. Vor allem für die Bestimmung der Vegetationsdichte im Übergangsbereich der Kategorien L2 bis L5 (Tab. 1, Abb. 7) und den zwischen ihnen zu ziehenden Grenzen liegen noch keine quantitativen Angaben (Prozentangaben) zur Flächenbedeckung vor. Bei der jetzt vorgeschlagenen Herangehensweise erachten wir diese vorerst auch noch nicht für nötig. Auch Aussagen zur Höhe der Vegetation werden über die qualitative Beschreibung des Bewuchses (Gras, Gebüsch, Auwald, Trockenaue) ersetzt. Für eine grobe Auswertung und Bewertung der Habitatqualitäten, aber auch für den planerischen Einsatz der Methode ist dies sicher ausreichend. Bei einem detaillierten Monitoring könnten quantitative Angaben möglicherweise wieder sinnvoll sein, allerdings gibt es hierzu für gleiche Habitattypen - je nach Vegetationsart - sehr grosse Unterschiede.

Wie diese qualitative Unterscheidung von Habitatkategorien umgesetzt wurde, zeigt Tabelle 2 anhand einiger Beispiele.

Tab. 2: Beispiele für die Zuordnung von Habitattypen zu konkreten Habitatflächen am Alpenrhein.





2.2 Habitatflächenbilanzierung

2.2.1 Bildverarbeitung / Georeferenzierung

Die Verarbeitung der eingesetzten und in 2.1.1 beschriebenen mit einem Multikopter aufgenommenen Luftbilder unterscheidet sich von der Verarbeitung herkömmlicher Luftbilder aus grosser Flughöhe. Bei letzteren werden Teleobjektive mit einem geringen Bildwinkel verwendet, daher ist der Bildwinkel in allen Bildteilen (von Ecke zu Ecke) fast gleich. Diese Aufnahmen lassen sich einfach zusammensetzen und georeferenzieren.

Für die aus geringer Flughöhe aufgenommenen Luftbilder wurde ein Weitwinkelobjektiv mit einem grossen Bildwinkel verwendet, um einen ausreichend grossen Bildausschnitt zu erfassen. Dadurch erscheinen aufragende Strukturen in unterschiedlichen Bildteilen in unterschiedlichen Winkeln. So können Bäume am Bildrand sehr schräg abgebildet sein und weitere Strukturen verdecken. Für solche Aufnahmen hat sich die Verarbeitung mittels Photogrammetrie bewährt. Bei dieser Methode wird ein Objekt aus mehreren Blickwinkeln abgebildet und hieraus in einem ersten Schritt mittels spezieller Software (z.B. Pix4D oder 3DF Zephyr) ein 3D-Modell erstellt. Dafür werden von allen Details Fotos mit deutlich unterschiedlichen Bildwinkeln benötigt. Hierzu kann man entweder sehr viele Schrägbilder anfertigen oder das weiter oben erwähnte starke Weitwinkelobjektiv einsetzen. Wir verwenden ausschliesslich Senkrechtaufnahmen und einen Bildwinkel von $> 90^\circ$. Damit werden die Details am Bildrand jeweils mit ca. 45° aufgenommen, was für die Auswertung mittels Photogrammetrie ausreicht. Das grobe 3D-Modell wird von der Software anschliessend virtuell senkrecht von oben betrachtet und es wird unter Berücksichtigung von allem Bildmaterial ein möglichst gut aufgelöstes zusammengesetztes Orthofoto berechnet. Die GPS-Koordinaten der Einzelfotos und zusätzliche manuell gesetzte Referenzpunkte dienen dabei als Grundlage der Georeferenzierung. Grundsätzlich kann diese Methode auch zur genauen 3D-Vermessung des sichtbaren über Wasser liegenden Bereiches von Gewässern genutzt werden. Für die dabei geforderte räumliche Genauigkeit wären allerdings sehr viel mehr Fotos und eingemessene Referenzpunkte nötig als in der hier beschriebenen Anwendung. Da unser Endprodukt das georeferenzierte Orthofoto darstellt, kann hierauf aus Zeit- und Kostengründen verzichtet werden.

2.2.2 Datenverarbeitung GIS und Flächen-/Linienzuordnung

Die nach 2.2.1 erstellten hochauflösenden georeferenzierten Orthofotos können direkt in allen üblichen GIS-Systemen verarbeitet werden, wir verwenden hierzu das quelloffene Programm QGIS. Für die Auswertung werden die unter 2.1.3 beschriebenen Flächenhabitats mit Polygon-Layern und Uferlinientypen mit Linien-Layern aufgenommen. Hierbei sollten nur Merkmale ab ca. 10 m^2 Ausmass mit einem Einzelpunktabstand von minimal $0,5 \text{ m}$ digitalisiert werden. Ein geringerer Punktabstand erhöht nur den Bearbeitungsaufwand und führt zu keiner merklich höheren Genauigkeit.

Diese Auswertung wurde jeweils für einen 500 m langen Gewässerabschnitt des Alpenrheins durchgeführt. Dabei wurde der Bereich zwischen den Mittelwuhren oder anderen sichtbaren Sicherungselementen (ohne Vorländer und flussseitigem Hochwasserdamm) bearbeitet. Die Untersuchungsfläche muss dabei komplett Flächenhabitats zugeordnet werden. Für die Uferlinien werden alle Ufer – auch die von Kiesbänken und Flussinseln – berücksichtigt. Die Erfassung darf dabei von Beginn zu Ende des Abschnittes oder um Inseln herum keine Unterbrechungen aufweisen. Jede Fläche oder jeder Uferlinienabschnitt muss eindeutig nur einem Typ zugeordnet sein (Abb. 11).

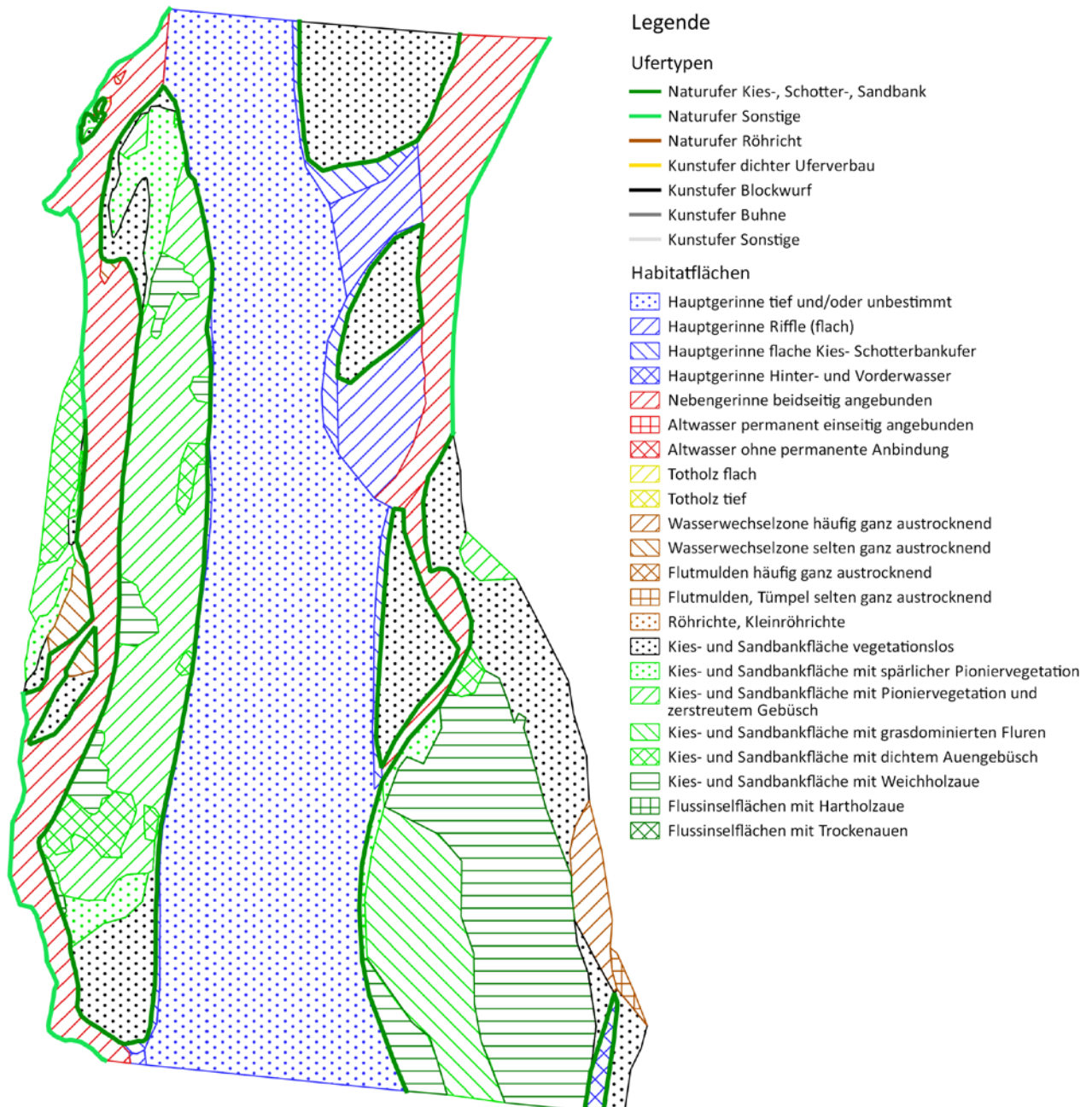


Abb. 11: Beispiel von kartierten Habitatflächen und Uferlinien am Untersuchungsabschnitt Mastrils im Jahr 2015.

2.2.3 Bilanzierung

Ausgehend von den kartierten Einzelementen lassen sich von der GIS-Software die jeweiligen Polygonflächen und Linienlängen als Tabelle ausgeben und können mit einer Tabellenkalkulation weiterverarbeitet werden. Damit lassen sich wiederum Bilanzen für die Habit- und Ufertypen erstellen und weiter grafisch aufbereitet werden (Beispiel Tab. 3). Die Bilanzen für die untersuchten Alpenrheinabschnitte sind in Kapitel 3 dargestellt.

2.3 Habitatflächenbewertung

Die Bewertung der nach 2.2 erstellten Bilanzierung stellt einen Vorschlag dar. Die Zuordnung der Wertungspunkte zu den erfassten Habitattypen basiert auf einer Experteneinschätzung und sollte vor einem verbindlichen Einsatz durch zusätzliche Erhebungen und Kalibrierungen validiert werden. Ebenso verhält es sich mit den vorgestellten Bewertungsstufen.

Tab. 3: Beispiel einer Habitatflächen- und Uferlinienlängenbilanzierung am Untersuchungsabschnitt Mastrils im Jahr 2015.

Code	Bezeichnung Habitat/Kompartiment	Kartierte Fläche [m ²] bzw. Länge [m]	
aquatische Bereiche (Flächenelemente)			
		Triesen	Bonaduz
W1a	Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt	32044	22771
W1b	Staubereich (Stillwassercharakter)		
W2	Hauptgerinne Riffle (flach)	665	
W3	Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer	972	5298
W4	Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser	3700	
W5	Nebengerinne beidseitig angebunden		10739
W6a	Altwasser permanent einseitig angebunden		944
W6b	Altwasser ohne permanente Anbindung		
W7a	Totholz im Flachwasser		164
W7b	Totholz mit tiefem Kolk		717
		37381	40634
amphibische Bereiche (Flächenelemente)			
A1a	Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend	182	
A1b	Wasserwechselzone selten ganz austrocknend	2818	4544
A2a	Flutmulden häufig ganz austrocknend		433
A2b	Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend		133
A3	Röhrichte, Kleinröhrichte		
		3000	5110
terrestrische Bereiche (Flächenelemente)			
L1	Kies- und Sandbankfläche vegetationslos	11320	8554
L2	Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation		943
L3a	Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch		9401
L3b	Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren		43
L3c	Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch		3178
L3d	Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue		12695
L4	Flussinsellflächen mit Hartholzaue		
L5	Flussinsellflächen mit Trockenau		
		11320	34813

2.3.1 Bewertungsansätze und Ermittlung von Habitatwerten

Flussabschnitte weisen eine unterschiedliche ökologische Qualität auf, je nachdem, welche Habitats sie besitzen und in welcher Anzahl und Ausdehnung sie vorkommen.

Aus den Ergebnissen des Basismonitorings Alpenrhein der Jahre 2009 und 2015, verschiedener anderer Untersuchungen am Alpenrhein (z.B. Fischmonitoring, EBERSTALLER et. al 2014) sowie aus der Fachliteratur ist bekannt, dass unterschiedliche Habitats hinsichtlich ihres Strukturinventars, ihrer Diversität und ihrer Produktivität deutliche Qualitätsunterschiede aufweisen. Diese Unterschiede können klein oder gross sein, je nachdem, welches Fließgewässer betrachtet wird und in welchem ökologischen Gesamtzustand es sich befindet. Ist ein Fluss aufgrund seiner Defizite relativ arten- und individuenarm, so zeigen auch natürlicherweise hochwertige Habitats keine optimale Besiedlung mehr. Sie können aber weiterhin als Indikator für das Besiedlungspotenzial angesehen werden.

2.3.2 Ermittlung von Habitatwerten

Den in Kapitel 2.1 unterschiedenen Habitats werden unterschiedliche Wertigkeiten hinsichtlich ihres Strukturwertes und ihrer biologischen Diversität zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt nach einer gutachterlichen Einschätzung. Der **Strukturwert** wird anhand der Unterscheidung zwischen ursprünglichen Primärhabitats und anthropogenen Sekundärlebensräumen (z.B. Magerwiese am Damm) ermittelt. Eine zusätzliche Abwertung erfolgt bei Kunststrukturen wie Staubereichen oder technischem Uferverbau. Die Bewertung erfolgt nach einer fünfstufigen Skala (Abb. 12). So erhält ein kraftwerksbedingter Staubereich einen schlechten Strukturwert (0,1), da das Gewässer einen Stillwassercharakter anstatt dem eines Flusses

aufweist. Totholzstrukturen in tiefem Wasser oder eine Weichholzaue stellen dagegen eine sehr gute Struktur dar (0,9). Beide Habitats sind Primärhabitats, äusserst vielfältig und bieten aufgrund der starken Nutzung der dritten Dimension (Vertikalstruktur) viel Lebensraum.

Die Bewertung der **Diversität** wurde u.a. aus den Ergebnissen der Monitoringprogramme am Alpenrhein und Analogieschlüssen aus weiteren Monitoringprogrammen abgeleitet (u.a. Alpenrhein (REY & HESSEL-SCHWERDT 2016, REY et. al 2010), Rhône-Thur (z.B. ROHDE 2005), Hochrhein (REY et. al 2015) oder Aare (REY et. al 2014). Die detaillierte Einstufung der Diversität eines Habitats wird erschwert, da die Untersuchungstiefe der Besiedlung verschiedener Habitats unterschiedlich genau ist und die erhobenen Artenzahlen daher nicht unbedingt vergleichbar sind. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung nach einer lediglich dreistufigen Skala (hoch [0,83], mittel [0,5] und gering [0,17]).

Die in der weiteren Betrachtung berücksichtigte Gesamtwertigkeit jedes Habitats oder Ufertyps ist jeweils der Mittelwert von Strukturwert und Diversität.

Tab. 4: Liste und Bewertung der für den Alpenrhein benannten/kategorisierten Habitats.

Code	Bezeichnung Habitat/Kompartiment	Strukturwert	Diversität	Gesamt
aquatische Bereiche (Flächenelemente)				
W1a	Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt	0,3	0,17	0,24
W1b	Staubereich (Stillwassercharakter)	0,1	0,17	0,14
W2	Hauptgerinne Riffle (flach)	0,7	0,50	0,60
W3	Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer	0,7	0,50	0,60
W4	Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser	0,7	0,50	0,60
W5	Nebengerinne beidseitig angebunden	0,7	0,83	0,77
W6a	Altwasser permanent einseitig angebunden	0,9	0,83	0,87
W6b	Altwasser ohne permanente Anbindung	0,7	0,83	0,77
W7a	Totholz im Flachwasser	0,7	0,50	0,60
W7b	Totholz mit tiefem Kolk	0,9	0,83	0,87
amphibische Bereiche (Flächenelemente)				
A1a	Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend	0,3	0,17	0,24
A1b	Wasserwechselzone selten ganz austrocknend	0,5	0,50	0,50
A2a	Flutmulden häufig ganz austrocknend	0,5	0,17	0,34
A2b	Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend	0,7	0,83	0,77
A3	Röhrichte, Kleinröhrichte	0,7	0,83	0,77
terrestrische Bereiche (Flächenelemente)				
L1	Kies- und Sandbankfläche vegetationslos	0,5	0,50	0,50
L2	Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation	0,5	0,50	0,50
L3a	Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch	0,7	0,50	0,60
L3b	Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren	0,7	0,50	0,60
L3c	Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch	0,7	0,83	0,77
L3d	Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue	0,9	0,83	0,87
L4	Flussinsellflächen mit Hartholzaue	0,9	0,50	0,70
L5	Flussinsellflächen mit Trockenaue	0,7	0,50	0,60
Uferlinien (Linienelemente)				
U1a	Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank	0,9	0,83	0,87
U1b	Naturufer mit Röhricht (Schilf, Glanzgras etc.)	0,9	0,83	0,87
U1c	Naturufer Sonstige	0,7	0,50	0,60
U2a	Dichter Uferbau (Steinschichtung, Ufermauer)	0,1	0,17	0,14
U2b	Blockwurf	0,3	0,17	0,24
U2c	Buhne	0,5	0,50	0,50
U2d	Kunstufer Sonstige	0,3	0,17	0,24

2.3.3 Berechnung der Bewertung

Die Gesamtbewertung einer jeweils 500 m langen Untersuchungsstrecke wird in drei Module unterteilt:

- Bewertung der Habitatflächen
- Bewertung der Ufertypen
- Bewertung der Uferlänge als Indikator für die Diversität des Gewässerlaufs

Die berechneten Wertungspunkte der Einzelmodule und der Gesamtbewertung werden nach Abb. 12 in Noten übersetzt.

Abb. 12: Bewertungsstufen. Links: Gesamtbewertung und der Module Habitatflächen und Ufertypen; rechts: Uferlänge.

Punkte	Bewertung	Längenfaktor Uferlänge	Bewertung
0,00 - 0,19	schlecht	1,00 - 1,25	0,1 schlecht
0,20 - 0,39	unbefriedigend	1,26 - 2,00	0,3 unbefriedigend
0,40 - 0,59	mässig	2,01 - 2,50	0,5 mässig
0,60 - 0,79	gut	2,51 - 3,50	0,7 gut
0,80 - 1,00	sehr gut	> 3,50	0,9 sehr gut

Modul Habitatflächen

Die Grundlage der Bewertung stellen die Wertungspunkte der bilanzierten Einzelhabitate aus 2.3.2 dar. Zuerst wird der Mittelwert der Bewertungen – bezogen auf einen Quadratmeter Habitatfläche – ermittelt. Hierzu werden für jeden Habitattyp alle digitalisierten Einzelelemente jeweils mit ihrer gemessenen Fläche und ihrer Habitatwertigkeit (Tab. 4) multipliziert. Die Ergebnisse werden aufsummiert und am Ende durch die für den einzelnen Habitattyp ermittelte Gesamtfläche geteilt. Diese Zahl entspricht der Zwischennote dieses Moduls (Beispiel Abb. 13).

Da auch prinzipiell wertvolle Habitattypen im Übermass keinen natürlichen Zustand darstellen oder bestimmte Typen für einen guten Zustand vorhanden sein müssen, wird zusätzlich berücksichtigt, ob die wichtigsten Kompartimente naturnah verteilt sind. Die Bewertung wird über Ab- und Aufwertungen der oben ermittelten Zwischennote nach bestimmten Kriterien realisiert:

- **Anteil der Landfläche an der Gesamtfläche:** Aufwertung um +0,1 wenn grösser als 67%; Abwertung um -0,1 wenn kleiner als 33%.
- **Anteil der bewachsenen Fläche an der Landfläche:** Aufwertung um +0,1 wenn grösser als zwei Drittel (67%); Abwertung um -0,1 wenn kleiner einem Drittel (33%). Eine Abwertung um -0,1 erfolgt auch an dieser Stelle wenn die Landfläche insgesamt weniger als 10% der Gesamtfläche ausmacht.
- **Anteil von altem Bewuchs(dichtes Gebüsch bis Auwald / L3c–L5) an der Gesamtlandfläche:** Aufwertung um +0,1 wenn grösser als zwei Drittel (67%); Abwertung um -0,1 wenn kleiner als ein Drittel (33%). Eine Abwertung erfolgt auch an dieser Stelle, wenn der Bewuchs insgesamt weniger als 10% der gesamten Landfläche ausmacht.

Die Auf- und Abschläge werden direkt mit der vorher ermittelten Zwischennote verrechnet und ergeben die Gesamtnote des Moduls Habitatflächen (Abb. 13).

Code	Bezeichnung Habitat/Kompartiment	Wertigkeit	Kartierte Fläche [m ²] bzw. Länge [m]		Wertungspunkte	
			Triesen	Bonaduz	Triesen	Bonaduz
aquatische Bereiche (Flächenelemente)						
W1a	Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt	0,24	32044	22771	7.690	5.465
W1b	Staubereich (Stillwassercharakter)	0,14				
W2	Hauptgerinne Riffle (flach)	0,60	665		399	
W3	Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer	0,60	972	5298	583	3.179
W4	Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser	0,60	3700		2.220	
W5	Nebengerinne beidseitig angebunden	0,77		10739		8.216
W6a	Altwasser permanent einseitig angebunden	0,77		944		722
W6b	Altwasser ohne permanente Anbindung	0,77				
W7a	Totholz im Flachwasser	0,60		164		99
W7b	Totholz mit tiefem Kolk	0,87		717		620
			37381	40634	10.893	18.301
amphibische Bereiche (Flächenelemente)						
A1a	Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend	0,24	182		43	
A1b	Wasserwechselzone selten ganz austrocknend	0,50	2818	4544	1.409	2.272
A2a	Flutmulden häufig ganz austrocknend	0,34		433		145
A2b	Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend	0,77		133		102
A3	Röhrichte, Kleinröhrichte	0,77				
			3000	5110	1.452	2.519
terrestrische Bereiche (Flächenelemente)						
L1	Kies- und Sandbankfläche vegetationslos	0,34	11320	8554	3.792	2.866
L2	Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pionervegetation	0,50		943		471
L3a	Kies- und Sandbankfläche mit Pionervegetation und lockerem Gebüsch	0,60		9401		5.641
L3b	Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren	0,60		43		26
L3c	Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch	0,77		3178		2.431
L3d	Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue	0,87		12695		10.981
L4	Flussinsel mit Hartholzaue	0,70				
L5	Flussinsel mit Trockenaue	0,60				
			11320	34813	3.792	22.415

Modul Habitatflächen	Triesen	Bonaduz
Gesamtfläche [m ²]	51.701	80.558
Summe Flächenpunkte	17.844	44.627
Mittlere Punktzahl pro m ²	0,35	0,55
Anteil Landfläche	28% (Abwertung -0,1)	50% (keine Auf- oder Abwertung)
Anteil bewachsene Landfläche	0% (Abwertung -0,1)	75% (Aufwertung +0,1)
Anteil alter Bewuchs an bewachsener Fläche	keine Landfläche (Abwertung -0,1)	60% (keine Auf- oder Abwertung)
Auf- und Abwertungen aufgrund der o.g. Anteile	-0,30	+0,10
Gesamtbewertung Habitatflächen	0,05	0,65

Abb. 13: Beispielberechnung der Bewertung des Moduls Habitatflächen für die Probestellen Triesen und Bonaduz.

Modul Ufertypen

Die Bewertung der Ufertypen erfolgt entsprechend derjenigen der Habitatflächen, es werden nur jeweils Elementlängen anstatt von Flächen berücksichtigt. Es werden ebenfalls Auf- oder Abwertungen berücksichtigt:

- **Anteil Naturufer an der Gesamtuferlänge:** Aufwertung um +0,1 wenn grösser als 99%; Abwertung um -0,1 wenn kleiner als 75%

Die Auf- und Abschläge werden direkt mit der vorher ermittelten Zwischennote verrechnet und ergeben die Gesamtnote des Moduls Ufertypen (Abb. 14).

Code	Bezeichnung Habitat/Kompartiment	Wertigkeit	Kartierte Fläche [m ²] bzw. Länge [m]		Wertungspunkte	
			Triesen	Bonaduz	Triesen	Bonaduz
Uferlinien (Linienelemente)						
U1a	Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank	0,77	770	2191	589	1.676
U1b	Naturufer mit Röhricht (Schilf, Glanzgras etc.)	0,87				0
U1c	Naturufer Sonstige	0,60		581		349
U2a	Dichter Uferbau (Steinschichtung, Ufermauer)	0,14				0
U2b	Blockwurf	0,24	704	756	166	178
U2c	Buhne	0,50				0
U2d	Kunstufer Sonstige	0,24				0
			1474	3528	754	2.203

Modul Ufertypen	Triesen	Bonaduz
Gesamtuferlänge [m]	1.474	3.528
Summe Uferlinienpunkte	831	2.422
Mittlere Punktzahl pro m Uferlinie	0,56	0,69
Anteil natürliches Ufer	52% (Abwertung -0,1)	79% (keine Auf- oder Abwertung)
Auf- und Abwertungen aufgrund der o.g. Anteile	-0,10	+/-0,00
Gesamtbewertung Ufertypen	0,46	0,69

Abb. 14: Beispielberechnung der Bewertung des Moduls Ufertypen für die Probestellen Triesen und Bonaduz.

Modul Uferlinienlänge

Die Bewertungen der beiden vorhergehenden Module berücksichtigen die mittlere Qualität der dort vorkommenden Habitate oder Ufertypen. Ein weiteres Merkmal eines natürlichen Gewässers mit Auenentwicklung ist die Diversität des Gewässerverlaufs. Diese entwickelt sich meist in Abhängigkeit von dem zur Verfügung stehenden Gewässerraum und der mittleren Wasserführung. Da die Wasserführung im Gewässerverlauf im Normalfall nicht konstant bleibt war ein hiervon unabhängiger Indikator nötig. Wir nutzen zur Bewertung dieses Aspekts die auf die Untersuchungsabschnittslänge bezogene tatsächliche Uferlänge als Indikator für die Diversität des Wasserlaufs. Dieser Uferlängenfaktor ist das Verhältnis der gemessenen Uferlinienlänge (inkl. Inseln) zur minimal möglichen Uferlänge eines Abschnittes gleicher Länge (1000 m = 2 x 500 m). Die Bewertung dieses Faktors erfolgt nach Abbildung 12 (Beispiel Abb. 15).

Modul Uferlänge	Triesen	Bonaduz
Längenfaktor Uferlänge zu 2 x Abschnittslänge	1,47	3,53
Bewertung Uferlänge	0,30	0,90

Abb. 15: Beispielberechnung der Bewertung des Moduls Uferlinienlänge für die Probestellen Triesen und Bonaduz.

Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung berechnet sich als Mittelwert der Bewertungen der drei Einzelmodule. Die Ergebnisse der Einzelmodule können mit angegeben werden.

Bewertung Triesen			Bewertung Bonaduz		
Habitatflächen	0,05	schlecht	Habitatflächen	0,65	gut
Ufertypen	0,46	mässig	Ufertypen	0,69	gut
Uferlänge	0,30	unbefriedigend	Uferlänge	0,90	gut
Gesamtbewertung	0,27	unbefriedigend	Gesamtbewertung	0,75	sehr gut

Abb. 16: Beispielberechnung der Gesamtbewertung und Vorschlag der Ergebnisdarstellung für die Probestellen Triesen und Bonaduz.

3. Habitatflächenanalyse Alpenrhein

3.1 Untersuchungsgebiet und analysierte Flussabschnitte

In seinem Verlauf ändert sich der Charakter des Alpenrheins fortlaufend. Kurz vor dem Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein gibt es noch naturnahe Abschnitte wie bei Bonaduz oder Rhäzünz. Im Gewässerverlauf wird er allerdings immer weiter eingeeignet, bis er vor der Mündung in Bodensee nur noch ein gerader befestigter Kanal ist. Das gesamte Projektgebiet wurde im Basismonitoring Alpenrhein (EBERSTALLER et al. 2007) in sieben Abschnitte (RHE 1 bis RHE 7) aufgeteilt, die sich hinsichtlich historischer und hydrologischer Unterschiede, durch die Lage von Kontinuumsunterbrechungen oder unterschiedliche anthropogene Überprägungen voneinander abgrenzen lassen. Aus den meisten Abschnitten wurde mindestens ein Probeabschnitt zur Anwendung der Methode ausgewählt (Abb. 17). Alle Stellen wurden bereits 2015 im Rahmen des Monitoring Alpenrhein untersucht. Eine genaue Stellencharakterisierung findet sich im entsprechenden Bericht (REY & HESSELSCHWERDT 2016).

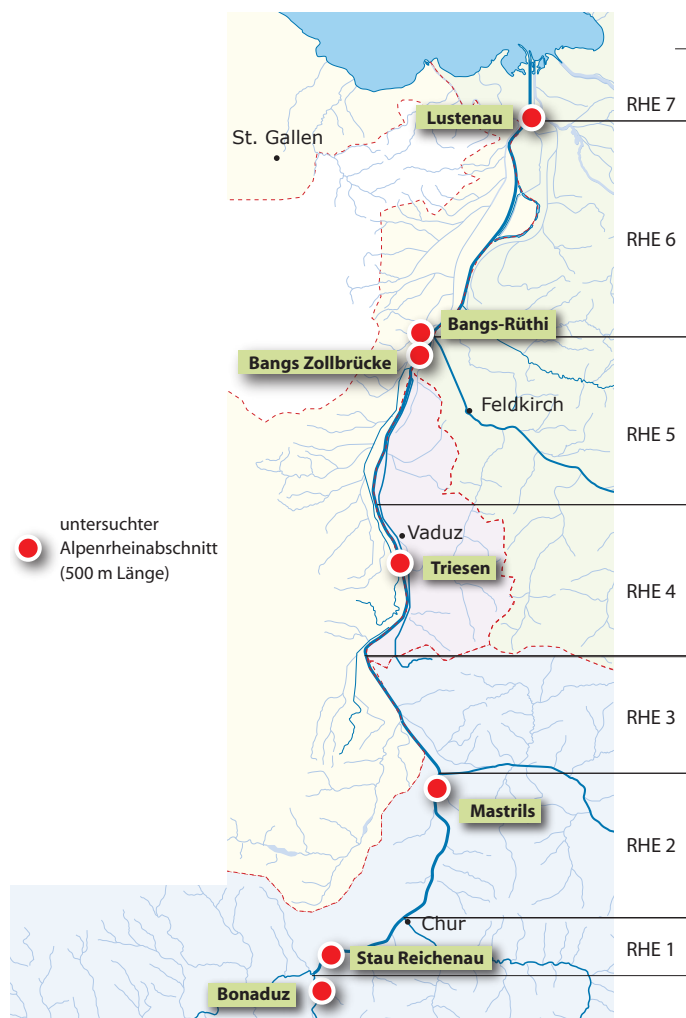


Abb. 17: Untersuchte Flussabschnitte im Alpenrhein und Hinterrhein.

3.2 Habitatflächenanalysen Alpenrhein

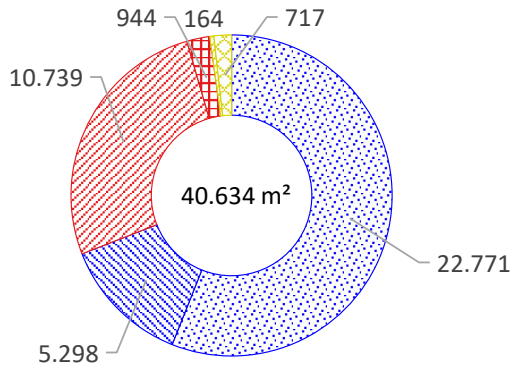
Die Habitatflächenzuordnungen, Bilanzierungen und Bewertungen der Untersuchungsabschnitte sind auf den folgenden Seiten dargestellt.

3.2.1 Flussabschnitt Bonaduz (Hinterrhein)

Koordinaten: y: 750648 / x: 18652

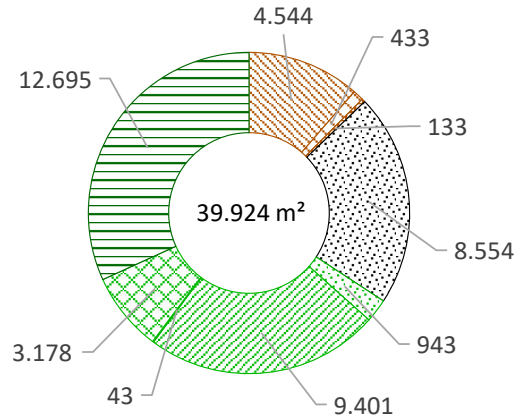


Flächenbilanzen Wasser



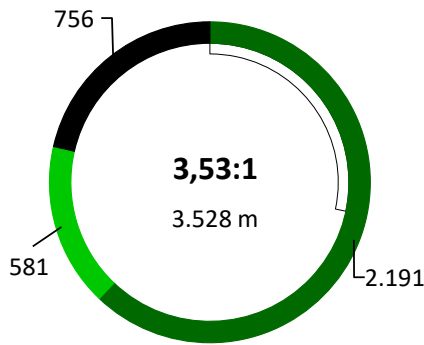
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen Land und amphibischer Bereich

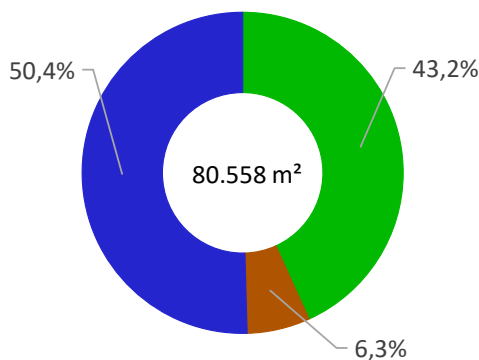


- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellflächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

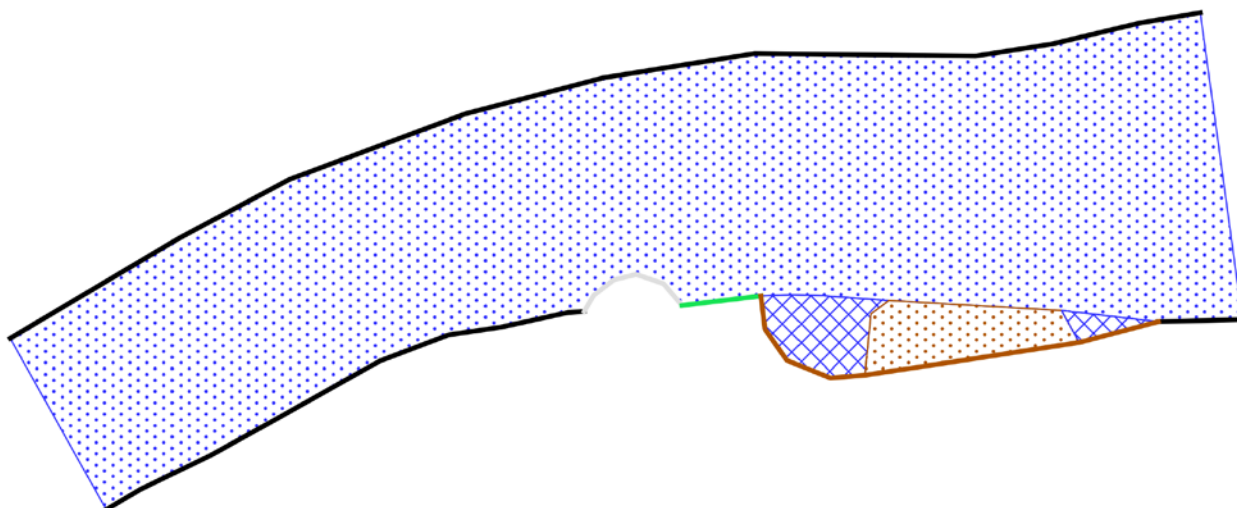
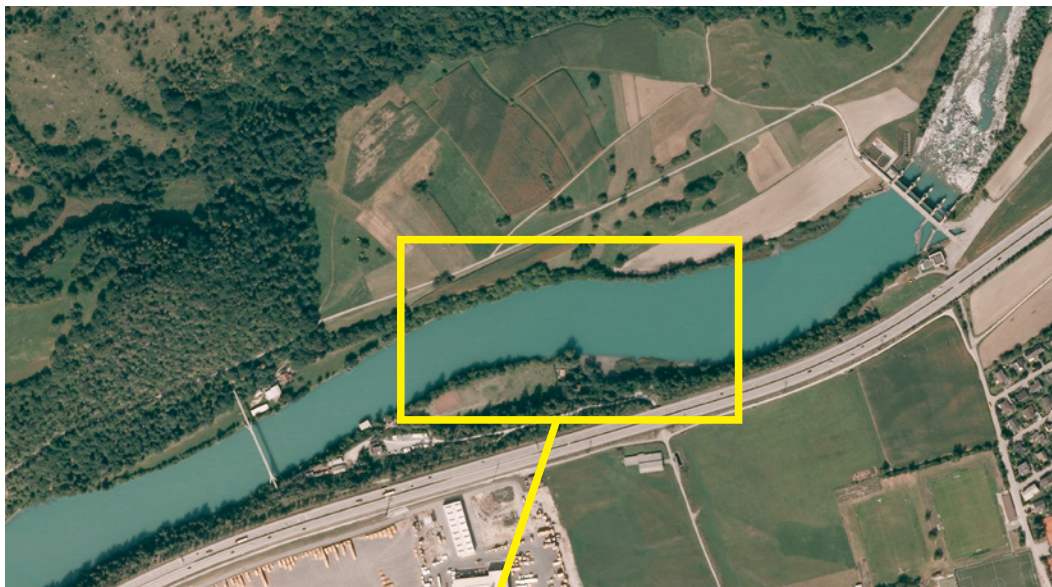


- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

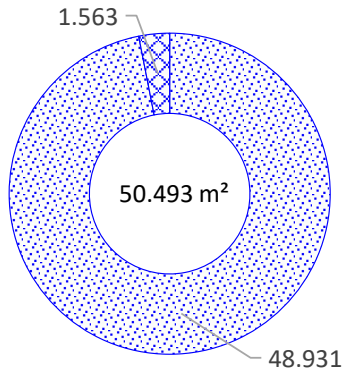
Bewertung Bonaduz		
Habitatflächen	0,65	gut
Ufertypen	0,69	gut
Uferlänge	0,90	sehr gut
Gesamt	0,75	gut

3.2.2 Flussabschnitt Stau Reichenau

Koordinaten: y: 751764 / x: 188796

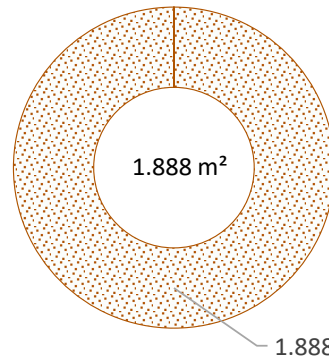


Flächenbilanzen Wasser



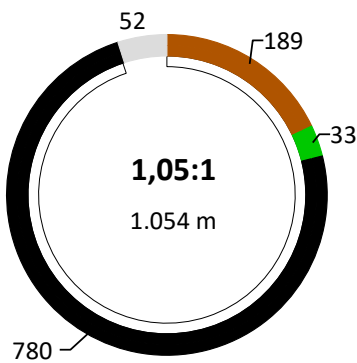
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land



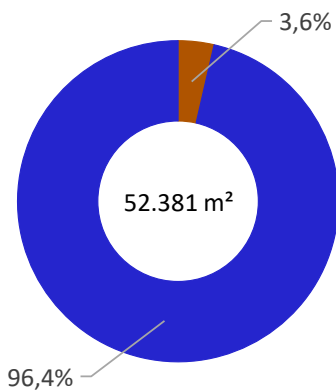
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile

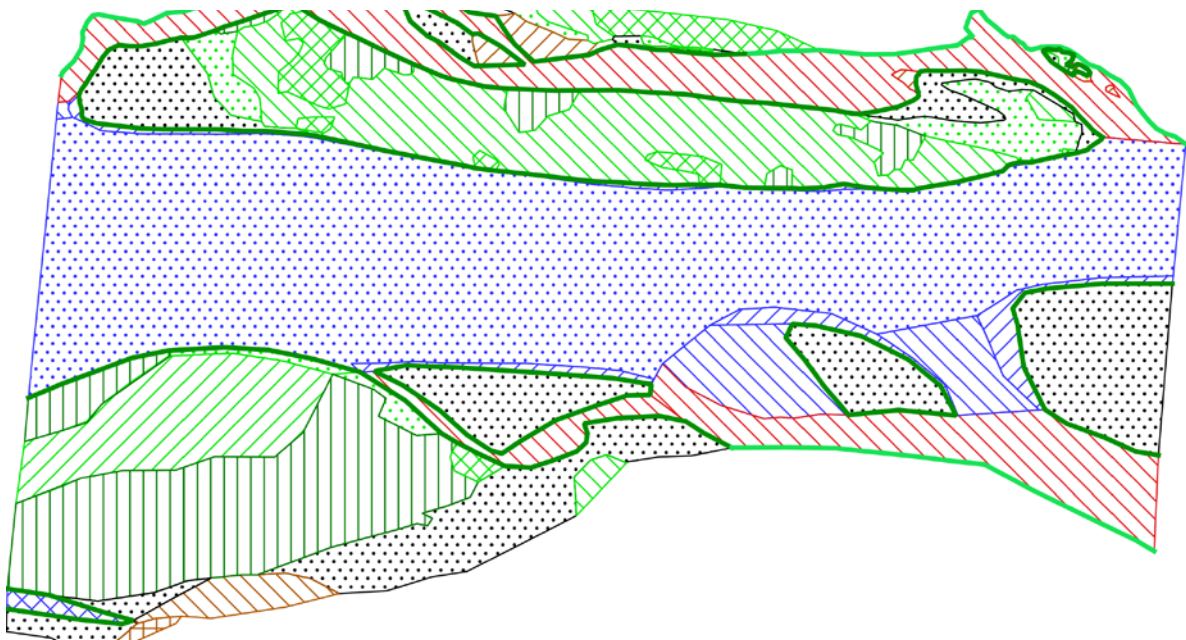


- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

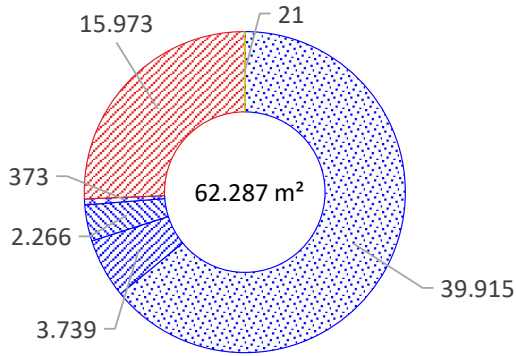
Bewertung Stau Reichenau		
Habitatflächen	0,00	schlecht
Ufertypen	0,26	unbefriedigend
Uferlänge	0,10	schlecht
Gesamt	0,12	schlecht

3.2.3 Flussabschnitt Mastrils

Koordinaten: y: 760081 / x: 2017882

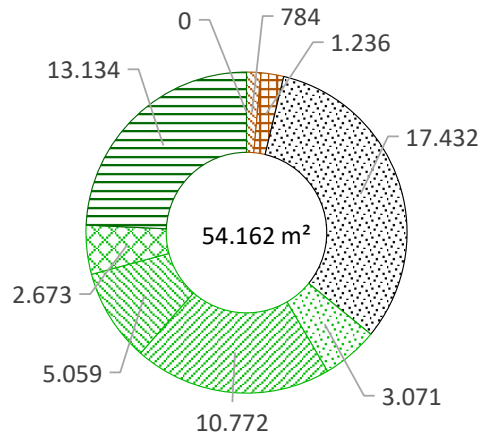


Flächenbilanzen Wasser



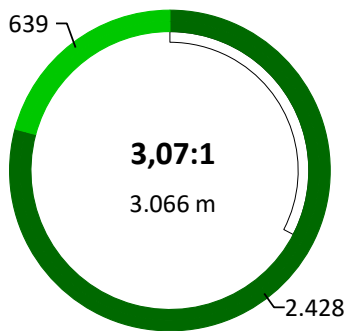
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land



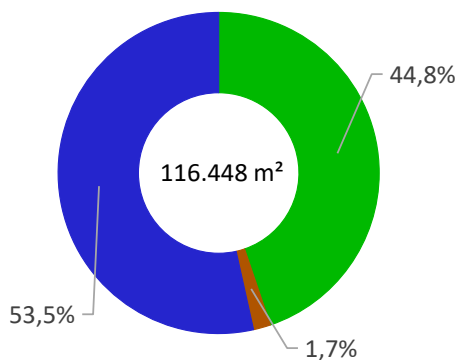
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile

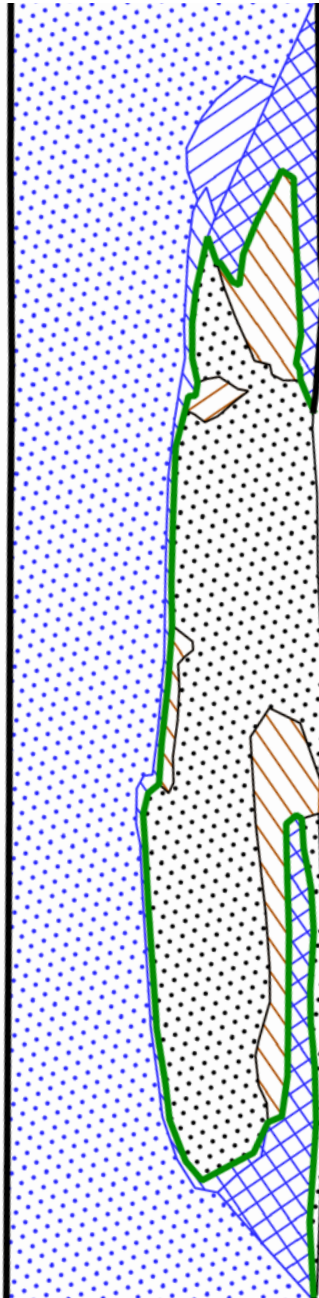
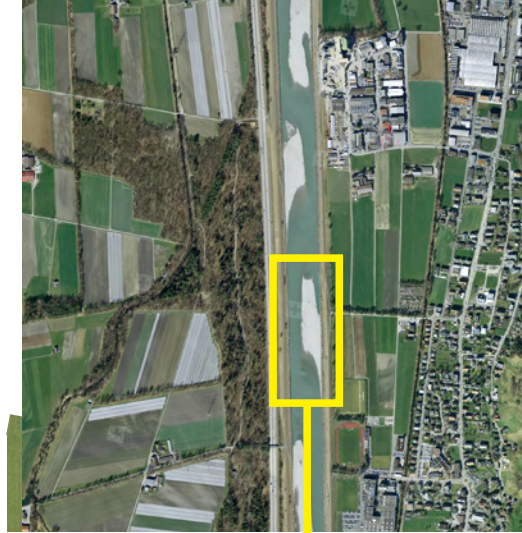


- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

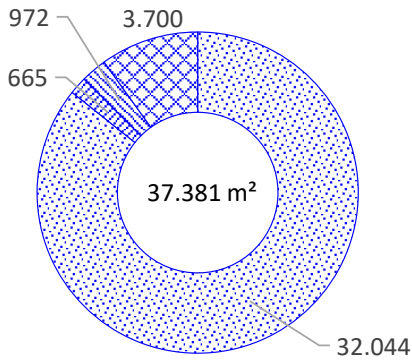
Bewertung Mastrils		
Habitatflächen	0,61	gut
Ufertypen	0,91	sehr gut
Uferlänge	0,70	gut
Gesamt	0,74	gut

3.2.4 Flussabschnitt Triesen

Koordinaten: y: 757762 / x: 220032

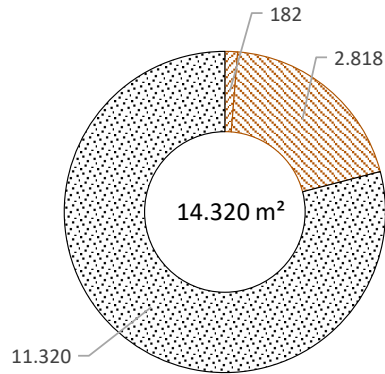


Flächenbilanzen Wasser



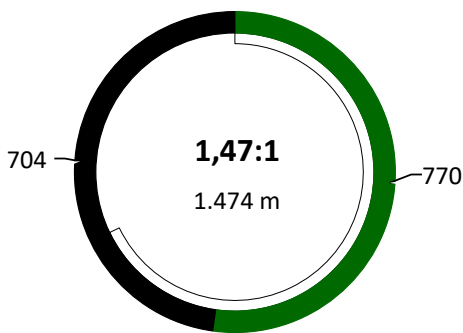
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land



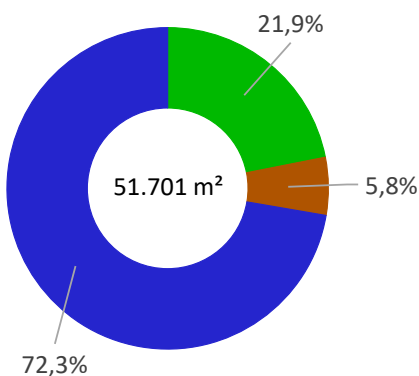
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile



- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

Bewertung Triesen

Habitatflächen	0,05	schlecht
Ufertypen	0,46	mässig
Uferlänge	0,30	unbefriedigend
Gesamt	0,27	unbefriedigend

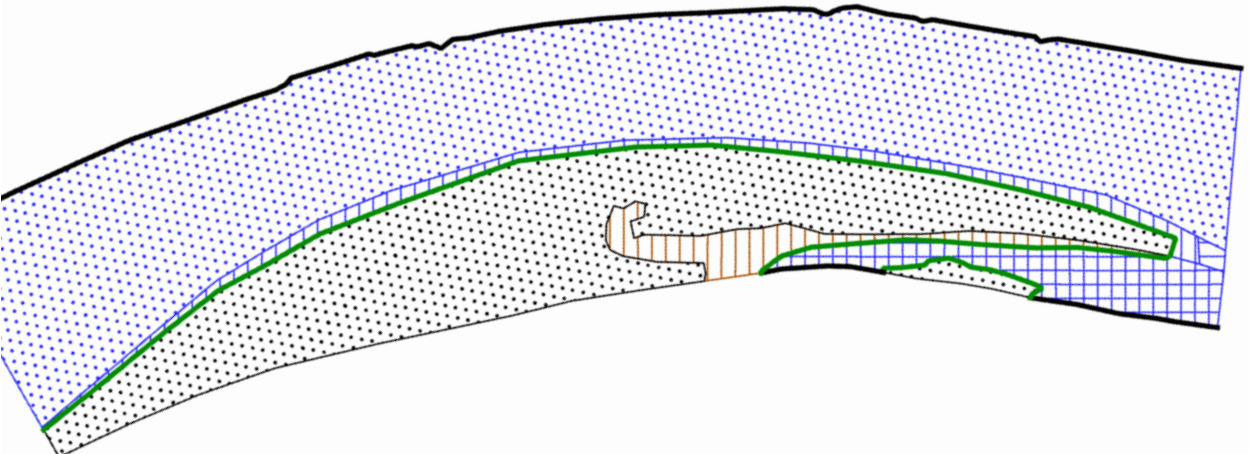
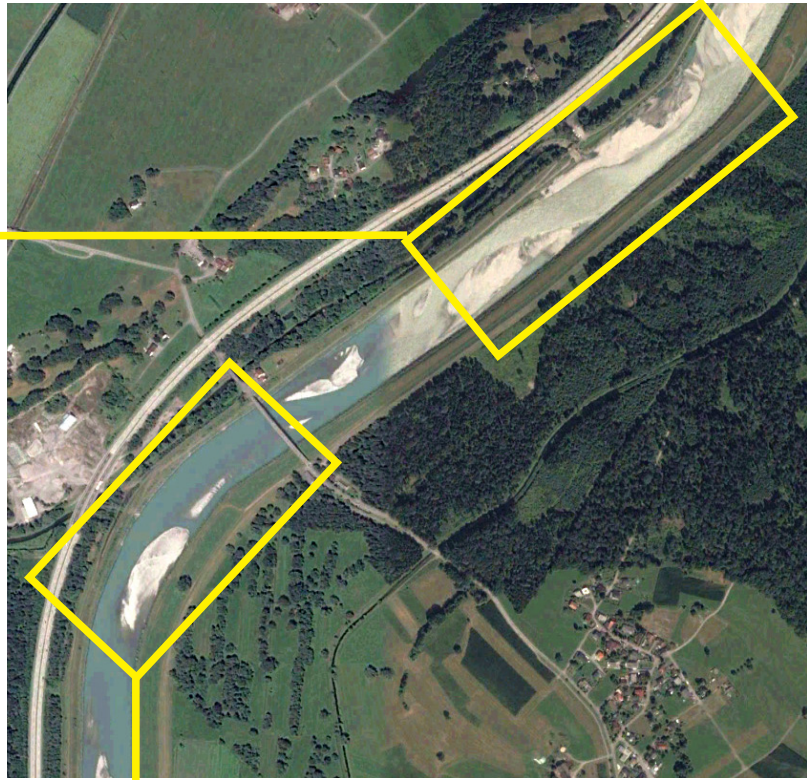
3.2.5 Flussabschnitt Bangs-Zollbrücke

Koordinaten: y: 758285 / x: 237521

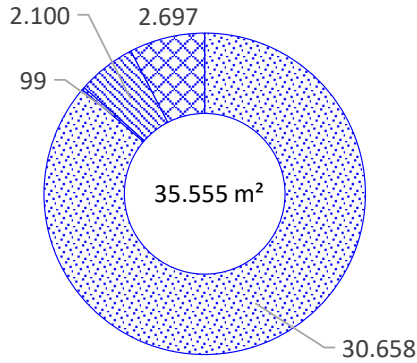
Flussabschnitt Rüthi, Mündung
Werdenberger Binnenkanal

(übernächste Seite)

(Übersichtsfoto von 2015)

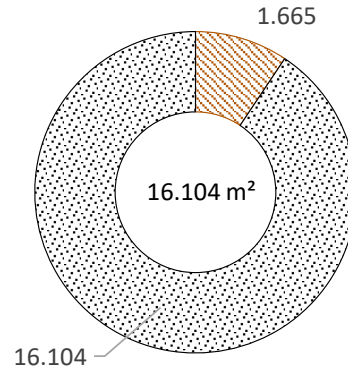


Flächenbilanzen Wasser



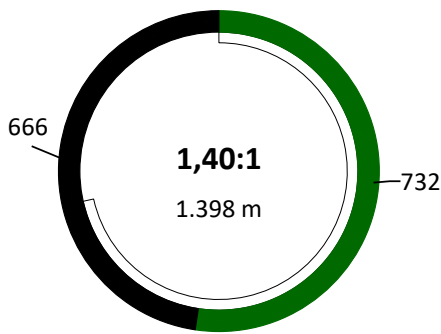
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land



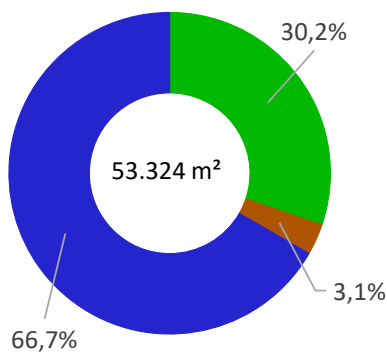
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile



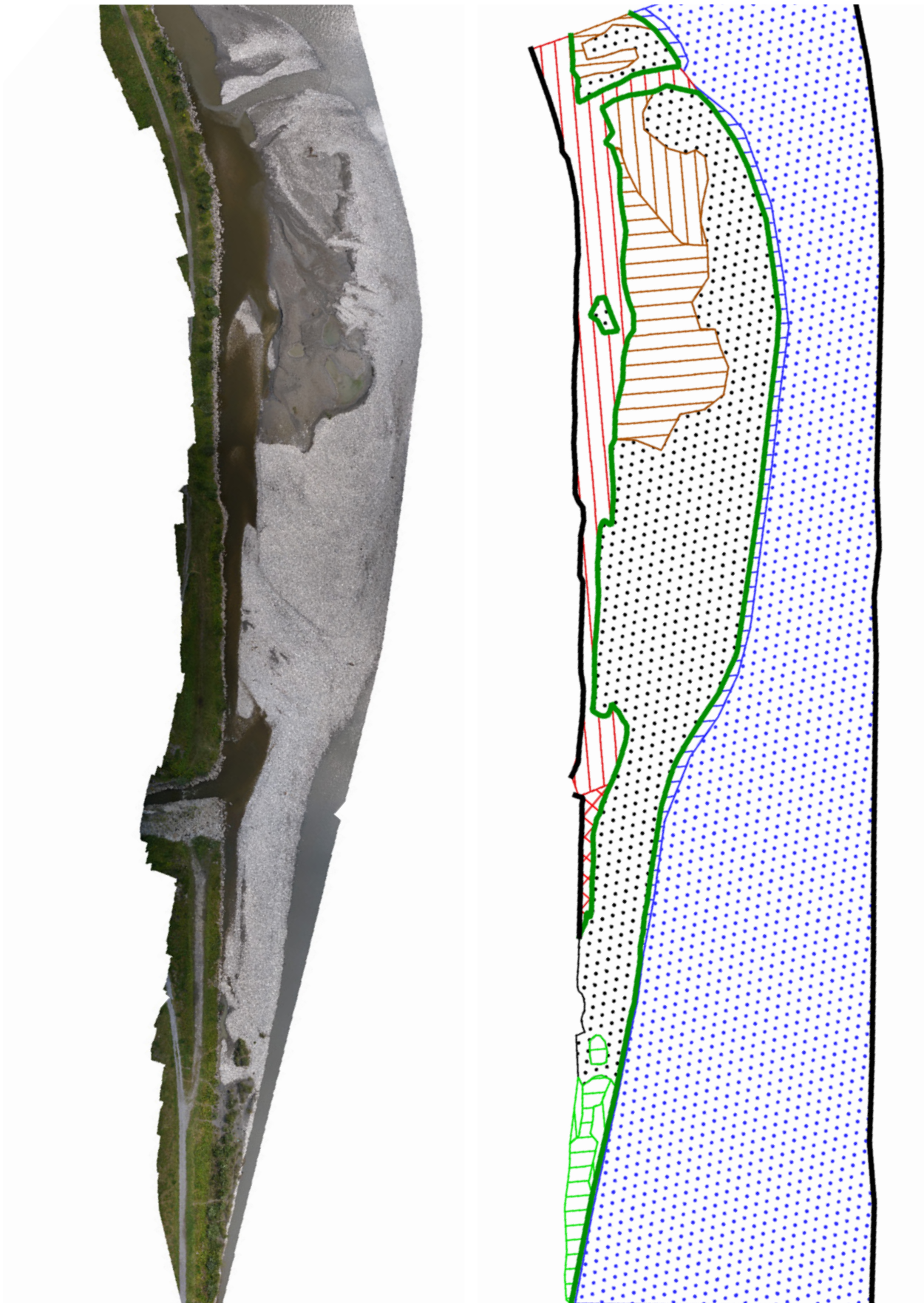
- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

Bewertung Bangs-Zollbrücke

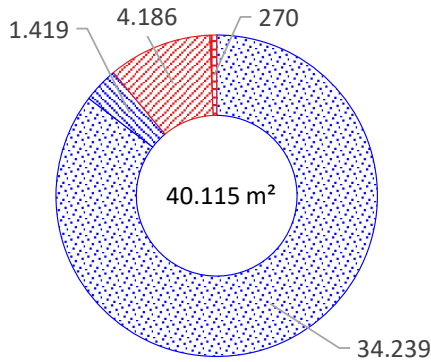
Habitatflächen	0,16	schlecht
Ufertypen	0,46	mässig
Uferlänge	0,30	unbefriedigend
Gesamt	0,31	unbefriedigend

3.2.6 Flussabschnitt Rüthi, Mündung Werdenberger Binnenkanal

Koordinaten: y: 759193 / x: 238542

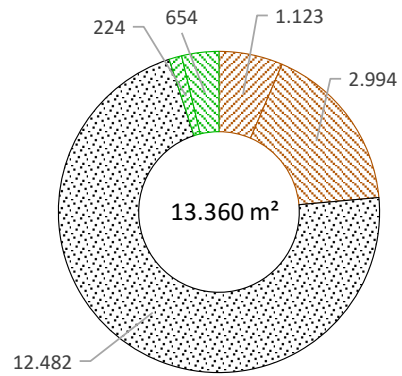


Flächenbilanzen Wasser



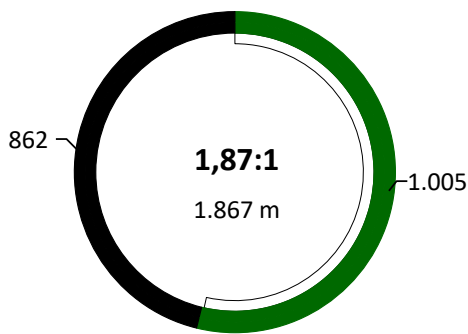
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land



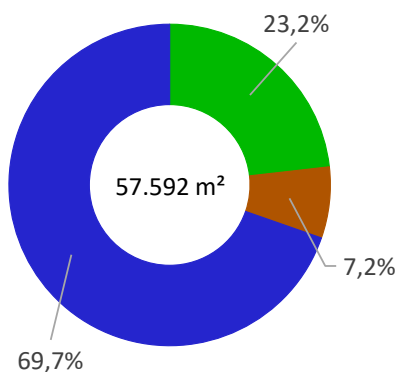
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile

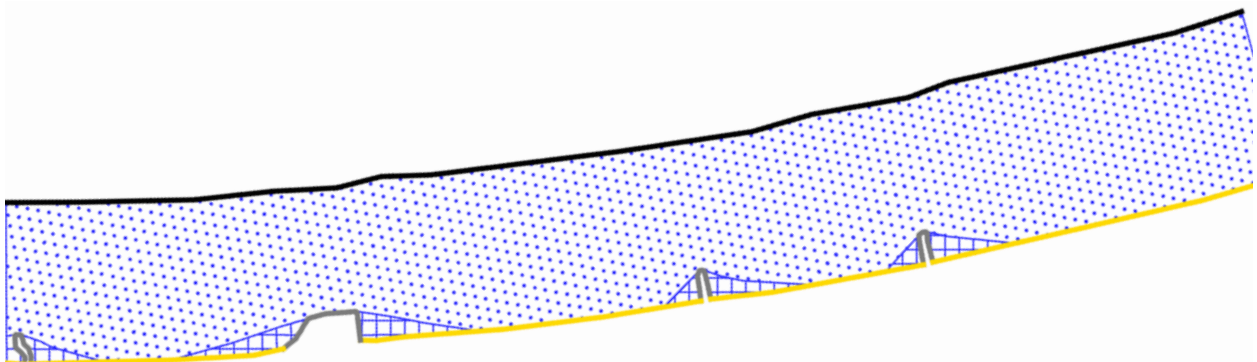


- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

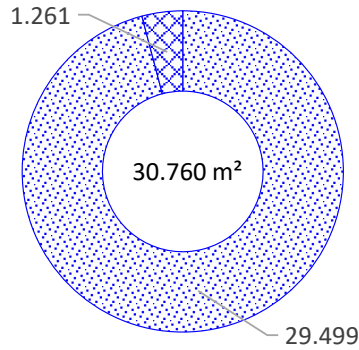
Bewertung Bangs-Rüthi		
Habitatflächen	0,06	schlecht
Ufertypen	0,47	mässig
Uferlänge	0,30	unbefriedigend
Gesamt	0,28	unbefriedigend

3.2.7 Flussabschnitt Lustenau

Koordinaten: y: 767723 / x: 257970



Flächenbilanzen Wasser



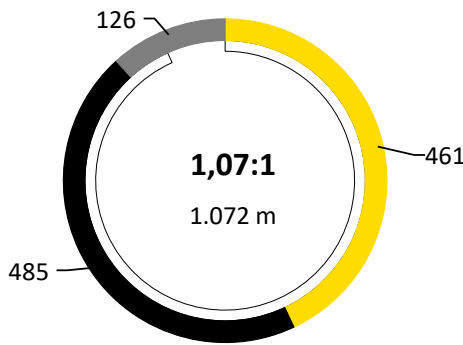
- Hauptgerinne tief und/oder unbestimmt
- Hauptgerinne Riffle (flach)
- Hauptgerinne flache Kies- Schotterbankufer
- Hauptgerinne Hinter- und Vorderwasser
- Nebengerinne beidseitig angebunden
- Altwasser permanent einseitig angebunden
- Altwasser ohne permanente Anbindung
- Totholz flach
- Totholz tief

Flächenbilanzen amphibischer Bereich und Land

0 m²

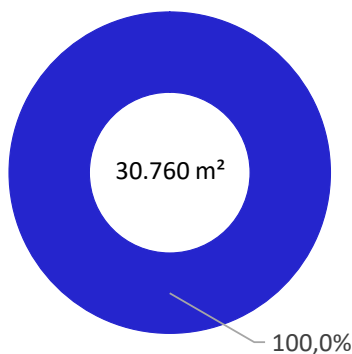
- Wasserwechselzone häufig ganz austrocknend
- Wasserwechselzone selten ganz austrocknend
- Flutmulden, häufig ganz austrocknend
- Flutmulden, Tümpel Weiher selten ganz austrocknend
- Röhrichte, Kleinröhrichte
- Kies- und Sandbankfläche vegetationslos
- Kies- und Sandbankfläche mit spärlicher Pioniervegetation
- Kies- und Sandbankfläche mit Pioniervegetation und lockerem Gebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit grasdominierten Fluren
- Kies- und Sandbankfläche mit dichtem Auengebüsch
- Kies- und Sandbankfläche mit Weichholzaue
- Flussinsellächen mit Hartholzaue

Uferlinienbilanzen



- Naturufer Kies-, Schotter-, Sandbank
- Naturufer mit Röhricht
- Naturufer Sonstige
- Dichter Uferverbau
- Blockwurf
- Buhne
- Kunstufer Sonstige
- Minimale Uferlinie (gerader Kanal)

Wasser-Land-Anteile



- terrestrisch
- amphibisch
- aquatisch

Bewertung Lustenau		
Habitatflächen	0,00	schlecht
Ufertypen	0,12	unbefriedigend
Uferlänge	0,10	schlecht
Gesamt	0,07	schlecht

3.3 Vergleichende Bilanzierung

3.3.1 Flächenanteile Wasser-Land und relative Flussraumflächen

Die Grösse der Landflächen variiert im Verlauf des Alpenrheins sehr viel stärker als die der Wasserflächen (Abb. 18). Während nur die Wasserflächen von Bonaduz (naturnaher Gewässerverlauf) und Stau Reichenau (künstlich verbreitert durch Aufstau) etwas grösser sind als der Rest, unterscheiden sich die zum Gewässerraum gehörenden Landflächen sehr stark. Zudem korreliert die Grösse der Landflächen sehr gut mit dem zunehmend natürlichen Gewässercharakter. Sie sind am kleinsten in den stark beeinträchtigten Abschnitten Lustenau und Stau Reichenau und am grössten in den Auenbereichen Mastrils und Bonaduz. Die alternierenden, noch grösstenteils unbewachsenen Kiesbänke bei Bangs und Triesen liegen im Mittelfeld.

Auffällig ist, dass die Gesamtfläche der untersuchten Abschnitte trotz konstanter Abschnittslänge von 500 m flussabwärts abnimmt. Normalerweise müsste die Fläche aufgrund der immer grösseren Wassermenge zunehmen. Dies veranschaulicht sehr gut, wie sehr der Alpenrhein in seinem Verlauf immer weiter eingengt wird.

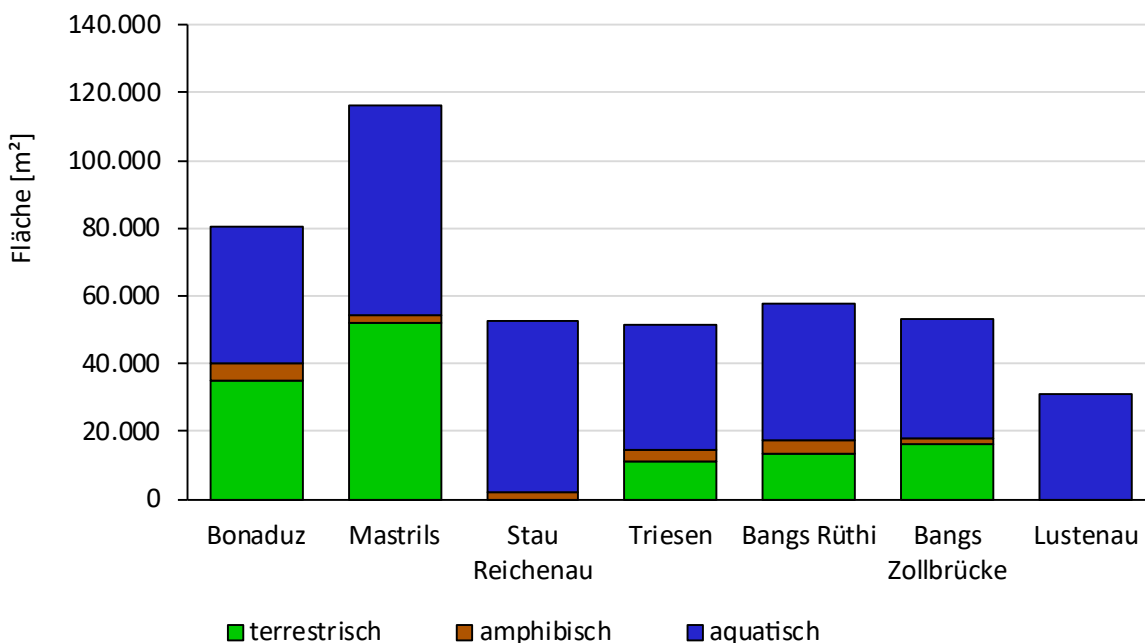


Abb. 18: Vergleich der absoluten Land- und Wasserflächen sowie der amphibischen Flächen der untersuchten Probestellen am Alpenrhein.

3.3.2 Streckenanteile Uferlinie und Uferlängen

Die Bilanz der Ufertypen spiegelt den Zustand der Untersuchungsstellen bereits sehr gut wider (Abb. 19). Die beiden Auenbereiche Mastrils und Bonaduz weisen aufgrund des komplexen Verlaufs mit Nebenarmen bei konstanter Abschnittslänge von 500 m die längste Uferlinie auf. Auf Höhe der alternierenden Kiesbänke bei Triesen und Bangs ist die Uferlänge durch die im Fluss liegenden Kiesbankufer verlängert.

Auffällig ist, dass in fast allen Abschnitten Blockwurf das Ufer dominiert. Selbst in der naturnahen Aue Bonaduz ist die Aussenkurve mit Blockwurf befestigt. Speziell die Uferbereiche des Alpenrheins sind daher gegenüber dem Naturzustand grösstenteils stark naturfremd verändert.

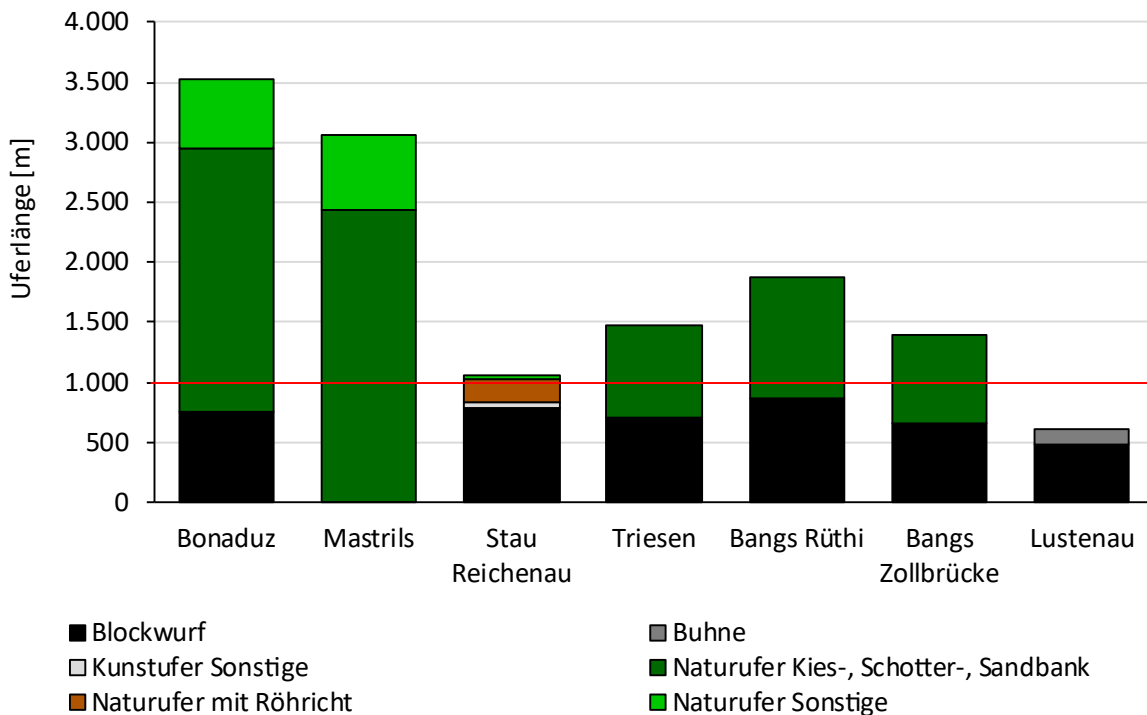


Abb. 19: Vergleich der einzelnen Uferabschnittslängen der einzelnen Habitats der untersuchten Probestellen am Alpenrhein.

Auch wenn die Uferlängen einen guten Hinweis auf die Komplexität des Gewässerverlaufs und die Ufertypen auf den groben Zustand der Abschnitte geben, reicht diese Betrachtung noch nicht aus, um Feinheiten in naturnäheren Abschnitten herauszuarbeiten.

3.4 Bewertung

Die Gesamtbewertung und Bewertungen der Teilmodule (Habitatfläche, Ufertyp und Uferlänge) der Alpenrheinabschnitte sind zusammen mit Details der Berechnung wie den Auf- und Abwertungen in Tabelle 5 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen alle beobachteten positiven wie negativen Aspekte der Abschnitte.

Im Modul Habitatflächen wurden letztlich nur Stellen mit „gut“ bewertet, die auch eine permanente, standorttypische Vegetation aufwiesen. Alle anderen Stellen sind aufgrund fehlender entsprechender Bereiche (Auen) „schlecht“. Wird der Ufertyp betrachtet, fallen die Ergebnisse für die alternierenden Kiesbänke deutlich besser aus - sie kommen zu einer „mässigen“ Bewertung. Auch der Staubereich kommt aufgrund eines Abschnitts Röhrichtgürtel zu einem „unbefriedigend“. Das Modul Uferlänge kommt dagegen grösstenteils schon zur selben Bewertung wie die Gesamtbewertung. Zumindest im Normalfall stellt der Uferlängenfaktor einen sehr guten Indikator für den Zustand dar. Ausnahmen liegen sicher dann vor, wenn eine komplexe und damit lange Uferlinie nicht natürlich entstanden ist. Ein Beispiel hierfür könnten Molen in Hafenbereichen des Mittelrheins sein. Auch diese würden zu einem hohen Uferlinienfaktor führen, stellen aber keine direkten Werte für das Gewässer dar.

Tab. 5: Bewertung der untersuchten Abschnitte des Alpenrheins. Gesamtbewertung, Bewertung der Teilmodule und zugrundeliegende Auf- und Abwertungen.

Modul Habitatfläche	Bonaduz	Mastrils	Stau Reichenau	Triesen	Bangs Rüthi	Bangs Zollbrücke	Lustenau
Gesamtfläche [m ²]	80.558	116.448	52.381	51.701	57.592	53.324	30.760
Summe Flächenpunkte	44.627	59.933	8.987	17.844	20.863	19.028	7.689
Mittlere Punktzahl pro m ²	0,55	0,51	0,17	0,35	0,36	0,36	0,25
Anteil Landfläche	50%	47%	4%	28%	30%	33%	0%
Anteil bewachsene Landfläche	75%	67%	-	0%	7%	0%	-
Anteil alter Bewuchs an bewachsener Fläche	60%	46%	-	-	0%	-	-
Auf- und Abwertungen aufgrund der o.g. Anteile	0,10	0,10	-0,30	-0,30	-0,30	-0,20	-0,30
Gesamtbewertung Habitatflächen	0,65	0,61	0,00	0,05	0,06	0,16	0,00

Modul Ufertyp	Bonaduz	Mastrils	Stau Reichenau	Triesen	Bangs Rüthi	Bangs Zollbrücke	Lustenau
Gesamtuferlänge [m]	3.528	3.066	1.054	1.474	1.867	1.398	1.072
Summe Uferlinienpunkte	2.422	2.483	379	831	1.072	790	239
Mittlere Punktzahl pro m Uferlinie	0,69	0,81	0,36	0,56	0,57	0,56	0,22
Anteil natürliches Ufer	79%	100%	21%	52%	54%	52%	0%
Auf- und Abwertungen aufgrund der o.g. Anteile		0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Gesamtbewertung Ufertypen	0,69	0,91	0,26	0,46	0,47	0,46	0,12

Modul Uferlänge	Bonaduz	Mastrils	Stau Reichenau	Triesen	Bangs Rüthi	Bangs Zollbrücke	Lustenau
Längenfaktor Uferlänge zu 2 x Abschnittslänge	3,53	3,07	1,05	1,47	1,87	1,40	1,07
Bewertung Uferlänge	0,90	0,70	0,10	0,30	0,30	0,30	0,10

Gesamtbewertung Gewässerabschnitt	Bonaduz	Mastrils	Stau Reichenau	Triesen	Bangs Rüthi	Bangs Zollbrücke	Lustenau
	0,75	0,74	0,12	0,27	0,28	0,31	0,07

Bewertung	Bonaduz	Mastrils	Stau Reichenau	Triesen	Bangs Rüthi	Bangs Zollbrücke	Lustenau
Habitatflächen	0,65	0,61	0,00	0,05	0,06	0,16	0,00
Ufertypen	0,69	0,91	0,26	0,46	0,47	0,46	0,12
Uferlänge	0,90	0,70	0,10	0,30	0,30	0,30	0,10
Gesamtbewertung	0,75	0,74	0,12	0,27	0,28	0,31	0,07

3.5 Fazit und Ausblick

3.5.1 Zukünftige Ergänzungen

Die hier vorgestellte Methode zur Habitatflächenbilanzierung und -bewertung basiert auf den im Rahmen des Basismonitorings Alpenrhein erhobenen Luftbildaufnahmen und Beobachtungen. Im Verlauf der Methodenentwicklung ergaben sich Ergänzungsvorschläge, um eine zukünftige Bewertung zu vereinheitlichen:

- Der Abfluss beeinflusst die optische Zuordnung von Flächen zu einzelnen Habitaten stark – z.B. in Flachwasserbereichen. Die Aufnahmen sollten daher mindestens bei Sunk bei möglichst geringem Hintergrundabfluss (z.B. MJNQ) bei einem rekonstruierbaren Pegel durchgeführt werden. Ideal sind Aufnahmen bei typischen Sunk- und Schwallbedingungen innerhalb eines Tages. Damit lassen sich die Wasserwechselzonen am Besten erfassen. Zur guten Erkennbarkeit der Vegetation muss dies zudem innerhalb der Vegetationsperiode stattfinden. Diese Bedingungen sind im Alpenrhein oft nach trockenen Perioden im Sommer/Spätsommer erfüllt.
- Der betrachtete Gewässerraum sollte erweitert werden, um z.B. auch die Vorländer im regulierten Bereich erfassen zu können. Aber auch in natürlichen Gewässerabschnitten ist die weitergehende Einbeziehung der uferseitigen Auenwälder sinnvoll. Die bei HQ₃₀ benetzte Fläche deckt dabei auch mehrjährig stabil bewachsene Bereiche ab, ohne den Gewässerraum zu weit auszudehnen.

Die Bewertung der einzelnen Habitate beruht aktuell auf den Parametern Strukturwert und Artendiversität. Dies ist vor allem in der bisher unterschiedlichen Untersuchungstiefe der Habitate begründet, die eine Bewertung weiterer Parameter erschwert. Mit einer zukünftig besseren Datenlage wäre zu prüfen, die Parameterauswahl zu erweitern und/oder die Bewertungen anzupassen. Zur Erweiterung kommen vor allem die Parameter Produktivität und Seltenheit in Frage. Die Produktivität spielt z.B. eine Rolle, wenn das betrachtete Gebiet als Trittstein innerhalb stärker beeinträchtigter Abschnitte dienen soll. Die Einbeziehung der Seltenheit würde entsprechende Habitate aufwerten. Grossflächige Aufwertungen eines Gewässersystems, die zu einer Veränderung der Häufigkeit einzelner Habitate führen, müssten allerdings zu einer Anpassung der Bewertung „Seltenheit“ führen.

Unabhängig von Verfeinerungen des aktuellen Methodenvorschlags sind auch grundsätzlich andere Herangehensweisen an eine Bewertung denkbar. So könnte die Bilanz eines Abschnitts mit vorher für jeden Gewässerabschnitt zu definierenden Referenzzuständen (z.B. aus anderen Rheinabschnitten oder vergleichbaren Flüssen, aus historischen Karten) verglichen werden. Hierauf wurde bisher verzichtet. Eine weitere Möglichkeit wäre es, das Vorhandensein oder Fehlen von Schlüsselhabitaten zu bewerten.

3.5.2 Einsatz bei geringerer Informationsdichte

Die Methode liefert die robustesten Ergebnisse, wenn der komplette Lebensraumkatalog und alle Bilanzkategorien (Land, Wasser- und amphibischer Bereich sowie Uferlinien) vorliegen. Modifiziert lässt sie sich aber auch bei weniger detaillierten Basisdaten anwenden. So können beispielsweise auch weniger hoch auflösende Fotos, z.B. aus den gängigen Geoportalen oder oft verfügbaren staatlichen Vermessungen zur Habitatflächenbilanzierung verwendet werden. Es ist dabei allerdings darauf zu achten, keine genaueren Interpretationen des Bestands vorzunehmen als tatsächlich erkennbar ist (z.B. bei Vegetation oder Substrat). Nicht unterscheidbare Habitat- oder Ufertypen müssen in einem übergeordneten Typenkatalog zusammengelegt und die Bewertung für diese Fälle angepasst werden. Die genaue Anpassung ist dann Aufgabe der jeweiligen Objektbearbeitung.

Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Bewertung von Gewässerabschnitten anhand von historischen Karten. Je nach Alter und Qualität der Daten können dabei Rückschlüsse auf den jeweiligen natürlichen Zustand des Gewässers oder den Zustand zu einem früheren Zeitpunkt mit geringerem anthropogenen Einfluss gewonnen werden. In den meisten Fällen müssten die Bewertung auf einer stark reduzierten Habitatwahl basieren und die Einzelbewertungen der Habitate angepasst werden. Hierbei kann es hilfreich sein, zu Vergleichszwecken entsprechende Reduktionen des Habitkatalogs auch für aktuelle Erhebungen durchzuführen.

3.5.3 Einsatz der Methode bei der Revitalisierungsplanung

Bei Planungen liegen für die Zielzustände meist nur einfache Darstellungen möglicher Flussraummorphologien vor. Auch für so stark reduzierte Basisdaten wird die Methode aktuell getestet. Das Modul Uferlänge lässt sich fast uneingeschränkt anwenden, die anderen Module mit reduziertem Habitatkatalog. Trotz der reduzierten Genauigkeit kann die Methode Aufgaben in der Revitalisierungsplanung übernehmen. So lassen sich unterschiedliche Varianten in der Planung vergleichen und auch Erfolgskontrollen durchführen. Für die Erfolgskontrolle sollte der Endzustand für den Vergleich mit der Planung mit reduziertem Habitatkatalog und zur abschliessenden Bewertung des Abschnitts mit der vollständigen Methode bewertet werden.

3.5.4 Geplante weitere Projekte

Derzeit wird die Methode noch an anderen Objekten getestet bzw. angewendet. Hierfür sind entsprechende Anpassungen an die gegenständliche Methode vorgesehen:

- Projekt Sanierung Thur bei Wattwil. Kanton St. Gallen, Tiefbauamt (Revitalisierung)
- Hochwasserschutzprojekt RHESI. Internationale Rheinregulierung (IRR).

4. Literatur

- AMOROS C., ROSTAN J.C., PAUTOU G. & J.P. BRAVARD (1987): The reversible concept applied to the environment management of large river systems. *Environmental Management* 11: 607-617.
- EBERSTALLER J., EBERSTALLER-FLEISCHANDERL D., REY P. & A. BECKER (2007): Monitoring Alpenrhein- Teilbereich Gewässerökologie- Konzept zur Koordination und Durchführung. 65 S.
- EBERSTALLER J, FRANGEZ C. & F. DITULLIO (2014): Fischökologisches Monitoring Alpenrhein 2013. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA). 140 S.
- GRAF W. & A. CHOVANEC (2016): Entwicklung eines WRRRL-konformen Bewertungssystems für Auen grosser Flüsse auf Basis des Makrozoobenthos unter besonderer Berücksichtigung der Donau. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich. 48 S.
- HAUNSCHMID R, SCHOTZKO N., PETZ-GLECHNER R., HONSIG-ERLENBURG W., SCHMUTZ S., SPINDLER T., UNFER G., WOLFRAM G., BAMMER V., HUNDRITSCH L., PRINZ H. & B. SASANO (2010): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente- Teil A1- Fische. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich.
- MICHOR K., ZARN B., EBERSTALLER J., GASSER M., MORITZ C. & J. TRÖSCH (2005): Entwicklungskonzept Alpenrhein Kurzfassung. Internationale Regierungskommission Alpenrhein & Internationale Rheinregulierung: 38 Seiten.
- NIEDERBERGER K., REY P., REICHERT P., SCHLOSSER J., HELG U., HAERTL-BORER S. & E. BINDERHEIM (2016): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Seen. Modul: Ökomorphologie Seeufer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1632: 73S.
- PITSCH P & B. ZARN (2011): Morphologie und Dynamik Mastrilser Rheinauen. Bericht im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt, Chur.
- REY P., WERNER S., MÜRLE U., BECKER A., ORTLEPP J. & J. HÜRLIMANN (2011): Monitoring Alpenrhein- Basismonitoring Ökologie 2009 bis 2011. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA). 157 S.
- Rey P., Ortlepp J., Werner S, Mürle U., Becker A. & J. Hesselschwerdt (2014): Koordinierte biologische Untersuchungen an der Aare zwischen Bielersee und Rhein 2011 – 2013. Abschlussbericht des Monitoringprogramms der Jahre 2011, 2012 und 2013 zuhanden der Gewässerschutz- und Fischereifachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn. St. Gallen, 121 S. + Datenanhang.
- REY P., MÜRLE U., ORTLEPP J., WERNER S., HESSELSCHWERDT J. & B. UNGER (2015): Koordinierte Biologische Untersuchungen im Hochrhein 2011/12. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umweltzustand Nr. 1522: 130 S.
- REY P. & HESSELSCHWERDT J. (2016): Monitoring Alpenrhein- Basismonitoring Ökologie 2015. Herausgeber: Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA). 96 S. & 78 S. Anhang.
- REY P. & L. BOLLER (2016): RHESI: Fachplanung Gewässer- und Fischökologie- Variantenuntersuchung. Technischer Bericht im Auftrag der IRR.
- ROHDE, S. (2005): Integrales Gewässermanagement- Erkenntnisse aus dem Rhône-Thur Projekt- Synthesebericht Gerinneaufweitungen. www.rivermanagement.ch/download.php.
- SCHAELECHLI U. (2016): RHESI-Variantenuntersuchung. Fachbericht Hydraulik und Geschiebe Berichtskapitel Morphologie. Technischer Bericht im Auftrag der IRR.
- ZAHNER M. (1988): Kartierung der Auengebiete von nationaler Bedeutung- Rheinauen Zizers-Mastrils.

