


# Habitatmodellierungen zum Projekt Flusspark Neckaraue Tübingen: Teil Revitalisierung

Stuttgart, 26.01.2022

**Auftraggeber:** Geitz und Partner GbR  
Sigmaringer Str. 49  
70567 Stuttgart

**Bearbeiter:** Dr.-Ing. Matthias Schneider, Dipl.-Biol. Johannes Ortlepp, Tobias Hägele M. Sc.

**Autoren:** Dr.-Ing. Matthias Schneider, Tobias Hägele M. Sc.  
  
**sje** - Ecohydraulic Engineering GmbH  
Viereichenweg 12, 70569 Stuttgart  
URL: [www.sjeweb.de](http://www.sjeweb.de)  
Email: [mailbox@sjeweb.de](mailto:mailbox@sjeweb.de)



Dipl.-Biol. Johannes Ortlepp  
Büro für Gewässerökologie Mürle und Ortlepp  
Mühlweg 17, D - 75223 Öschelbronn  
Email: [ortleppj@gmail.com](mailto:ortleppj@gmail.com)



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Verwendete Methoden</b>	<b>1</b>
1.1	Hydraulische Berechnungen	1
1.2	Fischhabitate	1
1.2.1	Habitateignung und räumliche Verteilung	1
1.2.2	Habitatangebot	2
1.2.3	Vorkommen guter Habitate	3
1.2.4	Integrierte Betrachtung	3
1.3	Untersuchte Fischarten und Habitatansprüche	4
1.3.1	Auswahl der Fischarten und ihre Habitatansprüche	4
1.3.2	Referenz-Fischzönosen Neckar im WK 4-02	4
1.3.3	Berücksichtigte Habitat-Schlüsselparameter	4
1.3.4	Habitatansprüche der modellierten Fischarten	5
<b>2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>8</b>
2.1	Abiotische Parameter	8
2.1.1	Hydraulik	8
2.1.2	Sohlsubstrat	10
2.2	Fischhabitate	11
2.2.1	Barbe ( <i>Barbus barbus</i> ) – adult	11
2.2.2	Barbe ( <i>Barbus barbus</i> ) – Laichplatz	12
2.2.3	Barbe ( <i>Barbus barbus</i> ) – juvenil	13
2.2.4	Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> ) - adult	14
2.2.5	Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> ) - Laichplatz	15
2.2.6	Nase ( <i>Chondrostoma nasus</i> ) - juvenil	16
2.2.7	Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> ) – adult	17
2.2.8	Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> ) – Laichplatz	18
2.2.9	Äsche ( <i>Thymallus thymallus</i> ) – Larven	19
2.2.10	Groppe ( <i>Cottus gobio</i> ) – adult	20
2.2.11	Groppe ( <i>Cottus gobio</i> ) – Laichplatz	21
2.2.12	Groppe ( <i>Cottus gobio</i> ) – juvenil	22
2.2.13	Groppe ( <i>Cottus gobio</i> ) – Brütling	23
<b>3</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b>	<b>24</b>
	Habitatangebot Fische	24
<b>4</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>26</b>
	Darstellung der Habitatansprüche	26



# 1 Verwendete Methoden

Für die Untersuchungen des aquatischen Raums und der Fischhabitate wird das am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart entwickelte Simulationsmodell CASiMiR verwendet (SCHNEIDER 2001, NOACK et al. 2013). Mit dem Modul CASiMiR-Fish ist es möglich, Fischlebensräume anhand von am Gewässer erhobenen Informationen über Geometrien und Strukturen in Verbindung mit berechneten Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten nachzubilden. Im Rahmen der Simulationen werden, neben den rein hydraulischen Eigenschaften, die Lebensräume für gewässertypische Fischarten und deren Altersstadien betrachtet.

Die Simulationsergebnisse sind Grundlage für die Bewertung der Revitalisierungsmaßnahmen, welche sowohl den Gewässercharakter sowie die Ansprüche gewässertypischer Fischarten berücksichtigen.

## 1.1 Hydraulische Berechnungen

Die hydraulischen Berechnungen wurden vom Büro Geitz & Partner, Stuttgart zur Verfügung gestellt. Dabei kam das Hydraulikmodell Hydro\_AS-2D zum Einsatz.

Für die Abschätzung der Substratverteilung im Planzustand wurden die Ergebnisse der Strömungsmodellierung verwendet. Es wurden nach dem z.B. in Hydro\_AS-2D verwendeten Ansatz auf Basis der lokalen Fließgeschwindigkeit, der Strickler-Rauheit und der Wassertiefe, sowie nach einem Ansatz von Kopecki (2008) die Sohl Schubspannungen bei erhöhten Abflüssen berechnet (es wurde ein HQ2 betrachtet). Aus diesen Sohl Schubspannungen wurde der Bewegungsbeginn für unterschiedliche Korngrößen nach Shields (1936) ermittelt. Damit lassen sich die gerade noch transportierten bzw. die noch nicht in Bewegung geratenden Korngrößen ableiten. Aus diesen Informationen wurde eine Substratkarte erzeugt. Diese Karte wurde lokal, z.B. im Strömungsschatten von Einzelstrukturen, oder bei Einsatz von Blockwerk für die Erstellung von Strukturelementen, über Experteneinschätzung bzw. vorhandenen Planunterlagen angepasst und als eine der Eingangsgrößen für die Habitatmodellierungen verwendet.

## 1.2 Fischhabitate

### 1.2.1 Habitateignung und räumliche Verteilung

Durch die Verknüpfung der Informationen über Gewässerstrukturen, Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen mit den Lebensraumansprüchen der Fischarten kann berechnet werden, wie gut ein Gewässerabschnitt als Lebensraum geeignet ist. Die ermittelten Eignungsindizes (SI, engl.: suitability index) zwischen 0 (=ungeeignet) und 1 (=optimal geeignet) können im Habitatmodell lokal zugewiesen und es kann eine „Habitateignungskarte“ (Abb. 1) erstellt werden. Die Visualisierung im Grundriss ermöglicht eine direkte Beurteilung der Fischlebensräume in einer Gewässerstrecke. Die Abflussabhängigkeit der Habitateignungen ist in der Abbildung deutlich zu erkennen.

Darüber hinaus ist aus den Habitateignungskarten die räumliche Verteilung der potenziellen Lebensräume erkennbar. Relative Lagen wichtiger Habitattypen, die Isolation und Erreichbarkeit geeigneter Habitate, Habitatausdehnung sowie Häufigkeit und Verteilung im Gewässerverlauf sind ablesbar und bei der Beurteilung des Habitatangebotes zu berücksichtigen.

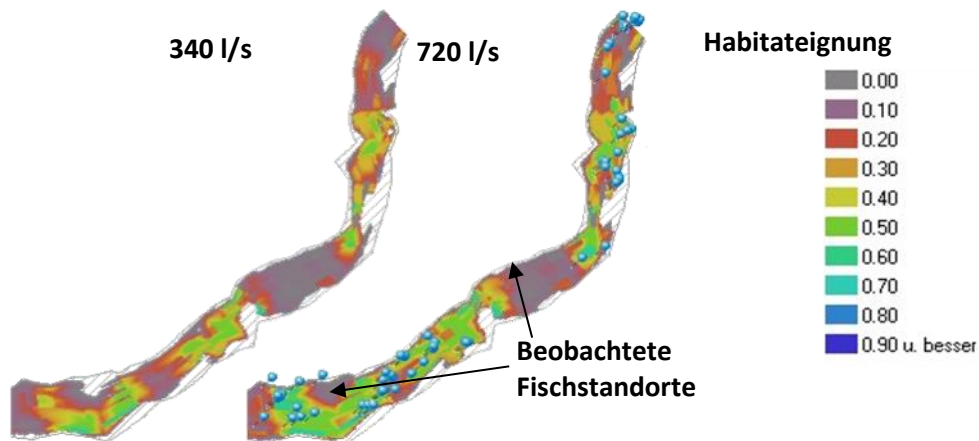


Abb. 1: Habitatteignung am Beispiel einer Untersuchungsstrecke bei zwei unterschiedlichen Abflüssen (Schneider 2001)

### 1.2.2 Habitatangebot

Um die Veränderungen der Lebensräume mit dem Abfluss und nach Umsetzung der Revitalisierungsmaßnahmen darzustellen, ist es sinnvoll die lokalen Habitatteignungen zu einem integralen Wert zusammenzufassen. Dies ist in Form einer gewichteten nutzbaren Fläche, der sogenannten „weighted usable area“ (WUA) möglich. Sie wird berechnet durch die Multiplikation aller Einzelflächen mit ihrer Eignung und nachfolgender Aufsummierung.

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q) \quad \text{mit } SI_i = \text{Habitatteignung einer Einzelfläche (suitability index)}$$

Das Ergebnis ist eine Fläche, die im Falle der optimalen Eignung aller Einzelflächen ( $SI=1$ ) der benetzten Fläche entspräche.

Um den Verlauf der WUA-Funktion in Abhängigkeit unterschiedlicher Abflüsse und für natürlicherweise häufig auftretende Abflüsse gut abzubilden, wurden die zu Grunde liegenden Habitatberechnungen bis zum doppelten Mittleren Abfluss  $2 \times MQ$  durchgeführt. Erfahrungsgemäß sind ca. 8-10 Abflüsse, mit zunehmend enger Staffelnung bei den niedrigen Abflüssen, ausreichend für eine kontinuierliche Kurve (Abb. 2).

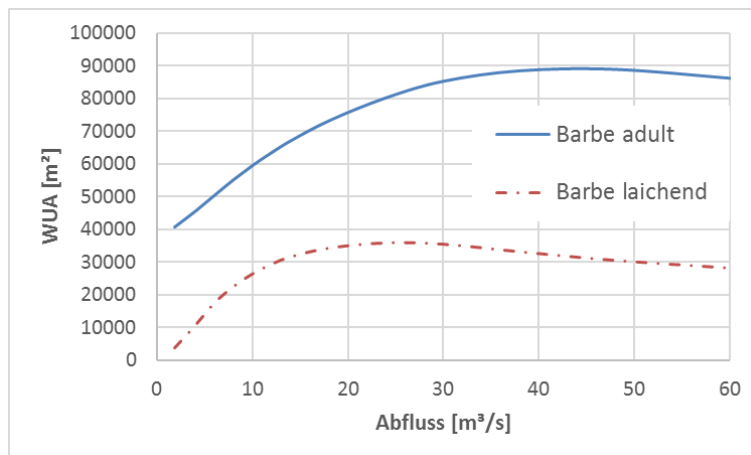


Abb. 2: Beispiel für WUA-Funktionen

Abhängig vom aktuellen Zustand können Veränderungen des Habitatangebotes definiert werden, die als tolerabel bzw. wünschenswert anzusehen sind.

Das Habitatangebot in Form der WUA- Funktion kann nicht als alleiniges Kriterium zur Bewertung des abflussabhängigen Habitatangebotes herangezogen werden. Für eine solche Bewertung sind die Verteilung der Habitatteignungsklassen und das Vorkommen sehr guter Habitate ebenso von Bedeutung (s. 1.2.3).

### 1.2.3 Vorkommen guter Habitate

Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung des Habitatangebots ist die Häufigkeitsverteilung der Eignungsklassen. Eine Gewässerstrecke mit mittlerem Habitatangebot (= WUA s.o.) kann entweder viele Einzelflächen mit geringer bis mittlerer Eignung aufweisen, oder aber einige Flächenanteile mit hohen Eignungen und viele mit niedriger Eignung. Aus ökologischer Sicht ist vor allem für Schlüsselhabitate wie Laich- oder Brüttingshabitate der zweite Fall günstiger einzuschätzen. Hier können die betroffenen Entwicklungsstadien bei Störung oder Verschlechterung der Situation den Aufenthaltsort kaum aktiv wechseln. Die Anteile verschiedener Eignungsklassen können über das SI-Klassen-Diagramm beurteilt werden (Abb. 3). Dabei werden Habitate mit Eignungsindizes über  $SI = 0,6$  normalerweise als gute Standorte interpretiert, Habitate mit  $SI$  Werten zwischen 0,4 und 0,6 als noch nutzbare Habitate.

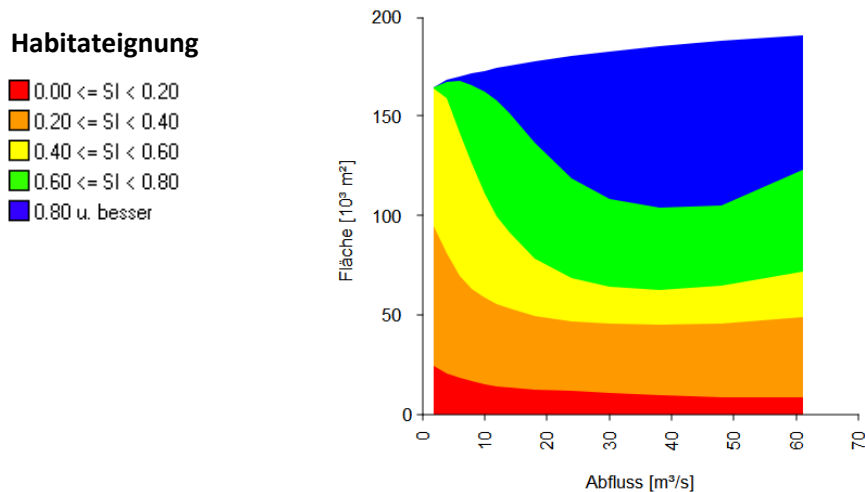


Abb. 3: Beispiel für ein SI-Klassen Diagramm mit Verteilung der Eignungsklassen in Abhängigkeit vom Abfluss

### 1.2.4 Integrierte Betrachtung

Für die Bewertung der Habitate ist nicht die Untersuchungsstrecke allein sondern auch ihr Umfeld und ihre Bedeutung für das Gesamtsystem zu beachten. Die Durchgängigkeit muss dabei für alle relevanten Fischarten und deren flussauf oder flussab wandernden Entwicklungsstadien gewährleistet sein.

Die verschiedenen Fischarten und deren Entwicklungsstadien stellen in der Regel vielseitige Ansprüche an ihren Lebensraum. Je nach Größe und morphologischen Eigenheiten des betrachteten Gewässerabschnittes kann diesen Ansprüchen durch eine hohe Habitatvielfalt Rechnung getragen werden, oder es sind nur einige dieser Ansprüche zu erfüllen. Gewässerbereiche, deren Funktionen in benachbarten Zonen nicht übernommen werden können (z. B. Laichareale), sollten daher stärker geschützt und entwickelt werden als solche, deren Aufgaben in angrenzenden Gewässerabschnitten kompensiert werden können.

Das bedeutet, dass die zunächst auf Basis der Habitatmodellierung erhaltenen Ergebnisse nach den unterschiedlichen Lebensraumanprüchen der Fische aber auch entsprechend dem Habitatangebot angrenzender Gewässerbereiche bewertet werden müssen.

## 1.3 Untersuchte Fischarten und Habitatsprüche

### 1.3.1 Auswahl der Fischarten und ihre Habitatsprüche

Die Auswahl der Fischarten und Entwicklungsstadien zur Modellierung orientierte sich an der Referenz-Fischzönose des untersuchten Flussabschnittes sowie der Ableitung der Fokusarten in der Landesstudie Gewässerökologie. Von den Arten der Referenzzönose wurden jene ausgewählt, die einerseits einen hohen Anteil an der Besiedlung stellen sollten, zum anderen zumindest in bestimmten Entwicklungsstadien deutlich ausgeprägte Ansprüche an unterschiedliche Habitatparameter stellen. Besonders wichtig war, dass diejenigen Arten ausgewählt wurden, die das Anspruchsspektrum der gesamten Referenzzönose weitgehend abdecken. Hierdurch wird gewährleistet, dass auch Arten mit einem weniger scharfen Anspruchsspektrum ausreichend vertreten sind. Nicht modelliert wurden die Habitate von nicht rheophilen Arten, da diese im staugeregelten Neckar nicht defizitär erscheinen, bzw. hinsichtlich der Revitalisierungsmaßnahme im Flusspark Neckaraue nicht prioritär im Fokus standen.

Die Habitatsprüche der ausgewählten Arten werden in Kapitel 1.3.4 kurz vorgestellt.

### 1.3.2 Referenz-Fischzönosen Neckar im WK 4-02

Die Referenz-Fischzönose für den Neckar (WK 4-02) in Tübingen ist in Tab. 1 dargestellt. 9.2: Große Flüsse des Mittelgebirges

Tab. 1: Referenz-Fischzönose Neckar im WK 4-02 [Fischereiforschungsstelle (2020)], Fett: Leitarten mit einem Anteil >4,9%; Normal: typspezifische Arten mit einem Populationsanteil zwischen 1,0 – 4,9%; Kursiv: Begleitarten, mit einem Anteil < 1%; Rot: Arten, die bei der Modellierung berücksichtigt werden.

Referenz-Fischzönose für das Fließgewässer Schussen im WK Nr. 11-03 – Referenz 1 unterhalb Brücke der B 30 bei Lochbrücke			
Arten:	%-Anteil:	Arten:	%-Anteil:
<b>Barbe</b>	<b>9,5</b>	Strömer	3,1
<b>Nase</b>	<b>9,5</b>	Bachforelle	2,6
<b>Döbel</b>	<b>8,5</b>	Hecht	1,8
<b>Hasel</b>	<b>7,5</b>	Dreistachliger Stichling	1,2
<b>Schneider</b>	<b>6,5</b>	Giebel	1,0
<b>Aal</b>	<b>6</b>	Karpfen	1,0
<b>Gründling</b>	<b>6</b>	Quappe	1,0
<b>Laube</b>	<b>6</b>	<i>Brachse</i>	0,8
<b>Barsch</b>	<b>5,5</b>	<i>Bachneunauge</i>	0,6
<b>Rotaue</b>	<b>5,5</b>	<i>Güster</i>	0,6
<b>Äsche</b>	<b>4,6</b>	<i>Bitterling</i>	0,2
Elritze	3,6	<i>Karausche</i>	0,2
Schmerle	3,6	<i>Rotfeder</i>	0,2
<b>Groppe</b>	<b>3,1</b>	<i>Schleie</i>	0,2

### 1.3.3 Berücksichtigte Habitat-Schlüsselparameter

Die Habitatsprüche der gewählten Fischarten wurden definiert hinsichtlich der Habitatparameter

- Wassertiefe
- Mittlere Fließgeschwindigkeit
- Unterstände (für einige Arten/Altersstadien)
- Sohlsubstrat

Von jedem Entwicklungsstadium einer Fischart werden unterschiedliche **Wassertiefen** als Nahrungs-, Ruhe- oder Schutzbereiche benötigt. Oftmals werden je nach Tageszeit und Situation unterschiedliche Wassertiefen bevorzugt, z.B. tagsüber tiefe Stellen (Schutz und Ruhe), nachts flache Bereiche (Nahrungssuche). Während große



Fische eher an tiefen Stellen Schutz- und Ruhebereiche aufsuchen, sind kleine/junge Fische oft auf Flachwasserbereiche angewiesen, in denen sie vor der Prädation durch größere, fischfressende Arten sicher sind.

Die Fließgeschwindigkeit wird als über die Wassersäule **gemittelte Fließgeschwindigkeit** berücksichtigt. Bodenorientierte Fische (Barbe, Bachforelle, Groppe) sind in der Regel kleineren tatsächlichen Fließgeschwindigkeiten ausgesetzt als die tiefengemittelte Fließgeschwindigkeit angibt. Hier beeinflussen vor allem die Gewässertiefe, die Rauheit der Sohle und die Ufernähe die Habitatsprüche hinsichtlich der tiefengemittelten Fließgeschwindigkeit. Diese Aspekte werden in den Regeln für die Definition der Habitatsprüche und der Interpretation der Simulationsergebnisse berücksichtigt.

Das Angebot an **Unterständen** ist für viele Arten zumindest über einen Teil des Tages ein wesentlicher Habitatparameter. Unterstände dienen einerseits dem Schutz vor Störungen und Feinden, andererseits der Schaffung strömungsreduzierter Bereiche. Der Sichtschutz kann einerseits gegenüber Land- und Luftbereich (Räuber, fischfressende Vögel), zum anderen auch gegenüber dem Wasserbereich (Raubfische, Konkurrenten) wirken. Nicht zuletzt wirkt auch eine sehr geringe Wassertiefe als Schutz gegenüber großen räuberischen Fischen. Es wurde versucht, diese Formen von Schutzstrukturen bei der Kategorisierung der verschiedenen Unterstandstypen zu berücksichtigen.

Das **Sohlsubstrat** ist vor allem als Laichsubstrat relevant, aber auch in seiner Funktion als Unterstand/Deckungsstruktur oder durch seinen Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit. Nicht zuletzt beherbergt das Substrat oftmals die benthische Nahrung oder bietet Aufwuchsfläche für Nahrungspflanzen. In diesen Funktionen beeinflusst es die Habitatspruchregeln je nach Fischart und Entwicklungsstadium.

### 1.3.4 Habitatsprüche der modellierten Fischarten



©HYDRA

Die **Barbe** (*Barbus barbus*) ist ein bodenorientierter Fisch, der tiefe Gewässerbereiche bevorzugt und auch wärmere und sauerstoffärmere Gewässerbereiche besiedelt. Die Barben-Jungfische durchstreifen in Schwärmen makrophytenreiche, flachere und langsam strömende Gewässerbereiche. Die Barbe erreicht oft beträchtliche Größen und führt sowohl zur Nahrungssuche als auch vor allem zur Fortpflanzung Wanderungen über viele Kilometer durch. Daher ist die Durchgängigkeit der Gewässer, insbesondere auch für große Individuen, ein wesentliches Kriterium für einen geeigneten Barbenlebensraum. Aufgrund des

Schwarmverhaltens der Barbe muss ihr Lebensraum ausreichend dimensioniert sein und kann nicht durch eine große Anzahl sehr kleiner geeigneter Habitate ersetzt werden.



©HYDRA

Die **Nase** (*Chondrostoma nasus*) vertritt die Arten des freien Wasserkörpers. Sie ist recht tolerant gegenüber höheren Temperaturen und geringem Sauerstoffgehalt. Sehr speziell ist ihre Ernährung, die durch das Abweiden des Algenaufwuchses von Festsubstraten erfolgt. Die Jungfische besiedeln ähnliche Habitate wie die jungen Barben, mit denen sie zum Teil in gemischten Schwärmen umherziehen. Sehr extreme Ansprüche hat die Nase an ihre Laichplätze. Hier benötigt sie sehr kräftig überströmte, flache Schnellen in denen sie ihre Eier abgibt, die sofort verdriftet werden und an allen Arten von festen Substraten kleben

bleiben. Wesentlich für die Entwicklung ist dann das Fehlen starker Trübung oder von Feinsedimenten, da diese an den klebrigen Eiern haften bleiben und sie zum Absterben bringen. Die Eier, die häufig in sehr flachen Bereichen am Substrat haften, fallen bei zurückgehendem Abfluss bzw. Wasserstand sehr bald trocken und sterben ab.



©HYDRA

Die **Äsche** (*Thymallus thymallus*) benötigt je nach Entwicklungsstadium oder Funktion sehr unterschiedliche Habitate. Sie repräsentiert die am weitesten differenzierten Habitatsprüche der Fischarten des freien Wassers. Dabei sind ihre Ansprüche an Unterstände allerdings weniger ausgeprägt als bei anderen Arten. Die Brütlinge sind extrem strömungsempfindlich und benötigen flache, fast strömungsfreie Uferzonen. Die

Adulten benötigen gut durchströmte Rinnen als Nahrungshabitate und tiefe, ruhige Kolke und Rinnen als Ruhebereiche. Die Ansprüche an Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe ändern sich fließend mit der Größe des Fisches, d.h. es muss ein breites Spektrum von Habitatparametern realisiert sein, damit eine Äschenpopulation dauerhaft ein Gewässer besiedeln kann.



Die **Groppe** (*Cottus gobio*) ist ein dämmerungs- und nachtaktiver, bodenorientierter Kleinfisch mit geringer Schwimmleistung. Insbesondere an das Substrat stellt sie besondere Ansprüche. Sie nutzt (tagsüber) Hohlräume – meist unter plattigen Steinen – als Ruhebereiche und als Laichhöhlen. Die Strömungsabhängigkeit der Groppe ist gering, da sie sich vorwiegend zwischen dem Substrat bewegt. Zu hohe Fließgeschwindigkeiten gefährden jedoch die Stabilität der Sohle und aufschwimmende Groppen können verdriftet werden, bei allzu geringen Fließgeschwindigkeiten besteht die Gefahr der Versandung/ Verschlammung des Lebensraums.

Die unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Groppe nutzen weitgehend ähnliche Habitate. Hohe Wassertiefen werden vor allem in Seen besiedelt, bei zunehmender Strömung werden flachere Regionen besiedelt.

Tab. 2: Für die Untersuchungen berücksichtigte Arten und Skizzierung ihrer Ansprüche (s.a. SCHNEIDER & ORTLEPP 2003)

	Barbe	Nase	Äsche	Groppe
<b>Adulte (Sommer)</b>	bodenorientiert sandig-kiesiges Substrat tiefere, durchströmte Bereiche	freier Wasserkörper tiefe, ruhig durchströmte Bereiche	Strömungsrinnen und Kolke (tagaktiv; besonders in der Dämmerung)	unter plattigen, aufliegenden Steinen gut durchströmt
<b>Adulte (Winter)</b>	<i>sehr tiefe ruhige Kolke</i>	<i>Habitat wie Sommer</i>	<i>Habitat wie Sommer</i>	
<b>Laichplatz</b>	Mai – Juni ausgedehnte überströmte Kiesflächen; kiesiges, lockeres Substrat	März - Mai flach, sehr kräftig überströmt; Riffel; lockeres Kiessubstrat;	Anfang März – Mitte Mai flach überströmte Kiesflächen; lockeres Kiessubstrat;	wie Adulthabitate
<b>Eientwicklung</b>	<i>zwischen lockerem Kiessubstrat</i>	<i>zwischen lockerem Kiessubstrat</i>	zwischen lockerem Kies- substrat	unter Steinen (Höhlen), ca. 4 Wochen vom Männchen bewacht
<b>Jungfische</b>	sandig-kiesiges Substrat; geringe Strömung; mittlere Tiefe	ruhige, flache Randberei- che	am Übergang zur Stromrinne	sandig-kiesiges Substrat, geringe Strömung (kurzzeitig auch pelagisch)
<b>Modellierung</b>	Die <i>kursiv</i> geschriebenen Stadien wurden nicht modelliert, da ihre Ansprüche von anderen Arten vertreten werden.			

Modelliert und bewertet wird schwerpunktmäßig die Habitatqualität hinsichtlich Strukturen, Substrat, Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit. Diese Parameter sind in vielfältiger Weise voneinander abhängig, was bei der Regelerstellung zur Modellierung berücksichtigt wird.

Die Formulierung der Ansprüche erfolgte durch sogenannte Inferenzregeln. Diese Regeln, die Grundlage für die fuzzy-logischen Berechnungen des Habitatmoduls von CASiMiR sind, beruhen auf den Parametern Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und dem im jeweiligen Gewässerbereich vorherrschenden Substrat. Die verwendeten Regeln wurden auf Grundlage von umfangreichen Literaturrecherchen, Datenauswertungen und Expertenwissen erstellt.

Ein Beispiel für eine derartige Expertenregel ist im Folgenden gegeben:

WENN Fließgeschwindigkeit „mittel“ UND Wassertiefe „groß“  
UND dominierendes Substrat „mittel“  
UND Deckung „vorhanden“,  
DANN Habitateignung „groß“

Die Einbindung derart unscharfer Formulierungen in Habitatberechnungen wird durch einen fuzzy-logischen Berechnungsansatz ermöglicht (s. SCHNEIDER 2001). In Abb. 4 ist dargestellt, welche Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substratgrößen den Klassen „gering“, „mittel“ usw. zugeordnet sind. Die Habitateignungen werden in derselben Weise definiert.

Bsp.: Eine Fließgeschwindigkeit von 1,0 m/s gehört zu 65 % zu den „mittleren“ Fließgeschwindigkeiten, gleichzeitig aber zu 35 % den „hohen“ Fließgeschwindigkeit an (s. li. o.).

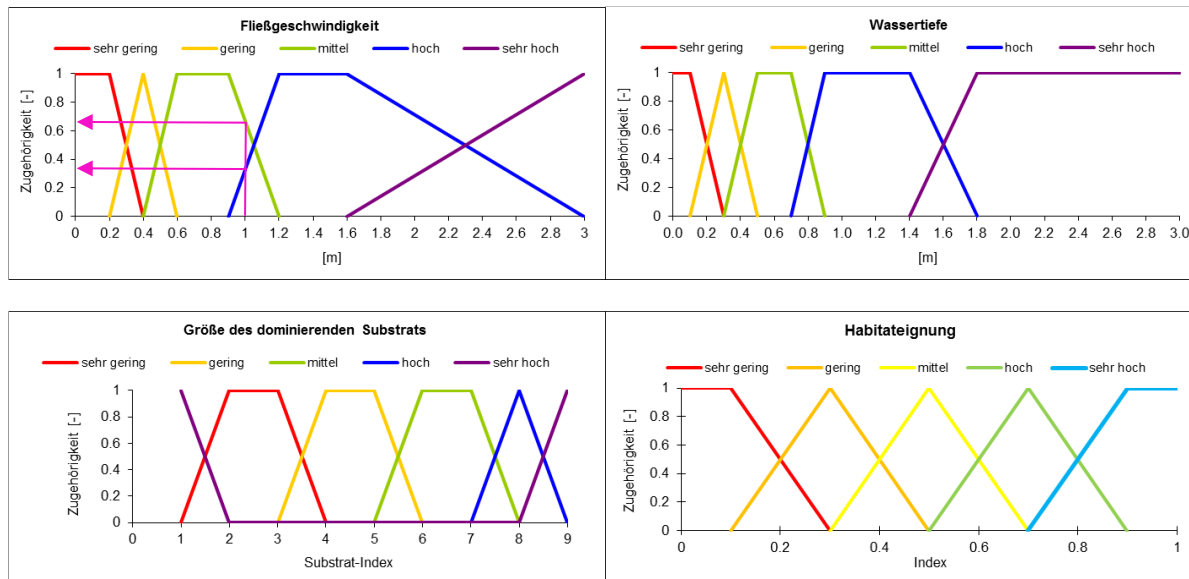
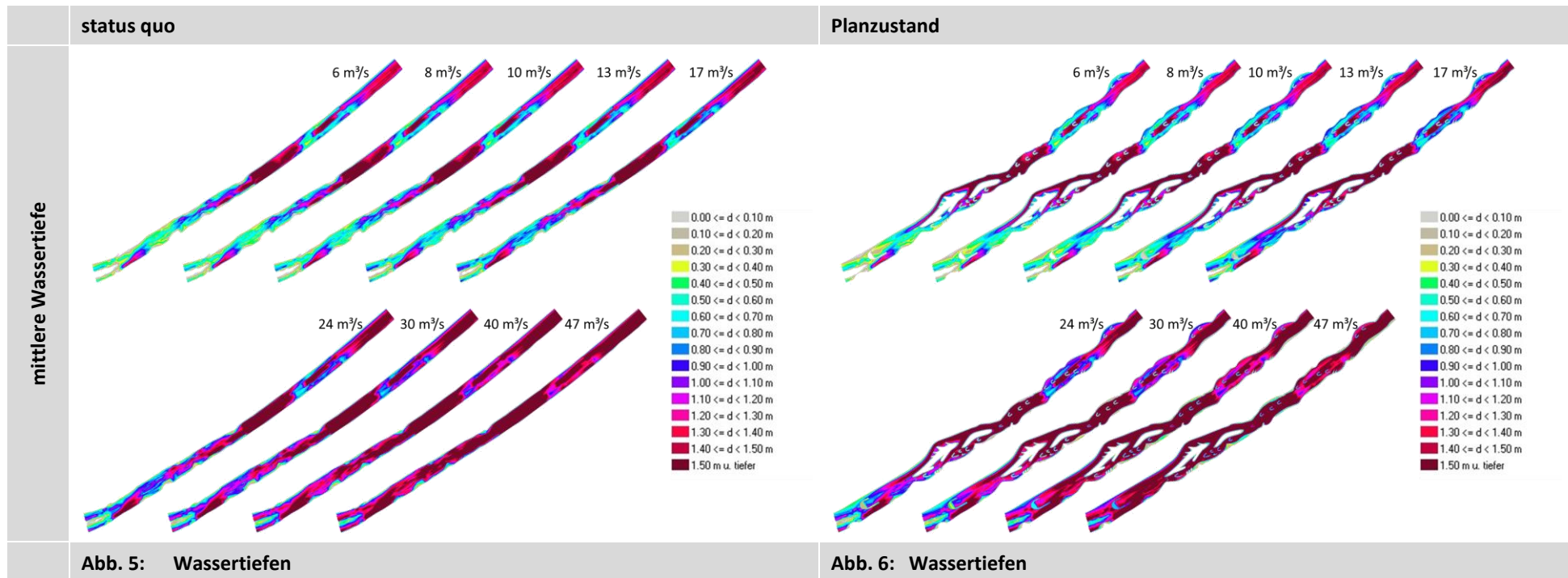


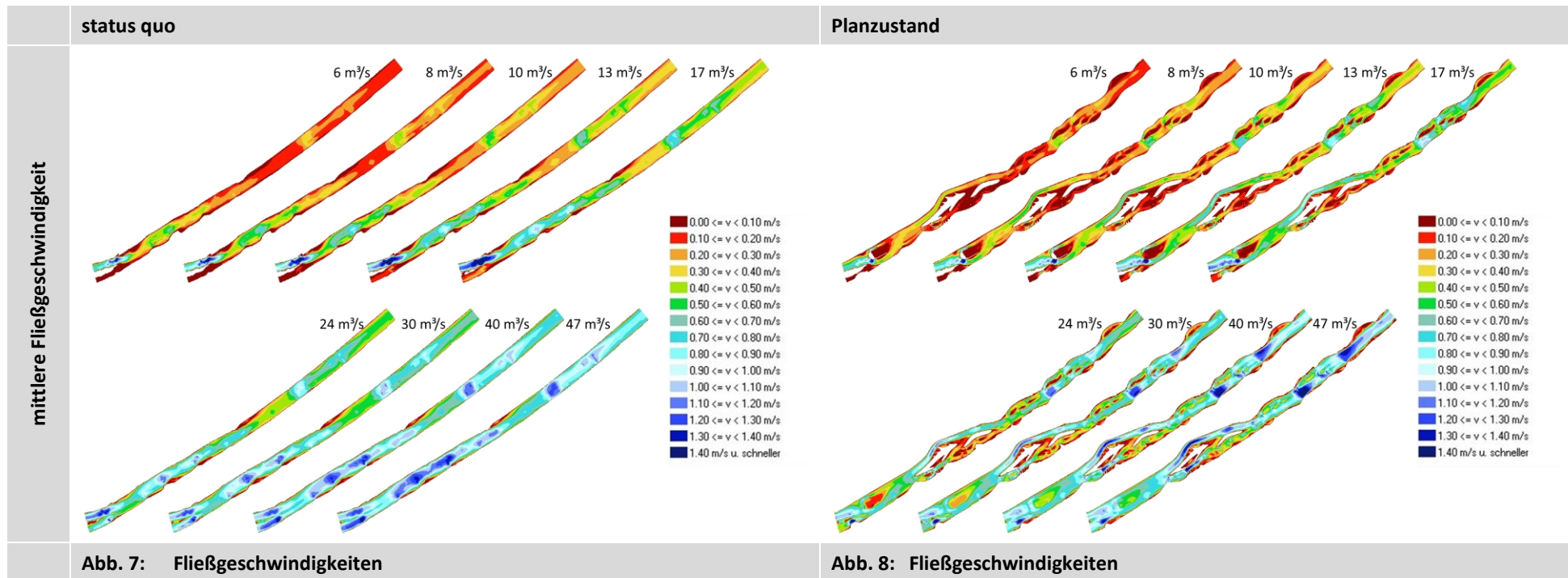
Abb. 4: Beispiel Fuzzy-Mengen der Habitatparameter Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe, Substrat und der Zielgröße Habitateignung

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Abiotische Parameter

#### 2.1.1 Hydraulik

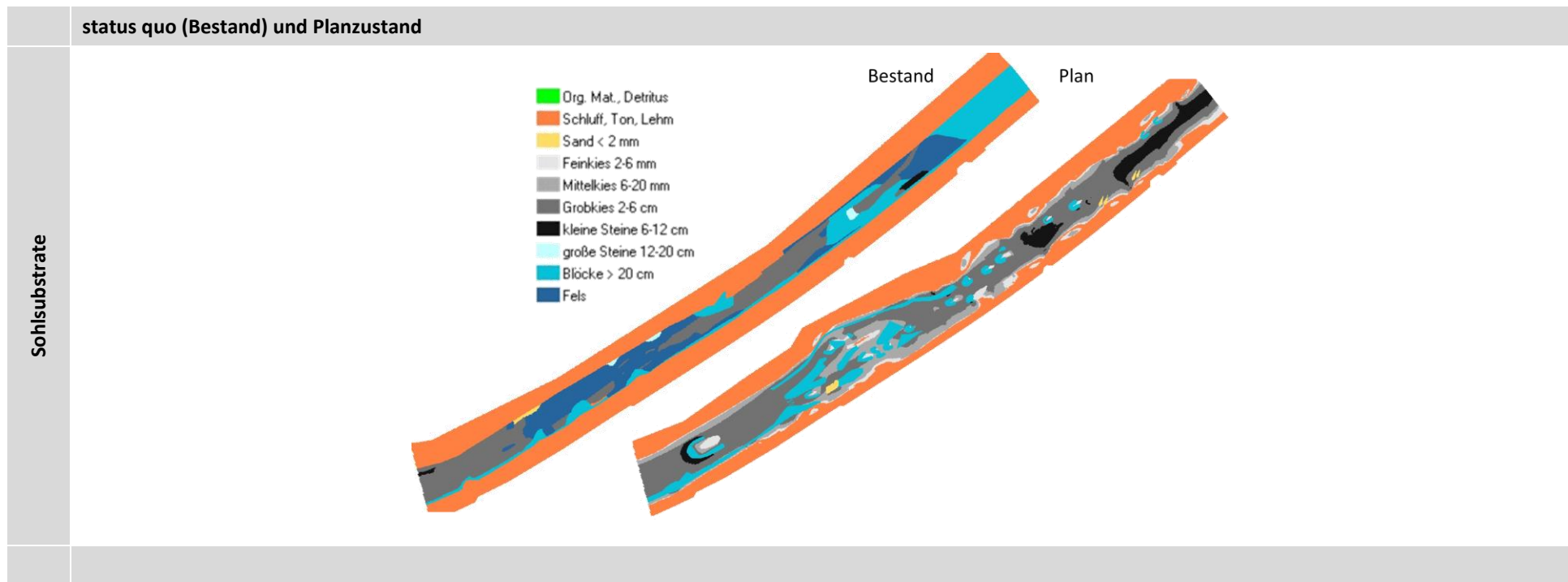




**Wassertiefen** und **Fließgeschwindigkeiten** sind im Planzustand wesentlich stärker differenziert als im status quo. Die Gesamtanteile der Wassertiefen dürften sich nur wenig verändern, ihre Verteilung ist aber günstiger. Die Durchströmung ist im Planzustand wesentlich verbessert: bei geringen Abflüssen finden sich gut durchströmte Rinnen und bei hohen Abflüssen zahlreiche oft kleinräumige Strömungsrefugien.



## 2.1.2 Sohlsubstrat



**Substrat:** Im Planzustand fördert die Reduktion der Felsfläche eine bessere Verteilung der Blöcke und ein erhöhter Anteil von Fein- bis Grobkies fördert die Kieslaicher, aber auch das Makrozoobenthos. Mobile Blöcke, Steine und Grobkies fördern die Habitate der Groppe (Höhlen).

## 2.2 Fischhabitate

### 2.2.1 Barbe (*Barbus barbus*) – adult

status quo

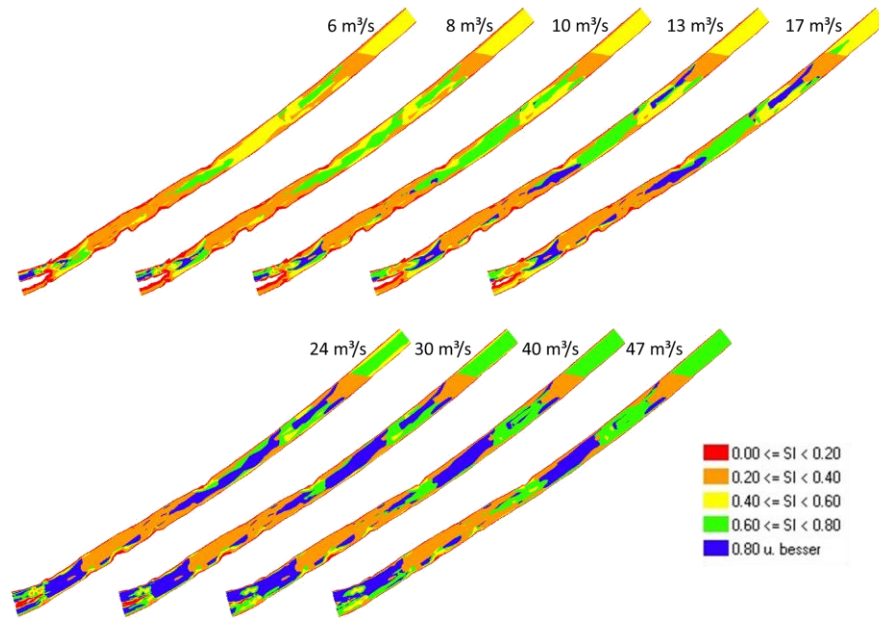


Abb. 9: Habitateignungen für adulte Barben

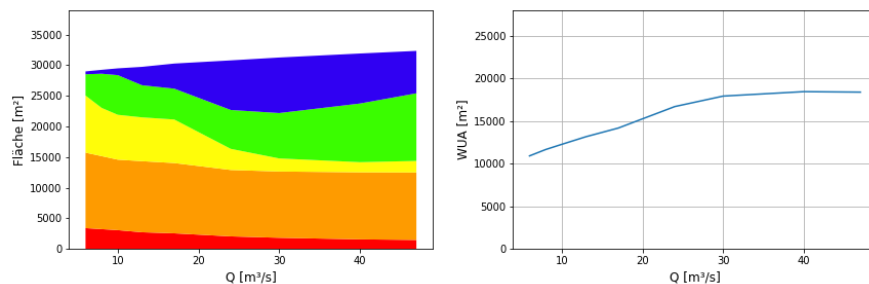


Abb. 11: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Barben

Planzustand

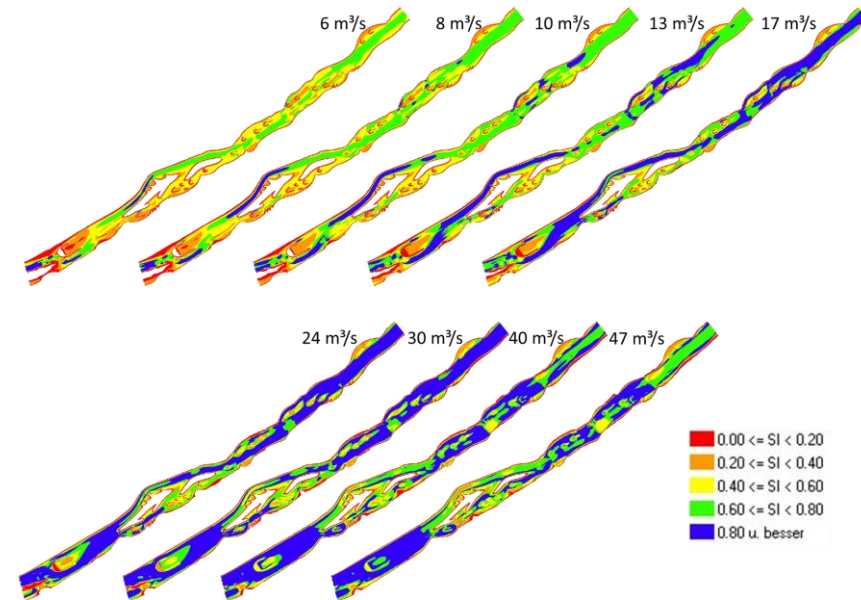


Abb. 10: Habitateignungen für adulte Barben

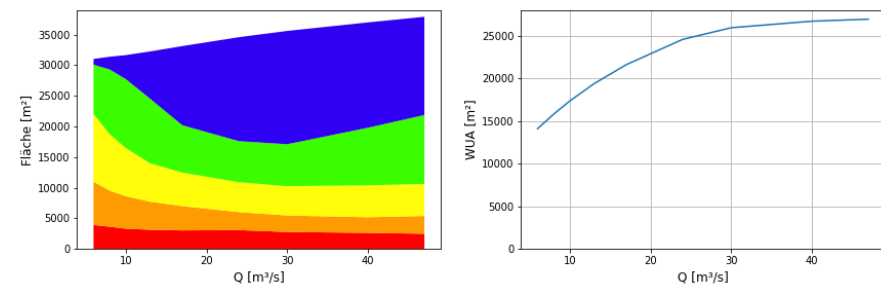


Abb. 12: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Barben

Im Planzustand durchwegs (auch bereits bei geringen Abflüssen) ein 1,5-faches Habitatangebot, das bei hohen Abflüssen stabil bleibt, wenn nicht gar zunimmt.

## 2.2.2 Barbe (*Barbus barbus*) – Laichplatz

status quo

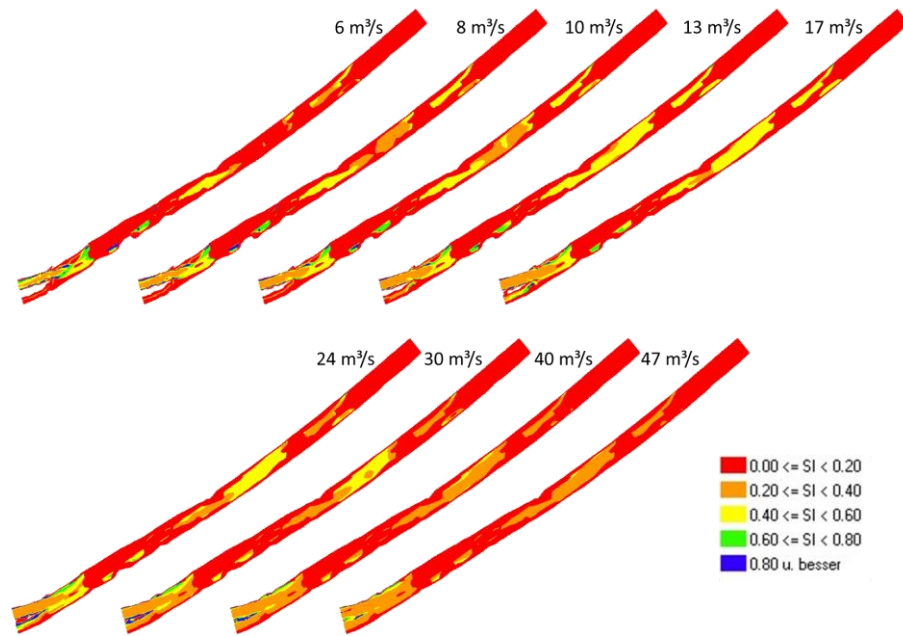


Abb. 13: Habitateignungen für Barben-Laichplatz

Planzustand

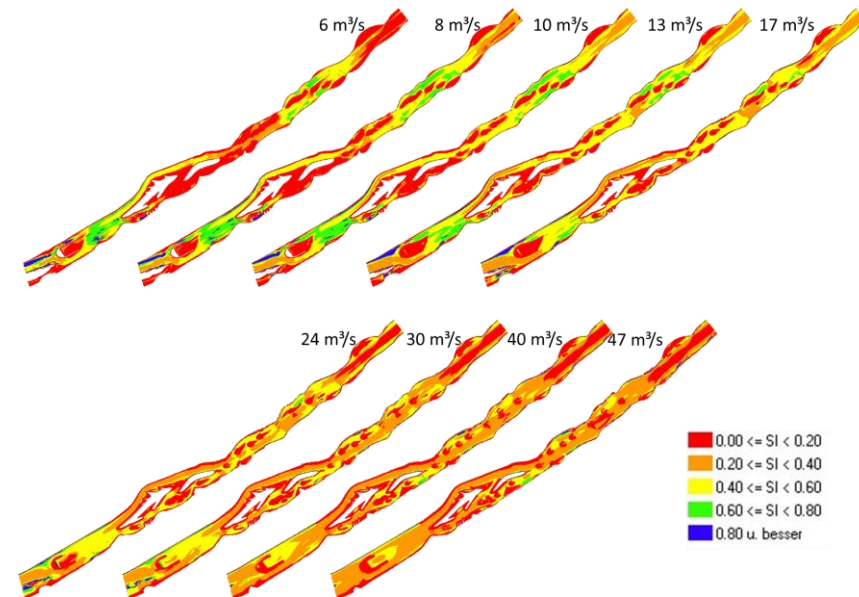


Abb. 14: Habitateignungen für Barben-Laichplatz

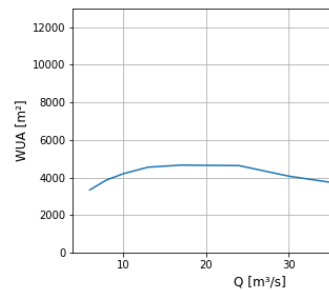
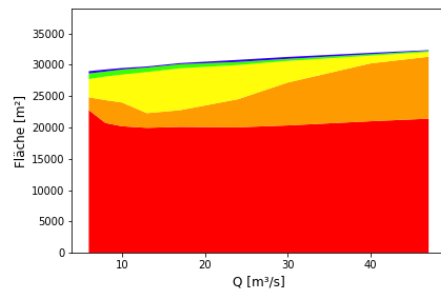


Abb. 15: SI-Flächendiagramm (I.) und WUA-Kurve (r.) für Barben-Laichplatz

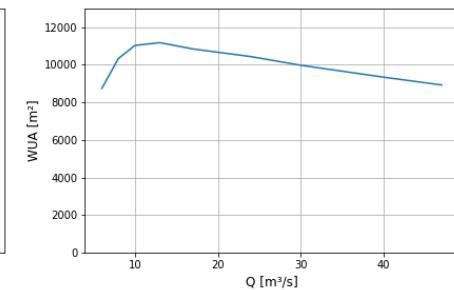
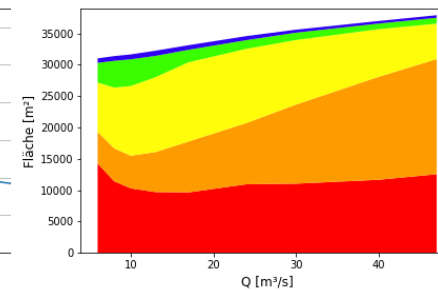


Abb. 16: SI-Flächendiagramm (I.) und WUA-Kurve (r.) für Barben-Laichplatz

Im status quo fehlt dieser Habitattyp fast völlig, im Planzustand wird das Habitatangebot mehr als verdoppelt, mit zwei günstigen Laicharealen, die bis zu Abflüssen von ca. 20 m³/s bestehen. Ruhige Sammelbereiche für Laichschwärme sind bis über 30 m³/s vorhanden, im weniger differenzierten status quo nur bis 20 m³/s.



## 2.2.3 Barbe (*Barbus barbus*) – juvenil

status quo

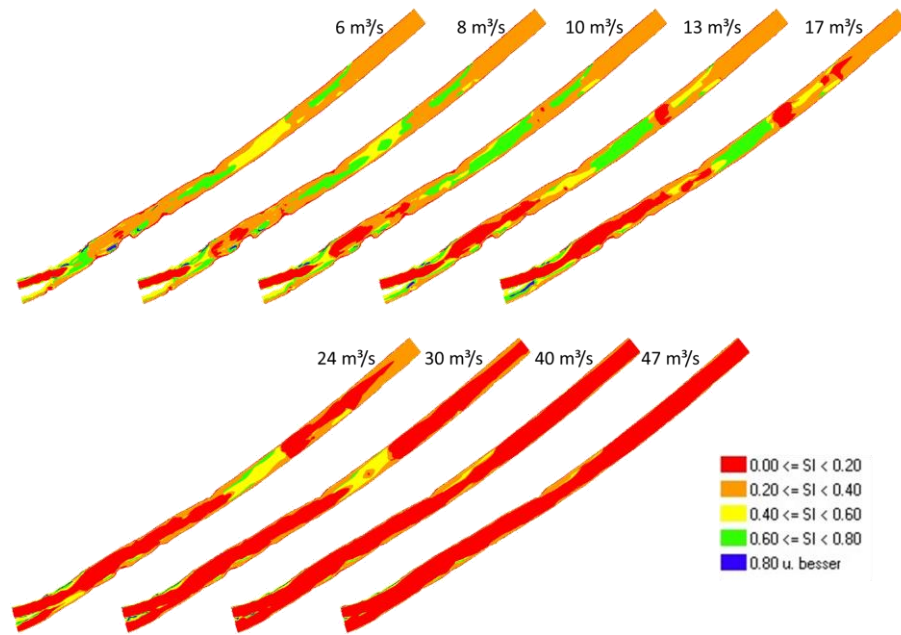


Abb. 17: Habitateignungen für juvenile Barben

Planzustand

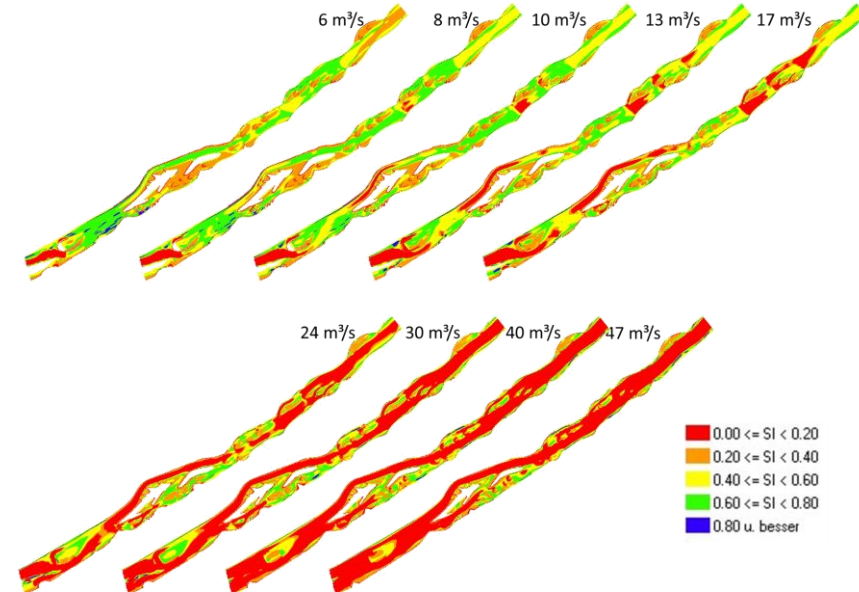


Abb. 18: Habitateignungen für juvenile Barben

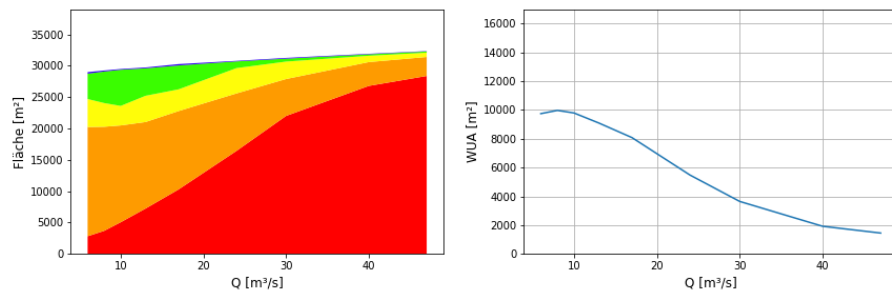


Abb. 19: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Barben

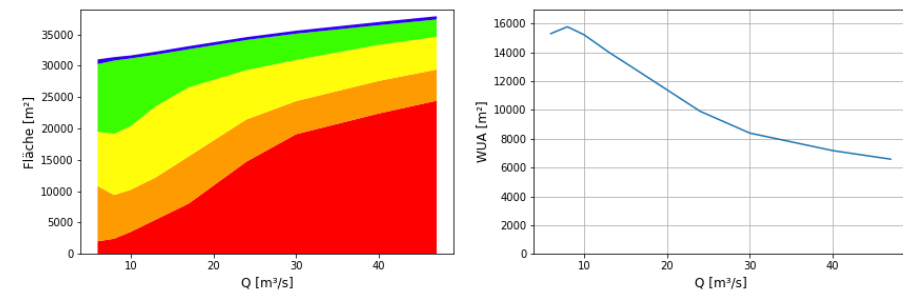


Abb. 20: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Barben

Optimale Bedingungen herrschen bei 8 m³/s. Im status quo sind Habitate bis ca. 20 m³/s vorhanden, allerdings wenig differenziert. Im Planzustand beträgt das Habitatangebot vor allem bei höheren Abflüssen ein Vielfaches (bis 4fach) und ist günstig über den gesamten Neckarabschnitt verteilt.

## 2.2.4 Nase (*Chondrostoma nasus*) - adult

status quo

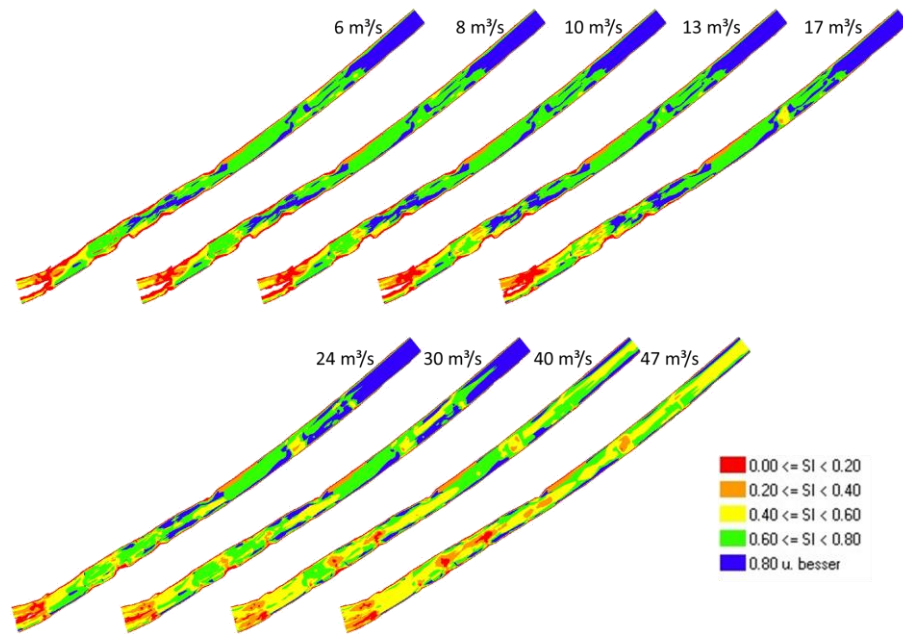


Abb. 21: Habitateignungen für adulte Nasen

Planzustand

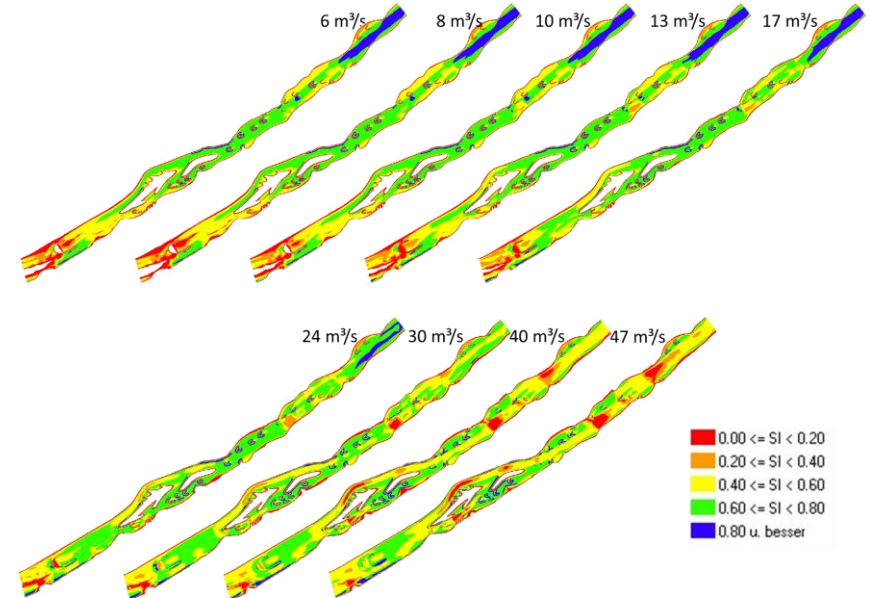


Abb. 22: Habitateignungen für adulte Nasen

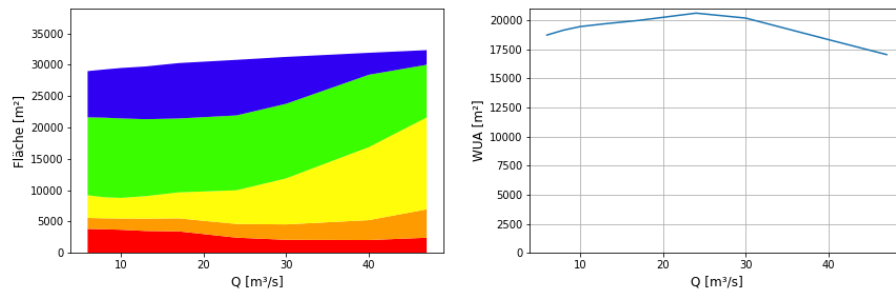


Abb. 23: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Nasen

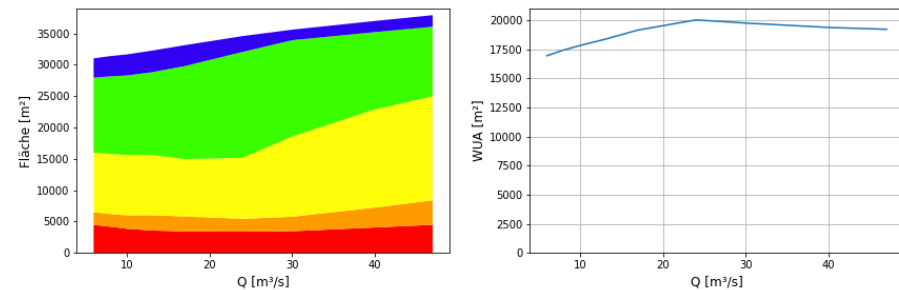


Abb. 24: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Nasen

Für adulte Nasen sind die Bedingungen im status quo bei Abflüssen bis 30 m³/s etwas günstiger als im Planzustand (große, tiefe Rinnen). Bei zunehmenden Abflüssen werden dann die Habitate im Planzustand etwas günstiger. Insgesamt sind Habitate für adulte Nasen in jedem Fall ausreichend vorhanden.

## 2.2.5 Nase (*Chondrostoma nasus*) - Laichplatz

status quo

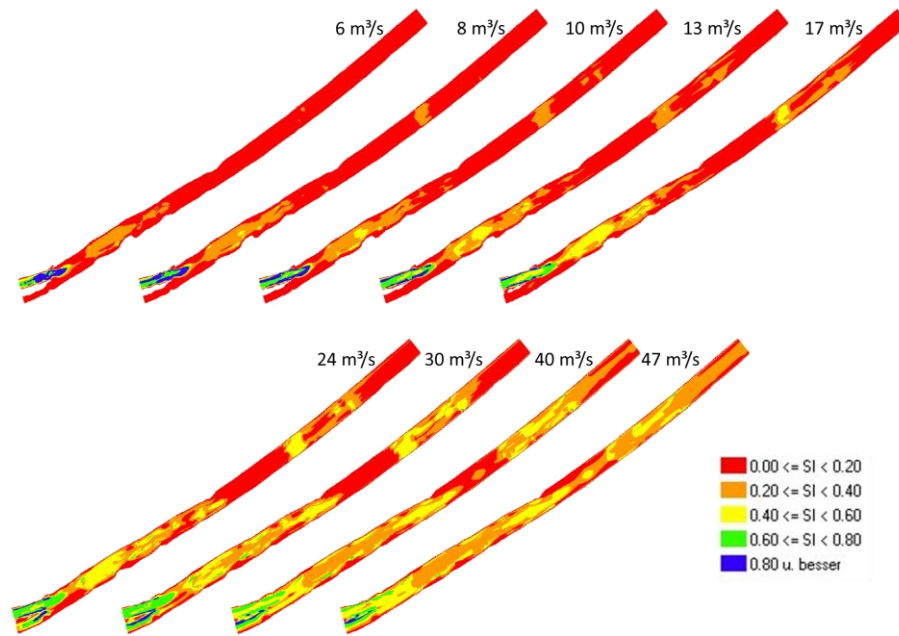


Abb. 25: Habitateignungen für Nasen-Laichplatz

Planzustand

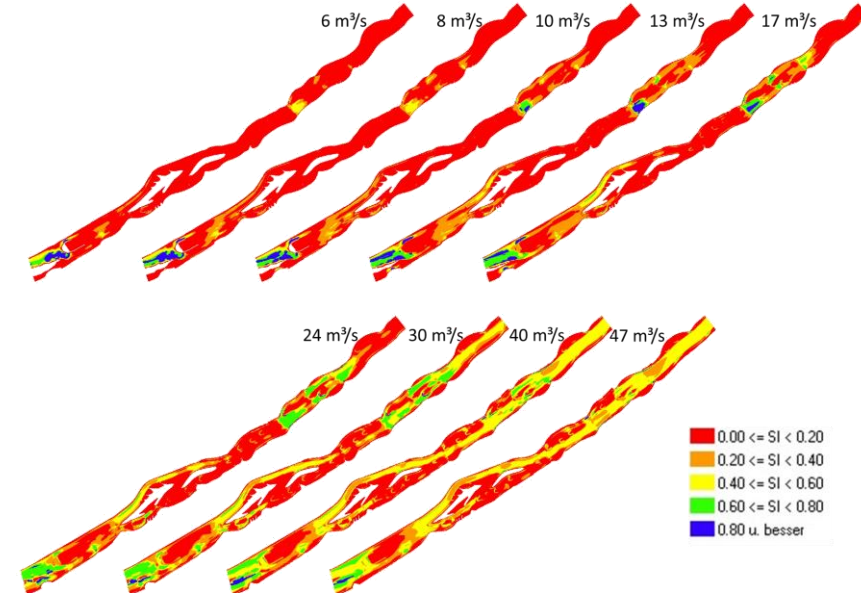


Abb. 26: Habitateignungen für Nasen-Laichplatz

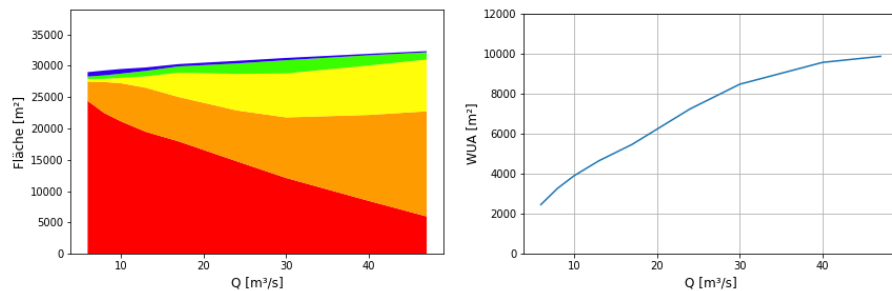


Abb. 27: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Nasen-Laichplatz

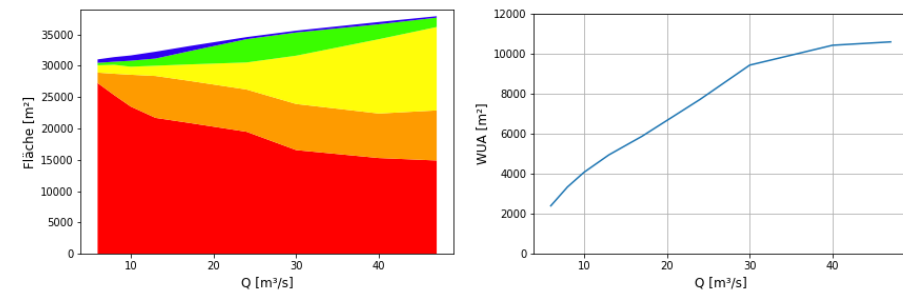


Abb. 28: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Nasen-Laichplatz

Das Habitatangebot ist im Planzustand gegenüber dem status quo nahezu unverändert. Im Planzustand bestehen allerdings zusätzliche Laichmöglichkeiten. Bedeutender dürften im Planzustand das für die Entwicklung der Brut günstigere Substrat sowie die strömungsberuhigten Rastzonen für die Laichfische sein.

## 2.2.6 Nase (*Chondrostoma nasus*) - juvenil

status quo

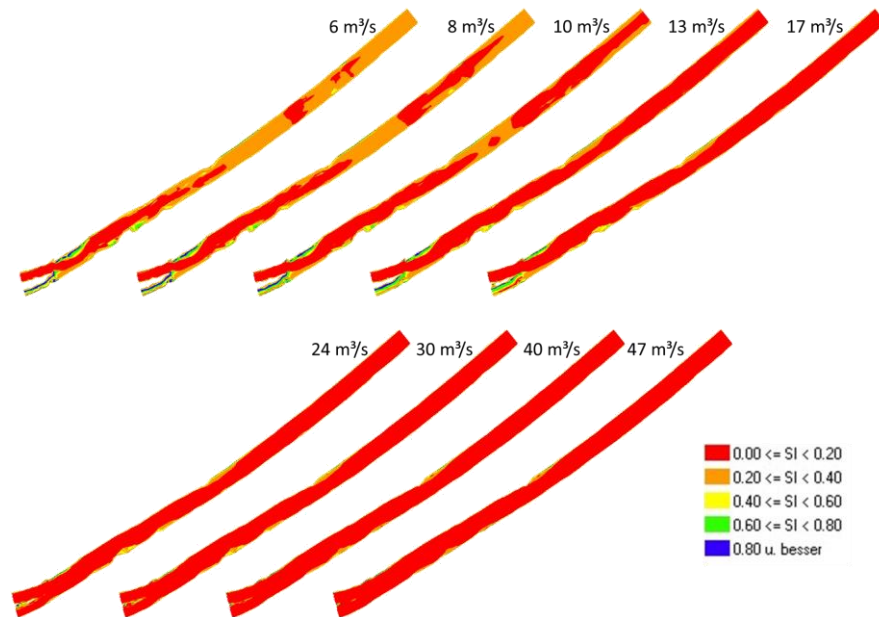


Abb. 29: Habitateignungen für juvenile Nasen

Planzustand

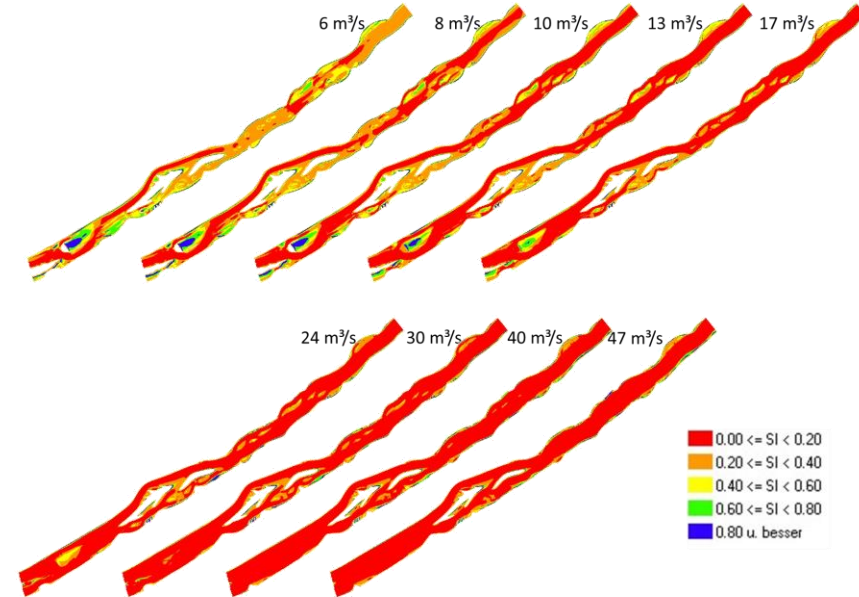


Abb. 30: Habitateignungen für juvenile Nasen

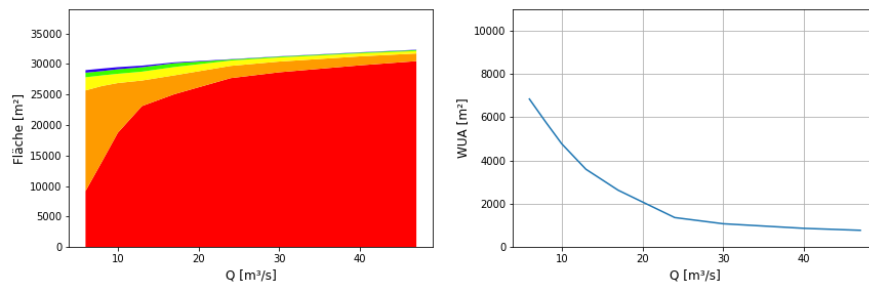


Abb. 31: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Nasen

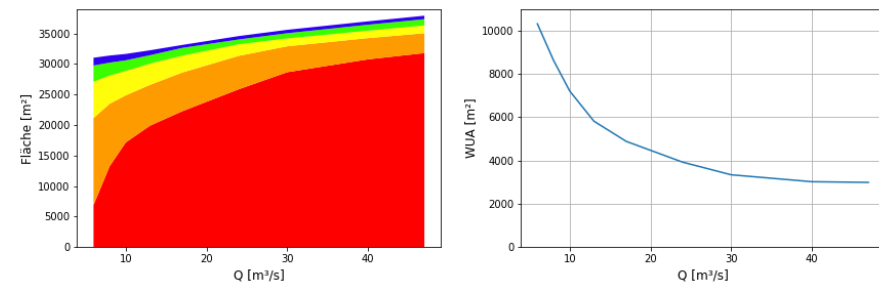


Abb. 32: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Nasen

Im status quo sind Juvenilhabitate auf Abflüsse unter 20 m³/s begrenzt, vor allem aber nur lokal am oberen Streckenende zu finden – also nicht vorhanden oder nicht nutzbar. Im Planzustand beträgt das Habitatangebot ein Mehrfaches und ist auch bei Abflüssen > 20 m³/s noch recht stabil als schmaler, ufernaher Streifen vorhanden. Aufgrund der geringen Ausdehnung ist das Habitat allerdings vorwiegend als Hochwasserrefugium zu werten, nur eingeschränkt als vollwertiges Juvenilhabitat

## 2.2.7 Äsche (*Thymallus thymallus*) – adult

status quo

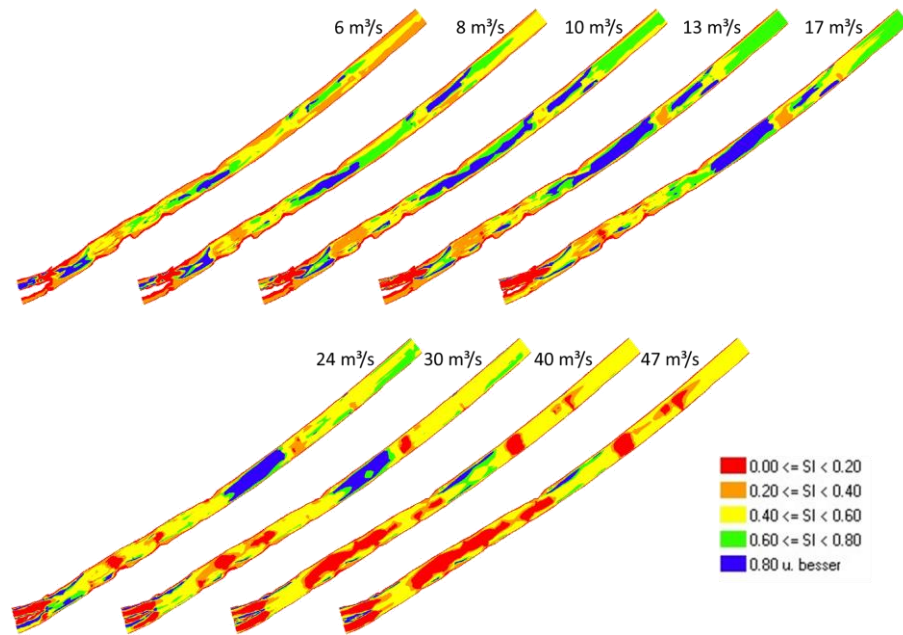


Abb. 33: Habitateignungen für adulte Äschen

Planzustand

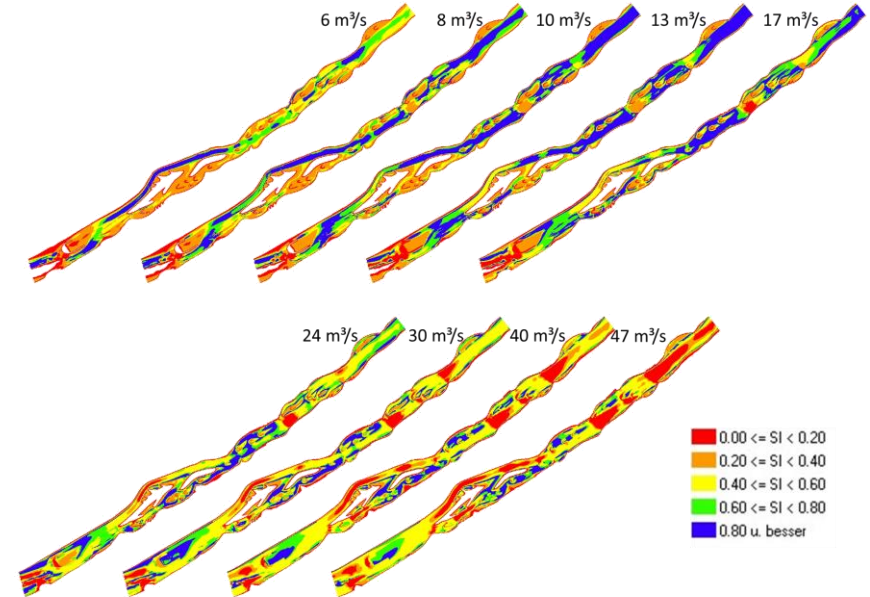


Abb. 34: Habitateignungen für adulte Äschen

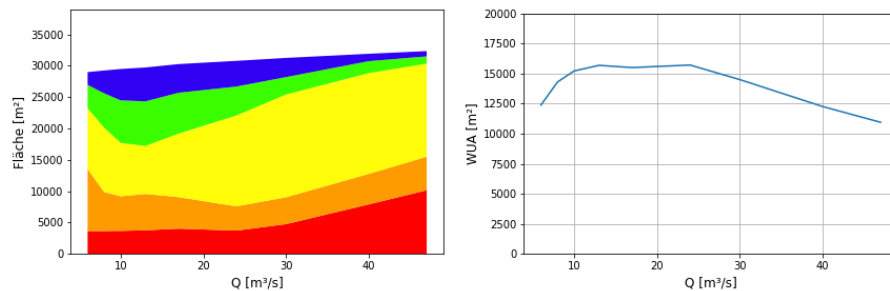


Abb. 35: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Äschen

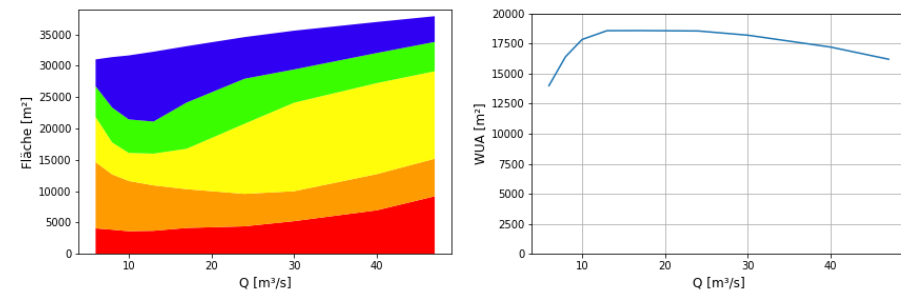


Abb. 36: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Äschen

Im Planzustand sind die Habitatflächen für adulte Äschen deutlich erweitert, vor allem bei höheren Abflüssen. Bedeutender noch ist, dass im Planzustand auch bei hohen Abflüssen ein stabiles Band mit günstigen Habitatbedingungen vorhanden ist, wohingegen im status quo die geeigneten Habitate bei hohen Abflüssen auf wenige inselartige Flecken schrumpfen.



## 2.2.8 Äsche (*Thymallus thymallus*) – Laichplatz

status quo

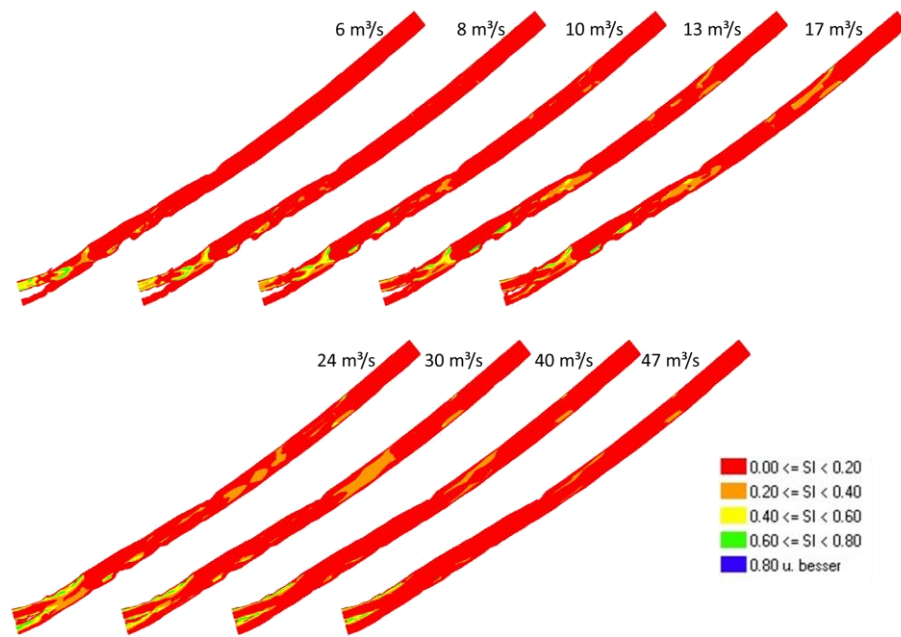


Abb. 37: Habitateignungen für Äschen-Laichplatz

Planzustand

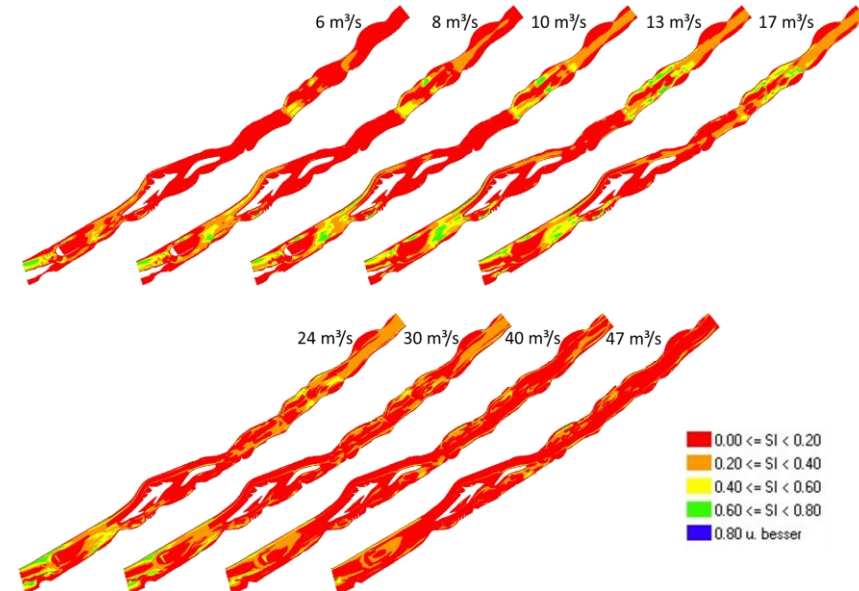


Abb. 38: Habitateignungen für Äschen-Laichplatz

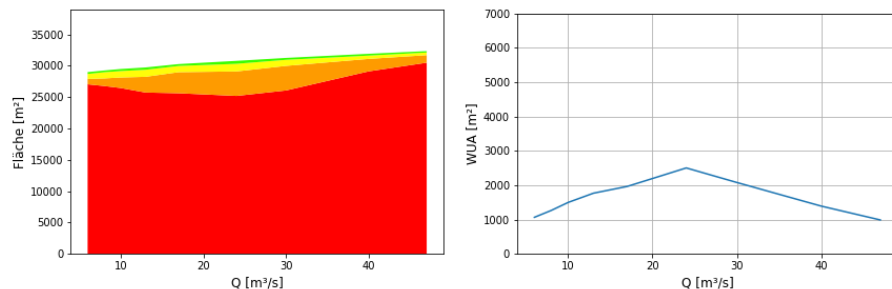


Abb. 39: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Äschen-Laichplatz

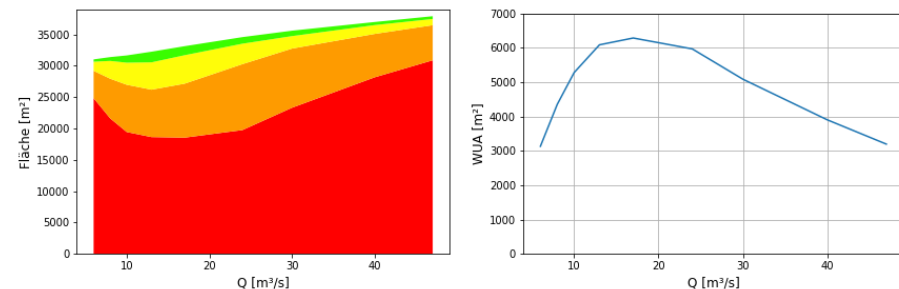


Abb. 40: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Äschen-Laichplatz

Das Angebot an Laichplätzen für Äschen bleibt im status quo bei allen Abflüssen gering (Optimum bei 25 m³/s). Wesentlich günstiger sieht das Angebot im Planzustand aus, wo zwischen 10 und 30 m³/s mindestens die doppelte Optimalfläche des status quo vorhanden ist. Im Planzustand sind die ausreichend großen Flächen über den gesamten Abschnitt verteilt, so dass lokalen Störungen ausgewichen werden kann.

## 2.2.9 Äsche (*Thymallus thymallus*) – Larven

status quo

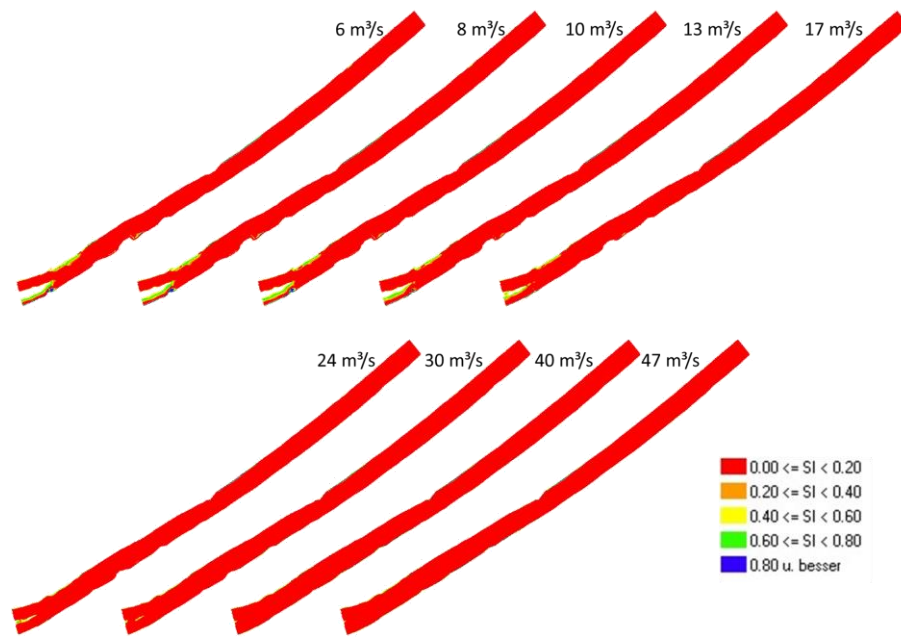


Abb. 41: Habitateignungen für Äschenlarven

Planzustand

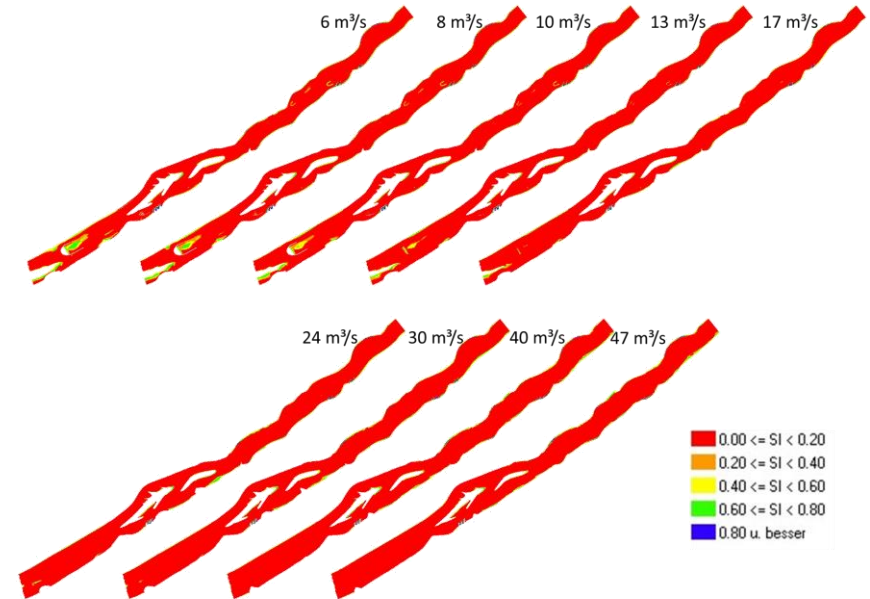


Abb. 42: Habitateignungen für Äschenlarven

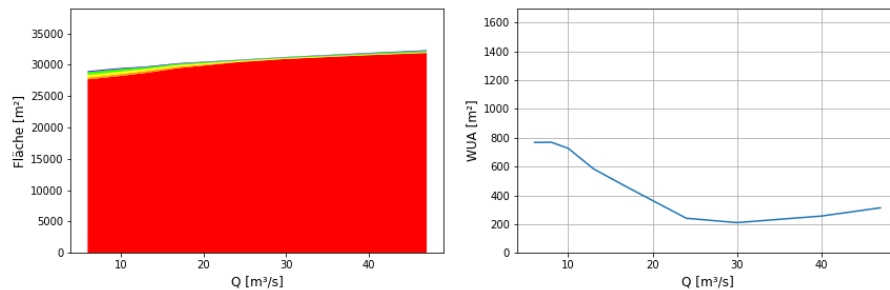


Abb. 43: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Äschenlarven

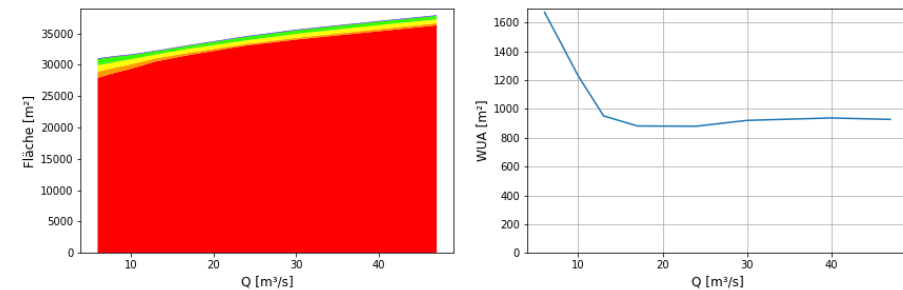


Abb. 44: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Äschenlarven

Im Planzustand steht die 2-3fache Fläche des status quo zu Verfügung. Wesentlich wichtiger ist jedoch, dass diese Flächen bei Abflüssen über  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  konstant entlang des gesamten Ufers vorhanden sind, d.h. 1.) dass sie mit steigendem Wasserstand verlagert werden und die schwimmschwachen Larven somit dem Habitat folgen können, und 2.) dass verdriftete Larven mit guter Wahrscheinlichkeit an geeignete Habitate gespült werden.

## 2.2.10 Groppe (*Cottus gobio*) – adult

status quo

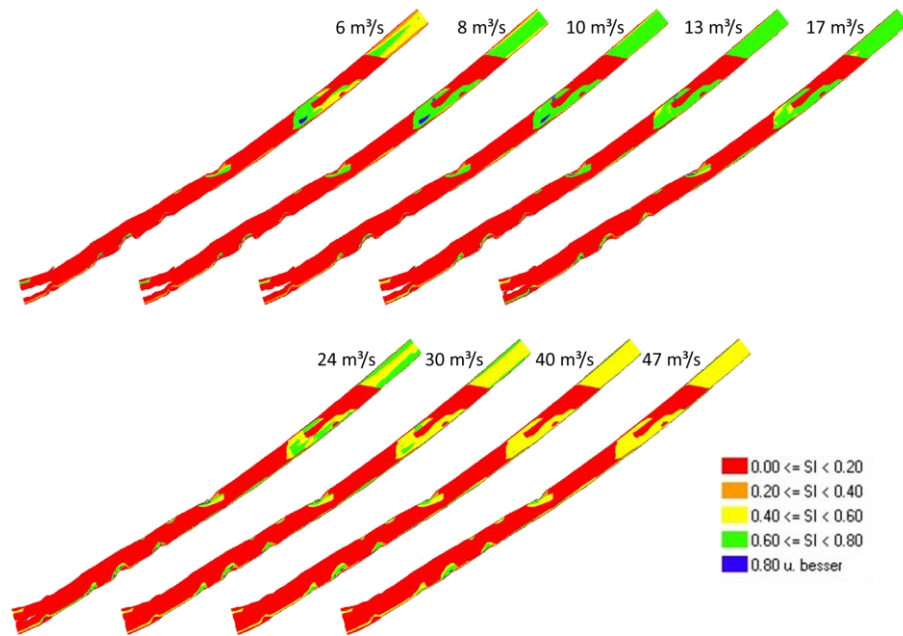


Abb. 45: Habitateignungen für adulte Groppen

Planzustand

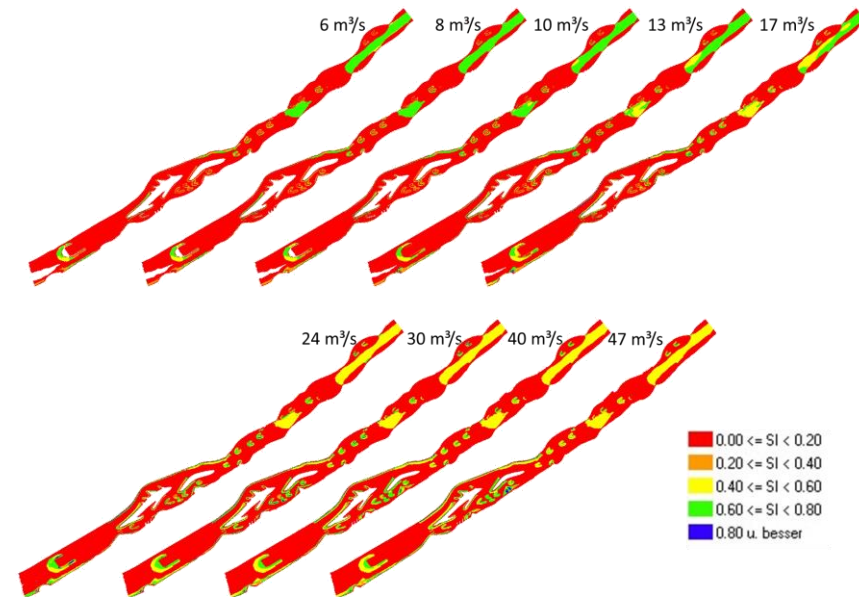


Abb. 46: Habitateignungen für adulte Groppen

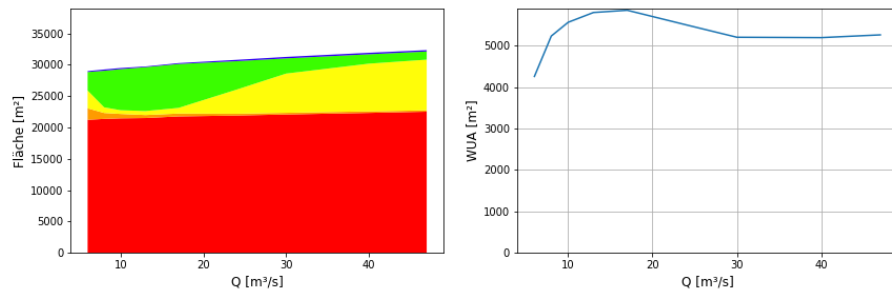


Abb. 47: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Groppen

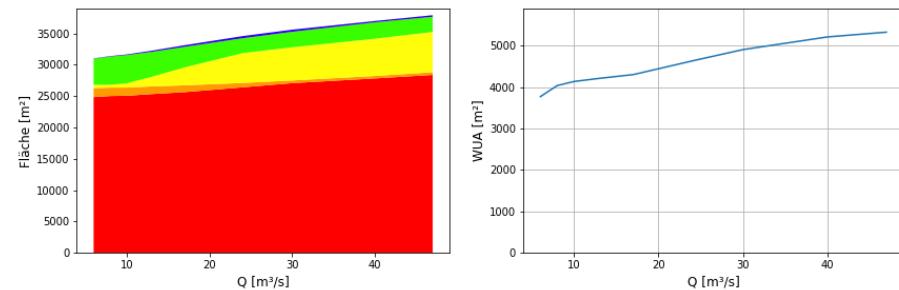


Abb. 48: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für adulte Groppen

Für die adulte Groppe besteht im status quo, zumindest bei Abflüssen unter 30 m³/s, ein größeres Habitatangebot als im Planzustand. Bei höheren Abflüssen bleiben die Angebote nahezu gleich. Einen gewissen Vorteil bieten die Habitate im Planzustand dadurch, dass die günstigen Habitate viel stärker gestreut sind, was der territorialen Lebensweise der Groppe entgegenkommt.



## 2.2.11 Groppe (*Cottus gobio*) – Laichplatz

status quo

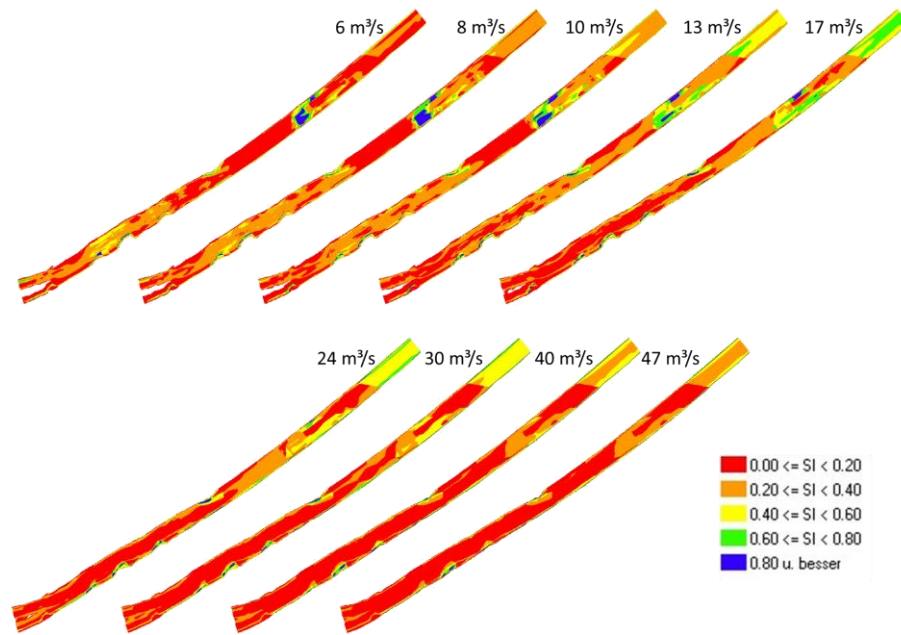


Abb. 49: Habitateignungen für Groppe-Laichplatz

Planzustand

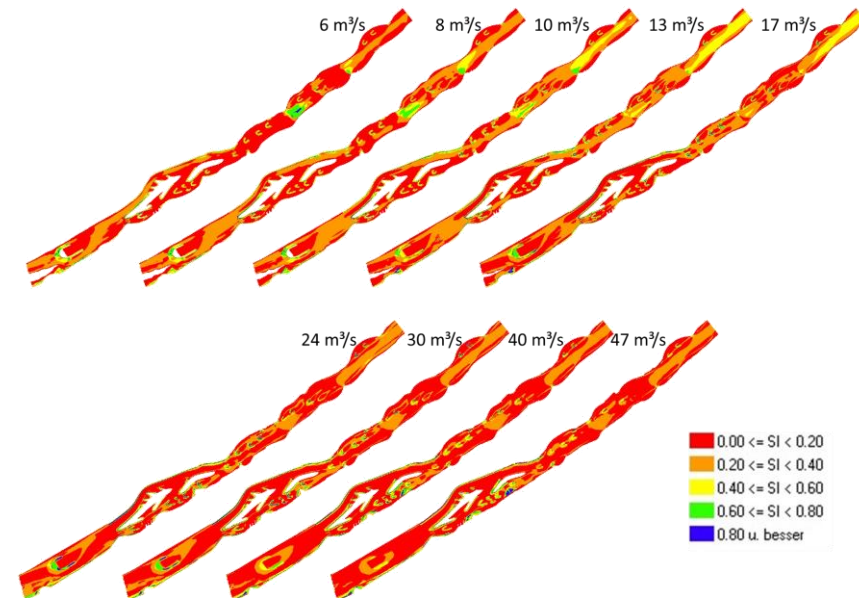


Abb. 50: Habitateignungen für Groppe-Laichplatz

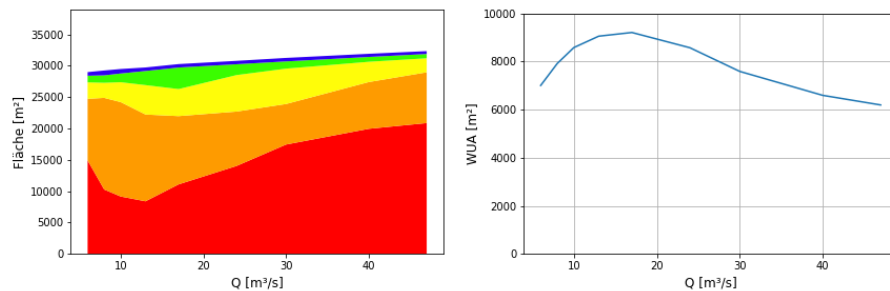


Abb. 51: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Groppe-Laichplatz

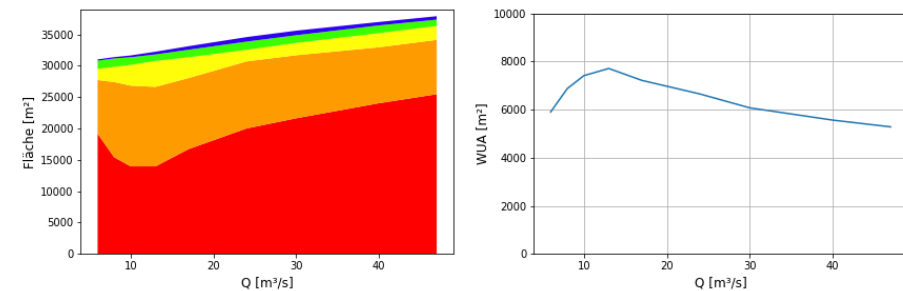


Abb. 52: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Groppe-Laichplatz

Für die Laichplätze der Groppe – Höhlungen unter Steinen oder Wurzeln – gilt Ähnliches wie für die adulte Groppe ausgeführt. Die Höhlungen müssen während der mindestens 4wöchigen Embryonalentwicklung stabile Bedingungen bieten.

## 2.2.12 Groppe (*Cottus gobio*) – juvenil

status quo

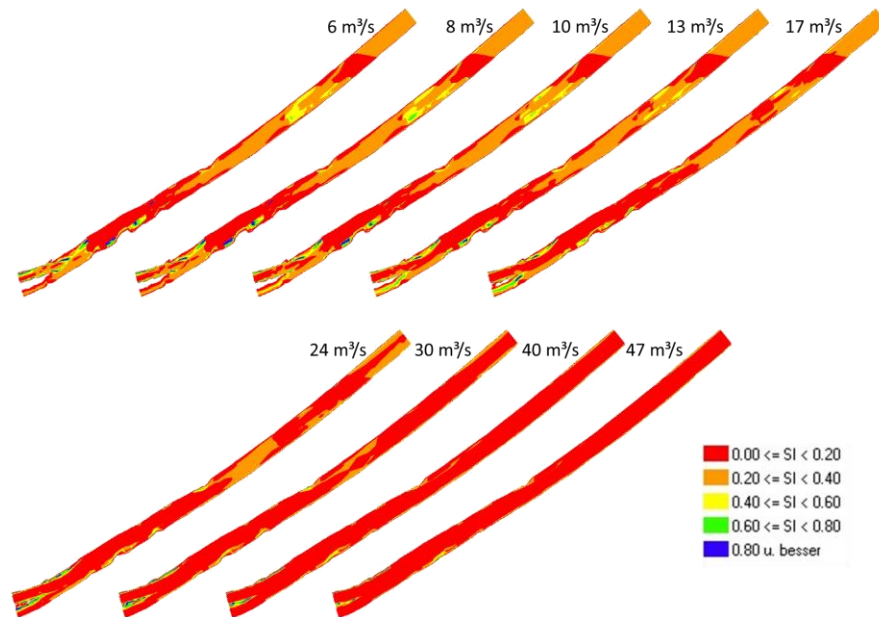


Abb. 53: Habitateignungen für juvenile Groppen

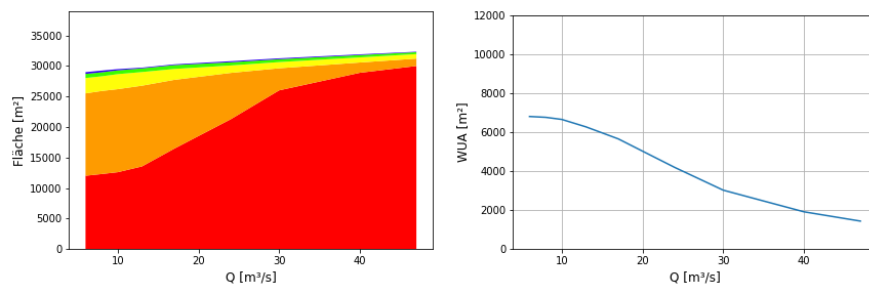


Abb. 55: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Groppen

Planzustand

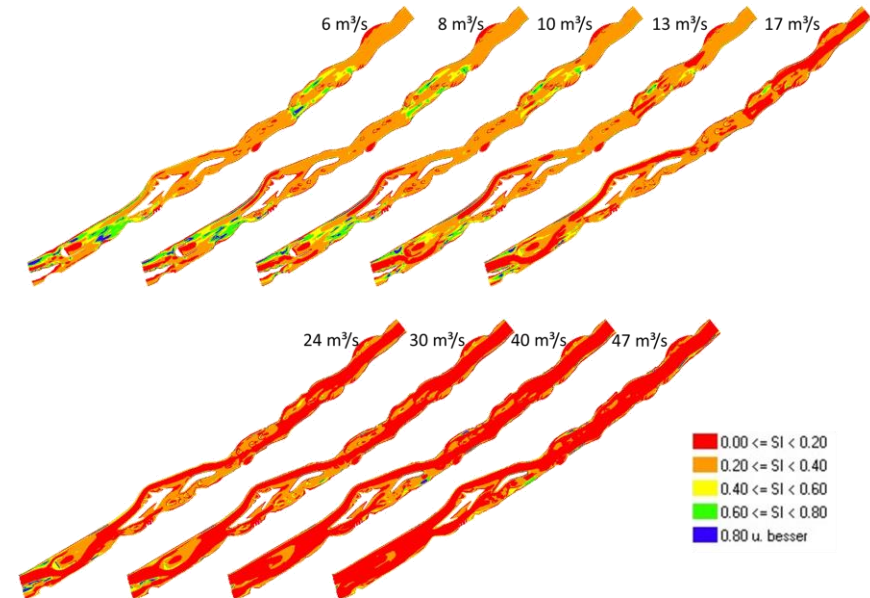


Abb. 54: Habitateignungen für juvenile Groppen

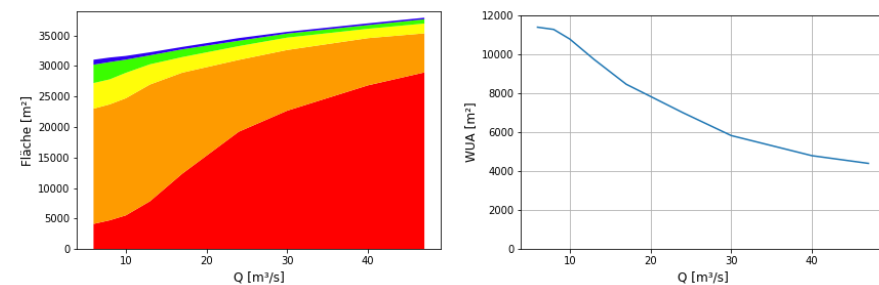


Abb. 56: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für juvenile Groppen

Juvenile Groppen haben im Planzustand etwa das doppelte Habitatangebot des status quo. Sie profitieren von der Zunahme kiesigen Substrats sowie geringerer Wassertiefe und Strömung. Die günstigen Habitate sind im Planzustand etwas weiter verteilt als im status quo und konzentrieren sich nicht so ausgeprägt auf den obersten Gewässerabschnitt. Die Habitate bleiben jedoch insbesondere bei Abflüssen über 20 m³/s voneinander isoliert. Insgesamt bleibt die Habitatsituation für juvenile Groppen unbefriedigend.

## 2.2.13 Groppe (*Cottus gobio*) – Brütling

status quo

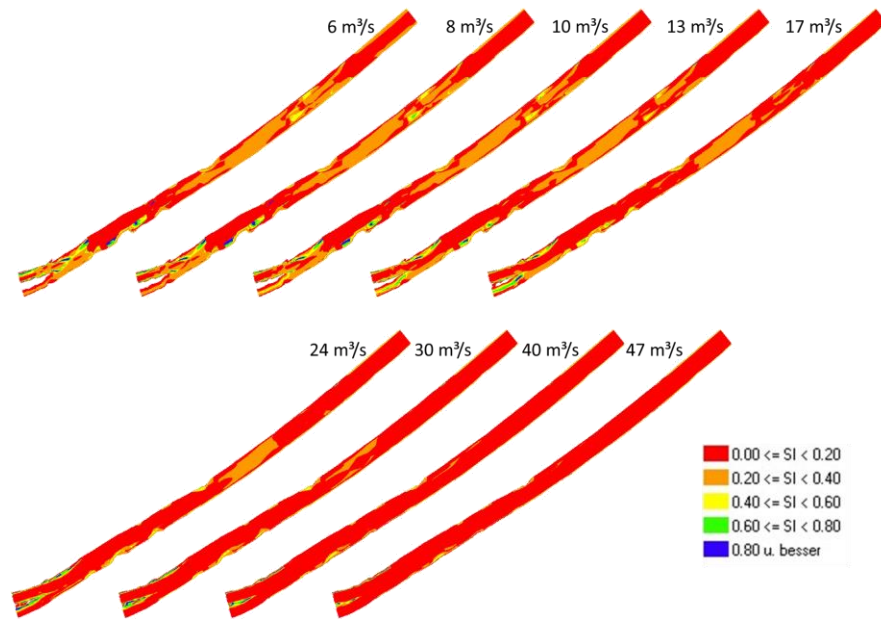


Abb. 57: Habitateignungen für Groppe-Brütlinge

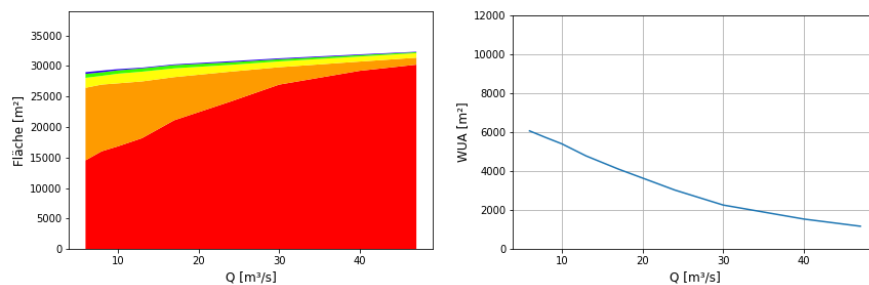


Abb. 59: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Groppe-Brütlinge

Planzustand

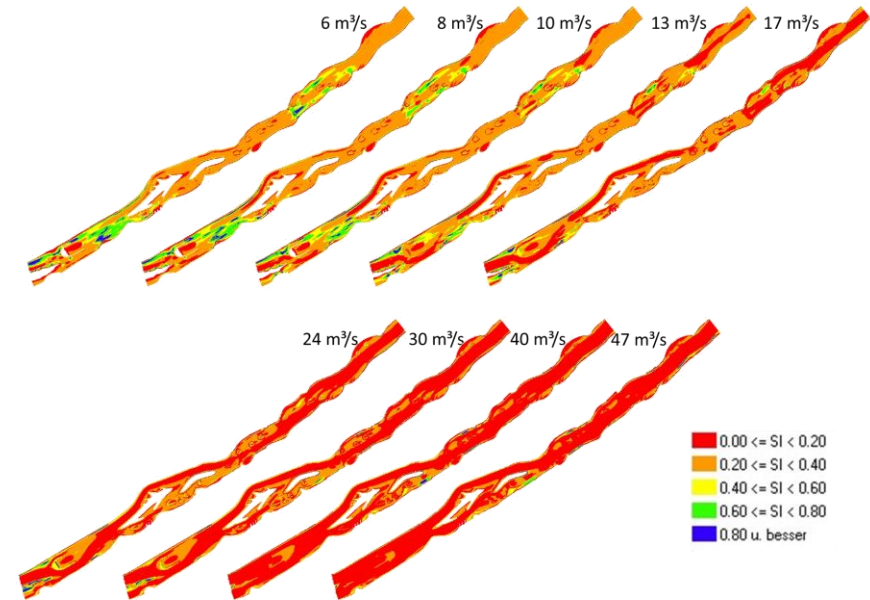


Abb. 58: Habitateignungen für Groppe-Brütlinge

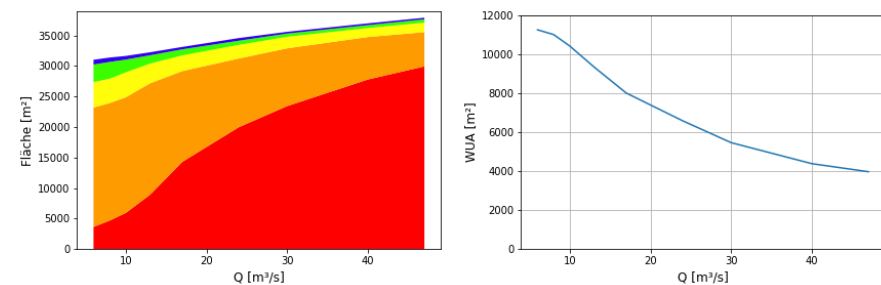


Abb. 60: SI-Flächendiagramm (l.) und WUA-Kurve (r.) für Groppe-Brütlinge

Groppebrütlinge sind zunächst noch unter der Obhut des Männchens und sehr strömungssensibel. Sie sollten also nach Ausschwärmen ähnlich wie Äschenlarven verteilt sein, auch wenn sie nur kurzzeitig freischwimmend sind. Ähnlich wie den Äschenlarven stehen den Groppebrütlingen im Planungszustand lang ausgedehnte ufernahe Streifen mit geringer Strömung zu Verfügung. Auch hier wird durch die geplanten Maßnahmen das Habitatangebot in etwa verdoppelt.

### 3 Bewertung der Ergebnisse

#### Habitatangebot Fische

Das Habitatangebot für die unterschiedlichsten Fischarten und Entwicklungsstadien nimmt durch die geplanten Maßnahmen fast durchwegs zu.

Im status quo besteht der betroffene Gewässerabschnitt überwiegend aus einem tiefen, einheitlich durchflossenen Gewässerschlauch. Ein geringer Abfluss verteilt sich über das gesamte Gewässerbett und es entwickelt sich kaum eine stärkere Strömung. Bei hohen Abflüssen wird das ganze Gewässerbett kräftig durchflossen und es bestehen fast keine Rückzugsräume. Die steilen Ufer sind kaum zur Besiedlung geeignet.

Der Planungszustand zeichnet sich durch eine starke Differenzierung der Verhältnisse im Gewässer aus. Durch Einengung des Gewässerbettes durch Buhnen und Inseln wird bereits ein niedriger Abfluss konzentriert und weist merkbare Strömung auf. Bei hohen Abflüssen wirken diese Strukturen als Strömungshindernis und es entstehen Strömungsrefugien. Diese Strukturen sind über den gesamten Gewässerabschnitt verteilt, so dass die Habitate nicht verinselt auftreten und für die betreffenden Fische auffindbar bleiben.

Problematisch bleibt die weitgehende Begrenzung der Maßnahmen auf den bestehenden Gewässerquerschnitt. Es fehlen weiterhin größere Buchten oder Flachufer, die als Hochwasserrefugien und Jungfischhabitate dienen können. Im Rahmen des Möglichen (Restriktionen im Gewässervorland) sind jedoch gerade diese zwei defizitären Habitattypen sehr deutlich gefördert worden, sei es durch eingebrachte Strukturen, sei es durch Uferstrukturierung.

Gemäß der Modellierung etwas ungünstigere Habitatangebote für einige Stadien, wie z.B. die adulte Groppe, dürften durch die deutlich verbesserten Bedingungen für Juvenile und Brütlinge ausgeglichen werden.

Art - Stadium	Fläche	Verteilung	Abfluss-Stabilität
Barbe - adult	+	+	o
Barbe - Laichplatz	+	+	o
Barbe - juvenil	+	+	o
Nase - adult	o	o	o
Nase - Laichplatz	o	+	o
Nase - juvenil	+	+	+
Äsche - adult	+	+	+
Äsche - Laichplatz	+	+	o
Äsche - Larven	+	+	+
Groppe - adult	-	+	o
Groppe - Laichplatz	-	+	o
Groppe - juvenil	+	o	o
Groppe - Brütling	+	+	o

Änderungen im Planzustand gegenüber status quo

+ Verbesserung      o kaum Änderung      - Verschlechterung

## 4 Literaturverzeichnis

Kopecki, I (2008): Calculational Approach to FST-Hemispheres for Multiparametrical Benthos Habitat Modelling. Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 169, Universität Stuttgart, Eigenverlag.

Noack, M., Schneider, M. & Wieprecht, S. (2013): The Habitat Modelling System CASiMiR: A Multivariate Fuzzy-Approach and its Applications. In: (eds.): Ecohydraulics: An integrated approach. John Wiley & Sons, 8/2013.

Schneider, M. (2001): Habitat- und Abflussmodellierung für Fließgewässer mit unscharfen Berechnungsansätzen. Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 108, Universität Stuttgart, Eigenverlag.

Schneider, M. & Ortlepp, J. (2003): Zustand und Entwicklungspotential der Restwasserstrecke des Kraftwerks Rheinau, Gutachten im Auftrag des Rheinlandes, sje – Schneider & Jorde Ecological Engineering, Stuttgart, Hydra – Büro für Gewässerökologie, Öschelbronn

Shields, A. (1936): Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. Mitteilungen der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau. Vol. 26. Berlin: Preußische Versuchsanstalt für Wasserbau..

### *Fachliche Grundlagen*

Fischereiforschungsstelle (2020): **Referenz-Fischzönosen** für Baden-Württemberg.- Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg LAZ BW:

<https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/pb/Lde/Startseite/Themen/Referenz-Fischzoenosen>

## 5 Anhang

### Darstellung der Habitatsprüche

Die folgenden Abbildungen stellen die für die Simulationen verwendeten Habitatsprüche der untersuchten Fischarten und -stadien grafisch dar. Jedes Quadrat spiegelt die Eignung für die Kombinationen von Fließgeschwindigkeit (horizontale Richtung) und Wassertiefe (vertikale Richtung) wider, die unterschiedlichen Quadrate ergeben sich aus der zusätzlichen Kombination von Substrattypen und Unterständen (10 Substrattypen horizontal x 11 Unterstandstypen vertikal = 110 Quadrate). Die farbigen Flächen in den Quadraten der folgenden Abbildungen zeigen die Habitateignung an.

<span style="color: red;">■</span> rote Flächen	schlechte Habitatbedingungen,
<span style="color: orange;">■</span> orange Flächen	ungünstige Habitatbedingungen,
<span style="color: yellow;">■</span> gelbe Flächen	mäßige Habitatbedingungen,
<span style="color: green;">■</span> grüne Flächen	gute Habitatbedingungen und
<span style="color: blue;">■</span> blaue Flächen	sehr gute Habitatbedingungen

Die Farbcodierung bei den Unterstandstypen (senkrecht) und den Substraten (waagrecht) beziehen sich auf die Darstellung der Kartiерergebnisse und sind hier nicht relevant.

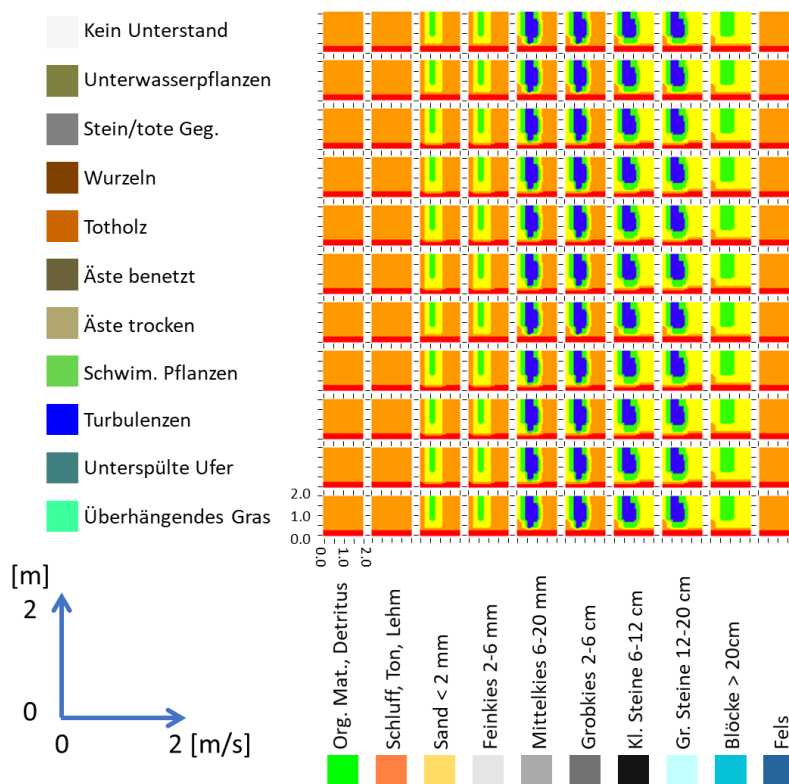


Abb. 61: Habitatsprüche Barbe adult

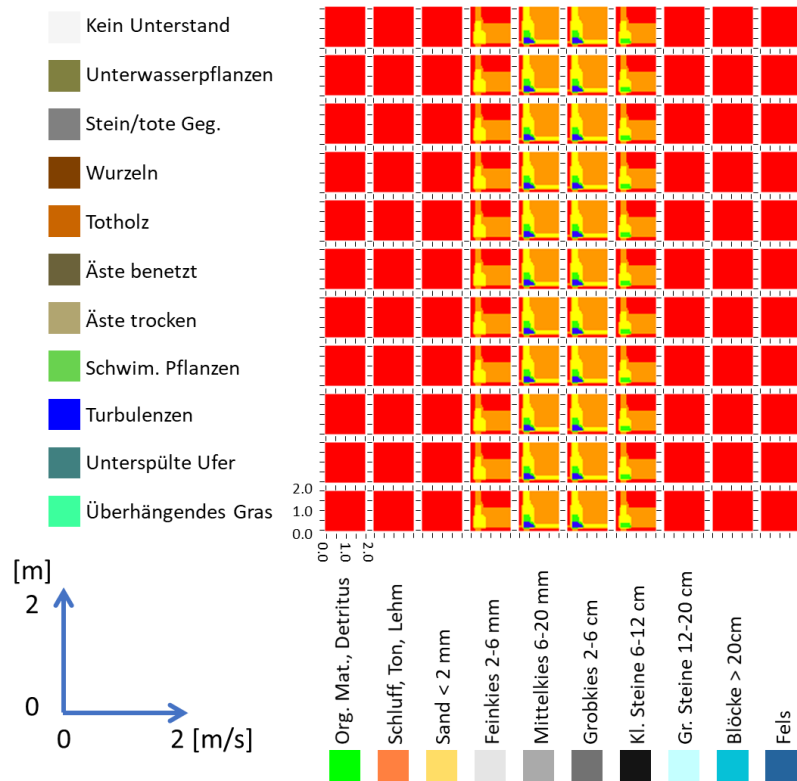


Abb. 62 Habitatansprüche Barbe Laichplatz

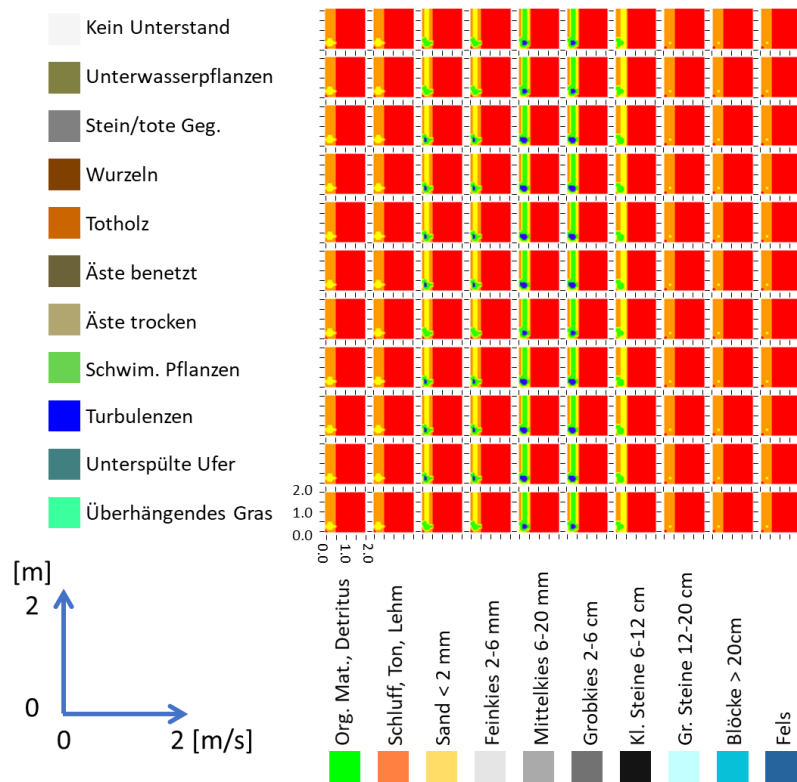


Abb. 63 Habitatansprüche Barbe juvenil



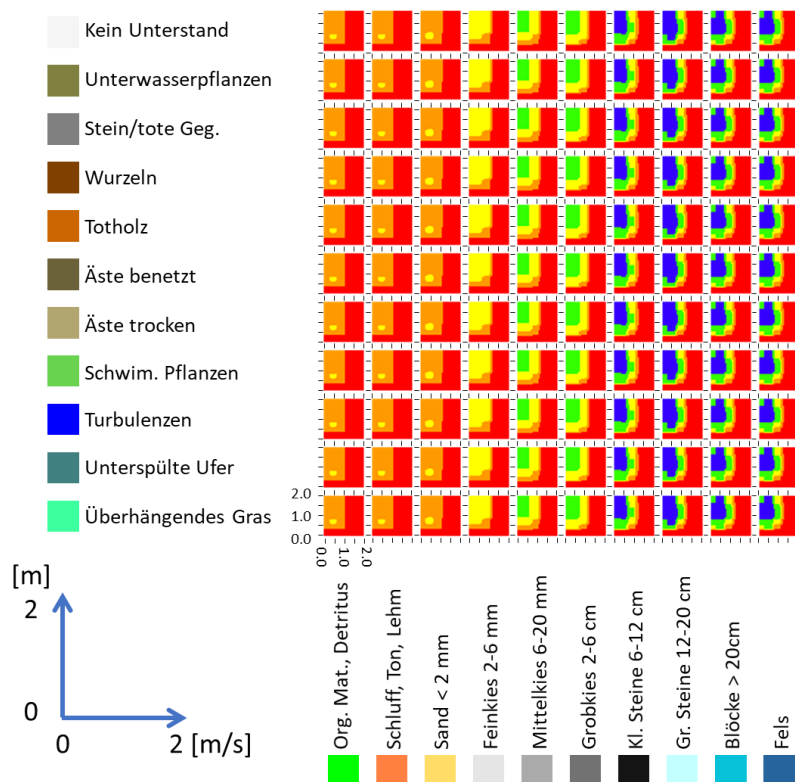


Abb. 64 Habitatansprüche Nase adult

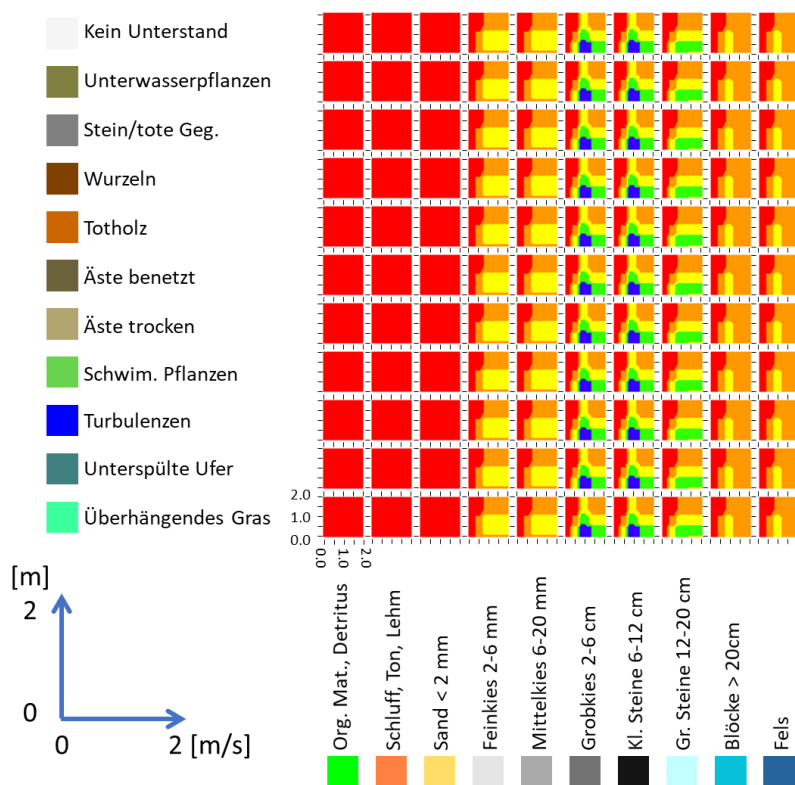


Abb. 65 Habitatansprüche Nase Laichplatz



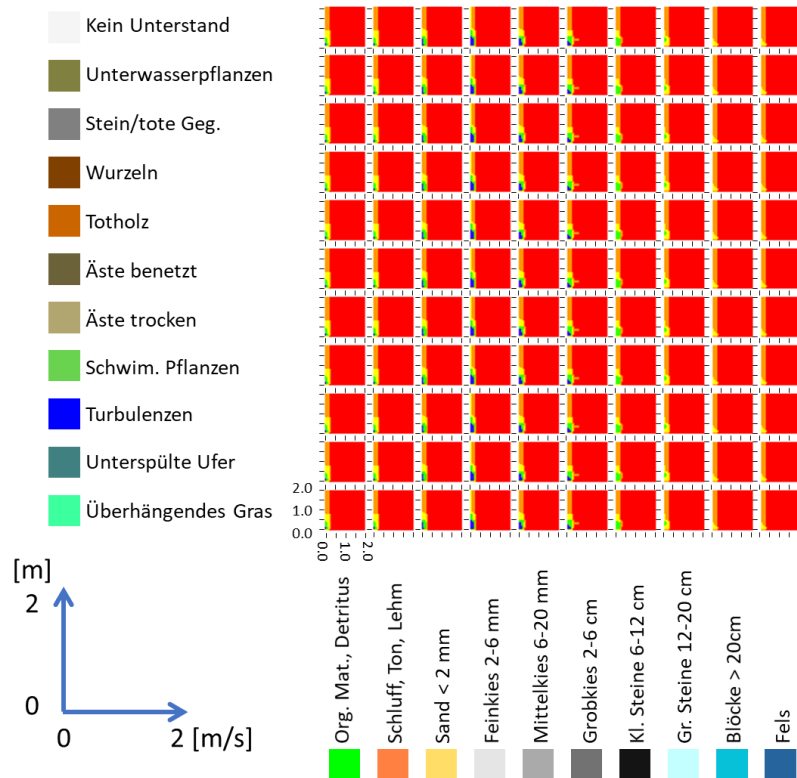


Abb. 66 Habitatansprüche Nase juvenil

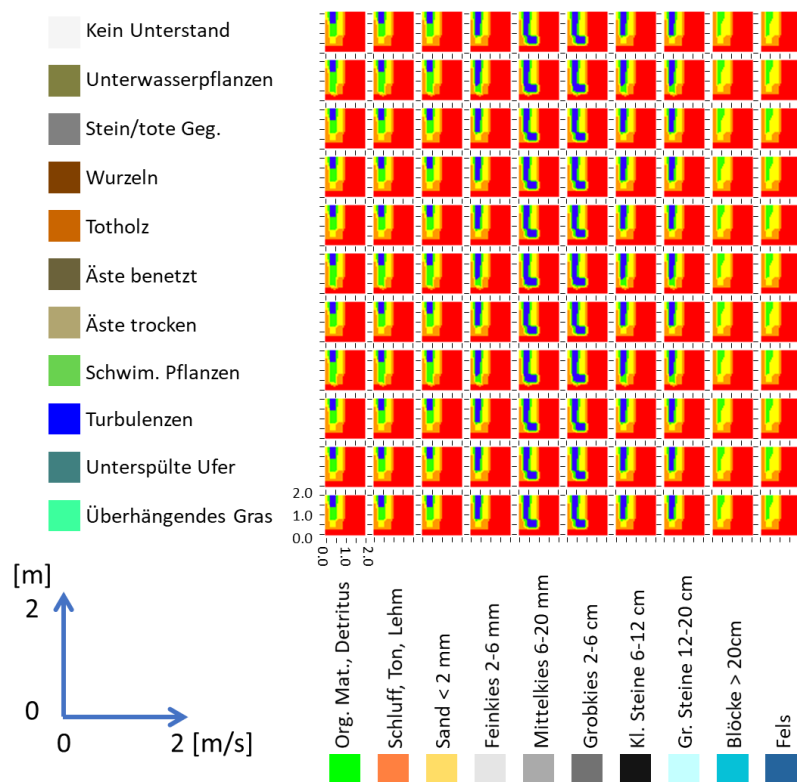


Abb. 67 Habitatansprüche Äsche adult

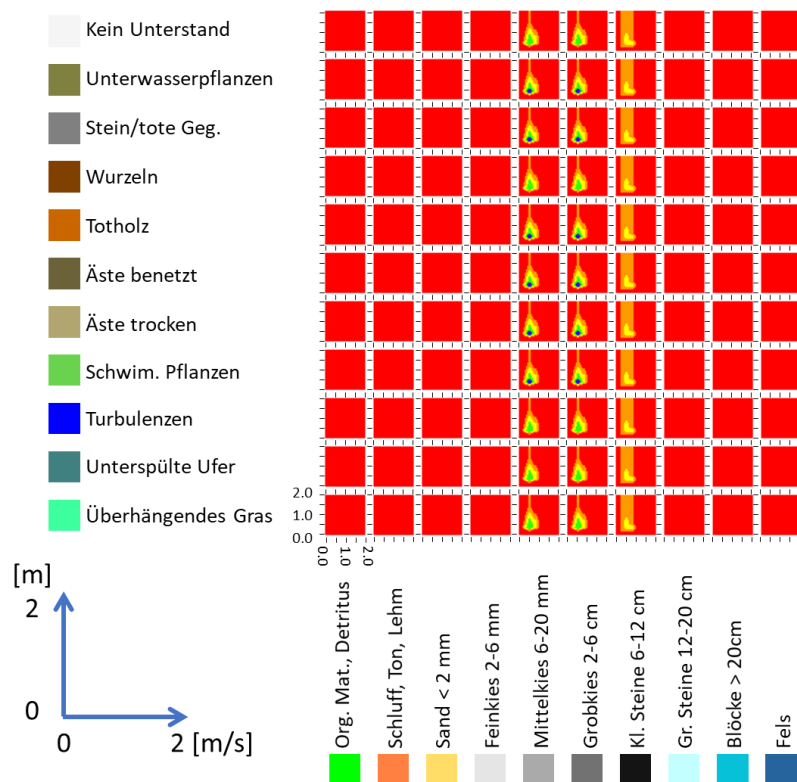


Abb. 68 Habitatansprüche Äsche Laichplatz

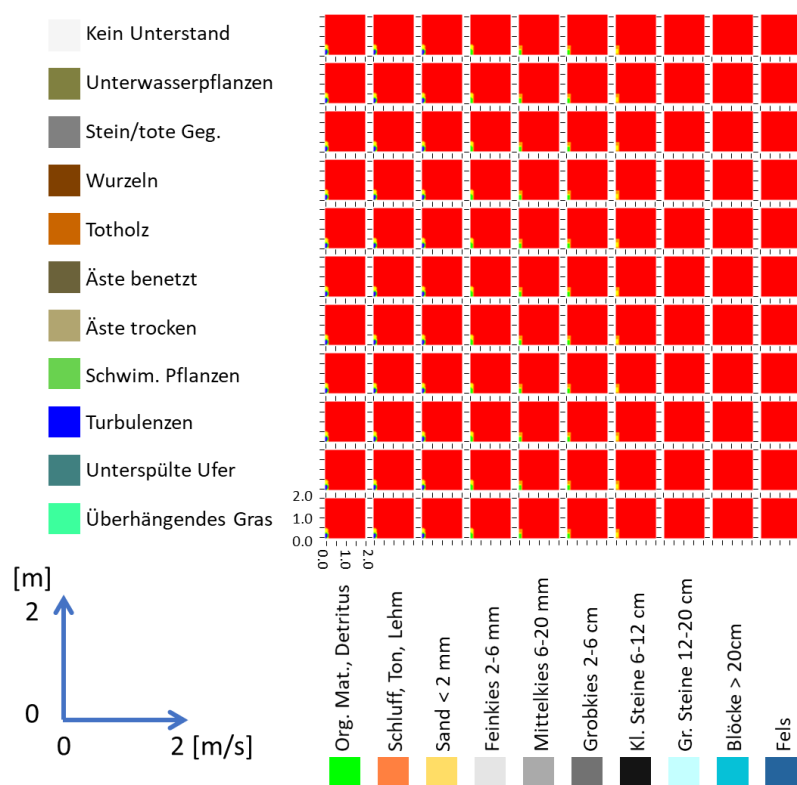


Abb. 69 Habitatansprüche Äsche Larven

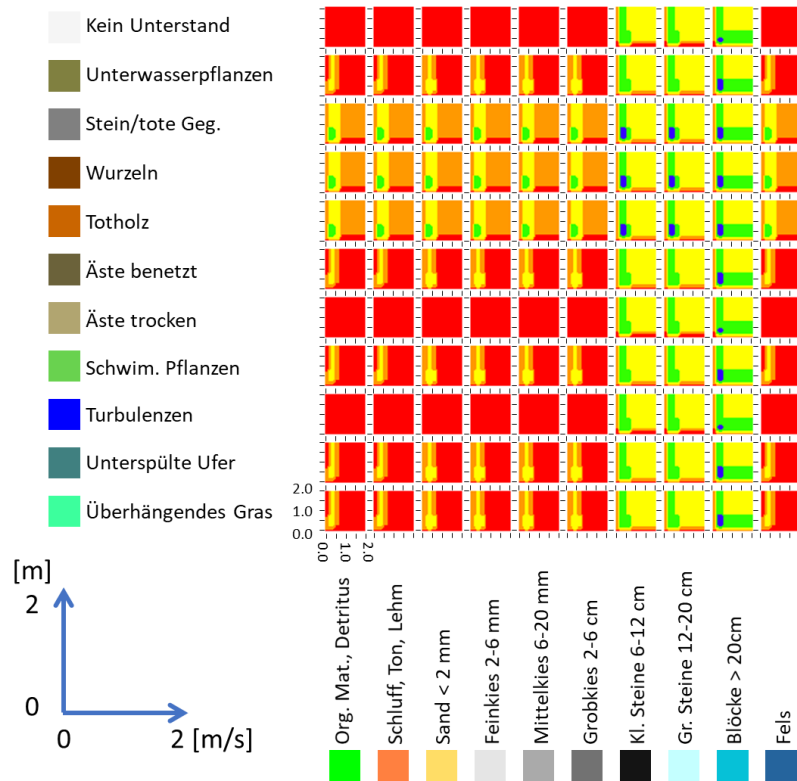


Abb. 70 Habitatansprüche Groppe adult

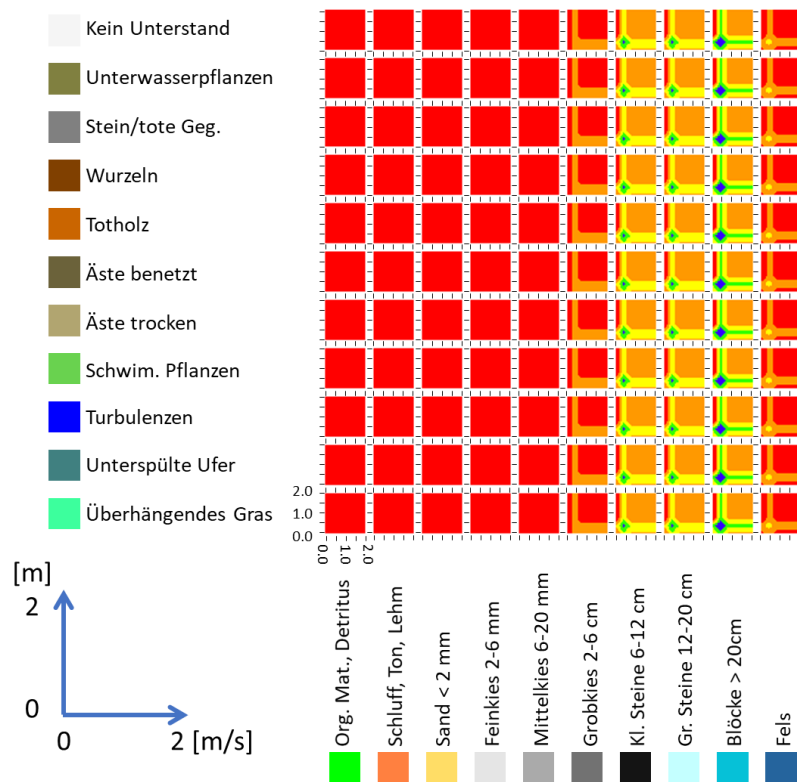


Abb. 71 Habitatansprüche Groppe Laichplatz

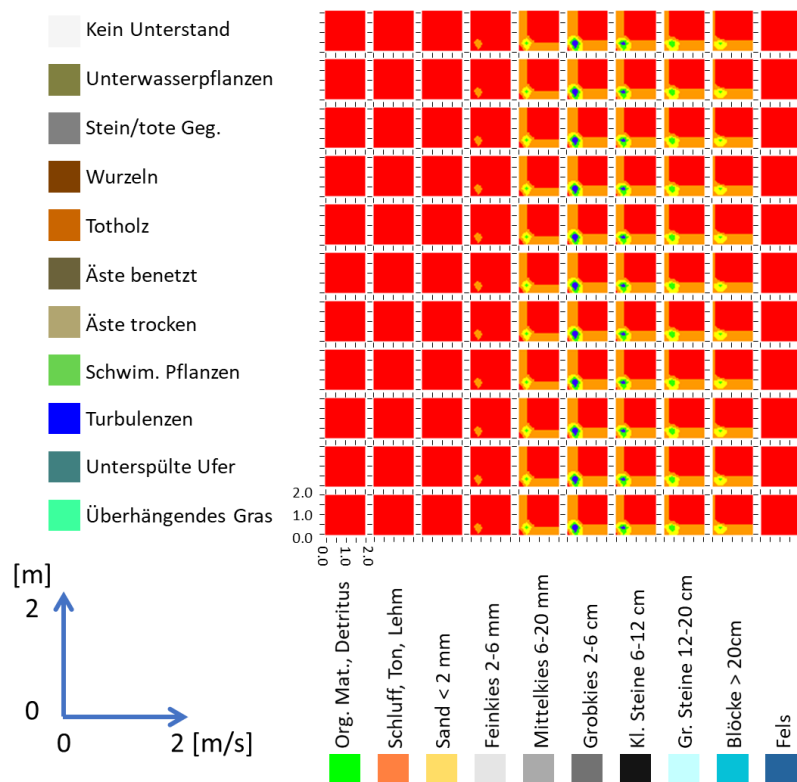


Abb. 72 Habitatansprüche Groppe Brütling

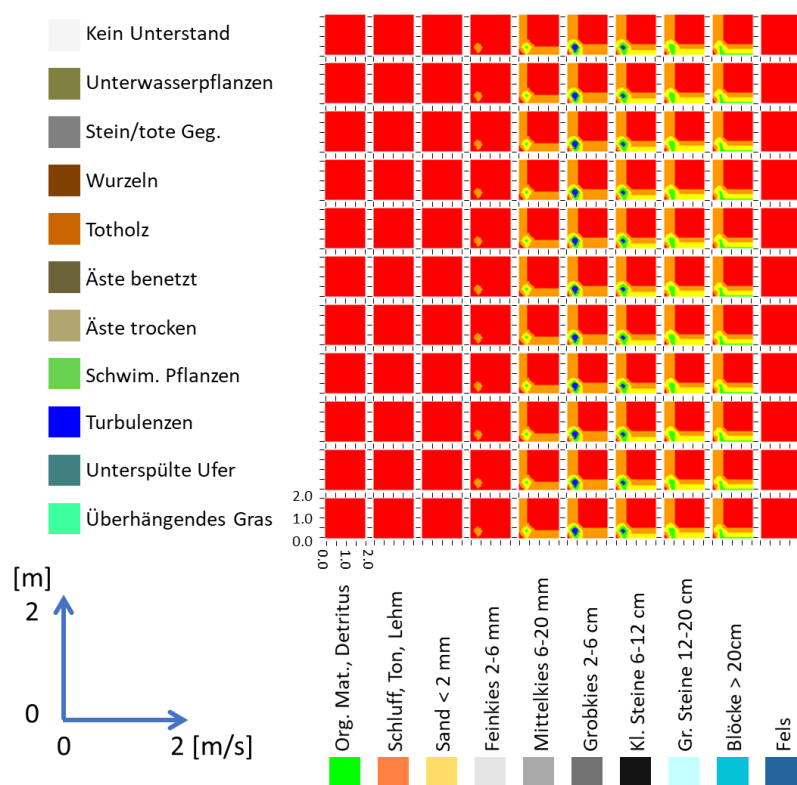


Abb. 73 Habitatansprüche Groppe juvenil