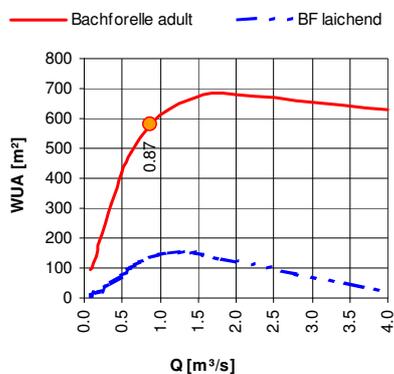
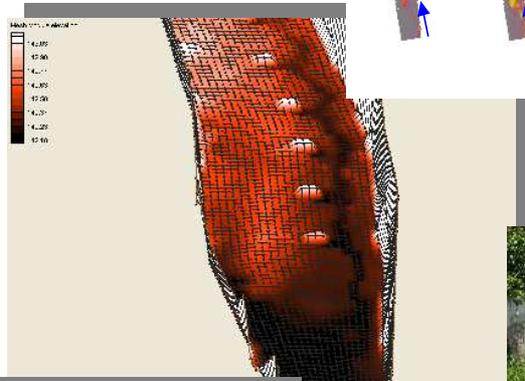
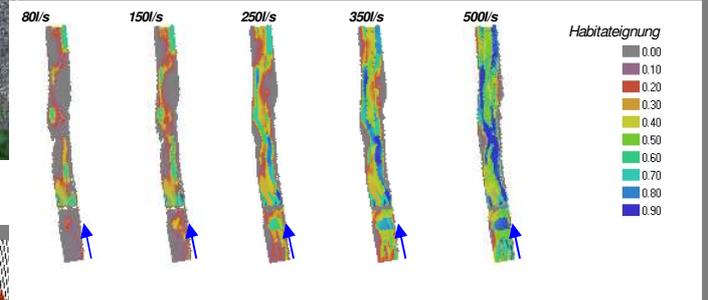




Schneider & Jorde
Ecological Engineering GmbH



Mindestwasseruntersuchung Ausleitungsstrecke Achern, Acher

Stuttgart, November 2007

sje Schneider & Jorde
Ecological Engineering GmbH

Handelsregister Stuttgart
HRB 22240

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Matthias Schneider
Prof. Dr.-Ing. Klaus Jorde

Fon: +49-(0)711-677-3435
Fax: +49-(0)711-677-3436

e-mail: mailbox@sjeweb.de
URL: <http://www.sjeweb.de>

USt-IdNr. DE 216049057
Landesbank BW

BLZ 600 501 01
Konto 22 33 105

Viereichenweg 12
D-70569 Stuttgart

Mindestwasseruntersuchung Ausleitungsstrecke Achern, Acher

Stuttgart, November 2007

Auftraggeber: Stadt Achern

Bearbeitung: Dr.-Ing. Matthias Schneider
Dipl.-Ing. Frank Zöllner
Felix Beckers



sje -Schneider & Jorde Ecological Engineering GmbH
Viereichenweg 12
70569 Stuttgart
URL: www.sjeweb.de, email: mailbox@sjeweb.de

Verfasser: Dr.-Ing. Matthias Schneider

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
1.1 Veranlassung und Zielsetzung	3
1.2 Verwendete Methode	3
2 Kriterien für den Mindestabfluss	4
2.1 Orientierungswerte der Gewässercharakteristik	4
2.2 Durchgängigkeit	4
2.3 Fischhabitats	5
2.3.1 Habitateignung und räumliche Verteilung	5
2.3.2 Habitatangebot und Grenzabfluss	5
2.3.3 Vorkommen sehr guter Habitats	7
2.3.4 Zeitliche Habitatverteilung	7
2.4 Integrierte Betrachtung	7
3 Untersuchungsstrecken und Charakteristik	8
3.1 Untersuchungsstrecke 1	8
3.2 Untersuchungsstrecke 2	9
3.3 Untersuchungsstrecke 3	9
4 Datengrundlage	10
4.1 Durchgeführte Feldarbeiten	10
4.2 Geometrie und Strukturen	11
4.3 Untersuchte Arten und Habitatansprüche	11
4.4 Hydraulik	14
4.4.1 Wasserspiegellagen	14
4.4.2 Fließgeschwindigkeiten	14
5 Ergebnisse	16
5.1 Gewässercharakteristik	16
5.2 Durchgängigkeit	17
5.3 Fischhabitats	17
5.3.1 Bachforelle (<i>Salmo trutta</i>)	17
5.3.2 Barbe (<i>Barbus barbus</i>)	22
5.3.3 Verbesserungen der Gewässerstruktur	25
5.3.4 Integrierte ökologische Betrachtung und Grenzabflüsse	27
6 Energiewirtschaftliche Berechnungen	29
6.1 Berechnungsannahmen und aktuelle Situation	29
6.2 Varianten Mindestwasser	31
6.2.1 Regelung mit konstantem Mindestwasser von 250 l/s	31
6.2.2 Regelung mit konstantem Mindestwasser von 400 l/s	31
6.2.3 Regelung mit gestaffeltem Mindestwasser von 250/400 l/s	32
7 Zusammenfassende Bewertung	35
8 Vewendete Literatur	38
9 Anhang	39

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Zielsetzung

Die Fischfauna und ihre Ausprägung wird als einer der maßgebenden Faktoren für die Beurteilung des ökologischen Zustands von Fließgewässern angesehen. Sie ist zum einen Anzeiger für die Wasserqualität, darüber hinaus aber auch für intakte hydromorphologische Bedingungen, die sich aus dem Zusammenspiel von Gewässerstrukturen und der Fließbewegung des Wassers ergeben. Insofern geben Untersuchungen der Hydromorphologie und ihrer Auswirkungen auf die Fischlebensräume - unter der Voraussetzung einer ausreichenden Wasserqualität – Auskunft über die gewässerökologischen Verhältnisse.

Ausleitungsstrecken mit über lange Zeitdauern sehr geringen Abflüssen stellen eine der Hauptbeeinträchtigungen von Fließgewässersystemen dar. Das liegt zum einen daran, dass oftmals über lange Strecken die Lebensraumfunktionen stark eingeschränkt sind, zum anderen aber auch die Durchwanderbarkeit behindert ist. Beide Aspekte lassen sich mit Strömungsmodellen und daran gekoppelten Habitatsimulationen detailliert untersuchen.

Der untersuchte Abschnitt der Acher unterhalb von Oberachern ist, nach den vom Regierungspräsidium Freiburg zur Verfügung gestellten Informationen der Barbenregion zuzuordnen. Das Gewässer verläuft im Untersuchungssperimeter vergleichsweise geradlinig, die Ufer sind weitgehend befestigt und der gesamte Abschnitt weist nur ein beschränktes Lebensraumpotential auf. Dieses Potential wird durch den geringen Abfluss noch verringert. Auf der anderen Seite erzeugen die am Acherner Mühlbach gelegenen Wasserkraftanlagen regenerative Energie und verringern damit den Ausstoß von Klimagasen. Eine Reduktion des nutzbaren Abflusses für die Wasserkraft ist außerdem mit wirtschaftlichen Einbußen für die Betreiber verbunden und kann die Anlagenrentabilität gefährden.

Dieses Gutachten hat das Ziel, einerseits die abflussabhängigen Veränderungen der Wassertiefen- und Strömungsverhältnisse und daraus abgeleitet der Fischlebensräume in der Ausleitungsstrecke der Acher im Bereich von Achern zu ermitteln. Andererseits werden Berechnungen der Energieproduktion für unterschiedliche Dotationsvarianten durchgeführt, um die durch Mindestwasserabgaben verursachten Verluste darzulegen.

1.2 Verwendete Methode

Für die Untersuchungen wird das am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart entwickelte Simulationsmodell CASiMiR verwendet (s. a. JORDE 1996, JORDE 1997, GIESECKE et al. 1999, SCHNEIDER et al. 2001). Mit dem Modul CASiMiR-SORAS 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 also, neben den rein hydraulischen Eigenschaften, die Lebensräume für gewässertypische Fischarten und deren Altersstadien betrachtet. Mit dem Modul CASiMiR-WASKRA kann anhand von Ganglinien und Anlagenkenndaten die Energieproduktion von Wasserkraftwerken unter verschiedenen Randbedingungen ermittelt werden.

Die Simulationsergebnisse sind Grundlage für Mindestabflussempfehlungen, welche sowohl den Gewässercharakter, die Durchwanderbarkeit, sowie die Ansprüche gewässertypischer Fischarten berücksichtigen.

2 Kriterien für den Mindestabfluss

2.1 Orientierungswerte der Gewässercharakteristik

Für die Formulierung von Zielen der Gewässerentwicklung werden oftmals Leitbilder oder Referenzstrecken mit nahezu unbeeinflussten Zuständen herangezogen. In vielen Fällen ist jedoch die Definition von Leitbildern für die praktische Umsetzung nicht weit genug fortgeschritten und Referenzstrecken liegen nur selten vor. Eine Möglichkeit, dennoch den Beeinträchtigungsgrad in hydraulischer Hinsicht zu beurteilen ist der Vergleich mit Orientierungswerten für die Gewässercharakteristik.

SCHNEIDER (2001) hat derartige Orientierungswerte für die verschiedenen Fischregionen zusammengestellt (s. Tab 1). Sie sind vor dem Hintergrund lokaler Besonderheiten zu sehen. So kann ein Gewässer A des Tieflandes der Forellenzonen angehören, weist aber ein deutlich geringeres Gefälle auf als ein Forellengewässer B im Mittelgebirge. Die typischen Fließgeschwindigkeiten sind in Gewässer A dementsprechend niedriger, die Wassertiefen größer anzusetzen als in Gewässer B. Desgleichen können auch Fließgewässer des Hochgebirges in lokalen Auenzonen eine andere Charakteristik aufweisen als in benachbarten steileren Abschnitten. Die in Tab 1 gegebenen Werte dienen also lediglich der Orientierung und sind lokal anzupassen.

Tab 1 Charakteristische Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten für die Leitfischarten

Zone	Leitfisch	Charakt. Tiefe	Charakt. Strömung	Zone	Leitfisch	Charakt. Tiefe	Charakt. Strömung
Epirhital	Forelle	≥ 15 cm	≥ 50 cm/s	Epipotamal	Barbe	≥ 50 cm	≥ 30 cm/s
Metarhital	Forelle	≥ 25 cm	≥ 40 cm/s	Metapotamal	Brachse	≥ 60 cm	≥ 20 cm/s
Hyporhital	Äsche	≥ 40 cm	≥ 30 cm/s	Hypopotamal	Flunder	≥ 60 cm	≥ 20 cm/s.

Anhand der Grundrissdarstellungen aus CASiMiR kann leicht überprüft werden ob die charakteristischen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten in weiten Teilen des untersuchten Gewässerabschnitts erreicht werden. Dies kann als wichtiges Kriterium für dessen ökologische Funktionsfähigkeit gelten.

2.2 Durchgängigkeit

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Durchgängigkeit. Die Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums stellt eine der Hauptbeeinträchtigungen für die Fischfauna dar. In Tab 2 sind Minimalwerte für die Wassertiefen in den pessimalen Gewässerquerprofilen gegeben. Diese Tiefen treten also nur an einzelnen Stellen mit geringer Ausdehnung auf und können dann nach Einschätzung von Fischexperten noch überwunden werden. Die Mindesttiefen orientieren sich an der Rückenhöhe der standorttypischen Fischarten. Da z. B. Bachforellen je nach Gewässertyp und –dimension unterschiedlich groß werden, sind die in Tab 2 gegebenen Werte wiederum individuell anzupassen.

Tab 2 Mindesttiefen für die Leitfischarten bezüglich Durchgängigkeit

Zone	Leitfisch	Mindesttiefe	Zone	Leitfisch	Mindesttiefe
Epirhital	Forelle	5 bis 10 cm	Epipotamal	Barbe	10 bis 20 cm
Metarhital	Forelle	10 bis 15 cm	Metapotamal	Brachse	20 cm
Hyporhital	Äsche	10 bis 20 cm	Hypopotamal	Flunder	30 cm

Gegebenenfalls sind zusätzlich saisonal, während der Migrationsphasen von Langdistanzwanderfischen (z. B. Atlantischer Lachs) höhere Anforderungen an die Mindestwassertiefen im pessimalen Querprofil zu stellen.

Anhand der Grundrissdarstellungen aus CASiMiR lässt sich nachweisen, ob die Mindesttiefen erreicht sind und damit der Nachweis für die Durchgängigkeit der Gewässerstrecke erbracht werden kann. Vorhandene Abstürze und Querbauwerke sind hinsichtlich ihrer Passierbarkeit gesondert zu betrachten.

2.3 Fischhabitate

2.3.1 Habitateignung und räumliche Verteilung

Durch die Verknüpfung der Informationen über Gewässerstrukturen, Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen mit den Fischansprüchen kann berechnet werden, wie gut ein Gewässerabschnitt als Lebensraum geeignet ist. Die ermittelten Eignungsindizes zwischen 0 (= ungeeignet) und 1 (= optimal geeignet) können im Habitatmodell lokal zugewiesen und eine „Habitatkarte“ wie in Abb. 1 erstellt werden.

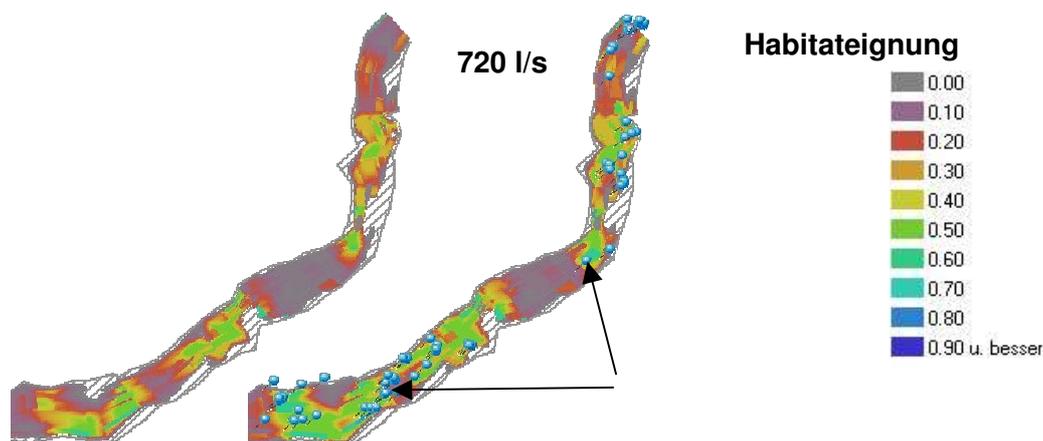


Abb. 1 Habitateignungen in einer Untersuchungsstrecke bei verschiedenen Abflüssen

Die Visualisierung im Grundriss und Querschnitt ermöglicht eine direkte Beurteilung der gut und weniger gut geeigneten Lebensräume in einer Gewässerstrecke (Abb. 1). Die Abflussabhängigkeit der Habitateignungen ist deutlich zu erkennen.

Diese visuelle Auswertung spielt eine wichtige Rolle, da die räumliche Verteilung der potentiellen Lebensräume nachvollzogen werden kann. So sind z. B. die Isolation geeigneter Lebensräume und das Angebot an Bereichen mit sehr hohen Eignungswerten zu erkennen. Größere zusammenhängende Flächen mit hohen Habitateignungen sind dabei günstiger einzuschätzen als viele isolierte Einzelflächen.

2.3.2 Habitatangebot und Grenzabfluss

Um die Veränderungen der Lebensräume mit dem Abfluss darzustellen, ist es sinnvoll die lokalen Habitateignungen 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.

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

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

Eine andere Möglichkeit ist, dieses integrale Habitatangebot durch die benetzte Fläche zu teilen, um den HHS (hydraulic-habitat-suitability-index, JORDE 1997) zu erhalten. Dieser beschreibt demnach das Habitatangebot als prozentualen Wert und eliminiert so den Einfluss der mit dem Abfluss veränderlichen benetzten Fläche.

$$HHS = \frac{1}{A_{ges}} \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q)$$

Beide Kennwerte stellen als abflussabhängige Funktionen wichtige Hilfsmittel bei der Bewertung des ökologischen Zustands von Gewässerabschnitten dar, da die Gegenüberstellung mit weitgehend unbeeinflussten Referenzstrecken möglich ist.

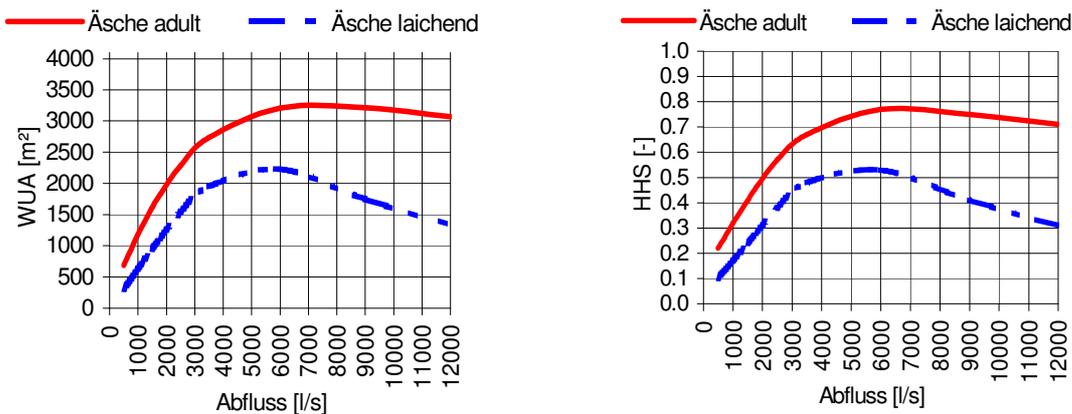


Abb. 2 Beispiel für WUA- (li.) und HHS-Funktionen (re.)

Abhängig davon, wie stark ein Gewässerabschnitt bereits vor einer Maßnahme (wie der Wasserentnahme) beeinträchtigt ist, lassen sich Richtwerte für die zulässige weitere Beschneidung der Lebensräume durch den Wasserentzug (oder andere Maßnahmen) angeben. Dabei wird davon ausgegangen, dass ein morphologisch relativ wenig beeinträchtigtes Gewässer stärker belastet werden kann als ein naturfernes.

Um also zu beurteilen, wie groß die weiteren zumutbaren Beeinträchtigungen sind, ist zunächst der ökologische Zustand ohne Wasserentzug zu bewerten. Der aktuelle Zustand eines Gewässers hinsichtlich Fischvorkommen und -lebensräumen kann dabei in Anlehnung an SCHNEIDER (2001) über die in Tab 3 gegebenen Kriterien beurteilt werden.

Tab 3 Beeinträchtigungsklassen bzgl. Fischvorkommen und -habitaten

	natürlich/ naturnah	leicht beeinträchtigt	beeinträchtigt	degradiert
Fischdichte der natürlich vorkommenden Arten	natürlich	ähnlich der natürlichen Situation	reduziert	stark reduziert
Artenvorkommen	alle Arten	leicht verändert	verändert	stark verändert
Fortpflanzungsmöglichkeiten	intakt	leicht verringert	deutlich verringert	fehlend
Fischhabitate	vielfältig, hohe Eignungen	leicht vereinheitlicht, mittlere Eignungen	deutlich vereinheitlicht, geringe Eignungen	monoton, minimale Eignungen
Populationsstruktur	intakt	leicht beeinträchtigt	deutlich verändert	total verändert
Wanderungsmöglichkeiten	keine künstl. Hindernisse	künstl. Hindernisse zeitweilig oder für wenige Arten	künstl. Hindernisse meist oder für viele Arten	künstl. Hindernisse immer und für alle Arten

Im Folgenden werden Empfehlungen ausgesprochen, die sich auf die Habitatreduktion für die Arten bzw. Altersstadien mit den höchsten Ansprüchen beziehen. Für diese wird eine Verringerung des Angebots an Lebensräumen um

- bis zu 10% an ‚degradierten‘ Abschnitten
- bis zu 30% an ‚beeinträchtigten‘ Abschnitten
- und bis zu 50% an ‚leicht beeinträchtigten‘ Abschnitten

als tolerabel angesehen (Orientierungswerte). Dabei wird als Vergleichswert das Habitatangebot bei einem *Referenzabfluss* herangezogen. Dieser *Referenzabfluss* wird aus dem Verlauf der WUA-Funktion hergeleitet und dort definiert, wo die Steigung der WUA-Funktion deutlich abflacht, d.h. wo das Habitatangebot weniger abflussabhängig wird (s.a. SCHNEIDER 2001). Dem reduzierten Angebot ist durch die Funktion ein geringerer Abfluss zugeordnet, der als *Grenzabfluss* bezeichnet wird, da er den unteren Grenzwert darstellt, bei dem noch ein akzeptables Angebot an Lebensräumen vorhanden ist (s.a. Beispiel in Kap. 5.3). Für natürliche und naturnahe Abschnitte sind besondere Maßstäbe anzulegen.

2.3.3 Vorkommen sehr 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 mittlerer Eignung oder aber einige Flächen mit sehr hohen Eignungen und viele mit niedriger Eignung aufweisen. Aus ökologischer Sicht ist der zweite Fall günstiger einzuschätzen. Dies wird dadurch berücksichtigt, dass im untersuchten Gewässerabschnitt deutliche Anteile mit Eignungswerten $\geq 0,7$ vorhanden sein sollten.

2.3.4 Zeitliche Habitatverteilung

Außerdem sind die mit der Abflussdynamik verbundenen zeitlichen Veränderungen des Habitatangebots zu betrachten. Wichtig ist es, in derartigen Betrachtungen die zeitlich variablen Ansprüche, wie z. B. Laich- und Inkubationsphasen, zu berücksichtigen. So kann eine vorübergehende Erhöhung des Abflusses während dieser Zeiten die natürliche Reproduktion überhaupt erst ermöglichen, während in der nachfolgenden Phase die Brütlinge und Jungfische eventuell auch geringere Abflüsse tolerieren.

2.4 Integrierte Betrachtung

Bei der endgültigen Entwicklung einer Empfehlung ist nicht die Untersuchungsstrecke allein, sondern ihr Umfeld und ihre Bedeutung für das Gesamtsystem zu beachten. So sind besonders schützenswerte Gewässerabschnitte aber auch „Opferstrecken“, in denen die ökologische Funktionsfähigkeit der Nutzung völlig untergeordnet wird, besonders zu behandeln. Zum anderen müssen aber auch Gewässerbereiche, deren Funktionen in benachbarten Zonen nicht übernommen werden können (z. B. Laichareale), stärker geschützt und unterstützt werden als solche, deren Aufgaben leichter kompensiert werden können.

Das heißt, die oben genannten Grenzwerte der tolerierbaren Habitatverringerung sind gegebenenfalls nach unten aber auch nach oben anzupassen.

3 Untersuchungsstrecken und Charakteristik

Die untersuchte Ausleitungsstrecke ist durch die Entnahme von Triebwasser für fünf am abzweigenden Acherner Mühlbach gelegene Wasserkraftanlagen verursacht. Das Wasser wird am Streichwehr in Oberachern ausgeleitet (Abb. 3) und wird der Acher nicht wieder rückgeleitet. Die Ausleitungsstrecke weist strukturell unterschiedliche Abschnitte auf. Demzufolge wurden insgesamt drei Untersuchungsstrecken (US) entsprechend der Charakteristik in den verschiedenen Teilabschnitten gewählt.

Obwohl das Gewässer unterhalb des Ausleitungswehrs mit Entnahme zum Acherner Mühlbach gestreckt verläuft und die Ufer befestigt sind (teils Blockwurf, teils Mauern), sind vor allem im oberen Abschnitt der Ausleitungsstrecke in Oberachern noch einige naturähnliche Strukturen vorhanden (s. US1 und Abb. 4). Das Gewässerbett ist aber vor allem im direkten Ortsbereich von Achern sehr breit (s. US2) und geht im Bereich der Eisenbahnquerung in ein einförmiges Kanalprofil mit gepflasterter Sohle und Abstürzen zur Verringerung des Längsgefälles über (s. US3).



Abb. 3 Ausleitungswehr Acherner Mühlbach, Schütz mit Dotationsöffnung



Abb. 4 Acher unterhalb des Ausleitungswehrs

3.1 Untersuchungsstrecke 1

Die US1 befindet sich in geringem Abstand zum Ausleitungswehr, gewählt im Bereich einer kreuzenden Fußgängerholzbrücke (Abb. 5).



Abb. 5 US1, Blickrichtung flussaufwärts, ca. 200 l/s



Abb. 6 US1, Blickrichtung flussabwärts vom linken Ufer, ca. 200 l/s

Am Beginn der Strecke befindet sich eine Steinschwelle, im weiteren Verlauf ist das Wasser bei geringen Abflüssen leicht rückgestaut aufgrund einer Furt im mittleren Bereich der Strecke. Weiter unterhalb schließt sich eine weitere Pool-Riffle Sequenz an, ehe sich der Rückstau aus einem weiter unterhalb liegenden Absturz bemerkbar macht. Die Strecke weist in längeren Abschnitten befestigte Ufer auf, an denen sich aufgrund des Herauslösens einzelner Blocksteine fischrelevante Strukturen ausgebildet haben (s.a. Abb. 6).

3.2 Untersuchungsstrecke 2

In der US2 wird eines der Hauptprobleme in der Ausleitungsstrecke deutlich. In dieser Strecke im Ortszentrum von Achern ist das Gewässer durch senkrechte Mauern begrenzt und vergleichsweise breit. Da der Abfluss normalerweise gering ist, haben sich bewachsene Kiesinseln ausgebildet, die aber bei Hochwässern vermutlich regelmäßig „ausgeräumt“ werden. Trotz der Kiesablagerungen ist das wasserführende Gerinne hier noch so breit, dass die Wassertiefen gering sind und sich Probleme mit der Durchwanderbarkeit ergeben.



Abb. 7 US2, obere Hälfte, Blickrichtung flussaufwärts, ca. 200 l/s



Abb. 8 US2, untere Hälfte, Blickrichtung flussabwärts, ca. 200 l/s

3.3 Untersuchungsstrecke 3

Die US3 ist als Lebensraum nur sehr eingeschränkt nutzbar. Sie steht stellvertretend für den unteren Teil der Ausleitungsstrecke, der kanalartig ausgebaut ist. Das Gewässer ist hier kanalartig ausgebaut und weist größtenteils eine gepflasterte Sohle auf. Das Gewässer wird durch mehrere Sohlschwellen im Gefälle verringert. Die Strecke ist besonders hinsichtlich der erforderlichen Mindesttiefen von Belang, so dass hier ebenfalls Wasserspiegel- und Strömungsberechnungen durchgeführt wurden.



Abb. 9 US3, oberer Teil, ca. 500 l/s



Abb. 10 US3, unterer Teil, ca. 500 l/s

4 Datengrundlage

4.1 Durchgeführte Feldarbeiten

Im Rahmen der Datenerhebungen wurden drei Untersuchungsstrecken mit Sohlsubstraten über Querprofilvermessungen im Juni 2007 tachymetrisch erfasst (Abb. 11). Sowohl die Höhen- als auch die Lagekoordinaten wurden in lokalen Koordinatensystemen aufgenommen, die für jede Untersuchungsstrecke separat definiert wurden. Die drei Teilstrecken wurden mithilfe von insgesamt 76 Querprofilen + Einzelpunkten erfasst.

Um eine realistische Abbildung zu gewährleisten, orientierte sich die Profilauswahl zum einen an Gewässerverlauf, sowie Breiten- und Tiefenänderungen, zum anderen aber auch an den in Längsrichtung auftretenden strukturellen Veränderungen wie der Korngröße des vorherrschenden Substrats für Fische.

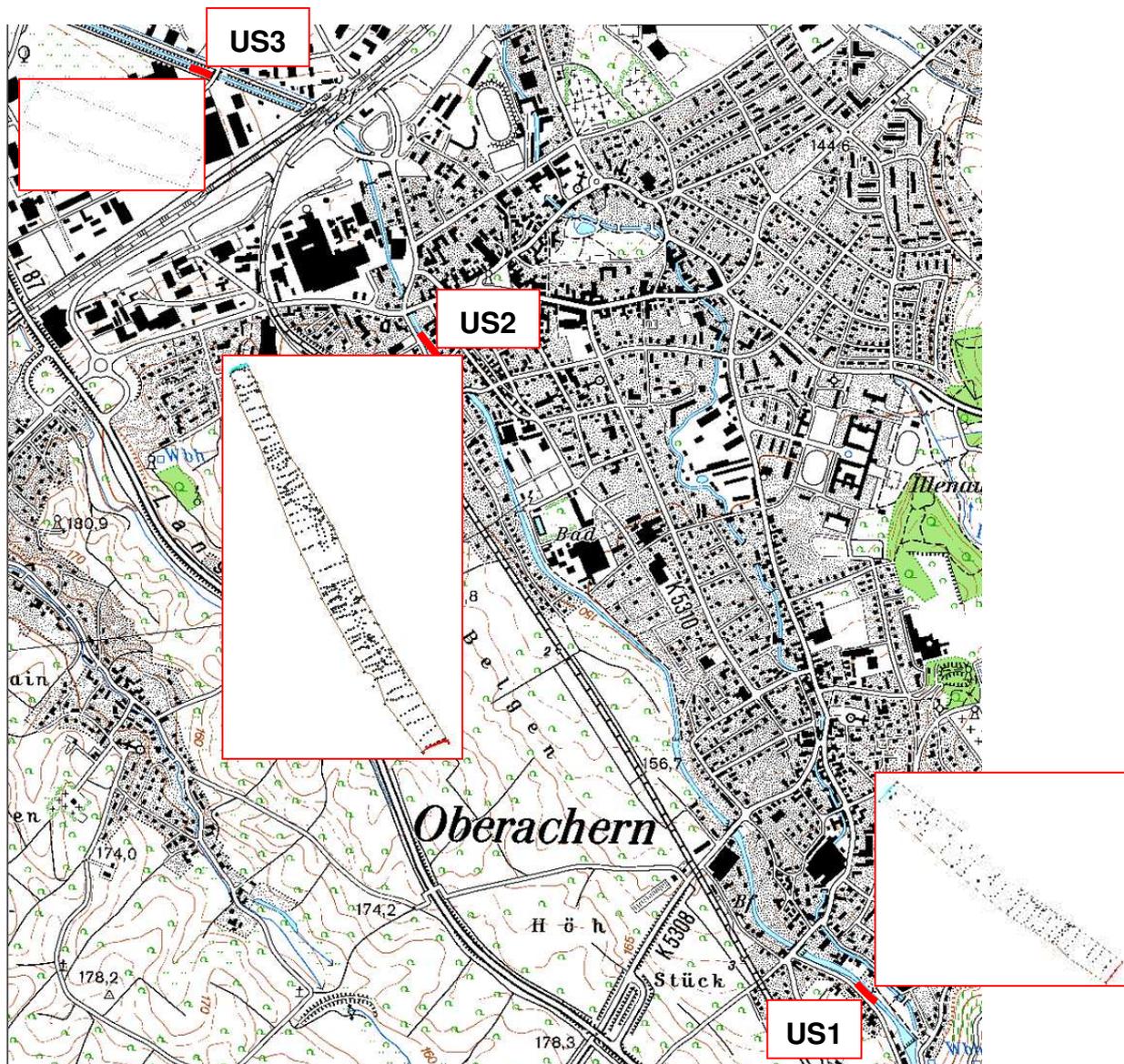


Abb. 11 Untersuchte Gewässerabschnitte

4.2 Geometrie und Strukturen

Aus den vermessenen Querschnitten ergibt sich durch Interpolation ein dreidimensionales digitales Modell der Ausleitungsstrecke (s.a. Abb. 15). Da in der Untersuchungsstrecke Unterstände für Fische vor allem durch das Lückensystem zwischen großen Steinen und Blöcken gegeben sind, wurde auf die separate Erhebung von Unterstandstypen verzichtet. Die Wirkung großer Substrate als Unterstand wurde dementsprechend in den Regelwerken zur Definition der Habitatansprüche berücksichtigt (s.a. Anhang). Die Einteilung der Substratklassen ist Tab 4 zu entnehmen.

Tab 4 Substratklassen und Indizierung

Abkürzung	Index	Substratklasse
O	0	org. Material, Detritus
T	1	Ton, Schluff, Lehm
S	2	Sand, < 2 mm
FK	3	Feinkies, 2mm – 6 mm
MK	4	Mittelkies, 6mm – 20 mm
GK	5	Grobkies, 2cm – 6cm
KST	6	kleine Steine, 6cm – 12cm
GST	7	große Steine, 12cm – 20cm
B	8	Blöcke, >20cm
F	9	Fels

Abb. 12 gibt die Verteilung des dominierenden Substrattyps in den drei Untersuchungsstrecken wieder.

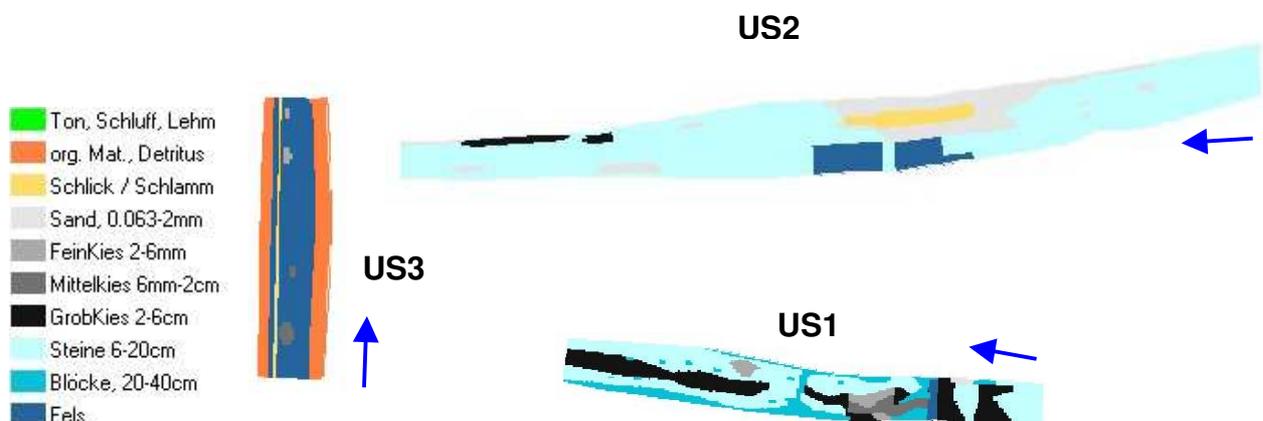


Abb. 12 Verteilung der dominierenden Substrate in den Untersuchungsstrecken

4.3 Untersuchte Arten und Habitatansprüche

Nach historischen Quellen (v.D. BORNE 1880) werden im untersuchten Abschnitt der Acher unterhalb der Ausleitung zum Mühlbach vor allem Fischarten der Barbenregion vorgefunden. Nach Informationen der Fischereibehörde des REGIERUNGSPRÄSIDIUMS FREIBURG (2003) ist das Artenspektrum unterhalb der Mühlbachableitung eingeschränkt. Dies belegen auch die Befischungsdaten der Fischereiforschungsstelle Langenargen aus dem Jahr 1999.

Die Referenzfischzönose für den betrachteten Abschnitt ist in Tab 5 gegeben. D.h. die Barbe wird zwar als Leitart (>4,9 %) mit einem Anteil von 7 % genannt. Dennoch ist eine klare Zuordnung der Fischregion schwierig. Für die Betrachtungen zur Charakteristik und Durch-

gängigkeit in Kap. 2.1 und 2.2 wurden dennoch als erste Orientierung die Werte für die Barbenregion herangezogen.

Tab 5 Referenzfischzönose für den Acherabschnitt unterhalb der Eisenbahnbrücke bei Kapperlrodeck

Arten:	%-Anteil:	Arten:	%-Anteil:
<i>Bachforelle</i>	14.7	Bachneunauge	1.9
<i>Döbel, Aitel</i>	14.7	Äsche	0.8
<i>Elritze</i>	14.7	Nase	0.8
<i>Groppe, Mühlkoppe</i>	14.7	Quappe, Rutte	0.8
<i>Schmerle</i>	14.7	Schneider	0.8
<i>Barbe</i>	7.0	Aal	0.4
<i>Gründling</i>	7.0		
<i>Hasel</i>	7.0	Leitarten in fett (>4,9 %)	

Es wurden in Absprache mit der Fischereibehörde nachfolgend aufgeführte Fischarten als Indikatorarten für die Habitatuntersuchungen ausgewählt.

Tab 6 Für die Untersuchungen berücksichtigte Arten und Skizzierung ihrer Ansprüche (s.a. SCHNEIDER & ORTLEPP 2003)

	Bachforelle	Barbe
Laichzeit	September-November	Mai – Juni
Laichplatz	flach, kräftig überströmt	relativ flach und schnellfließend
Eiablage	Laichgruben; lockeres Kiessubstrat; gut durchströmt; (grober als Äsche)	Kiesiges lockeres Substrat, Laichgruben
Eientwicklung	in lockerem Kiessubstrat; gut durchströmt;	Kiesiges Substrat, geringe Strömung und mittlere Tiefen
Larven, Jungfische	kräftig überströmte Riffles	Kiesiges Substrat, geringe Strömung und mittlere Tiefen
Adulte	tief; kräftig durchströmt	Kiesiges Substrat in tieferen, durchströmten Zonen

Die einzelnen Entwicklungsstadien der Bachforelle und der Barbe haben unterschiedliche Habitatansprüche (s. Tab 6). Für die Simulationen wurden die Altersstadien adult (= geschlechtsreif), laichend, juvenil (= 0+, Fische vor dem ersten Winter) und Brut (= Fische vor dem Aufzehren des Dottersacks) berücksichtigt.

Die Formulierung der Ansprüche erfolgte durch so genannte Inferenzregeln. Diese Regeln, die Grundlage für die fuzzy-logischen Berechnungen des Habitatmoduls von CASiMiR sind, beruhen auf den Parametern Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und dem dominierenden Substrat. Für die Untersuchungen an der Acher wurden die Regeln von Dipl.-Biol. J. Ortlepp (HYDRA - Büro für Gewässerökologie, Öschelbronn) verwendet, die für Untersuchungen an der Wiese (Bachforelle) und am Kocher (Barbe) entwickelt wurden.

Auf die separate Erhebung des vierten Parameters „Unterstände“ wurde verzichtet, da sich die Deckungsmöglichkeiten für Fische vor allem durch das teilweise sehr grobkörnige Substrat ergeben. Dieser Umstand wurde bei der Erstellung der Anspruchsregeln für die Fische berücksichtigt.

Ein Beispiel für eine derartige Expertenregel ist im Folgenden gegeben:

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

Die Einbindung derart unscharfer Formulierungen in Habitatberechnungen wird durch einen fuzzy-logischen Berechnungsansatz ermöglicht (s. SCHNEIDER 2001).

In Abb. 13 und Abb. 14 ist gegeben, welche Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substratgrößen den Klassen „gering“, „mittel“ usw. zugeordnet sind. Die Habitateignungen werden in derselben Weise definiert.

Bsp.: Eine Fließgeschwindigkeit von 0,25 m/s gehört zu 50 % den „mittleren“ Fließgeschwindigkeiten, gleichzeitig aber zu 50 % den „kleinen“ Fließgeschwindigkeit an (s. li. o.).

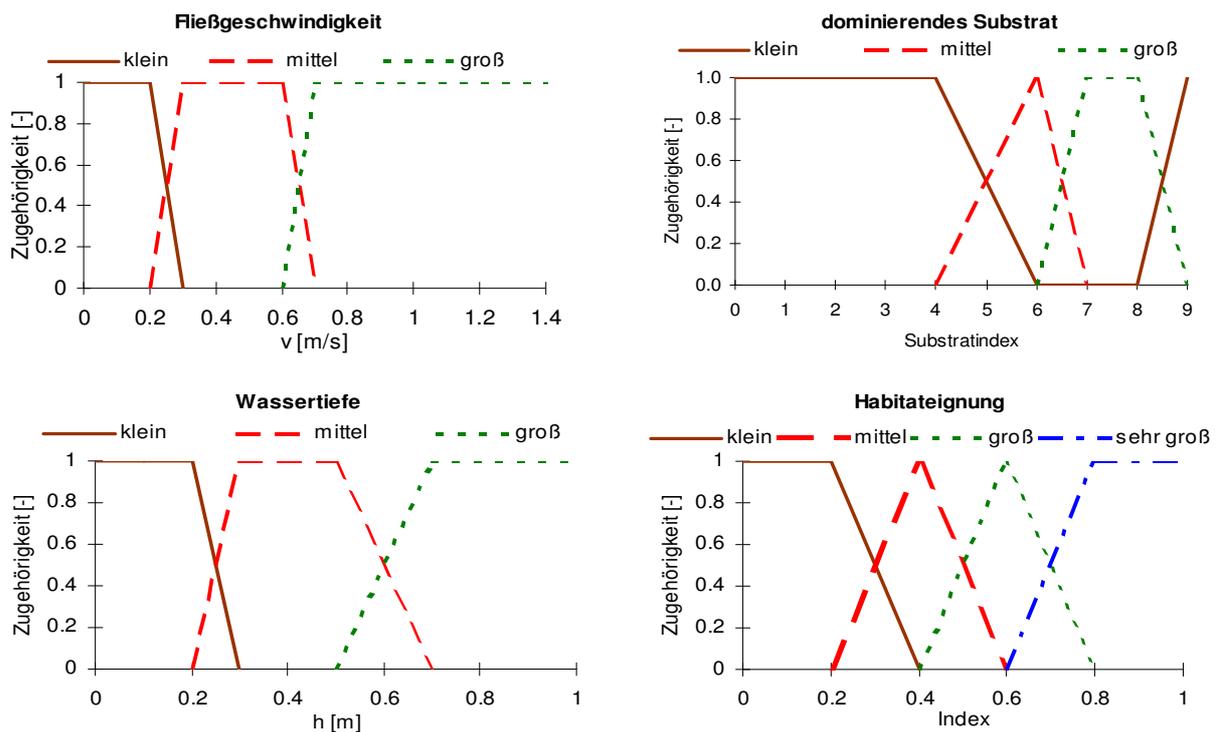


Abb. 13 Fuzzy-Mengen der Habitatparameter Fließgeschwindigkeit, Substrat und Wassertiefe für die Bachforelle und der Zielgröße Habitateignung, Acher bei Achern

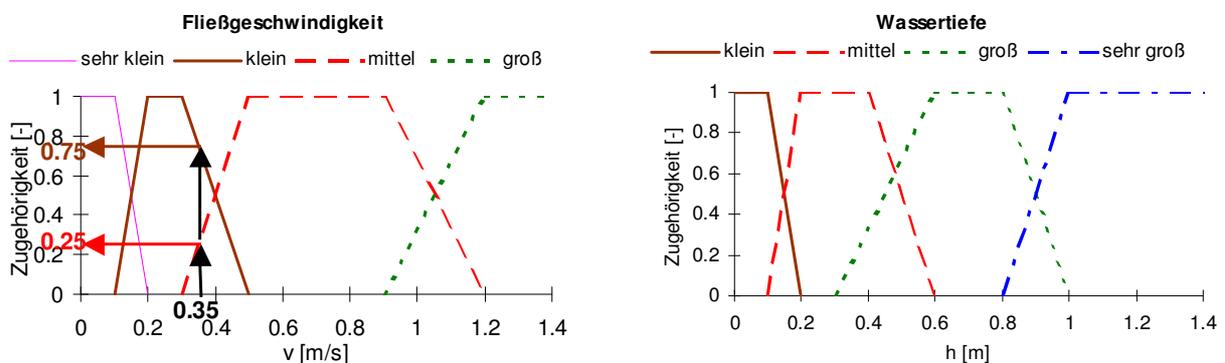


Abb. 14 Fuzzy-Mengen der Habitatparameter Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe für die Barbe (Substrat und Habitateignung wie bei Bachforelle), Acher bei Achern

Im Anhang sind die verwendeten Regelwerke für die untersuchten Arten und Altersstadien gegeben.

4.4 Hydraulik

Im Simulationsmodell CASiMiR ist ein robuster 1,5 D-Ansatz integriert, mit dem anhand von gemessenen oder berechneten Wasserspiegellagen lokale Fließgeschwindigkeiten berechnet werden können. Dieser Ansatz hat sich als sehr geeignet erwiesen für Gewässerabschnitte mit in Breitenrichtung weitgehend einheitlichen Wasserspiegeln und Verhältnissen ohne ausgeprägte Quer- und Rückströmungen. In der Acher sind derartige Verhältnisse nur in der US3 gegeben, so dass für alle drei Untersuchungsstrecken das zweidimensionale Strömungsmodell Hydro_AS-2D zum Einsatz kam. Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen können über eine Schnittstelle in CASiMiR eingelesen werden und dienen als Grundlage für die Modellierung der Fischhabitate.

4.4.1 Wasserspiegellagen

Bei Wasserspiegelberechnungen für Niedrigwassersituationen machen sich die aus den Unregelmäßigkeiten der Sohle herrührenden Form- und Rauheitsverluste verstärkt bemerkbar. Diese Energieverluste variieren stark mit der Wassertiefe bzw. dem Abfluss und verändern sich besonders bei geringen Wassertiefen deutlich. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, sind die in Wasserspiegelberechnungen meist verwendeten integralen Rauheitskoeffizienten bei niedrigen Abflüssen deutlich über sonst übliche Werte hinaus zu erhöhen. Um das Maß dieser Erhöhung zu ermitteln, wurden während der Vermessungsarbeiten am 12., 13. und 14.6.2007 Wasserspiegelmessungen durchgeführt. Diese Daten dienen zur Kalibrierung der Wasserspiegelberechnungen im verwendeten zweidimensionalen Hydraulikmodell HYDRO_AS-2D.

Mit den zweidimensionalen Strömungsberechnungen wurden die gemessenen Wasserspiegellagen sehr gut angenähert.

4.4.2 Fließgeschwindigkeiten

Die hydraulischen Verhältnisse in allen drei Untersuchungsstrecken wurden wie erwähnt mit dem zweidimensionalen Strömungsmodell HYDRO_AS-2D (NUJIC 2003) berechnet. Mit dem Modell ist es möglich, auf Basis eines Finite-Volumen Ansatzes Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten auch für komplexere Geometrien detailliert abzubilden.

Die folgende Abb. 15 zeigt das Berechnungsgitter in der US1 mit insgesamt ca. 10000 Knoten und die berechneten Wassertiefen bei einem Abfluss von 200 l/s. Abb. 16 veranschaulicht die berechneten Fließgeschwindigkeiten an der Steinschwelle in der US1. Es wird deutlich, dass die Komplexität der Strömung mit starken Richtungsänderungen und Rückströmungen, sehr weitgehend abgebildet wird und damit die Hydraulik und die Strukturen der Lebensräume hinreichend genau wiedergegeben werden können.

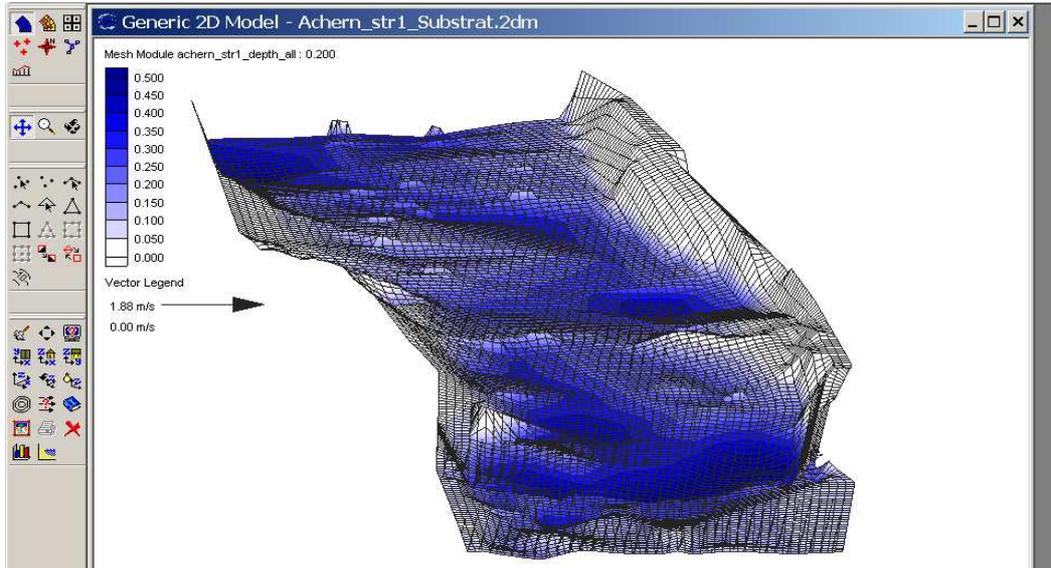


Abb. 15 Verwendetes Berechnungsgitter für das 2dimensionale Strömungsmodell in der US1, Wassertiefen bei 200 l/s

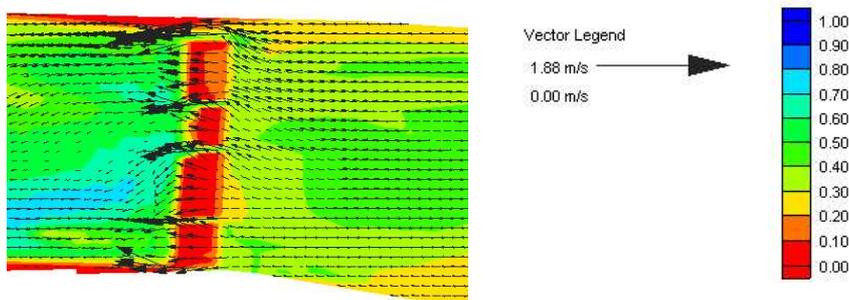


Abb. 16 Berechnete Fließgeschwindigkeiten und Strömungsrichtungen im Bereich der Steinschwelle in der US1, 870 l/s

5 Ergebnisse

Im Rahmen der durchgeführten Modellrechnungen wurden die in Kap. 2 beschriebenen Kriterien überprüft. Die Referenzzönose des betrachteten Acherabschnitts weist zwar die Barbe als Leitart aus (s.a. Tab 5). Aufgrund der veränderten Gewässerstruktur ist das Gewässer jedoch kaum als Barbengewässer geeignet. Dies ist bei der Auswertung zu beachten.

5.1 Gewässercharakteristik

In Kap. 2.1 sind für die untersuchte Strecke die folgenden Orientierungswerte genannt:

Zone	Leitfisch	Charakt. Tiefe	Charakt. Strömung
Epipotamal	Barbe	≥ 50 cm	≥ 30 cm/s

Für die Fischregion charakteristische Wassertiefen von ca. 50 cm werden in den Untersuchungsstrecken bei unterschiedlichen Abflüssen erreicht (s. Abb. 17). Der höchste Abfluss mit ca. 1750 l/s ist in der sehr flachen US2 erforderlich, die auch als Pessimalstelle hinsichtlich der Durchwanderbarkeit gelten kann. In der schmaleren US1 sind ca. 870 l/s erforderlich, um in weiten Teilen eine Wassertiefe von 50 cm in größeren Anteilen zu erzielen. In der kanalartigen US3 dagegen, sind ebenfalls 1.500 l/s erforderlich, um dieses Kriterium zu erfüllen.

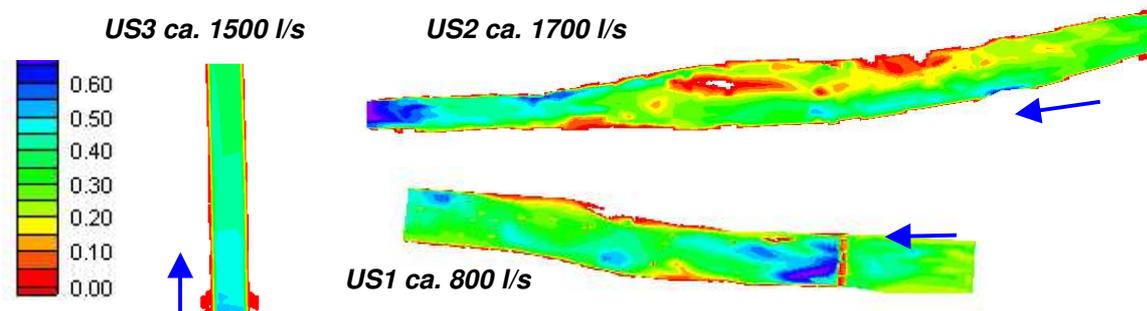


Abb. 17 Charakteristische Wassertiefen in den Untersuchungsstrecken

Fließgeschwindigkeiten von 30 cm/s werden in den Untersuchungsstrecken bei den folgenden Abflüssen in größeren Anteilen erreicht. In der US1 sind ca. 800 l/s notwendig, in der US2 ca. 500 l/s. In der US 3 ca. 350l/s.

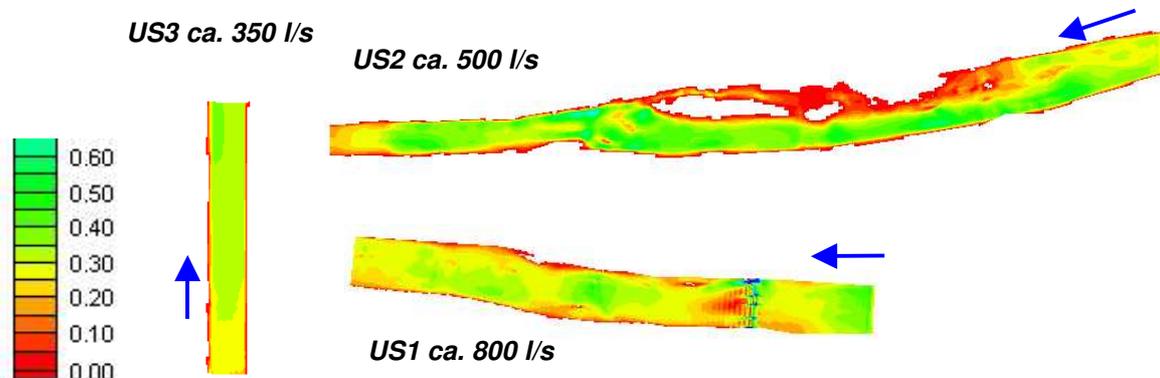


Abb. 18 Charakteristische Fließgeschwindigkeiten in den Untersuchungsstrecken

5.2 Durchgängigkeit

Die Einhaltung der charakteristischen Wassertiefen in einem Großteil des Gewässerabschnitts garantiert noch nicht die Durchgängigkeit, da hierfür der pessimale Querschnitt mit den geringsten Wassertiefen betrachtet werden muss. In Kap. 2.2 sind in Tab 2 die Mindestwassertiefen folgendermaßen angegeben:

Zone	Leitfisch	Mindesttiefe
Epipotamal	Barbe	10 bis 20 cm

In der Acher wird aufgrund der Gewässerdimension und der damit zu erwartenden Größe der Zeigerfische Barbe und Bachforelle eine Mindesttiefe von 15 cm in den pessimalen Querschnitten als ausreichend angesehen. Abb. 19 belegt, dass diese Tiefe in der US1 durchgehend bereits bei etwas über 200 l/s, in der US3 bei ca. 350 l/s erreicht wird, in der vergleichsweise breiten US2 aber erst bei ca. 1000 l/s. Durchgehende Tiefen von 10 cm werden bei Abflüssen von 150 l/s (US1 und US3, hier nicht dargestellt) bzw. bei 400 l/s (US2) erreicht.

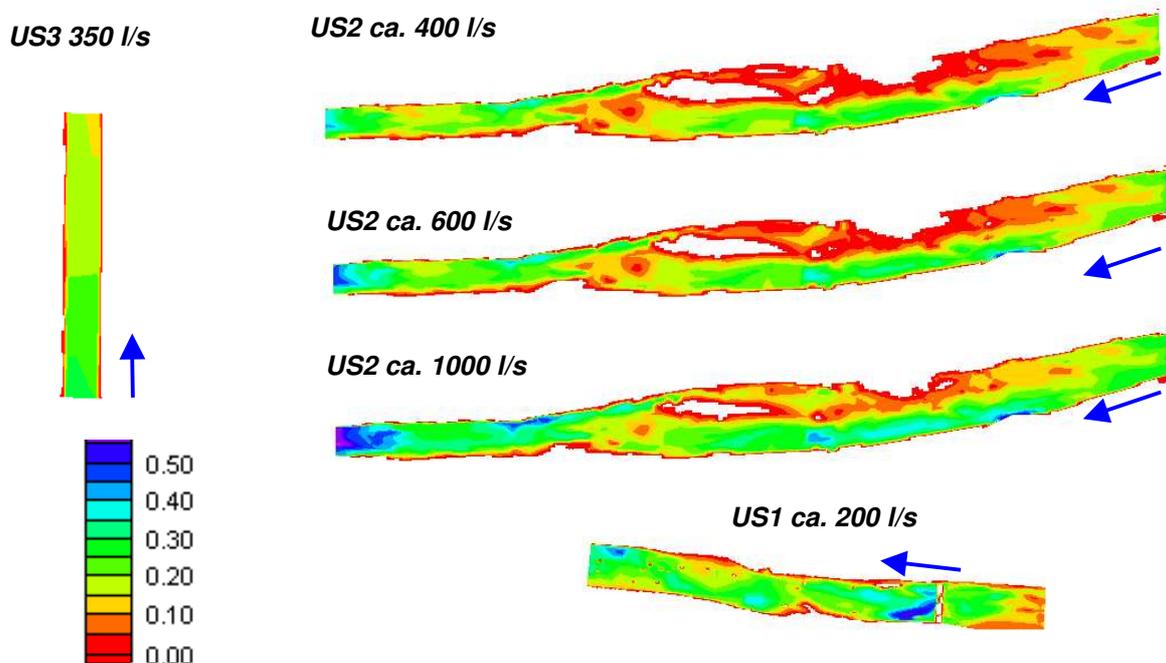


Abb. 19 Wassertiefen in den Untersuchungsstrecken

5.3 Fischhabitats

5.3.1 Bachforelle (*Salmo trutta*)

• Untersuchungsstrecke US1

In der US1 findet die adulte Bachforelle ab ca. 250 l/s vereinzelt sehr gute Standorte vor. Ab ca. 350 l/s sind hydraulisch optimale Bereiche bereits in größerem Umfang vorhanden, die sich mit weiter steigenden Abflüssen rasch vergrößern. Dies ist darin begründet, dass die Bachforelle Bereiche mit mittlerer Wassertiefe ab ca. 30 cm und Strömung über 30 cm/s sowie kiesigen Untergrund bevorzugt (s. a. Abb. 13). Derartige Bereiche treten bereits ab ca. 250 l/s auf. Ein optimales Angebot an Lebensräumen ergibt sich bei Abflüssen zwischen

1400 l/s und 1800 l/s, was sich auch in der WUA-Funktion in Abb. 22 ablesen lässt, aber bereits ab ca. 600 l/s sind weiträumig sehr gute Lebensräume vorhanden. Bis ca. 1000 l/s steigt die WUA Funktion sehr steil an, über ca. 1,7 m³/s nimmt das Angebot an Lebensräumen eher wieder leicht ab aufgrund der dann teilweise schon zu hohen Fließgeschwindigkeiten im weitgehend fixierten Bachbett mit vorgegebener Breite.

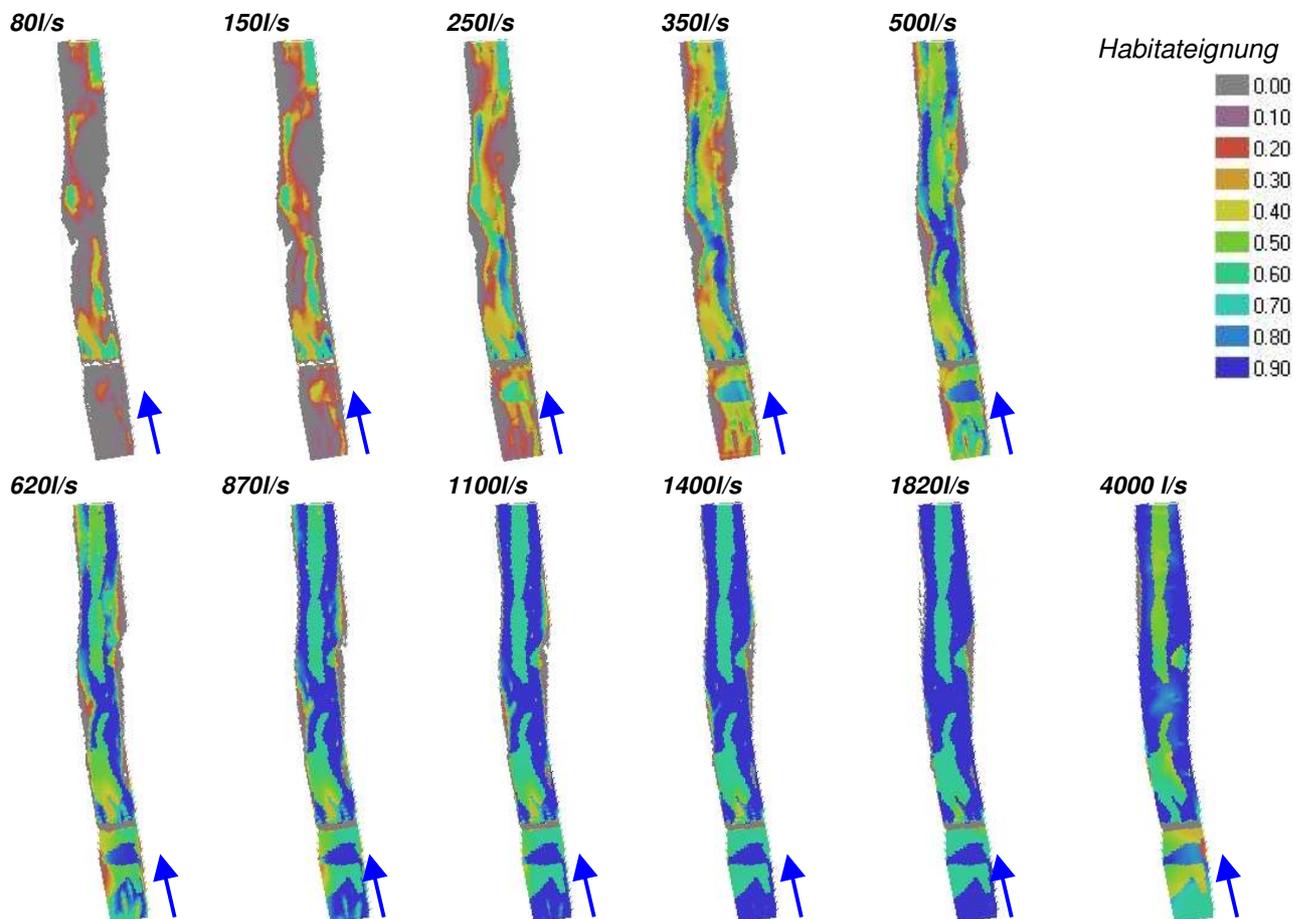


Abb. 20 Habitategenauigkeiten adulte Bachforelle bei unterschiedlichen Abflüssen, US1

Betrachtet man das Angebot für die juvenile Bachforelle, die nach dem Regelwerk für die Habitatansprüche (s. Anhang) geringe bis mittlere Strömung in Verbindung mit mittleren Wassertiefen und kiesigem Substrat mittlerer Größe bevorzugt, zeigt sich, dass diese Verhältnisse schon bei vergleichsweise geringen Abflüssen in Teilbereichen vorhanden sind. Das größte Angebot an optimalen Lebensräumen ergibt sich bei Abflüssen um 600 l/s. Das integrale Angebot, wie in Abb. 22 rechts dargestellt nimmt zwar bis zu Abflüssen um 1500 l/s noch leicht zu. Das liegt aber daran, dass sich noch mehr Lebensräume mit guten Eignungen ausbilden. Die Bereiche mit optimaler Kombination von Strömung und Wassertiefen werden aber weniger.

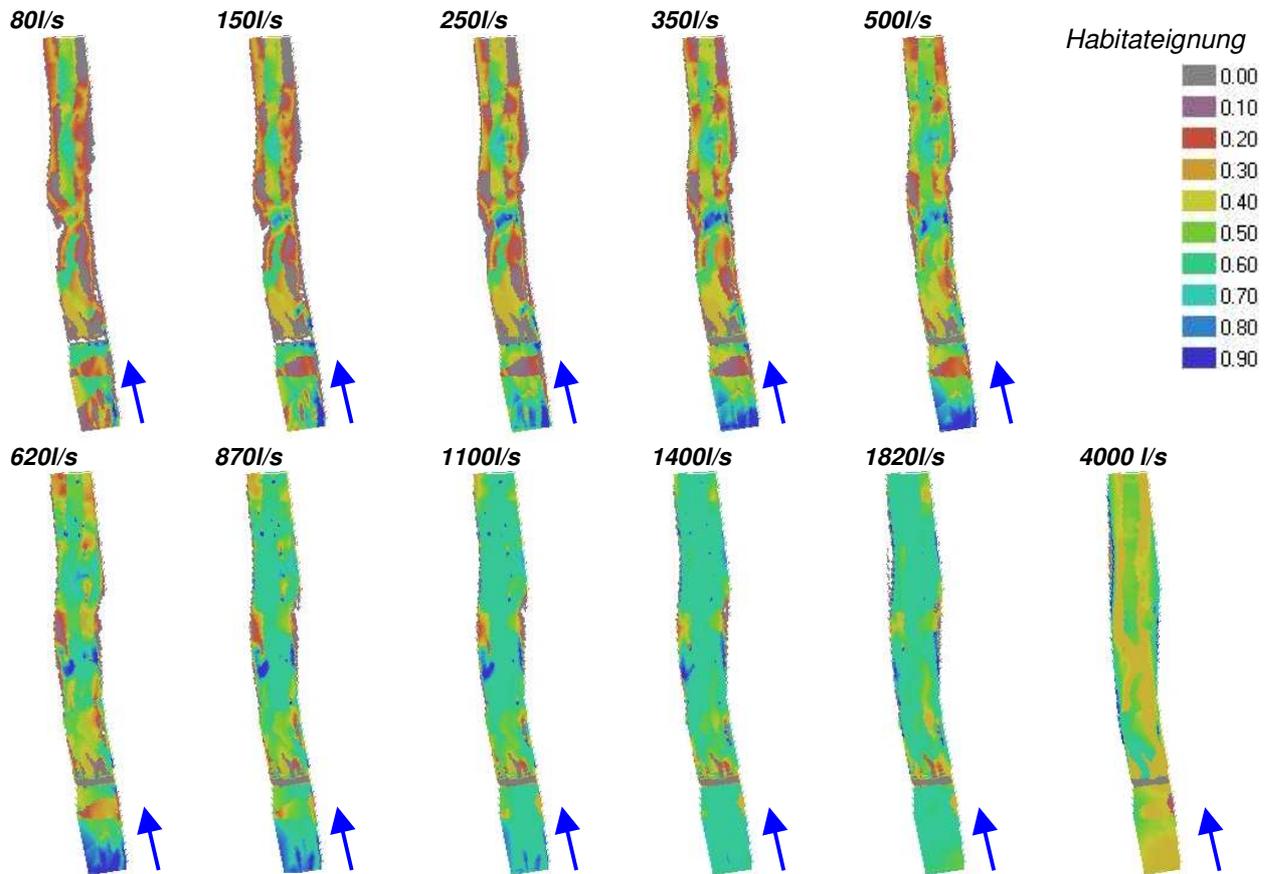


Abb. 21 Habitatsteigerungen für die juvenile Bachforelle (*Salmo trutta*) bei unterschiedlichen Abflüssen, US1

Die abflussabhängige Eignung der Laich- und Brüttingshabitate für die Bachforelle ist im Anhang gegeben. Es zeigt sich, dass Brütlinge schon bei den geringsten untersuchten Abflüssen gute Areale vorfinden. Für das Abblachen der Bachforelle günstige hydraulische Verhältnisse sind ab ca. 800 l/s vorhanden. Optimale Eignungen werden jedoch kaum erreicht, da hierfür das Substrat im Gewässerabschnitt zu grob ist.

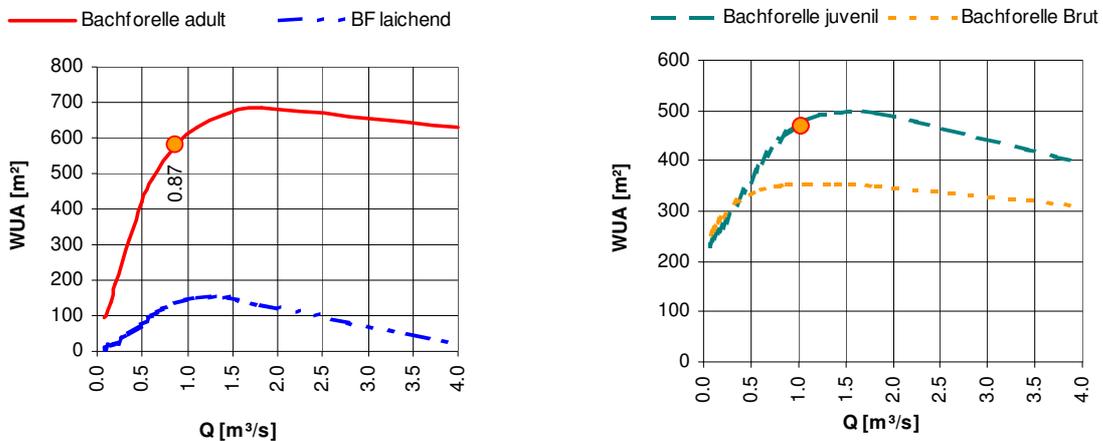


Abb. 22 Habitatangebot (WUA) für Stadien der Bachforelle (*Salmo trutta*) mit Referenzabfluss, US1

• **Untersuchungsstrecke US2**

Aus den Habitatsimulationen ergibt sich, dass für die adulte Bachforelle Lebensräume mit hohen Eignungen ab einem Abfluss von ca. 350 l/s vereinzelt auftreten (s. Abb. 23). In größerem Umfang sind sehr gut geeignete Habitate erst ab ca. 800 l/s vorhanden.

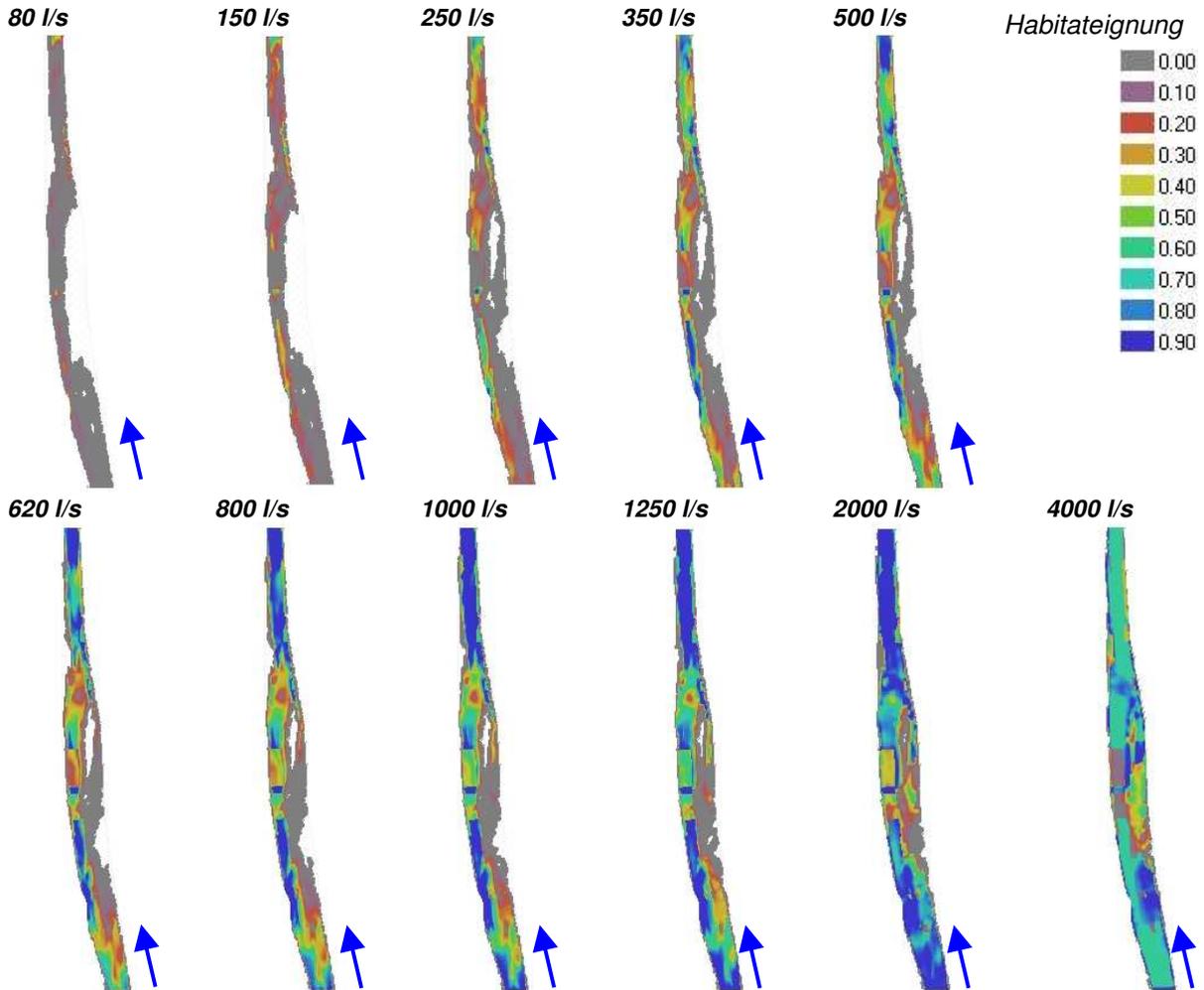


Abb. 23 Habitategnungen für die adulte Bachforelle bei unterschiedlichen Abflüssen, US2

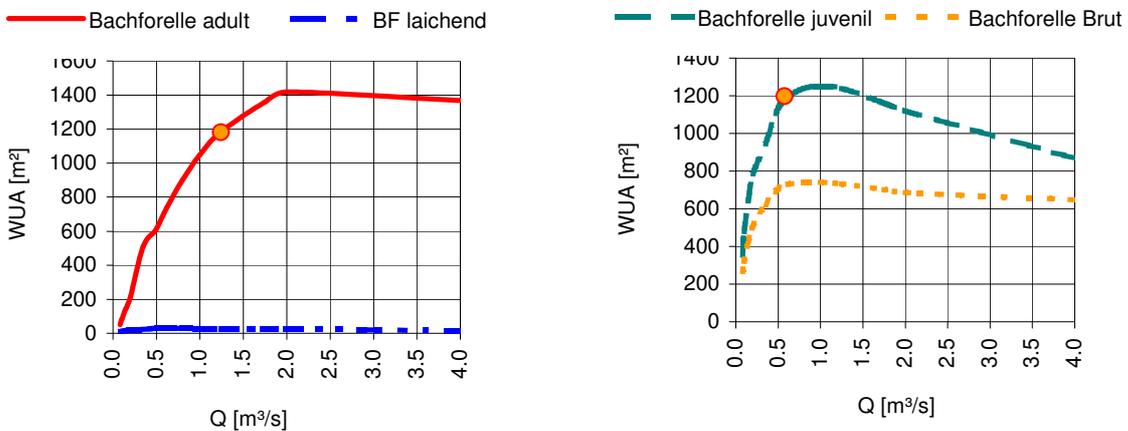


Abb. 24 Habitatangebot (WUA) für Stadien der Bachforelle (*Salmo trutta*) mit Referenzabfluss, US2

Geeignete Jungfischhabitate für die Bachforelle treten bereits beim geringsten untersuchten Abfluss von 80 l/s auf, ab ca. 150 l/s auch in größerem Umfang (Abb. 25).

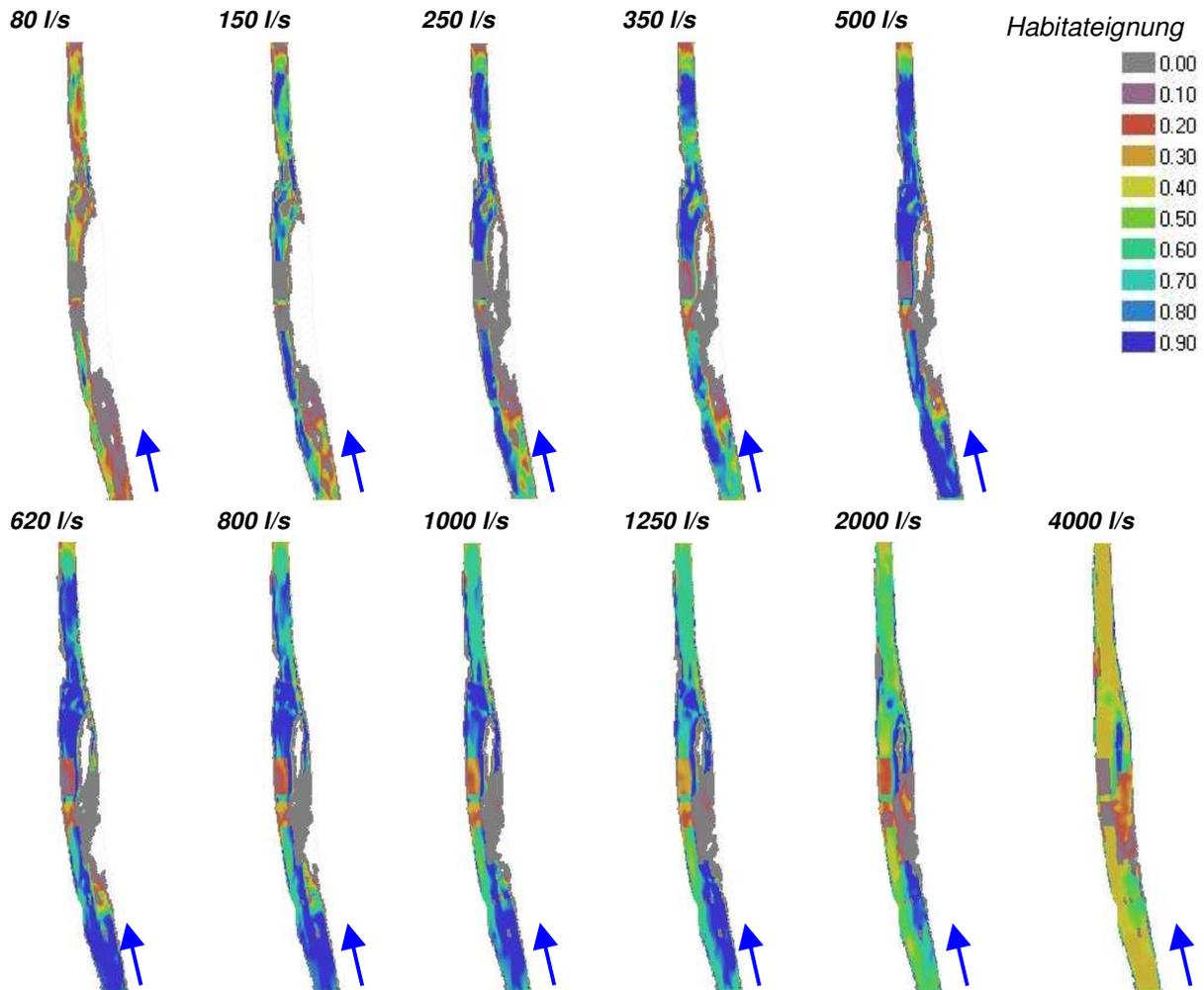


Abb. 25 Habitateneignungen für die juvenile Bachforelle (*Salmo trutta*) bei unterschiedlichen Abflüssen, US2

Dies spiegelt sich auch in den WUA-Funktionen des integralen Habitatangebots wider (Abb. 24), wo für die adulte Bachforelle ein starker Anstieg bis ca. 1000 l/s zu verzeichnen ist, darüber eine etwas geringere Steigerung und ab ca. 2 m³/s nur noch geringe Zunahmen. Bei den Jungfischen ist der Verlauf sehr ähnlich, aber Steigungen nehmen schon bei etwas geringeren Abflüssen ab.

• Untersuchungsstrecke US3

Die US3 ist aufgrund ihres kanalartigen Ausbaus und der gepflasterten Sohle als Lebensraum für Fische weitgehend ungeeignet. Die simulierten Habitatqualitäten für die Bachforelle und die Barbe sind deshalb hier nicht explizit dargestellt. Für die Festlegung des Mindestabflusses spielt die Strecke vor allem hinsichtlich der Durchwanderbarkeit eine Rolle. Hierzu sind zum einen ausreichende Mindestwassertiefen im Streckenverlauf notwendig. Diese sind in Abschnitt 5.2 dargestellt. Zum anderen sind die in regelmäßigen Abständen angeordneten Sohlschwellen durchgängig zu gestalten.

5.3.2 Barbe (*Barbus barbus*)

- **Untersuchungsstrecke US1**

Die abflussabhängigen Veränderungen der Habitateignungen in Abb. 26 für die adulte Barbe machen deutlich, dass diese Art höhere Anforderungen an die Wassertiefe hat als die Bachforelle. Während nach Expertenregeln die Bachforelle mit mittleren Wassertiefen zurecht kommt, präferiert die Barbe große bis sehr große Wassertiefen über 50 bis 60 cm. Diese stellen sich aber in der US1 erst bei Abflüssen um 1400 l/s partiell ein (Abb. 26). Demnach werden auch erst ab diesem Abfluss Habitate mit hohen Eignungen ermittelt. Größere Anteile sind erst ab 1500 bis 1600 l/s vorhanden.

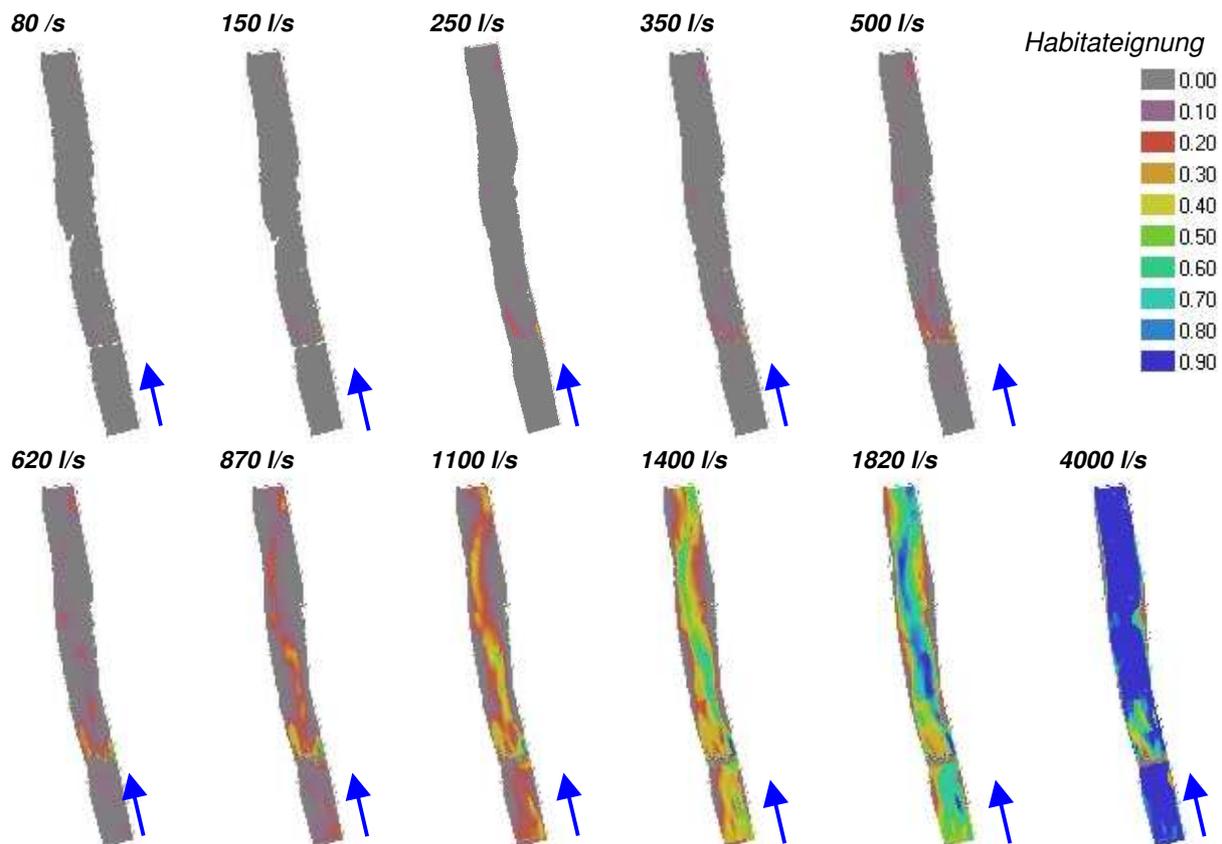


Abb. 26 Habitateignungen f. die adulte Barbe (*Barbus barbus*) unterschiedliche Abflüsse, US1

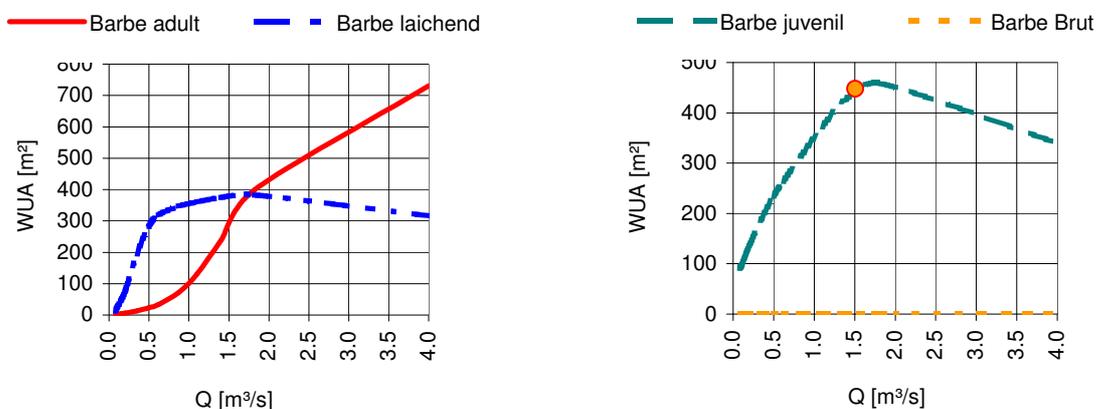


Abb. 27 Habitatangebot (WUA) für Stadien der Barbe (*Barbus barbus*) mit Referenz- und Grenzabflüssen, US1

Für die Jungfische der Barbe stellt sich die Situation etwas günstiger dar. Da die Ansprüche an die Wassertiefe geringer sind und mittlere Tiefen ab ca. 20 cm mit mittlerer Strömungsgeschwindigkeit um 40 bis 50 cm/s bevorzugt werden, stellen sich schon ab ca. 500 l/s erste gute Standorte ein (Abb. 28). Ein größeres Angebot an sehr gut geeigneten Habitaten ist jedoch auch erst ab ca. 1100 l/s vorhanden.

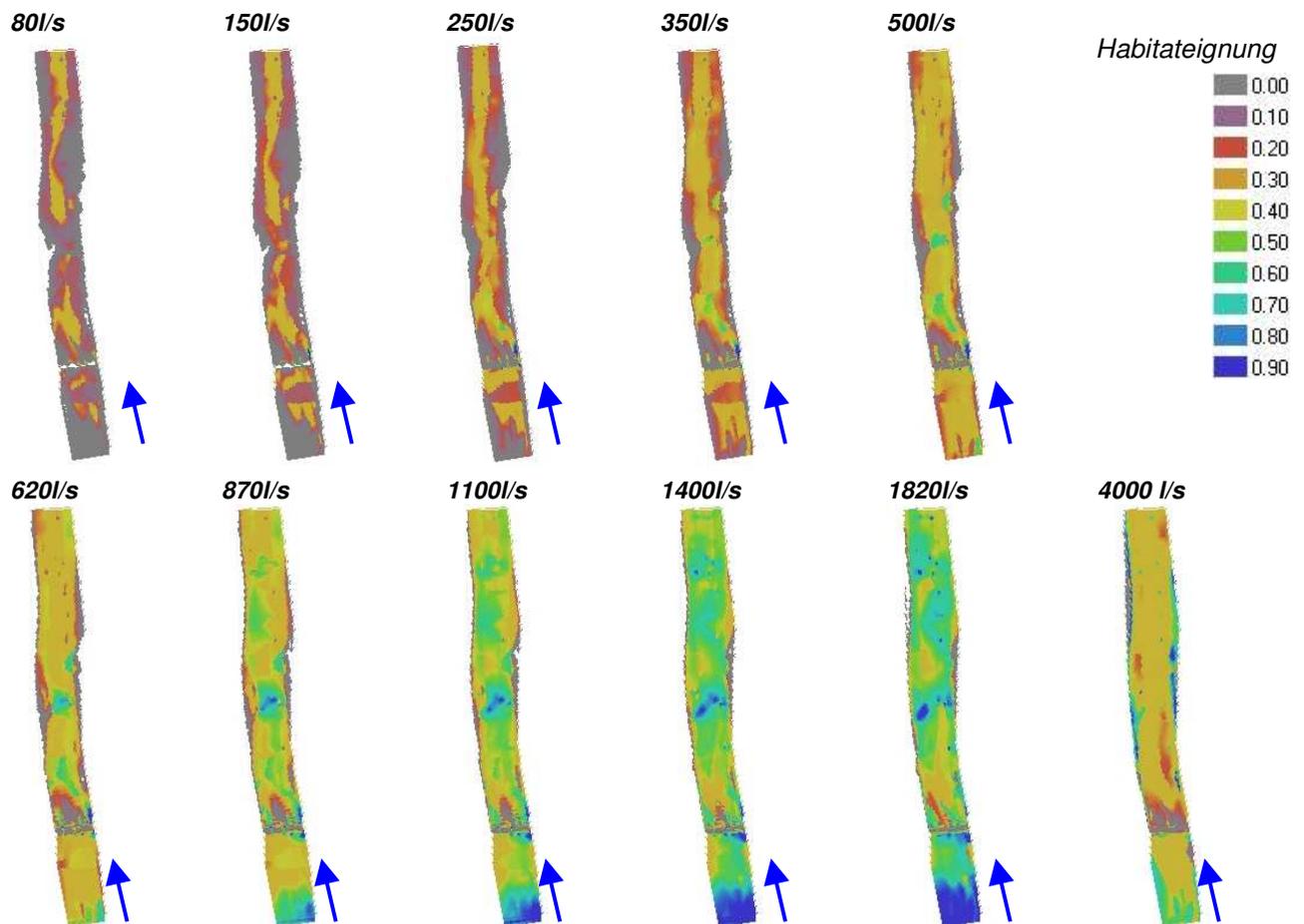


Abb. 28 Habitategenauigkeiten für die juvenile Barbe (*Barbus barbus*) bei unterschiedlichen Abflüssen, US1

Die Bevorzungen werden auch in den Habitatangebotsfunktionen deutlich (Abb. 27). Während das Angebot für die adulte Barbe auch oberhalb 1,5 m³/s noch stetig ansteigt, erreicht die WUA-Funktion bei der juvenilen Barbe bei ca. 1600 l/s ein Maximum und fällt dann wieder ab. Das ist in den steigenden Wassertiefen begründet, die für die Jungfische nicht mehr gut geeignet sind.

• Untersuchungsstrecke US2

In der breiten US2 macht es sich noch stärker als in der US1 bemerkbar, dass sich große bis sehr große Wassertiefen, die von der adulten Barbe bevorzugt werden, erst bei hohen Abflüssen einstellen (Abb. 29). Größere Anteile sehr gut geeigneter Habitats sind erst bei Abflüssen über ca. 1700 l/s im untersten Bereich der Untersuchungsstrecke vorzufinden. Ein Maximum ist im untersuchten Abflussbereich nicht zu erkennen.

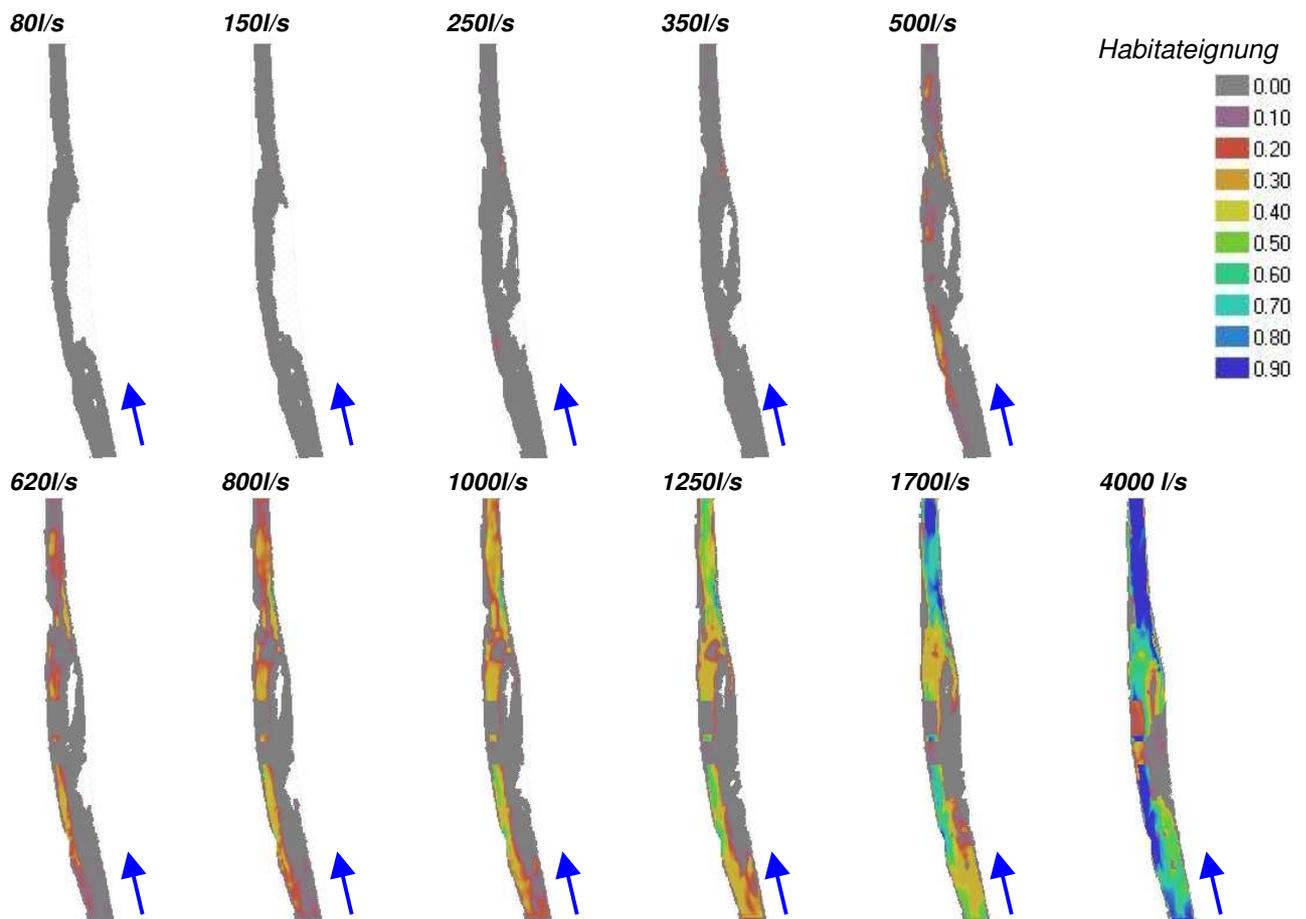


Abb. 29 Habitateignungen für die adulte Barbe (*Barbus barbus*) bei unterschiedlichen Abflüssen, US2

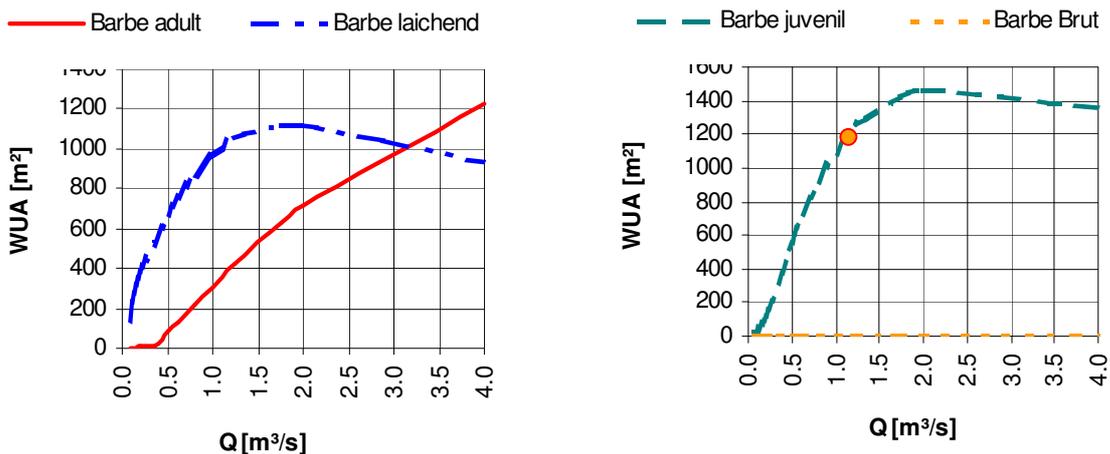


Abb. 30 Habitatangebot (WUA) für Stadien der Barbe (*Barbus barbus*) mit Referenz- und Grenzabflüssen, US2

Wiederum günstiger sind die Bedingungen für Jungfische der Barbe. Aber auch für dieses Entwicklungsstadium zeigen sich erst ab ca. 350 l/s erste gut geeignete Areale, ab 500 l/s sind diese auch in größerem Umfang vorhanden (Abb. 31).

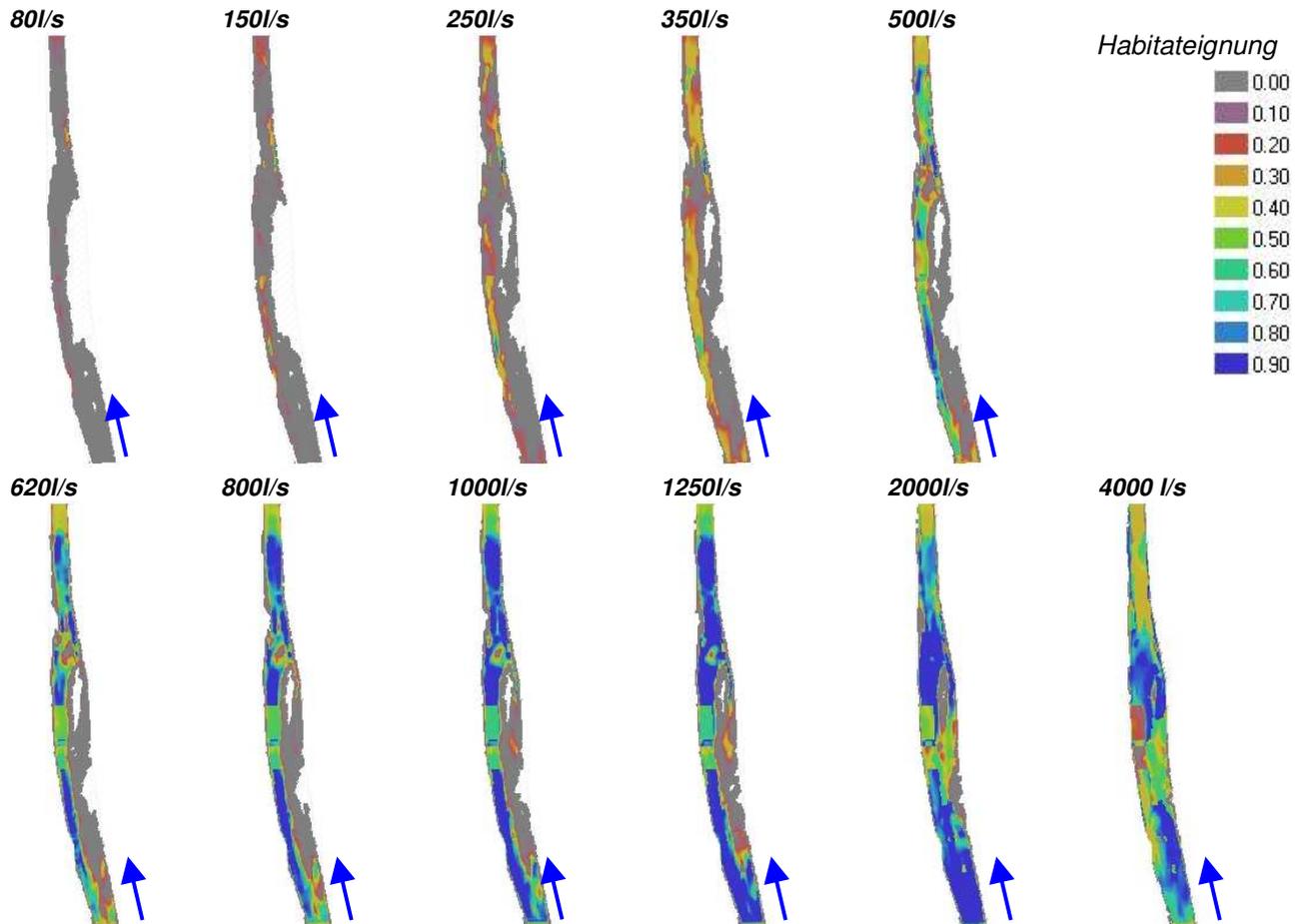


Abb. 31 Habitateignungen für die juvenile Barbe (*Barbus barbatus*) bei unterschiedlichen Abflüssen, US2

Die abflussabhängigen WUA-Funktionen für die adulte und juvenile Barbe zeigen demnach auch einen ähnlichen Verlauf mit zunächst steilem Anstieg und Abflachen oberhalb 1,0 m³/s (Abb. 30). Die Absolutwerte sind dabei für die juvenile Barbe etwas höher.

5.3.3 Verbesserungen der Gewässerstruktur

Die Simulationsergebnisse belegen, dass vor allem in der US2 strukturelle Defizite auftreten und aufgrund der großen Breite die Wassertiefen bis in höhere Abflussbereiche gering sind. Als Folge sind wenig geeignete Lebensräume für die Zeigerarten vorhanden. Das macht sich bei der Barbe extrem bemerkbar, ist bei der Bachforelle aber ebenfalls erkennbar.

Aus diesem Grund wurde die US2 im Modell „optimiert“. Es wurde bewusst keine komplette Umgestaltung vorgenommen sondern nur einzelne mit geringem Aufwand durchzuführende Maßnahmen. Diese waren eine Installation zusätzlicher einzelner Blocksteine, welche die Strömung bei niedrigen Abflüssen einengen. Damit können durch einen leichten Rückstau größere Wassertiefen erzielt werden. Vor allem ist aber davon auszugehen, dass sich bei hohen Abflüssen durch die starken Strömungskräfte am der Strömung zugewandten Kopf der Blocksteine Gumpen ausbilden. Deshalb wurde in unmittelbarer Umgebung der Störsteine die Flusssohle vertieft, um diese für die Zeigerarten wichtigen Kolke schaffen. Abb. 32 vermittelt einen Eindruck von der veränderten Modellgeometrie mit größeren Wassertiefen und Kolken im mittleren Streckenteil. Zusätzlich wurde die Flusssohle im Bereich der Hauptströmung etwas vertieft um eine Niedrigwasserrinne abzubilden.

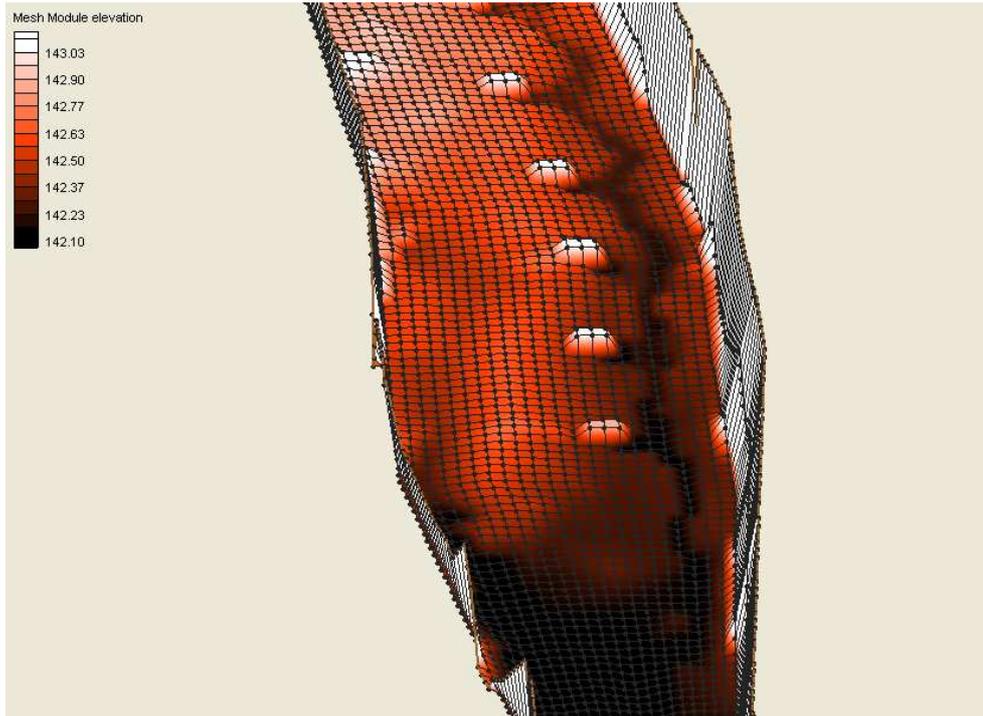


Abb. 32 Mittlerer Teil der US2 mit Blocksteinen, Niedrigwasserrinne und Kolken

Die aus den hydraulischen Berechnungen resultierenden Wassertiefen und die veränderte Substratverteilung als Grundlage der zusätzlichen Habitatsimulationen sind in Abb. 33 dargestellt.

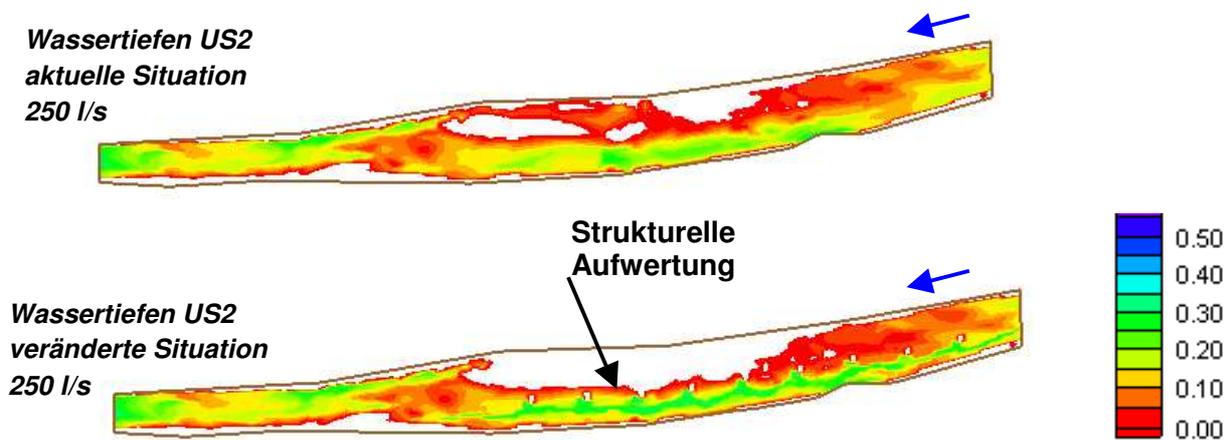


Abb. 33 Im Modell veränderte US2 mit zusätzlich installierten Störsteinen und benachbarten Sohlvertiefungen, Wassertiefen bei 250 l/s

Es ist abzulesen, dass auch in der aufgewerteten Situation die Pessimalstelle im unteren Drittel der Strecke erhalten bleibt. D.h. dieser Bereich muss, um eine Durchgängigkeit mit 15 cm bei geringeren Abflüsse zu erreichen, ebenfalls umgestaltet werden. Dabei ist davon auszugehen, dass etwas höhere Abflüsse als die 250 l/s für die Erreichung guter Lebensräume notwendig sein werden. Das ist darin begründet, dass durch Sedimenttransport während Hochwasserereignissen die Niedrigwasserrinne sich lokal teilweise wieder auffüllen kann. Es wird deshalb für die Durchwanderbarkeit ein notwendiger Abfluss von 350 bis 400 l/s abgeschätzt.

- **Resultierende Habitatveränderungen für die Barbe (*Barbus barbus*) und die Bachforelle (*Salmo trutta*)**

Abb. 34 stellt die Habitateignungen für die adulte Barbe und die adulte Bachforelle vor und nach den morphologischen Veränderungen dar. Es wird deutlich, dass im Bereich niedriger Abflüsse um 250 l/s für die Barbe kaum Effekte zu erzielen sind. Bei der Bachforelle können lokal allerdings deutlich Verbesserungen erreicht werden und es stellen sich im Vergleich zum aktuellen Zustand entlang der Niedrigwasserrinne sehr gut geeignete Standorte auch schon beim Abfluss 250 l/s ein.

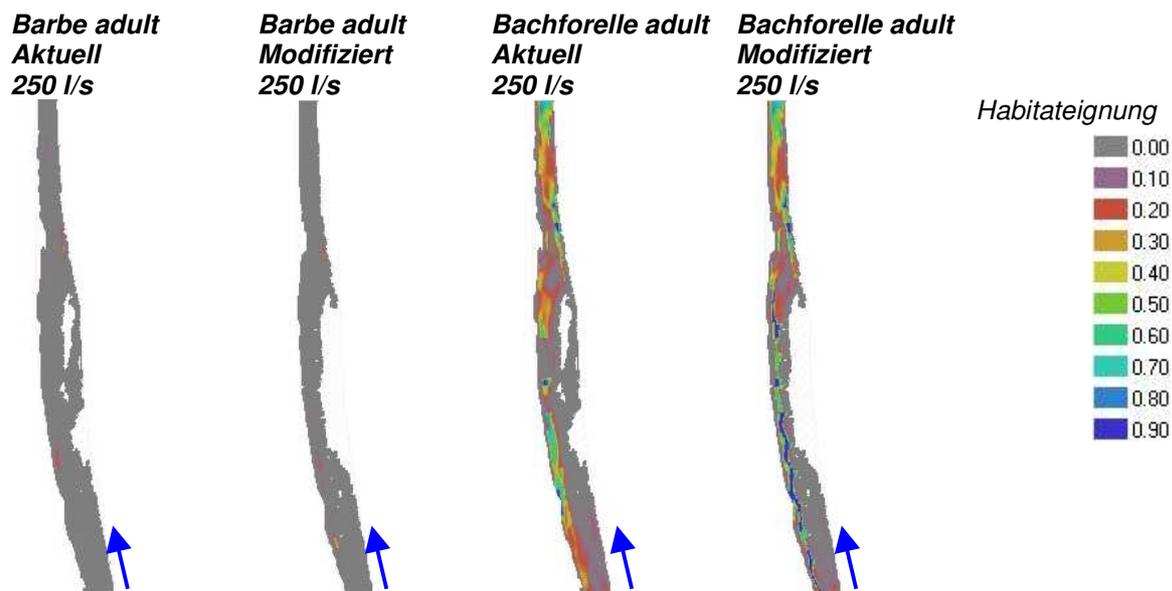


Abb. 34 Habitateignungen für die adulte Barbe und Bachforelle in der US mit veränderter Geometrie

5.3.4 Integrierte ökologische Betrachtung und Grenzabflüsse

Unter Berücksichtigung der Kriterien aus Tab 3 muss die Ausleitungsstrecke, auch wenn man von der natürlichen Abflusssituation ausgeht, als „beeinträchtigt“ eingestuft werden. Danach wäre eine Reduktion des Habitatangebots um 30% im Vergleich zum Wert beim Referenzabfluss zulässig (s. a. Kap. 2.3.2).

Für die integrierte Betrachtung ist allerdings auch die Rolle des Ausleitungsabschnitts im Gesamtsystem zu beurteilen. Dabei ist festzustellen, dass der betrachtete Acherabschnitt für das Gesamtgewässer vor allem als Wanderpfad eine Rolle spielt. Aufgrund der direkten Ortslage sind der Gewässerentwicklung in morphologischer Hinsicht Grenzen gesetzt. Es lassen sich zwar durch die in Abschnitt 5.3.3 angedeuteten Maßnahmen auch im vorhandenen Gewässerbett Lebensraumverbesserungen erzielen, die im Niedrigabflussbereich wirksam sind. Da das Gewässer aber keine Möglichkeiten hat, eine Eigendynamik zu entwickeln, aus der standorttypische Habitate entstehen könnten, werden unterschiedliche Lebensräume sich nur in begrenztem Umfang erschließen lassen.

Aufgrund dieser aus ökologischer Sicht begrenzten Bedeutung des Gewässerabschnitts für das Gesamtgewässer, wird die zu tolerierende Habitatreduktion von 30 % auf 50% erhöht. Das heißt, als Kriterium für den Mindestabfluss gilt: Das verfügbare Habitatangebot darf sich im Vergleich zum Referenzabfluss um 50% verringern. Ein besonderer Fokus wird darüber hinaus auf das Auftreten zumindest einzelner sehr guter Standorte gelegt.

Tab 7 Habitatangebot (WUA) beim Referenzabfluss und abgeleitete Grenzabflüsse, sowie Abflüsse, ab denen sehr gut geeignete Standorte auftreten

Art	Stadium	Referenzabfluss	Grenzabfluss (WUA _{Ref} -50%)	Vorkommen sehr guter Habitate
US1				
Bachforelle	adult	870 l/s	300 l/s	250 l/s
Bachforelle	juvenil	1000 l/s	150 l/s	250 l/s
Barbe	adult	Nicht ableitbar	-	1500 l/s
Barbe	juvenil	1500 l/s	450 l/s	1100 l/s
US2				
Bachforelle	adult	1250 l/s	500 l/s	500 l/s
Bachforelle	juvenil	500 l/s	150 l/s	150 l/s
Barbe	adult	Nicht ableitbar	-	1700 l/s
Barbe	juvenil	1200 l/s	500 l/s	600 l/s
US2 nach Aufwertung				
Bachforelle	adult	Nicht untersucht	-	ca. 250 l/s

Tab 7 belegt, dass der Ansatz der Kriteriums eines Mindesthabitatangebots im Vergleich zum Referenzabfluss für die Barbe gar nicht herangezogen werden kann. Das liegt daran, dass kein Referenzabfluss, ab dem die Zunahme des Habitatangebots geringer wird, abgeleitet werden kann. Sehr gute Standorte für die Barbe tauchen aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Ansprüche an die Wassertiefe erst ab 1500 l/s (US1) bzw. 1700 l/s (US2) auf. Selbst die Ansprüche der Barben-Jungfische können erst ab 600 l/s (US2) bzw. 1100 l/s (US1) befriedigt werden.

Für die Bachforelle ist bei alleiniger Auswertung des Habitatangebots in der US2 mit 500 l/s ein Abfluss zu fordern, der über dem MNQ liegt. Sehr gute Standorte bilden sich in der US2 ebenfalls erst bei einem Abfluss um 500 l/s aus. Nach einer Verbesserung der Gewässerstrukturen werden hier allerdings die von der Bachforelle bevorzugten Strömungs- und Wassertiefenverhältnisse in Teilbereichen bereits ab 250 l/s erreicht.

Die Ergebnisse belegen, dass die Barbe, obwohl sie in der Referenzzönose als Leitfisch genannt wird, in der Ausleitungsstrecke auch beim natürlichen Abfluss über lange Phasen kaum geeignete Lebensräume vorfindet. Wird die Bachforelle als maßgebend herangezogen, hängt der ökologisch begründete Mindestabfluss davon ab, ob die Gewässerstrukturen in Teilbereichen verbessert werden. Zudem ist während der Laichzeit der Forelle die Durchwanderbarkeit der Ausleitungsstrecke zu beachten.

Die unterschiedlichen auf Basis dieser Kriterien abgeleiteten Mindestwasservarianten sind in Kap. 7 aufgeführt.

6 Energiewirtschaftliche Berechnungen

Um eine Gegenüberstellung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen vorzunehmen, kann die Energieerzeugung für verschiedene Varianten von Mindestwasserregelungen verglichen werden. Mit dem Modul CASiMiR-WASKRA ist dies möglich. Dabei können für beliebige Kombinationen von Abflussganglinien, abflussabhängigen Fallhöhen, sowie anlagespezifischen, abflussabhängigen Wirkungsgraden und Schaltpunkten (Anlaufdurchfluss, Hochwasserabschaltpunkt) die Leistung und Energieerzeugung berechnet werden.

6.1 Berechnungsannahmen und aktuelle Situation

Insgesamt werden von dem ausgeleiteten Wasser fünf Wasserkraftanlagen gespeist. Diese sind in folgender Aufstellung des Landratsamtes Ortenaukreise gegeben:

Tab 8 Kenndaten der Wasserkraftanlagen am Acherner Mühlbach

Name	Nutzfallhöhe [m]	Ausbauleistung [kW]	Ausbauabfluss* [l/s]
Hartplattenwerk Lott	4.40	59.2	1670
Sägewerk Bürk	1.65	22.9	1730
WKA Rest, Werner	1.47	23.7	2000
WKA Nies, Bernd	1.86	25.4	1700
WKA, Huck, Karl	1.80	27.4	1890
Summe bzw. Mittelwert	11.18	158.60	1763

* aus Ausbauleistung und Nutzfallhöhe abgeschätzt

Für die energetischen Berechnungen wurden die 7 Anlagen im Modell vereinfachend zu einer einzigen zusammengefasst mit den folgenden Kennwerten:

- *Konstanter Wirkungsgrad (ohne Ausfallzeiten s.u.): 0,65*
Dieser Wert beinhaltet nicht die Ein und Auslaufverluste, da diese aus der Nutzfallhöhe bereits eliminiert sind, aber sonstige Verluste (Turbine, Generator, mechanisch) und die verringerten Turbinenwirkungsgrade bei niedrigen Abflüssen
- § *Betriebsstunden: ca. 8000 h/a (Gesamtjahr = 8760 h)*
*Ausfallzeiten wg. Revision, technischen Problemen etc., wurde über einen zusätzlich **auf 0,60 reduzierten** Wirkungsgrad berücksichtigt*
Bemerkung: Ausfallzeiten wg. zu geringen oder zu hohen Abflüssen werden über die Ganglinie modellintern berücksichtigt
- *Abschaltung der Turbinen bei ca. 25% des Ausbauabflusses = ca. 440 l/s*

Für die Berechnungen wurde die Ganglinie des vom Abflussverhalten her durchschnittlichen Jahres 2002 verwendet. Dieses Jahr wurde deshalb herangezogen, da seine Dauerlinie der mittleren Dauerlinie für die Jahre 1996 bis 2006 sehr ähnlich ist (s.a. Anhang Abb. 42 und Tab 13).

In Abb. 35 sind Hauptparameter der Energieproduktion für das Jahr 2002 dargestellt. Zum einen ist die mit dem Durchfluss veränderliche Leistung des Gesamtsystems aller WKA im Diagramm ablesbar. Zum anderen sind aber auch der am Wehr ankommende Hauptabfluss, der Turbinendurchfluss und die Mindestwasserabgabe aufgezeichnet. Es ist zu erkennen, dass unter den getroffenen Annahmen eine Abschaltung der Turbinen aufgrund zu geringer Durchflüsse nur während einer kurzen Phase im Juli auftritt. Während langer Phasen sind die WKA voll ausgelastet. Im Jahresverlauf steigt der Hauptabfluss immer wieder deutlich über den Ausbauabfluss an, d.h. es findet häufig ein Wehrüberfall statt, der in der Ausleitungsstrecke eine Abflussdynamik gewährleistet.

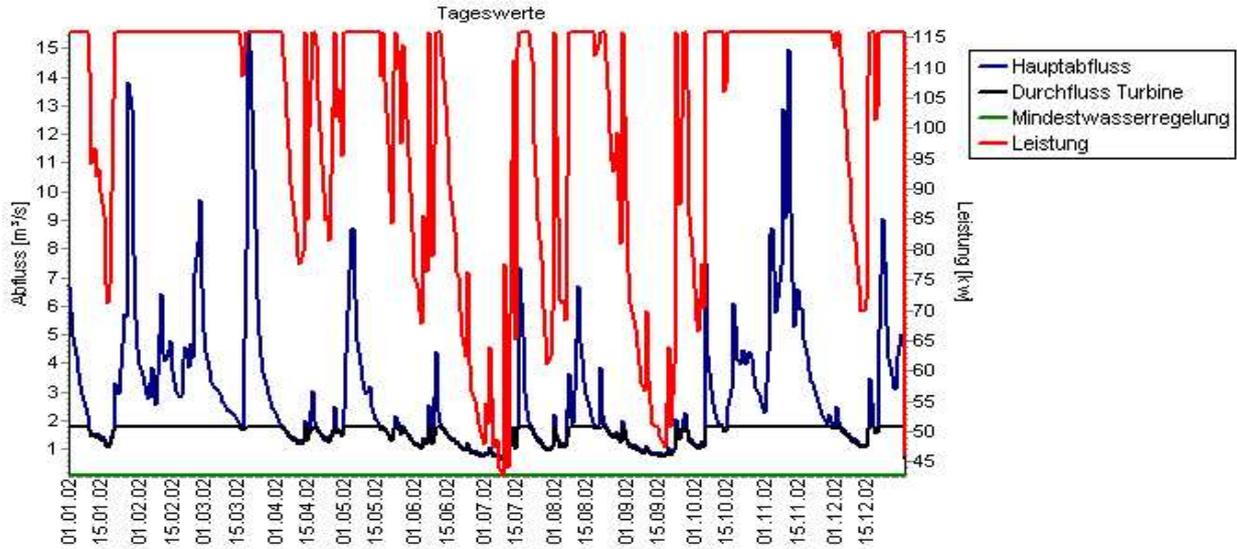


Abb. 35 Ganglinien für Abfluss, Turbinendurchfluss und Leistung, Gesamtsystem Acherner Mühlbach, mittleres Jahr 2002, aktuelle Situation, konstantes Mindestwasser = 80 l/s

Abb. 36 gibt dieselben Werte der Größe nach geordnet in der Dauerliniendarstellung. Es wird deutlich dass der Ausbauabfluss an ca. 200 Tagen im Jahr nicht erreicht wird.

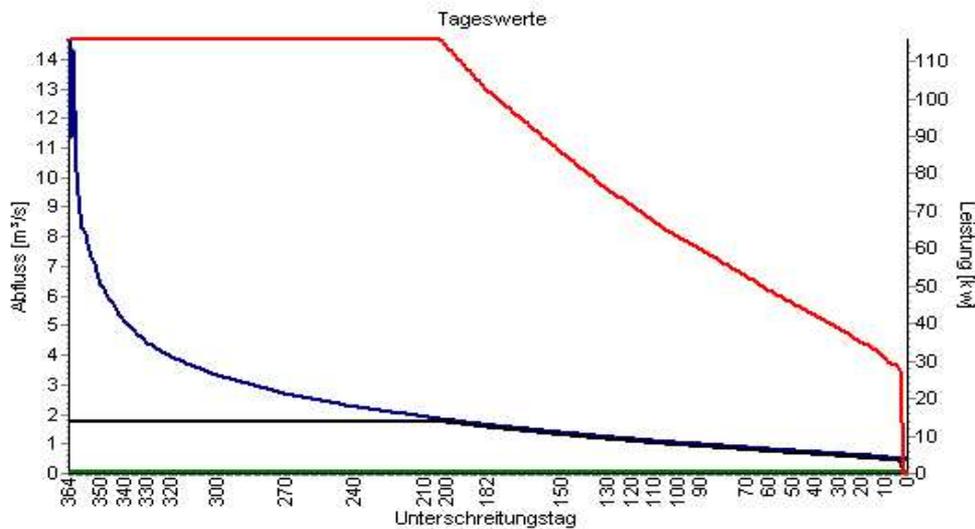


Abb. 36 Dauerlinien für Abfluss, Turbinendurchfluss und Leistung, Gesamtsystem Acherner Mühlbach, mittleres Jahr 2002, aktuelle Situation, konstantes Mindestwasser = 80 l/s

Tab 9 gibt die Jahresgesamtproduktion von ca. 881 MWh für das Jahr 2002, sowie Mittelwerte und Extrema für einige Kennwerte der Energieproduktionsberechnung.

Tab 9 Kennwerte der Energieproduktionsberechnung, Jahr 2002, aktueller Zustand mit konstanter Mindestwasserabgabe = 80 l/s

Jahresarbeitsvermögen:	880.8 MWh		
	Mittlere Werte	maximal	Minimal
Leistung	100.27 kW	115.82 kW	42.77 kW
Wirkungsgrad	60.00 %	60.00 %	60.00 %
Hauptabfluss	2.95 m³/s	15.57 m³/s	0.73 m³/s
verwertbarer Abfluss	2.87 m³/s	15.49 m³/s	0.65 m³/s
Fallhöhe	11.18 m	11.18 m	11.18 m

6.2 Varianten Mindestwasser

Hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Energieproduktion wurden folgende Varianten untersucht:

6.2.1 Regelung mit konstantem Mindestwasser von 250 l/s

Es wird ganzjährig der aus den Habitatuntersuchungen abgeleitete Abfluss für die adulte Bachforelle abgegeben. Die Hauptparameter der Energieproduktion für diese Regelung gibt Abb. 37. Im Vergleich mit Abb. 35 für die jetzige Situation sind die Phasen niedriger Produktion etwas verlängert.

Die Jahresenergieproduktion im Jahr 2002 ergibt sich für diese Regelung nach Tab 10 zu ca. 834 MWh. Dies entspricht im Vergleich zur Situation mit konstant 80 l/s einer Verringerung von ca. 47 MWh/a oder 5,3 %.

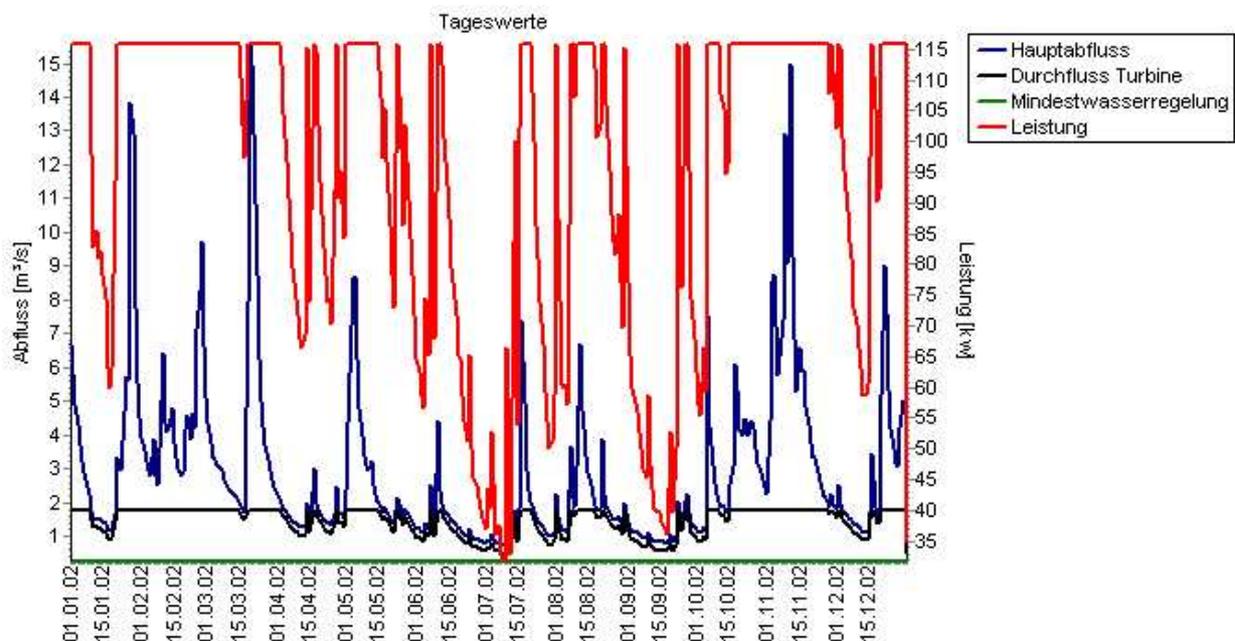


Abb. 37 Ganglinien für Abfluss, Turbinendurchfluss und Leistung, Gesamtsystem Acherer Mühlbach, Jahr 2002, konstante Mindestwasserabgabe = 250 l/s

Tab 10 Kennwerte der Energieproduktionsberechnung, aus Ganglinie 2002, , konstante Mindestwasserabgabe = 250 l/s

Jahresarbeitsvermögen:	833.8 MWh		
	Mittlere Werte	maximal	Minimal
Leistung	94.93 kW	115.82 kW	31.59 kW
Wirkungsgrad	60.00 %	60.00 %	60.00 %
Hauptabfluss	2.95 m³/s	15.57 m³/s	0.73 m³/s
verwertbarer Abfluss	2.70 m³/s	15.32 m³/s	0.48 m³/s
Fallhöhe	11.18 m	11.18 m	11.18 m

6.2.2 Regelung mit konstantem Mindestwasser von 400 l/s

Es wird ganzjährig ein Abfluss von 400 l/s eingestellt. Damit wird in der US2 im Pessimalquerschnitt eine Mindesttiefe von 10 cm überschritten. Durch zusätzliche strukturelle Maßnahmen kann eine Wassertiefe von 15 cm erreicht werden.

Es treten im Beispieljahr 2002 mehrere Ausfalltage auf, an denen der Abfluss den Anlaufdurchfluss für die Turbinen unterschreitet (Abb. 38). Die Jahresenergieproduktion im Jahr 2002 ergibt sich für diese Regelung nach Tab 11 zu 783 MWh. Dies entspricht im Vergleich zur Situation, mit konstant 80 l/s, einer Verringerung von ca. 100 MWh/a oder rund 11%.

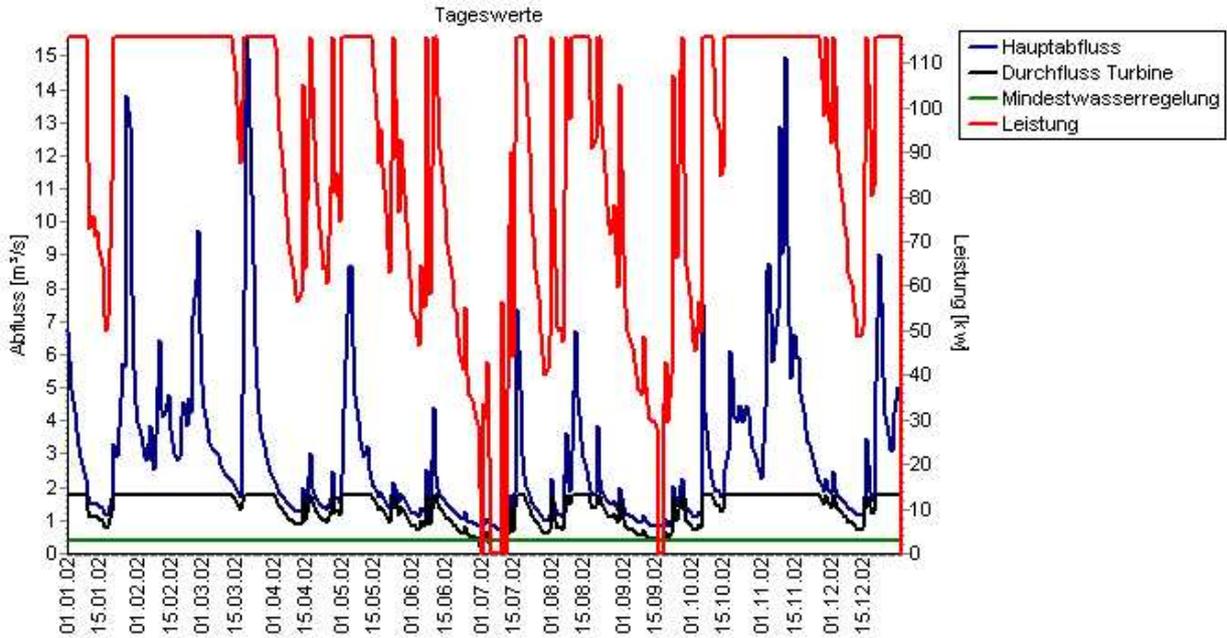


Abb. 38 Ganglinien für Abfluss, Turbinendurchfluss und Leistung, Gesamtsystem Acherner Mühlbach, Dauerlinie 1996 bis 2006, konstante Mindestwasserabgabe = 400 l/s

Tab 11 Kennwerte der Energieproduktionsberechnung, aus Ganglinie 2002, konstante Mindestwasserabgabe = 400 l/s

Jahresarbeitsvermögen:	782.9 MWh		
	mittlere Werte	maximal	Minimal
Leistung	89.13 kW	115.82 kW	0.00 kW
Wirkungsgrad	60.00 %	60.00 %	60.00 %
Hauptabfluss	2.95 m³/s	15.57 m³/s	0.73 m³/s
verwertbarer Abfluss	2.55 m³/s	15.17 m³/s	0.33 m³/s
Fallhöhe	11.18 m	11.18 m	11.18 m

6.2.3 Regelung mit gestaffeltem Mindestwasser von 250/400 l/s

Es wird ein jahreszeitlich gestaffelter Mindestabfluss eingestellt. Während der Laichwanderung der Forelle von September bis November werden 400 l/s abgegeben. Während des Restjahres 250 l/s.

Die Jahresenergieproduktion im Jahr 2002 ergibt sich für diese Regelung nach Tab 12 zu ca. 822 MWh. Dies entspricht im Vergleich zur derzeitigen Situation mit konstant 80 l/s, einer Verringerung von 59 MWh/a oder rund 6,7 %.

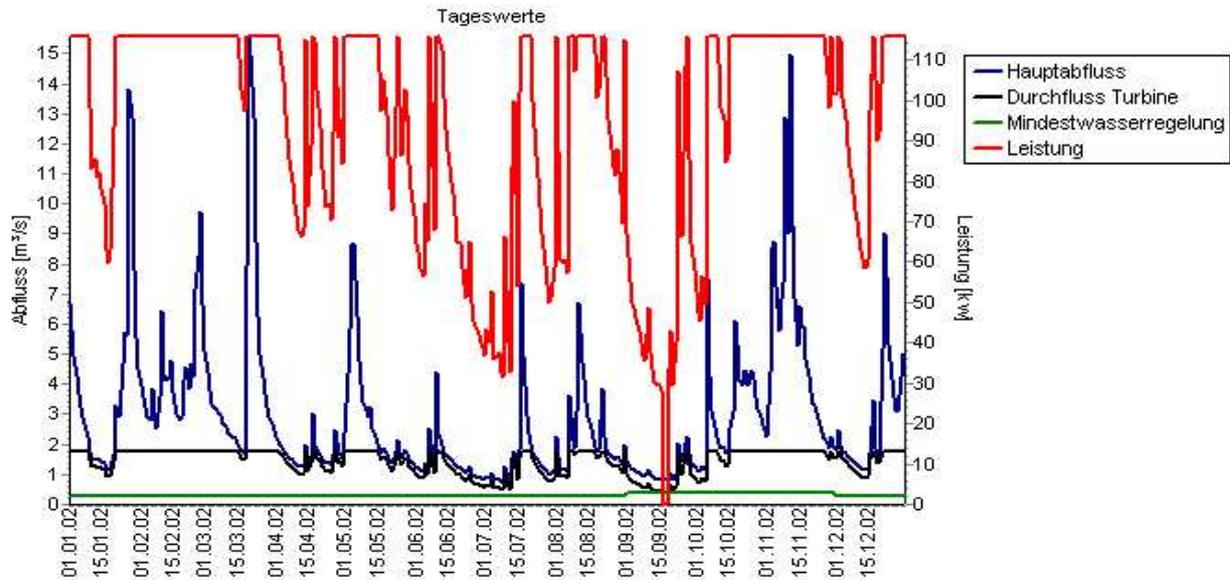


Abb. 39 Ganglinien für Abfluss, Turbinendurchfluss und Leistung, Gesamtsystem Acherner Mühlbach, mittleres Jahr 2002, gestaffelte Mindestwasserabgabe mit 250/400 l/s

Tab 12 Kennwerte der Energieproduktionsberechnung, aus Ganglinie 2002, gestaffelte Mindestwasserabgabe = 250 l/s konstant und 400 l/s während Forellenlaichzeit und Laichentwicklung

Jahresarbeitsvermögen:	821.9 MWh		
	mittlere Werte	maximal	Minimal
Leistung	93.83 kW	115.82 kW	0.00 kW
Wirkungsgrad	60.00 %	60.00 %	60.00 %
Hauptabfluss	2.95 m³/s	15.57 m³/s	0.73 m³/s
verwertbarer Abfluss	2.66 m³/s	15.32 m³/s	0.40 m³/s
Fallhöhe	11.18 m	11.18 m	11.18 m

Die mögliche Jahresenergieproduktion des Gesamtsystems aller Wasserkraftanlagen für die momentane Situation (Mindestabfluss 80 l/s) und für verschiedene Mindestwasserregelungen ist in Abb. 41 und Abb. 40 dargestellt. Zum einen wurden die Werte auf Basis der Ganglinie des mittleren Jahres 2002 ermittelt (Abb. 40), da die Dauerlinie dieses Jahres sehr dicht an der mittleren Dauerlinie der Jahre 1996-2006 liegt (s. Anhang).

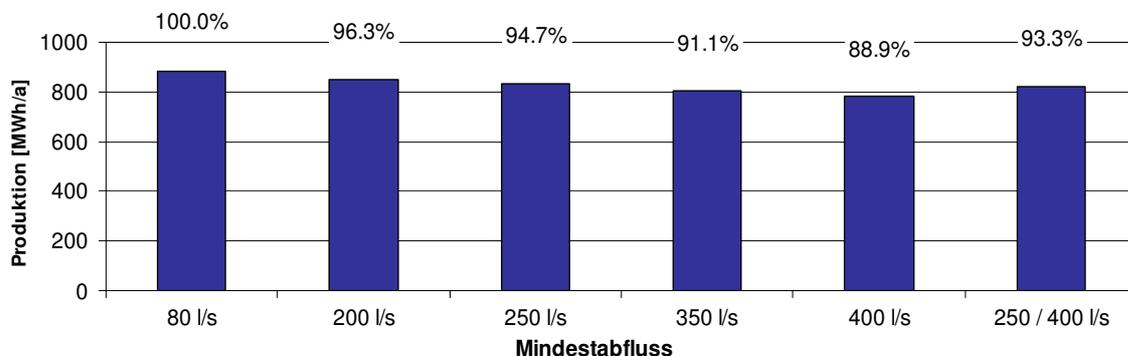


Abb. 40 Energieproduktion des Gesamtsystems der WKA am Acherner Mühlbach, verschiedene Mindestwasserregelungen, auf Basis der Ganglinie 2002 berechnet

Zum anderen wurden die Verluste auch noch auf Basis der Dauerlinie der letzten 10 Jahre 1996 bis 2006 berechnet. Die Einbußen sind in diesem Fall etwas größer. Das liegt vermutlich daran, dass das abflussarme Jahr 2003 mit einer sehr langen Niedrigwasserphase die mittleren Werte nach unten „zieht“. (Bem. Es können bei der Verwendung von Dauerlinien keine gestaffelten Mindestwasserregelungen berechnet werden, da der zeitliche Bezug fehlt.)

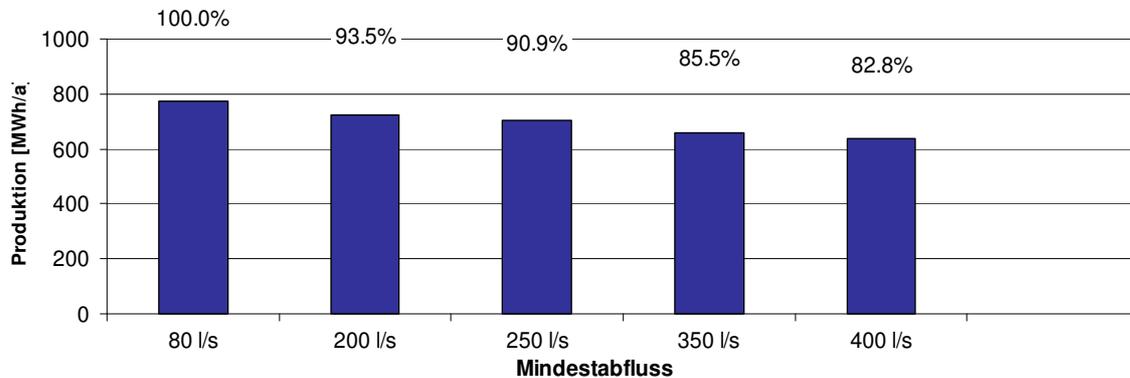


Abb. 41 Energieproduktion des Gesamtsystems der WKA am Acherner Mühlbach, verschiedene Mindestwasserregelungen, auf Basis der mittleren Dauerlinie 1996 bis 2006 berechnet

Danach stellen sich die mittleren Produktionseinbußen im Vergleich zur aktuellen Situation folgendermaßen dar. Bei einer Mindestwasserabgabe von 250 l/s konstant sind im Mittel ca. 9%, bei konstant 400 l/s ca. 17% Verluste zu verzeichnen. Bei der gestaffelten Regelung ergeben sich im Jahr 2002 rund 6,7% Verluste, d.h. im Mittel sind für diese Regelung ca. 11% Verluste zu verzeichnen (hochgerechnet).

7 Zusammenfassende Bewertung

In der vorliegenden Studie wurden die abflussabhängigen Veränderungen der Fischlebensräume in der Ausleitungsstrecke der Acher in Achern untersucht. Dabei wurde das Simulationsmodell CASiMiR verwendet, mit dem Gewässerabschnitte im Computer nachgebildet, Fischhabitate bewertet und die Energieproduktion von Wasserkraftanlagen berechnet werden kann. Die im Folgenden gelisteten Aspekte wurden betrachtet.

- **Gewässercharakteristik (s. Kap. 5.1)**

In allen drei Untersuchungsstrecken werden für die Barbenregion, welcher die Acher von der Referenzfischzönose her am ehesten entspricht, typische Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei folgenden Abflüssen erreicht:

Strecke	Char. Wassertiefen	Char. Fließgeschwindigkeiten
US1	800 l/s	800 l/s
US2	1700 l/s	500 l/s
US3	1500 l/s	350 l/s

- **Durchwanderbarkeit (s. Kap. 5.2)**

In einzelnen pessimalen Querschnitten werden Mindesttiefen von 15 cm für die Bachforelle als notwendig erachtet. Im derzeitigen Zustand werden in den Untersuchungsstrecke die folgenden Mindesttiefen bei den genannten Abflüssen erreicht.

Strecke	Mindesttiefe 15 cm erreicht bei	Mindesttiefe 10 cm erreicht bei
US1	200 l/s	150 l/s
US2	1000 l/s	350 l/s
US3	350 l/s	150 l/s

Durch Umgestaltung der besonders breiten und flachen Streckenabschnitte mit Installation von Störsteinen und Initiierung einer Niedrigwasserrinne könnte die Durchwanderbarkeit auch in der US2 bei geringeren Abflüssen zwischen 350 und 400 l/s (aus Simulationen abgeschätzt) erreicht werden.

- **Fischhabitate, integrierte Betrachtung (s. Kap. 5.3)**

Mit dem Habitatprognosemodell CASiMiR wurde untersucht, wie die Fischlebensräume in der Ausleitungsstrecke ausgeprägt sind und wie sie sich mit dem Abfluss verändern. Hinsichtlich des Habitatangebots sind dabei besonders gewässertypische, strömungsliebende Arten bzw. Entwicklungsstadien maßgebend. In der Acher sind dies die adulte Bachforelle (*Salmo trutta*) und die adulte Barbe (*Barbus barbus*). Es wurden zwei für längere Abschnitte der Ausleitungsstrecke repräsentative Strecken für die Beurteilung herangezogen:

- a) Die US1, stellvertretend für den oberen Teil der Ausleitungsstrecke mit teilweise vorhandenen Gewässerstrukturen.
- b) Die US2, stellvertretend für den breiten und flachen Abschnitt im Stadtbereich Achern.

Die Simulationsergebnisse belegen, dass sich die Lebensräume in den beiden Strecken und für die zwei Zielarten Bachforelle und Barbe deutlich unterscheiden.

Berücksichtigt man das Habitatangebot und akzeptiert eine große Reduktion dieses Angebots um 50% im Vergleich zum Referenzabfluss (s.a. Kap. 2.3.2 und Bsp. in Kap. 5.3),

ergeben sich für die adulte Bachforelle Mindestabflüsse von 300 l/s (US1) bzw. 500 l/s (US2).

Betont man dagegen die Habitateignungen stärker, auch wenn sie in geringem Umfang vorhanden sind, stellen sich für die adulte Bachforelle (*Salmo trutta*) in der US1 bei Abflüssen ab 250 l/s Standorte mit hohen Eignungen ein, in der breiten US2 ab ca. 500 l/s. Wird die US2 strukturell aufgewertet mit einzelnen Gumpen, lokaler Verringerung der Gewässerbreite und Erhöhung der Wassertiefen, sind auch hier bereits ab ca. 250 l/s gute Habitate vorhanden. Jungfische der Bachforelle finden ebenfalls bei 250 l/s (US1) bzw. bereits bei 150 l/s (US2) gute Bedingungen vor.

Für die Barbe stellt sich die Situation anders dar. Ein Referenzabfluss, ab dem sich das Angebot an Lebensräumen nicht mehr stark zunimmt, wird für diese Art im untersuchten Abflussbereich gar nicht erreicht, da der betrachtete Acherabschnitt meistens geringe Wassertiefen aufweist. Die adulte Barbe findet auch erst bei vergleichsweise hohen Abflüssen erste gut geeignete Lebensräume vor. Diese liegen in der US1 bei ca. 1500 l/s, in der US2 sogar bei 1700 l/s.

Die ermittelten unteren Grenzabflüsse und Abflüsse, die sehr gute Standorte garantieren, sind für die verschiedenen Arten und Altersstadien also unterschiedlich und in folgender Tabelle angegeben.

Art	Stadium	Strecke	Grenzabfluss	Sehr gute Standorte	
				Aktuell	Strukturelle Aufwertung
Bachforelle	Adult	US1	300 l/s	250 l/s	Nicht untersucht
		US2	500 l/s	500 l/s	250 l/s
Barbe	Adult	US1	Nicht ermittelbar	ca. 1500 l/s	Nicht untersucht
		US2	Nicht ermittelbar	ca. 1700 l/s	Nicht untersucht

• Energiewirtschaftliche Berechnungen (s. Kap. 6)

Für die energiewirtschaftlichen Berechnungen wurde das Simulationsmodell CASiMiR-WASKRA verwendet, mit dem anhand von Abflussganglinien und Kenndaten der Wasserkraftanlagen die Energieproduktion für verschiedene Randbedingungen ermittelt werden kann. Es wurden vereinfachende Annahmen getroffen.

Derzeit werden in Niedrigwasserphasen ohne Wehrüberlauf 80 l/s durch eine Schützaussparung im Wehr in die Ausleitungsstrecke abgegeben. Auf die Energieproduktion mit dieser Abgabe beziehen sich die Vergleichswerte. Für die Berechnungen wurde zum einen die Ganglinie des Jahres 2002, eines bezüglich der Abflussverhaltens leicht überdurchschnittlichen Jahres, herangezogen. Zum anderen wurde die mittlere Dauerlinie der Jahre 1996 bis 2006 verwendet. Es ergeben sich die folgenden Produktionsverluste:

Mindestwasserabgabe		konstant					gestaffelt
		80 l/s	200 l/s	250 l/s	350 l/s	400 l/s	250 / 400 l/s
Auf Basis der Ganglinie 2002	MWh/a	881	848	834	802	783	823
		100.0%	96.3%	94.7%	91.1%	88.9%	93.5%
Auf Basis der Dauerlinie 96-06	MWh/a	772	722	702	660	639	
		100.0%	93.5%	90.9%	85.5%	82.8%	

Das heißt, wird die Mindestwasserabgabe von derzeit 80 l/s auf 250 l/s erhöht, ergibt sich auf Basis der Dauerlinie ein Produktionsverlust von 881-834 MWh = 47 MWh bzw. 100%–90,9% = 9,1 %, wird eine gestaffelte Regelung gefahren mit 250 l/s und Erhöhung auf 400 l/s während der Laichwanderung und Eientwicklung der Bachforelle zwischen September und

November, ergibt sich auf Basis der Ganglinie 2002 ein Verlust von 6,5 %, d.h. abgeschätzt im Mittel ein in Verlust von ca. 11%.

- **Empfehlung**

Auf Basis der Simulationsergebnisse, ergeben sich mehrere Varianten für Mindestwasserregelungen, mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Vorbedingungen:

Variante 1: Zielsetzung - Der Barbe als einer der Leitfischarten der Referenzzönose sollen gute Lebensräume zur Verfügung gestellt werden.

Dieser Zielsetzung kann nur mit vergleichsweise sehr hohen Abflüssen um **1700 l/s** entsprechen werden, da die Ausleitungsstrecke aufgrund ihre anthropogen veränderten Struktur teilweise sehr breit und flach ist, und die von der Barbe bevorzugten tieferen, durchströmten Bereiche auch natürlicherweise in Niedrigwasserphasen nicht zur Verfügung stehen.

Variante 2: Zielsetzung - Der Bachforelle als häufigster Leitfischart der Referenzzönose sollen gute Lebensräume zur Verfügung gestellt werden.

Das Problem der veränderten Gewässermorphologie macht sich auch bei der Bachforelle bemerkbar. Ohne strukturelle Aufwertungen ist ein Abfluss von **500 l/s** erforderlich.

Variante 3: Zielsetzung - Der Bachforelle als häufigster Leitfischart der Referenzzönose sollen gute Lebensräume zur Verfügung gestellt werden. Es werden lokal strukturelle Aufwertungen vorgenommen.

Werden die breiten und sehr flachen Abschnitte „entschärft“ und das Gewässer durch Strukturelemente wie Störsteine, Gewässereinengungen und lokale Vertiefungen heterogener gestaltet, lassen sich einzelne gute Lebensräume mit einem Abfluss von **250 l/s** erreichen.

Variante 4: Zielsetzung - Der Bachforelle sollen gute Lebensräume zur Verfügung gestellt werden und während ihrer Laichwanderzeit (Okt bis Dez) soll die komplette Durchwanderbarkeit garantiert sein. Es werden lokal strukturelle Aufwertungen vorgenommen.

Einzelne gute Lebensräume werden mit einem Abfluss von **250 l/s** im Verlauf der ganzen (nicht gepflasterten) Ausleitungsstrecke erreicht. Eine Mindesttiefe von 15 cm kann auch in den pessimalen Abschnitten durch lokale Einengung in Kombination mit einer jahreszeitlichen Abflusserhöhung (Okt – Dez) auf ca. **400 l/s** erzielt werden.

Um die Durchwanderbarkeit der Gesamtstrecke herzustellen, sind neben dem Abfluss zahlreiche kleinere Schwellen aufzubrechen und größere Abstürze sowie das Wehr durchgängig zu gestalten.

Unter Berücksichtigung der ökologischen Auswirkungen und nach Betrachtung der Effekte auf die Energieproduktion wird aus Sicht des Gutachters Variante 4 empfohlen.

- **Danksagung**

Abschließend bedanken wir uns bei Herrn Dipl. Biol. J. Ortlepp, Büro Hydra, Öschelbronn, für die Formulierung der Habitatsprüche. Herrn Dr. Stephan Engel, Umweltbeauftragter der Stadt Achern, Herrn Bernd Nies, Vertreter der WKA-Betreiber und Frau Silke Tänzel, LRA Ortenaukreis, danken wir für die freundliche Unterstützung bei den Untersuchungen.

8 Verwendete Literatur

GIESECKE, J., M. SCHNEIDER & K. JORDE (1999): Analysis of Minimum Flow Stretches Based on the Simulation Model CASiMiR, Proceedings 28th IAHR Congress, 22.-27. Aug. 1999, 9 Seiten auf CD-ROM, Graz.

JORDE, K. (1996): Mindestwasserregelungen in Ausleitungsstrecken: Ein Simulationsmodell zur Beurteilung ökologischer u. ökonomischer Auswirkungen. Wasserwirtschaft 86/6, S. 302.

JORDE, K. (1997): Ökologisch begründete, dynamische Mindestwasserregelungen bei Ausleitungskraftwerken, Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, Heft 90, Universität Stuttgart, 155 S.

JORDE, K., M. SCHNEIDER & F. ZÖLLNER (2000): Analysis of Instream Habitat Quality - Preference Functions and Fuzzy Models. Stochastic Hydraulics 2000, Wang & Hu (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 671 - 680.

KAPPUS, B.; S. SILIGATO; J. BÖHMER; W. JANSEN; H. SCHMID (2000): Ermittlung von Fischhabitatpräferenzen als Grundlage einer hydraulisch-morphologischen Simulation zur Habitatprognose in Fließgewässern. - Abschlussbericht im Auftrag des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart, Prof. Dr. H. Rahmann, Institut für Zoologie, Universität Hohenheim.

LIMNOFISCH & WASSERBAU UND UMWELT (1994): Wanderungshindernisse und Laichhabitate – Gewässer 1. Ordnung in der Ortenau. Amt für Wasser- und Bodenschutz Offenburg.

NUJIC, M. (2003): HYDRO_AS-2D – Ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Benutzerhandbuch Version 1.3x

GEWÄSSERDIREKTION SÜDLICHER OBERRHEIN, BEREICH OFFENBURG (1999): Gewässerentwicklungskonzept Acher II. Ordnung mit Seitengewässer.

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

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

SCHNEIDER, M., J. GIESECKE, F. ZÖLLNER & F. KERLE (2001): CASiMiR – Hilfsmittel zur Mindestwasserfestlegung unter Berücksichtigung von Ökologie und Ökonomie, Wasserwirtschaft 91 (2001), H. 10, S. 486 - 490.

9 Anhang

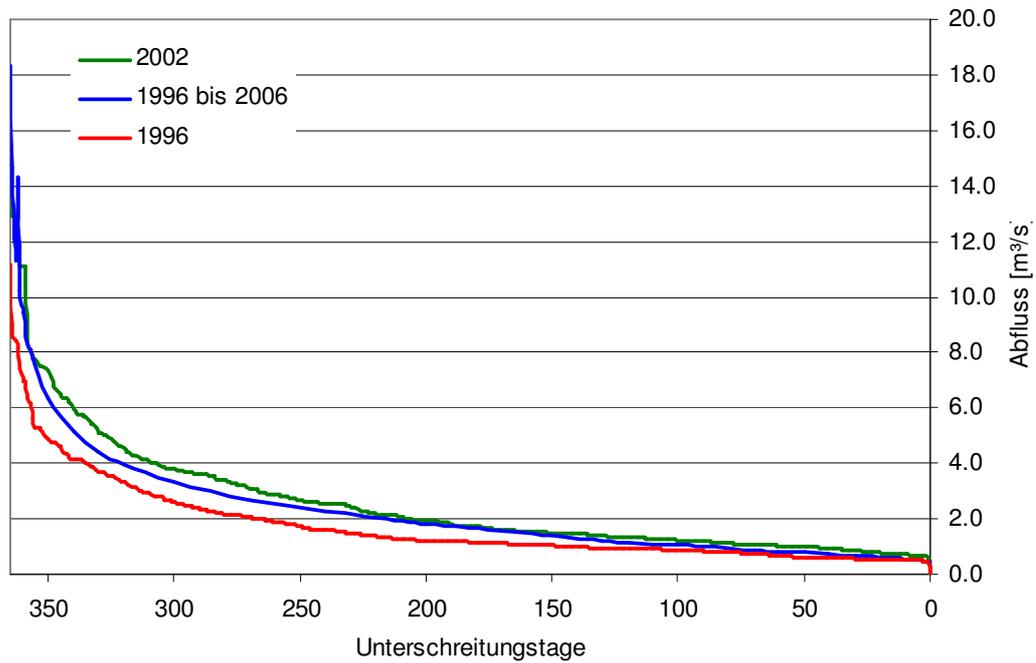


Abb. 42 Vergleich der Dauerlinien am Pegel Kappelrodeck, Acher, Mittel aus 1996 bis 2006, Jahr 1996 und Jahr 2002

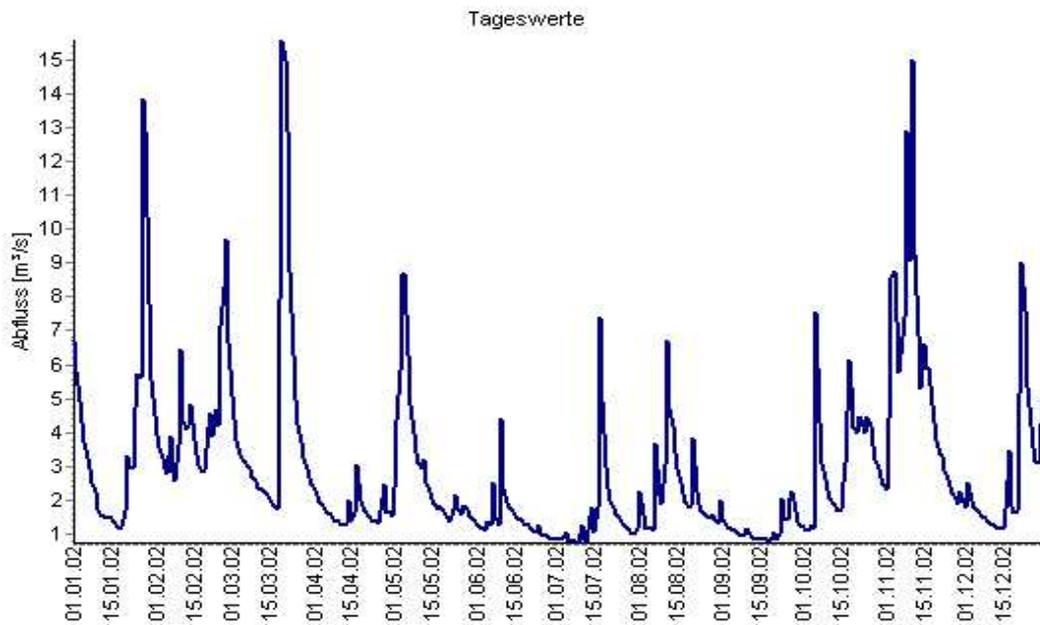


Abb. 43 Abflussganglinie vor der Mühlbachausleitung, Jahr 2002

Tab 13 Aus den Pegeldata Kappelrodeck ermittelte mittlere Dauerlinie aus den Jahren 1996 bis 2006 für die Acher am Ausleitungswehr (Annahme: EZG_Standort = 1,16 * EZG_Pegel)

Unterschreitungstage	m ³ /s
365	18.33
364	14.67
363	11.33
362	14.33
361	10.24
360	9.40
359	8.81
358	8.30
357	8.11
356	7.81
350	6.36
340	5.14
330	4.42
320	3.94
300	3.32
270	2.68
240	2.24
210	1.92
200	1.81
183	1.64
150	1.38
130	1.23
120	1.17
110	1.10
100	1.04
90	0.99
70	0.88
60	0.82
50	0.77
40	0.72
30	0.67
25	0.64
20	0.61
15	0.59
10	0.55
9	0.54
8	0.53
7	0.53
6	0.52
5	0.52
4	0.51
3	0.50
2	0.49
1	0.48
0	0.47

Hauptwerte am Anlagenstandort

MQ = 2.26 m³/s
 MNQ = 0.48 m³/s

Tab 14 Verwendete Regelwerke für die Habitatmodellierung, Bachforelle (*Salmo trutta*)

#[Bachforelle, adult, Rench, Ortlepp] #[fuzzy3]				#[Bachforelle, laichend, Rench, Ortlepp] #[fuzzy3]			
vel	dep	sub	SI	vel	dep	sub	SI
#				#			
H	H	H	H	H	H	H	L
H	H	M	L	H	H	M	L
H	H	L	L	H	H	L	L
H	M	H	H	H	M	H	L
H	M	M	L	H	M	M	M
H	M	L	L	H	M	L	L
H	L	H	L	H	L	H	L
H	L	M	L	H	L	M	H
H	L	L	L	H	L	L	L
M	H	H	H	M	H	H	L
M	H	M	M	M	H	M	L
M	H	L	M	M	H	L	L
M	M	H	VH	M	M	H	L
M	M	M	M	M	M	M	H
M	M	L	M	M	M	L	L
M	L	H	M	M	L	H	L
M	L	M	L	M	L	M	VH
M	L	L	L	M	L	L	L
L	H	H	H	L	H	H	L
L	H	M	M	L	H	M	L
L	H	L	M	L	H	L	L
L	M	H	H	L	M	H	L
L	M	M	L	L	M	M	L
L	M	L	L	L	M	L	L
L	L	H	L	L	L	H	L
L	L	M	L	L	L	M	L
L	L	L	L	L	L	L	L

#[Bachforelle, juvenil, Rench, Ortlepp] #[fuzzy3]				#[Bachforelle, Brut, Rench, Ortlepp] #[fuzzy3]			
vel	dep	sub	SI	vel	dep	sub	SI
#				#			
H	H	H	L	H	H	H	L
H	H	M	L	H	H	M	L
H	H	L	L	H	H	L	L
H	M	H	M	H	M	H	M
H	M	M	L	H	M	M	M
H	M	L	L	H	M	L	L
H	L	H	L	H	L	H	L
H	L	M	L	H	L	M	M
H	L	L	L	H	L	L	L
M	H	H	L	M	H	H	L
M	H	M	L	M	H	M	L
M	H	L	L	M	H	L	L
M	M	H	M	M	M	H	M
M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	L	L	M	M	L	L
M	L	H	M	M	L	H	H
M	L	M	H	M	L	M	VH
M	L	L	L	M	L	L	L
L	H	H	L	L	H	H	L
L	H	M	L	L	H	M	L
L	H	L	L	L	H	L	L
L	M	H	L	L	M	H	L
L	M	M	M	L	M	M	M
L	M	L	L	L	M	L	L
L	L	H	M	L	L	H	L
L	L	M	H	L	L	M	M
L	L	L	L	L	L	L	L

