

# Projekt zur Verbesserung des Reproduktionserfolges der Bachforelle (*Salmo trutta*) im Nationalpark Thayatal

**Bericht:**

**Darstellung von Methoden zur künstlichen Gestaltung von Laichplätzen**



**Auftraggeber:**

Nationalpark Thayatal GmbH

**Auftragnehmer:**

Ingenieurbüro für Landschaftsplanung & Landschaftspflege DI Georg Holzer

Als Mitglied des Fachverbandes vertreten bei



Wien, März 2010



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Die Entstehung von natürlichen Kiesbänken in naturnahen Gewässern – ein dynamischer Prozess.....	3
3	Ursachen der Laichplatzdegradierung.....	5
4	Ansprüche von kieslaichenden Fischen.....	6
5	Die Bachforelle – ein typischer Vertreter der Interstitiallaicher (aus Pulg 2008) .....	6
5.1	Ontogenese.....	6
5.2	Habitatanforderungen.....	7
5.2.1	Laichhabitanforderungen.....	8
6	Schaffung von künstlichen Bachforellen-Laichplätzen.....	13
6.1	Lage des Laichplatzes .....	13
6.2	Sohlform und Struktur .....	15
6.3	Strömung und Wassertiefe .....	16
6.4	Substratqualität .....	16
6.5	Zeitpunkt des Bachforellen-Laichplatzbaus.....	17
7	Pflege und Entwicklung von Laichplätzen .....	17
8	Was geschieht mit dem Kies auf lange Sicht? .....	18
9	Mögliche Bereiche für die Schaffung von künstlichen Laichplätzen im Nationalpark Thayatal .....	20
10	Ausgewählte Bereiche für die Schaffung von künstlichen Laichplätzen (Probeanlagen) .....	21
10.1	Künstlicher Laichplatz 1 .....	22
10.2	Künstlicher Laichplatz 2.....	23
11	Literatur .....	24

# 1 Einleitung

Die Thaya im Nationalpark Thayatal stellt einen Sonderfall in Österreichs Flusslandschaften dar. Historisch gesehen ist dieser Abschnitt ein stark mäandrierender Fluss der Barbenregion.

Der Bau des Kraftwerkes Frain im Jahre 1936 veränderte allerdings diesen Abschnitt grundlegend. Durch das tägliche Ablassen von Tiefenwasser aus dem Staubereich kam es zu einer Temperaturregimeveränderung und damit zu einer Fischregionsverschiebung. Seit diesem anthropogenen Eingriff kann man diesen Abschnitt als meta- bis hyporhithrales Fließgewässer mit Schwalleinfluss bezeichnen.

Neben dieser oben beschriebenen Problematik kommen auch alle negativen Einflüsse eines großen Kraftwerkes zu tragen. Die fehlende Hochwasserdynamik, der Geschieberückhalt im Staubereich sowie die Flusseintiefung flussab des Kraftwerkes führt unter anderem zum Verlust der wichtigen Laichhabitats von Fischen.

Die im Zuge des Projektes „Verbesserung des Reproduktionserfolges der Bachforelle (*Salmo trutta*) im Nationalpark Thayatal“ durchgeführte Lebensraum-Kartierung zeigte, dass die Gewässersohle an vielen Bereichen starke Kolmatierungserscheinungen aufweist und daher intakte Laichareale Mangelware sind.

Daher wurden im Untersuchungsgebiet ca. 30 Bereiche ausgewählt, an denen die Schaffung von künstlichen Laichplätzen, durch das Aufbrechen der stark kolmatierten Gewässersohle oder durch das Einbringen von Flussschotter eine Habitatverbesserung darstellt.

Im Jahr 2010 sollen zwei künstliche Laichplätze im Untersuchungsgebiet angelegt werden und hinsichtlich der Reproduktionsmöglichkeiten untersucht werden.

Im folgenden Bericht werden die Methoden zur künstlichen Gestaltung von Laicharealen dargestellt.

## 2 Die Entstehung von natürlichen Kiesbänken in naturnahen Gewässern – ein dynamischer Prozess

Eine Schotterbank entsteht durch Ablagerung von Geschiebe. In den meisten natürlichen Fließgewässern sind der Geschiebetransport und die Umlagerung des Geschiebes die Ursache der Schotterbankentstehung [vgl. JUNGWIRTH et al. (2003), PATT et al. (2004)].

Transport und Umlagerung von Geschiebe finden vor allem bei Hochwasser statt. Während des Hochwassers ist das Wasser oft trüb und die Schwebstoffkonzentration ist hoch. Solange der Flussschotter in Bewegung ist, sammeln sich keine Feinsedimente im Interstitial an, da noch kein stabiles Kieslückensystem ausgebildet ist. Sinkt das Wasser, bleibt die frisch entstandene oder frisch umgelagerte Schotterbank zurück. Im Kieslückensystem solcher Bänke findet sich daher wenig Feinsediment.

Ist die Umlagerung oder Neubildung abgeschlossen, setzt eine Phase der Stabilität ein. Nun sind die Lage des Flussschotter und damit das Kieslückensystem beständig. Flusswasser kann ungehindert in das Kieslückensystem eindringen. Der Sauerstoffgehalt in der Schotterbank ist eng an den Sauerstoffgehalt im Flusswasser gebunden. Anfangs sind beide Werte fast ident. Abgelegte Fischeier finden eine gute Frischwasserversorgung vor. Das Wasser wird jedoch im Kieslückensystem abgebremst (vgl. SCHWOERBEL 1997, RUBIN 2004), darin enthaltene Schwebstoffe werden nach und nach abgelagert. Sie sammeln sich im Laufe der Zeit an. Das Lückensystem verstopft zusehend (Kolmatierung), der Wasseraustausch wird geringer. Der Sauerstoffgehalt im Kieslückensystem sinkt aufgrund von Abbauprozessen und wird immer langsamer durch Flusswasser aufgefrischt. Besonders hoch ist die Sauerstoffzehrung, wenn der Anteil organischen Materials im Sediment groß ist. Die Dauer bis zum Absinken des Sauerstoffgehalts unter einen bestimmten Grenzwert hängt u.a. von der Schwebstoffkonzentration ab. Je höher die Schwebstoffkonzentration ist, desto schneller kann das Kieslückensystem verstopfen. Wenn Kiesbänke längere Zeit nicht umgelagert werden, treten Verfestigungen auf. Sie können so fest werden, dass die Kiesbänke auch bei Hochwasser nicht mehr mobilisiert werden. Verfestigungen entstehen einerseits durch die Verstopfung und Verdichtung der Kieslücken und andererseits durch mikrobiologische Prozesse. Cyanobakterien können beispielsweise durch Kalkausfällung Kieselsteine mit einer Kalkschicht überdecken. Diese sogenannte Onkoidbildung kann regelrecht zu einer Verfestigung der Gewässersohle führen (PERSOH 1998).

Sonderfälle sind Kiesbänke, die von Grundwasser durchströmt werden. Sie können je nach Qualität des Grundwassers langfristig ohne Umlagerung unverschlammt bleiben (WATERS 1995).

Stabile Kieslaichplätze, die von Flusswasser durchströmt werden, sind, so betrachtet, einem ständigen Degradierungsprozess unterworfen. Über eine gewisse Zeitspanne bietet die Schotterbank Bedingungen für eine erfolgreiche Fortpflanzung der Kieslaicher. Je nach Wasserqualität kann diese Funktionsphase einige Monate oder viele Jahre dauern.

In der Phase der Degradierung kann die Schotterbank erneut in Bewegung geraten (z.B. Hochwasser).

Die Schotterbank wird umgelagert, Feinsedimente werden ausgewaschen. Es entstehen wieder funktionsfähige Kieslaichplätze (siehe Abb. 1).

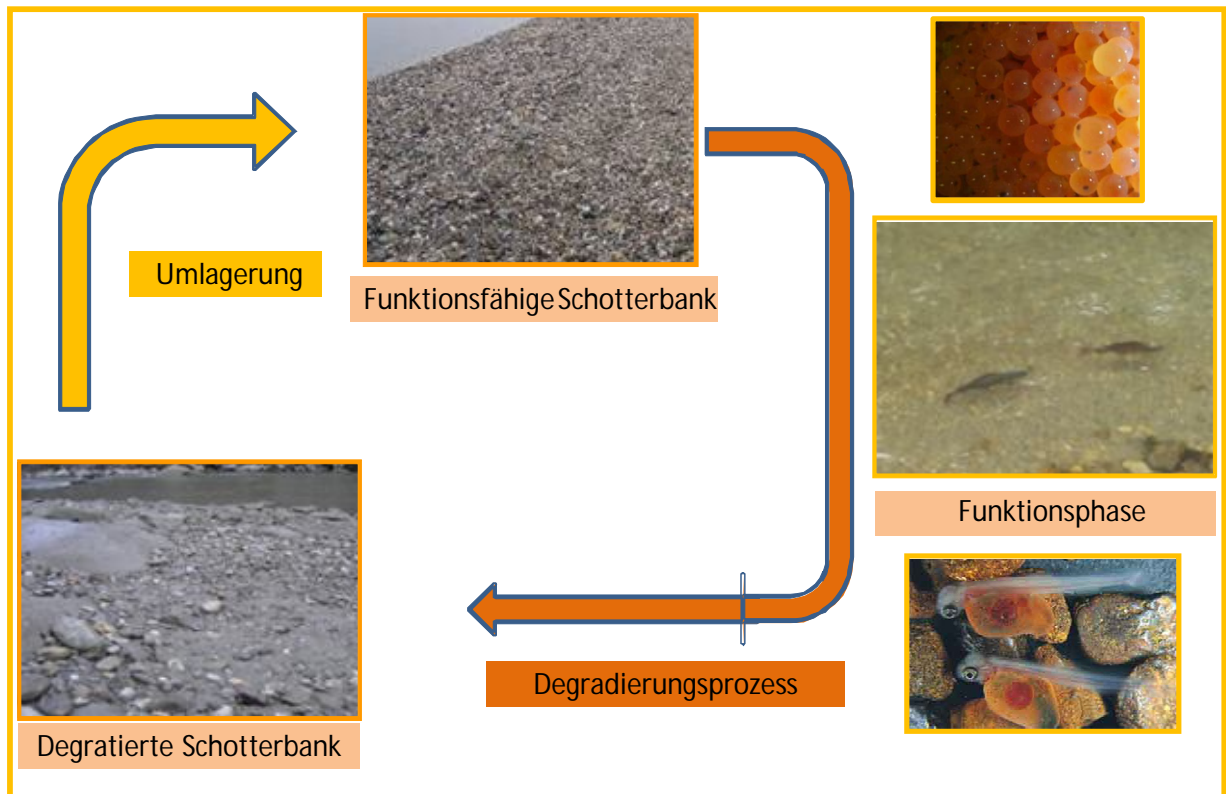


Abb. 1: Schematische Darstellung der Entstehung und Degradierung einer Schotterbank. Kiesbänke befinden sich dort, wo die hydraulischen und geologischen Voraussetzungen gegeben sind. Der Schwebstoffgehalt beeinflusst nicht die Entstehung, aber die Dauer der Funktionsfähigkeit als Laichplatz.

### 3 Ursachen der Laichplatzdegradierung

In Österreich ist die Hauptursache für die Degradierung von Kieslaichplätzen in der massiven Gewässerregulierung zu sehen. Flussauf der zahlreichen Wasserkraftwerke und Wehren wird der Flussschotter abgelagert und ein natürlicher Kiestransport flussab der Staumauern wird verhindert. Flussab der Kontinuumsunterbrechungen kommt es zu einer Gewässereintiefung und die bestehenden Schotterflächen werden abgetragen. Neue Kiesflächen können aufgrund der fehlenden Schottermassen nicht mehr entstehen.

In den Staubereichen, die heute große Teile der Flüsse und Bäche ausmachen, werden sämtliche Kiesbänke, aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten, mit Feinsediment überlagert und gehen somit für kieslaichenden Fische verloren.

Die zahlreichen Sohlschwellen und Uferverbauungen vermindern zudem die Gewässerbettodynamik und verhindern die wichtigen Umlagerungen sowie Kieszufuhr aus den Uferbereichen (Seitenerosion).

Ein weiteres großes Problem stellt die Landwirtschaft dar. Hohe Schwebstoffeinträge aus erosionsanfälligen Formen der Landnutzung (z.B. offene Ackerkrumme, Maisanbau) sorgen

dafür, dass viele Kiesbänke rasch verschlammen. Dies führt zu einer starken Kolmatierung der Gewässersohle und zu einer kürzeren Funktionsfähigkeit von Laicharealen.

## 4 Ansprüche von kieslaichenden Fischen

Kieslaicher werden in zwei Gruppen unterteilt (vgl. Abb. 2). Vertreter der Interstitiallaicher (Äsche, Bachforelle, Huchen u.a.) schlagen Laichgruben und vergraben ihre Eier im Kies. Die Eier entwickeln sich im Kieslückensystem (Interstitial) und brauchen dort eine ausreichende Frischwasser- und Sauerstoffversorgung. Die Interstitiallaicher stellen besonders hohe Ansprüche an das Sediment. Es muss locker, unverschlammt, gut durchströmt und während der Entwicklungszeit der Eier stabil sein.

Die Substratlaicher laichen oft in kleinen Gruppen und legen ihre Eier oberflächlich auf geeignete Schotterflächen. Damit die abgelegten Eier am Flussschotter haften und nicht weggespült werden, sind die Eier mit einer Art Kleber versehen (z.B. Barbe, Nase). Zu ihnen zählen die vielen strömungsliebenden Karpfenartigen wie Aitel, Barbe, Nase oder Nerfling.

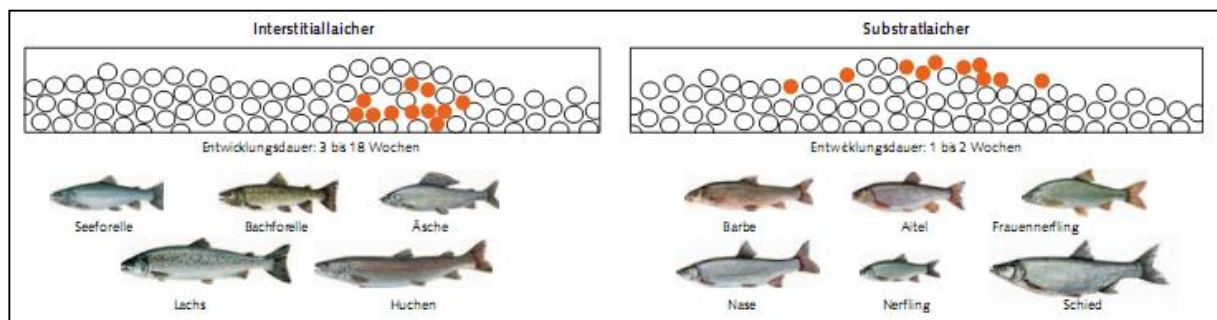


Abb. 2: Die Interstitiallaicher versus Substratlaichern (aus Pulg 2007)

Die Ansprüche der Substratlaicher an den Laichplatz sind etwas geringer als die der Interstitiallaicher. Substratlaicher kommen auch mit leicht verfestigtem Kies und etwas größeren Steinen zurecht.

## 5 Die Bachforelle – ein typischer Vertreter der Interstitiallaicher (aus Pulg 2008)

### 5.1 Ontogenese

Forellen laichen im Spätherbst und Winter auf strömungsreichen Kiesbänken in einem Fließgewässer. Populationen, die an kiesigen Stellen in Seen laichen, sind bekannt, stellen aber die Ausnahme dar (BRABRAND et al. 2002, KLEIVEN et al. 2004). Im Fluss schlagen Forellenrogner bis zu 30 cm tiefe Laichgruben auf Kiesbänken (CRISP et al. 1989, GROST

et al. 1991, ELLIOT 1994, PETHON 1998, BARLAUP et al. 2008). Milchner kämpfen um Weibchen und Laichplätze. Die Paarung findet über den Laichgruben statt. Die Fische nähern sich einander bis sie eng aneinander über der Laichgrube schwimmen. Unter Zittern werden Eier und Sperma ins Wasser abgegeben. Die Eier befinden sich kurz in einer Wolke aus Sperma, werden befruchtet und landen auf dem frisch gelockerten Kies der Laichgrube. Dort rieseln sie in das Kieslückensystem und werden durch weiteres Schlagen des Weibchens von zusätzlichem Kies bedeckt (GROST et al. 1991, BARLAUP et al. 1994). Im Kies entwickeln sich die Eier bis zum nächsten Frühjahr. Sie sind auf eine ausreichende Frischwasserversorgung während der Inkubationszeit angewiesen (RUBIN et al. 1996, NIEPAGENKEMPER 2003A, GREIG et al. 2005A). Je nach Wassertemperatur vergehen 1,5 - 5 Monate bis zum Schlupf (408 Tagesgrade nach ELLIOT 1994). Die frisch geschlüpften Forellen (Larven, Dottersackbrut) besitzen einen Dottersack, aus dem sie sich ernähren. Die Dottersackbrütlinge sind mobil und lichtscheu. Sie suchen im Interstitial gezielt Bereiche mit günstigen Verhältnisse auf (GEIGER & ROTH 1962). ELLIOT (1994) zeigte durch Beobachtungen von 26 Jahrgängen der Forelle in einem englischen Gewässersystem, dass die Mortalität der Dottersacklarven relativ gering ist. Phasen mit hoher Sterblichkeit treten erst wieder nach dem Verlassen des Sediments (Emergenz) auf, wenn die Fische um Nahrung und Raum konkurrieren. Nach drei bis sechs Wochen ist der Dottersack aufgezehrt. Die Fische verlassen das Sediment und beginnen ein Leben im Fluss (ELLIOT 1994, JUNGWIRTH et al. 2003). Die jungen Forellen ernähren sich von Wasserinsekten, Wirbellosen und Kleinkrebsen und bevorzugen kiesige flache Fließstrecken mit reichlichen Versteckmöglichkeiten (Totholz, Steine, Wurzeln, Pflanzen, KLEMETSEN et al. 2003, ARMSTRONG et al. 2003). Juvenile und stationäre Forellen zeigen ein Territorialverhalten. Mit etwa 10-15 cm Länge wandern See- und Meerforellen flussabwärts. Im See und im Meer ernähren sie sich zunächst weiter von Wirbellosen, werden aber mit fortschreitendem Wachstum und höherem Energiebedarf zunehmend piscivor (fischfressend). Bachforellen bleiben im Fließgewässer und ernähren sich dort ebenfalls von Wirbellosen und Fischen. Die Bachforellen können ebenfalls Wanderungen zu besseren Nahrungsgründen vornehmen (KLEMETSEN et al. 2003).

Von Sommer bis Herbst wandern geschlechtsreife Fische zurück an die Laichplätze, um sich dort je nach Gewässer und Population von Oktober bis Januar fortzupflanzen. Zum Laichen selbst braucht ein Weibchen nur wenige Tage. Bachforellen können nach drei Jahren bei einer Länge von 15 cm bis 25 cm geschlechtsreif werden. See- und Meerforellen werden oft erst mit einer größeren Körpergröße geschlechtsreif. Sie sind dann zwischen 40 und 60 cm lang. Ähnlich wie bei anderen Salmoniden gibt es frühreife Forellenmännchen, die an den Laichplätzen verweilen und sich bereits bei Längen von unter 15 cm fortpflanzen können.

Sie werden zwar in der Laichzeit von den aggressiven großen Männchen vertrieben oder gar getötet, einige schaffen es jedoch, sich nicht zuletzt dank ihrer geringen Größe beim Paarungsakt in das Geschehen einzumischen und einige Eier zu befruchten (ELLIOT 1994).

## 5.2 Habitatanforderungen

Zu den wichtigsten Anforderungen der Forelle an ihre Umwelt zählen hohe Sauerstoffkonzentrationen des Wassers (> 5-8 mg/l) und sommerkühle Wassertemperaturen (möglichst unter 25°C). Juvenile Forellen bevorzugen flache, strömungsreiche

Fließgewässer mit einer hohen morphologischen Vielfalt (Steine, Totholz, Pflanzen) im Rithral und Krenal. Adulte Bachforellen bleiben im Fließgewässer und bevorzugen tiefere Bereiche als Aufenthaltsort, zum Beispiel Kolke. Sie wandern innerhalb des Fließgewässersystems zu geeigneten Aufenthaltsorten. Die anderen Formen der Art wandern in einen See oder ein Meer, wo sie in der Regel reichere Nahrungsgründe vorfinden. Sowohl im Salz- auch im Süßwasser bevorzugen Forellen kühle Temperaturen (unter 19°C) und sauerstoffreiches Wasser. Kühlt Salzwasser unter 3°C ab, wird es für die wechselwarmen Tiere schwierig ihre Salzausscheidung aufrecht zu halten. Sie suchen dann Brack- oder Süßwasserbereiche auf. Die Laichplatzanforderungen der Forelle werden im Folgenden detailliert beschrieben. Näheres zu den sonstigen Habitatanforderungen der Forelle ist ausführlich in ELLIOT (1994), KLEMETSEN et al. 2003, JUNGWIRTH et al. (2003), ARMSTRONG et al. (2003) und HARRIS et al. (2007) nachzulesen.

### 5.2.1 *Laichhabitananforderungen*

Im Folgenden werden die Anforderungen der Forelle an ihren Laichplatz behandelt. Es wird davon ausgegangen, dass die sonstigen Habitatanforderungen der Bachforelle jeweils gegeben sind, d. h. dass emergierte Fische (Brut, juvenile und adulte) geeignete Umweltbedingungen vorfinden. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie bestimmte Gewässerbereiche geschaffen sein müssen, damit sich Forellen dort fortpflanzen können. Zum Laichen brauchen Forellen lockeres Kiessediment und eine Wasserströmung, damit sie ihre Laichgruben schlagen können. Sind die Eier im Kies vergraben, sollte die Kiesbank bis zur Emergenz möglichst stabil sein, denn wenn der Kies mit den Eiern weggeschwemmt wird, sterben die Eier. Sie sind lichtempfindlich und einen Tag nach der Befruchtung bis zum Augenpunktstadium bewegungsempfindlich (4 bis 8 Wochen lang). CRISP et al. (1989), RUBIN et al. 1996, KONDOLF 2000, CARLING et al. (2002) u. a. zeigten, dass (bei gegebener Stabilität der Kiesbank) die Frischwasserversorgung die entscheidende Größe ist, die das Überleben der Eier beeinflusst. Frischwasser versorgt die Eier mit Sauerstoff und führt Stoffwechselprodukte ab. Eine permeable stabile Kiesbank mit ausreichender Frischwasserversorgung ist die Grundvoraussetzung, die der Inkubationsort im Freiland bieten muss, damit Eier überhaupt bis zum Schlupf überleben können (notwendige Bedingung). Die letztendliche Überlebensrate der Eier kann von weiteren Größen (hinreichende Bedingungen) abhängen. Dazu zählen Prädation oder die Infektion mit Parasiten.

Die Funktionsfähigkeit eines Forellenlaichplatzes im Freiland lässt sich durch die Betrachtung des Zusammenwirkens verschiedener Größen beurteilen (RUBIN et al. 1996, INGENDAHL 1999, KONDOLF 2000). Dabei wird eine prinzipielle Unterscheidung von Stufen notwendig, die bei der Fortpflanzung der Forelle nacheinander stattfinden (vgl. KONDOLF 2000).

## **1. Stufe: Laichen**

Eine Stelle im Fluss wird von adulten Fischen zum Laichen ausgewählt. Die Fische paaren sich, das Weibchen vergräbt dabei die Eier in einer Laichgrube.

Voraussetzungen sind:

- lockerer Kies in der passenden Korngröße, damit der Nestbau (Schlagen der Gruben) möglich ist
- ausreichende Wasserströmung, die den Nestbau sowie eine Befruchtung und das Eingraben der Eier ermöglicht (außerdem ruft die Wasserströmung später eine Durchströmung der Kiesbank und damit eine Frischwasserversorgung der Eier hervor, siehe Stufe 2)
- ausreichende Wassertiefe, in die adulte Tiere vordringen können

## **2. Stufe: Inkubation**

Die Eier entwickeln sich im Sediment bis zum Schlupf. Dann entwickelt sich die Brut im Sediment weiter und ernährt sich von ihrem Dottersack. Während der Inkubationszeit (1,5 bis 5 Monate) brauchen Eier und Dottersackbrut ausreichende Umweltbedingungen im Interstitial.

Voraussetzungen:

- ausreichende Versorgung mit sauerstoffreichem Frischwasser
- Stabilität der Kiesbank

## **3. Stufe: Emergenz**

Die Brütlinge verlassen das Sediment und müssen dazu durch die Kieslücken aufsteigen können.

Voraussetzungen:

- ausreichend große Lücken im Sediment zum Aufsteigen

### **5.2.1.1 Laichen**

Kiesbänke, die von Forellen zum Laichen gewählt werden, sind durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet (INGENDAHL 1999, RUBIN et al.1996 & 1998, JUNGWIRTH et al. 2003): Die maximale Korngröße wird von der physischen Fähigkeit der Fische begrenzt, große und schwere Steine beim Laichgrubenschlagen noch bewegen zu können. Kondolf (1999) stellte fest, dass die maximale durchschnittliche Korngröße nicht größer sein sollte als etwa 10 % der Körperlänge der laichenden Weibchen.

Die obere Grenze der Korngröße eines noch belaidbaren Substrats hängt daher von der Größe der Laichtiere ab.

Verschiedene Prozesse im Sediment können dazu führen, dass sich die Kiessohle verfestigt (Ingendahl 1999). Genannt sei beispielsweise die verbreitete Form der Onkoidbildung, bei der Cyanobakterien für schichtweise wachsende Kalkablagerungen auf den Kieselsteinen sorgen (PERSOH 1990). Diese Kalkschichten können bei stabiler Lage der Kieselsteine miteinander verwachsen und sehr feste, felsartige Deckschichten bilden. In solche Schichten können Salmoniden keine Laichgruben schlagen. Am besten zum Grubenschlagen geeignet ist lockerer Kies, der von den Fischen bewegt werden kann (vgl. INGENDAHL 1999, SCHÄLCHLI 1995).

Die Fließgeschwindigkeit liegt an Forellenlaichplätzen laut Walker et al. (2007) im Mittel bei 0,5 m/s (0,18 – 0,83 m/s, n = 43). Nach einer Literaturübersicht in Jungwirth et al. (2003) liegen Forellenlaichplätze in Bereichen mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,3 und 0,5 m/s. Ingendahl et al. (2001) messen an Forellenlaichplätzen durchschnittliche Fließgeschwindigkeiten von 0,43 m/s.

Die letztgenannten Autoren (1995) finden an den von ihnen untersuchten Forellenlaichplätzen durchschnittliche Tiefen von 0,46 m. Jungwirth et al. (2003) geben in der Literaturübersicht Wassertiefen von 10 bis 50 cm über Bachforellenlaichplätzen an. Walker et al. (2007) beschreibt Laichgruben in Bereichen mit Tiefen zwischen 0,08 und 0,51 m mit einem Mittel von 0,24 m. Stellen mit diesen Eigenschaften weisen zudem eine charakteristische Gewässermorphologie auf, die von Forellen bevorzugt zum Laichen aufgesucht zu werden scheint. Die genannten Autoren sind mit Rubin et al. (1995) der Auffassung, dass Forellen zum Laichen Erhebungen im Flussgrund aufsuchen („Rauschen, Furten, Riffles“). Diese bestehen in vielen Fällen aus Kiesbänken. Außerdem herrschen an solchen Stellen in der Regel die erforderlichen hydraulischen Bedingungen.

#### 5.2.1.2 Inkubation

Die Eier der Forellen werden beim Laichen im Sediment vergraben. Sie bleiben in Sedimenttiefen bis 18 cm liegen ((ELLIOT 1994, bei Längen der Rogner bis 60 cm). Sedimenttiefen bis 30 cm kommen bei Rognergrößen über 70 cm vor (PETHON 1998, INGENDAHL 1999).

Die Eier benötigen während der Entwicklungszeit (Inkubationszeit) eine ausreichende Versorgung mit Frischwasser, welches vor allem der Zufuhr von Sauerstoff und dem Abtransport von Stoffwechselprodukten dient (ELLIOT 1994, KONDOLF ET AL 1999, CRISP et al. 1989). Das heißt, das Sediment muss ausreichend mit Wasser durchströmt sein, um ein Überleben der Eier zu sichern.

Auf die Frischwasserversorgung der Eier kann von der Interstitialsauerstoffkonzentration und der Substratzusammensetzung (Feinsedimentanteil und durchschnittliche Korngröße) geschlossen werden (RUBIN et al. 1996 & 1998, KONDOLF 2000). Als Bewertungsgrundlage wird üblicherweise die Schlupfrate herangezogen, die bei einer jeweiligen Sauerstoffkonzentration und Substratqualität erreicht wurde.

Der Interstitialsauerstoffbedarf von Salmonideneiern liegt während der Entwicklung nach KONDOLF ET AL. (1999) zwischen 2 und 8 mg/l. Laut NIEPAGENKEMPER et al. (2003) ist eine Sauerstoffkonzentration von durchschnittlich mehr als 5 mg/l ausreichend. RUBIN et al. (1996) betrachten 10 mg/l als Untergrenze. In der Zusammenstellung der Arbeiten von TURNPENNY & WILLIAMS (1980) und DAVIES (1975), beide in JUNGWIRTH et al. (2003), wird die Grenze des Sauerstoffbedarfs für Regenbogenforelleneier zwischen 6 und 8 mg/l gezogen.

Nach RUBIN et al. (1996) und INGENDAHL (1999) liegen die Ursachen für die unterschiedlichen Festlegungen der Grenzwerte im verschiedenen Sauerstoffbedarf der Eier bei Unterschieden in Entwicklungsstadium, Größe, Karotingehalt und Blutgefäßdichte der Embryonen. Dazu kommen Unterschiede bei verschiedenen Umweltbedingungen, z. B. der Temperatur des Umgebungswassers. Die wichtigste Ursache für die Unterschiedlichkeit der Grenzwerte ist jedoch, dass bei deren Festlegung verschiedene Bewertungskriterien (meist implizit) angewandt wurden. So gelten für KONDOLF et al. (1999) und INGENDAHL (1999) diejenigen Werte als ausreichend, bei denen Schlupfraten von mindestens 50 % auftreten. RUBIN et al. (1996) hingegen betrachten lediglich die Umweltbedingungen bei Schlupfraten nahe 100 %. Andere Autoren wie NIEPAGENKEMPER et al. (2003) betrachten es bereits als ausreichend, wenn überhaupt Fische schlüpfen.

Forellen schlagen, wie oben erläutert, beim Laichen Vertiefungen (Laichgruben) in Kiessedimente. Die Eier kommen dabei im Kieshaufen zu liegen, der sich am stromabwärts gelegenen Ende der Laichgrube bildet. Die Eier sind von Kies umgeben, durch den sie mit Frischwasser versorgt werden müssen. Verstopft dieser Kies, wird eine Versorgung der Eier mit Frischwasser verhindert, sie sterben ab (WATERS 1995, RUBIN ET AL. 1996, KONDOLF 1999, INGENDAHL 1999, GREIG et al. 2005 A). Entscheidend für diesen Prozess ist die Korngrößenzusammensetzung des Sediments. GREIG et al. (2005 B) zeigten, dass eine bestimmte Feinsedimentfraktion (zwischen 0,5 und 31  $\mu\text{m}$ ) die Poren von Lachseiern verstopfen kann, was zum Tod der Eier führt. Bei Forellen wurde dieses Phänomen nicht beschrieben, kann aber nicht ausgeschlossen werden. Die Mehrheit der Autoren ist jedoch der Auffassung, dass Verstopfungseffekte des Interstitials weitaus häufiger vorkommen und im Freiland relevant sind (vgl. dazu WALKER 2007).

RUBIN et al. (1996) zeigten, dass die Permeabilität des Kiesel für Wasser und damit die Sauerstoffversorgung der Eier eng an die durchschnittliche Korngröße ( $D_g$ ) gebunden ist. Lag sie über 15 mm, so waren durchweg Interstitialsauerstoffwerte zu messen, die der  $\text{O}_2$ -Konzentration im Flusswasser entsprachen. Die Schlupfraten bei *Salmo trutta* lagen bei über 90 %. Niedrigere Korngrößen führten zu kleineren Kieszweischenräumen und damit zu einer geringeren Permeabilität. Bei einem  $D_g$ -Wert von kleiner oder gleich 5 mm wurden Permeabilitätswerte von weniger als 2000 cm/h erreicht, was für die Eier tödlich war. RUBIN et al. (1996) zogen einen Grenzwert bei  $D_g = 15$  mm. Mit diesem Wert waren Schlupfraten über 90 % zu messen. Ihre Daten und Rubins späteren Untersuchungen (RUBIN 1998) legen allerdings nahe, dass diese Grenze keineswegs eindeutig gezogen werden kann. Vielmehr gingen die Überlebensraten zwischen einem  $D_g$  von 15 und 5 mm langsam zurück. Bereits ab  $D_g > 5$  mm konnten einzelne geschlüpfte Individuen nachgewiesen werden. Ab durchschnittlichen Korngrößen  $> 10$  mm wurden regelmäßig Schlupfraten über 50 % gemessen.

Der Anteil des Feinsediments wirkt sich auf die Schlupfrate aus, weil Feinsedimente im Interstitial einer Kiesbank die Durchströmung des Kieslückensystems mindern und daher das

Überleben der Eier einschränken. KONDOLF et al. (1999) legen dar, dass die durchschnittliche Korngröße allein keine ausreichende Aussagekraft im Hinblick auf die Bestimmung der Durchlässigkeit des Sediments habe, weil bei extrem heterogener Verteilung hohe Dg-Werte mit wenigen groben Steinen einhergehen können, deren Kieslückensystem mit viel Feinsediment verstopft ist. Entscheidend für eine sinnvolle Beurteilung sei daher zusätzlich die Kenntnis des Anteils an Feinsediment, welches die Lücken verstopft. Die Autoren nennen in einer Literaturübersicht einen Feinsedimentanteil von 12 % bis 14 % als Grenzbereich, bei dessen Überschreitung die Schlupfrate von Salmonideneiern auf unter 50 % sinkt. Bei einem Feinanteil von mehr als 20 % betrug die Schlupfrate 0. Flusswasser enthält Schwebstoffe, die sich beim Durchströmen des Kieslückensystems in den Kieszwischenräumen ablagern. Der Feinsedimentanteil in einer Kiesbank nimmt in Stabilitätsphasen der Bank zu und bei Umlagerungen der gesamten Kiesbank ab. Neben der Verringerung der Sauerstoffkonzentration durch den Verstopfungseffekt kann das Feinsediment selbst sauerstoffzehrend wirken, insbesondere dann, wenn es einen hohen Anteil an organischer Masse enthält, die im Interstitial zersetzt wird. Auch der Aufwuchs auf Kieselsteinen kann sauerstoffzehrend wirken (INGENDAHL 1999). Sedimente können eine hohe durchschnittliche Korngröße und einen hohen Feinsedimentanteil haben (s. o.), ebenso einen niedrigeren Dg-Wert aber hohe Sauerstoffkonzentrationen. Ebenso sind grobkörnige permeable Sedimente mit wenig Feinsediment aber niedriger Sauerstoffkonzentration vorstellbar, weil Sauerstoffzehrung oder sauerstoffarmes Grund- und Flusswasser vorkommen. Für die Beurteilung der Inkubationsbedingungen reicht daher die Betrachtung einer der drei Größen nicht aus.

### 5.2.1.3 Emergenz

RUBIN (1998) und KONDOLF et al. (1999) zeigten, dass es Sedimentzusammensetzungen geben kann, die zwar ein erfolgreiches Laichen und eine hohe Schlupfrate zulassen, jedoch keine ausreichend große Lücken bieten, die das Aufsteigen der Brut ermöglichen (Emergenz). In den Versuchen konnte Feinsediment von den Brütlingen bewegt werden. Größere Körner bis 6,3 mm verstopften die Lücken und waren zu schwer, um von den Brütlingen verschoben zu werden. KONDOLF et al. (1999) geben an, dass eine Emergenz von über 50 % der geschlüpften Individuen nur dann festgestellt wurde, wenn der Anteil der Körner zwischen 1 mm und 6,3 mm Durchmesser kleiner als 30 % war. Eine weitere Grenze, ab der überhaupt keine Emergenz stattfinden konnte, ließ sich im Freiland nicht finden (vgl. INGENDAHL 1999). Einzelne Brütlinge fanden immer einen Weg aus den heterogenen Substraten eines Flusses.

KONDOLF et al. (1999) hatten den unteren Korndurchmesser von 0,85 mm auf 1 mm aufgerundet. Die Angaben lassen sich daher auf 0,85 mm als Untergrenze ausdehnen. RUBIN (1998) stellte im Laborversuch fest, dass die Emergenz bei einem durchschnittlichen Korndurchmesser (Dg) von 12,2 mm reduziert war und hielt den Dg-Wert für die Beurteilung der Emergenz als ausreichend. Der Anteil der Fraktion unter 6,3 mm wurde dabei nicht gemessen. Der Autor wies jedoch darauf hin, dass die Laborsubstrate nicht immer mit Freilandsubstraten vergleichbar waren. Die Vorgehensweise von KONDOLF et al. (1999) ist plausibler, weil er mehrere Arbeiten zusammenfasste und untersuchte, was in den Lücken zwischen den großen Steinen („framework“) passierte. RUBIN (1998) hingegen

betrachteten nur den Dg-Wert, der bei heterogenen Substraten, die völlig verschiedene Korngrößen haben, genau gleich groß sein kann.

## 6 Schaffung von künstlichen Bachforellen-Laichplätzen

Um optimale Ergebnisse bei der Schaffung von künstlichen Bachforellen-Laichplätzen zu erzielen, sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen.

### 6.1 Lage des Laichplatzes

Bachforellenlaichplätze liegen oft am Übergang von einer Kolk-Furt Sequenz. Der optimale Bereich liegt hier am Ende des Kolkes und im Übergang hin zur Furt. Hier wird das Flusswasser natürlicherweise in den dort abgelagerten Schotterkörper gedrückt (vgl. Abb. 4). Ebenso sind Laichplätze oft direkt in den Furtbereichen zu finden.

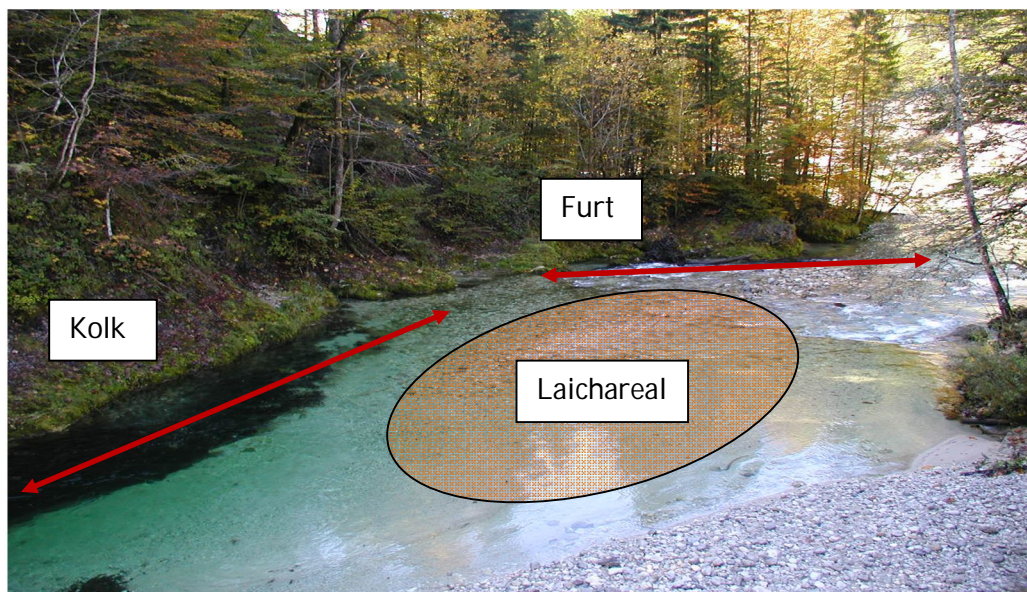


Abb. 4: Kolk-Furt Sequenz mit optimalem Laichhabitat (Ois)

Sind nur wenige Kolk-Furt Sequenz im Gewässer vorhanden, eignen sich auch Bereiche mit einem vorhandenen Geländeknick. Flussauf dieser Kante ist kein typischer Kolk ausgebildet, dennoch wird das Flusswasser durch das vorhandene Gefälle in den Schotterkörper gedrückt (vgl. Abb. 5).

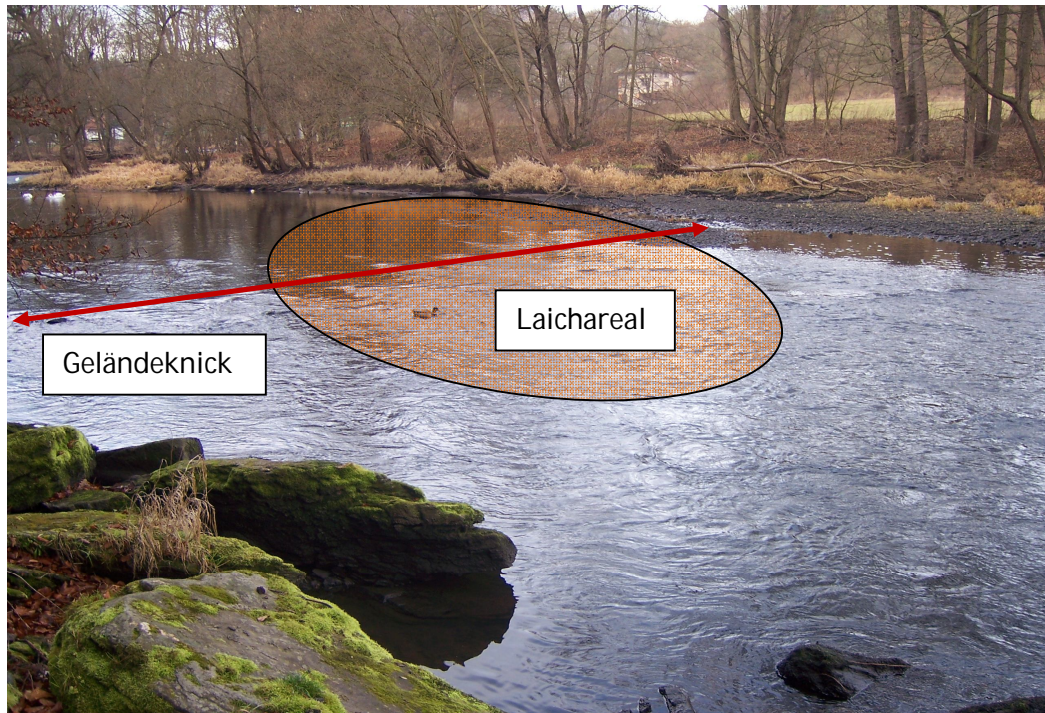
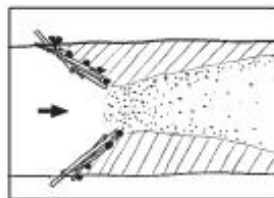
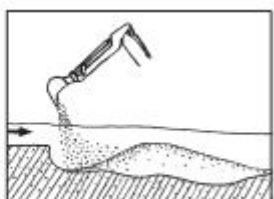


Abb. 5: Geländeknick im Flussverlauf mit gutem Laichhabitat (Thaya)

Fehlen diese Strukturen in einem stark regulierten Gewässer, können diese Bereiche auch künstlich geschaffen werden. Durch den Einbau von Stein- oder Holzbühnen wird das Flussprofil eingeeignet um die vorhandenen Fließgeschwindigkeiten zu erhöhen (vgl. Abb. 6). Anschließend wird je nach Situation, der vorhandene Schotterbereich mit einem Bagger zur Reinigung umgelagert oder es erfolgt eine Schotterzugabe (vgl. Abb. 6).



**Hydraulische Anpassung** mit Bühnen zur Erzeugung geeigneter Strömungsbedingungen



**Umlagerung** zur Reinigung und Lockerung von vorhandenem Kies



**Kieszugaben** zur Bereitstellung von geeignetem Substrat, wenn zu wenig Kies vorhanden ist

Abb. 6: Hydraulische Anpassung mit Bühnen, Umlagerung von Kies & Kieszugabe (aus Pulg 2007)

## 6.2 Sohlform und Struktur

Die Kiesbänke können sowohl über die ganze Breite des Gewässers reichen, als auch über Teile davon (vgl. Abb.7 & 8). Es hat sich bewährt, größere Kiesbänke ungleichmäßig zu modellieren, so dass eine wellenförmige Struktur auf der Bank entsteht. Durch diese Vorgehensweise kann die Anzahl der Laichterritorien pro Flächeneinheit erhöht werden und die Wellenberge sind ideale Bereiche für die Eientwicklung, da sauerstoffreiches Wasser an diesen Stellen ungehindert eindringen kann (PULG 2007, GUTHRUF 2005).

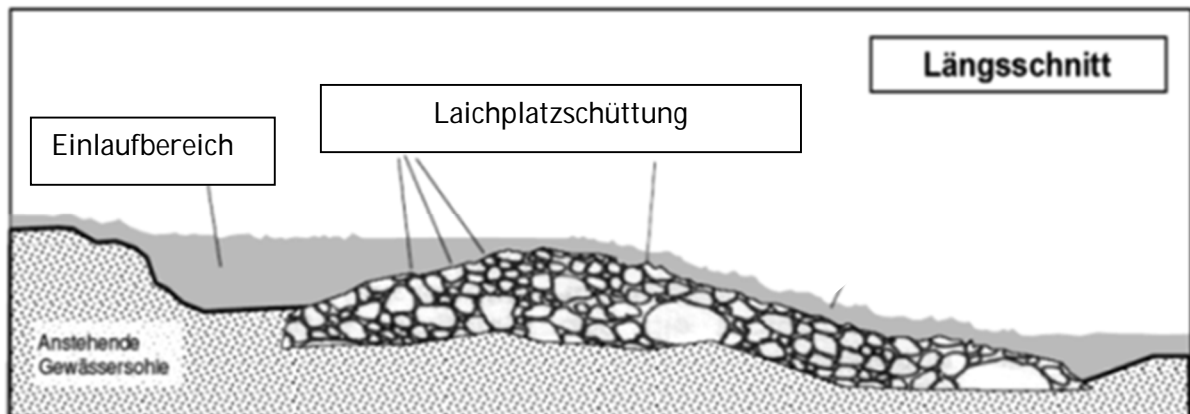


Abb. 7: Längsschnitt durch einen geschütteten Laichplatz (aus AG DER ANGLERVEREINE LAUENBRÜCK, FINTEL & WESTERVESEDE)

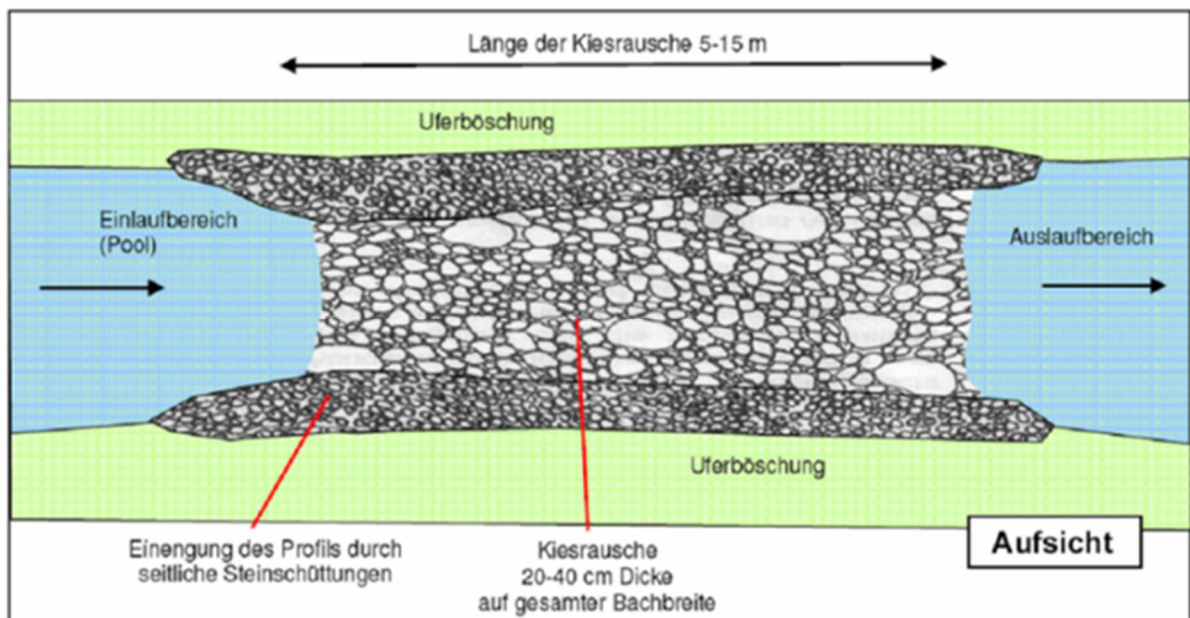


Abb. 8: Aufsicht auf einen geschütteten Laichplatz (aus AG DER ANGLERVEREINE LAUENBRÜCK, FINTEL & WESTERVESEDE)

In der unmittelbaren Nähe des Laichplatzes sollten sich Unterstände befinden. Ideal eignen sich dazu Totholzansammlungen, überhängende Äste und Gumpen. Sie bieten Schutz vor Fressfeinden wie Kormoran, Graureiher und Gänsesäger. Diese geschützten Bereiche werden von den Laichfischen auch zum Ruhen während der Laichperiode aufgesucht.

Ein weiteres wichtiges Kriterium für das Funktionieren eines künstlichen Laichplatzes sind die flussab gelegenen Larven- und Jungfischhabitats. Die schlüpfenden Bachforellen-Larven benötigen seichte, strömungsberuhigte Uferzonen, mit ausreichend Kleintiernahrung und Schutz vor räuberischen Fischen. Hier halten sich die kleinen Bachforellenlarven in kleinen bis mittelgroßen Schwärmen auf. Anschließend nehmen sie über den Sommer hin rasch an Gewicht und Größe zu und beginnen ab einer Länge von ca. 3 bis 4 cm Einzelterritorien zu besetzen. Bevorzugt werden in diesem Altersstadium, etwas tiefere Uferbereiche mit mittleren bis größeren Steinstrukturen.

### 6.3 Strömung und Wassertiefe

Bachforellen benötigen zur Laichzeit Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,25 und 0,8 m/s und eine Wassertiefe von 10 bis 90 cm (vgl. Kap. 5.3.1.1 & Abb. 9).



Abb. 9: Bachforellenlaichplatz im Nationalpark Thayatal

### 6.4 Substratqualität

Der Kies sollte Korngrößen zwischen rund 10 mm und 80 mm aufweisen, locker und unverschlammt sein. Ist ausreichend Kies dieser Art im Gewässer vorhanden und lediglich verfestigt oder verschlammt, so reicht es, den vorhandenen Kies zu reinigen. Dazu wird der Kies im Wasser umgegraben. Je intensiver desto besser. Jeder Quadratmeter sollte mindestens zweimal umgelagert werden. Feinpartikel werden fortgeschwemmt, der saubere Kies bleibt zurück. Am besten geht das mit einem Bagger, in kleinen Bächen kann das ebenso von Hand mit Spaten, Schaufeln oder Hochdruckpumpen erledigt werden. Um die gereinigten und umgelagerten Bereiche sauber zu halten, bewegt sich der Bagger während dieser Arbeiten flussab.

Ist kein geeigneter Kies vorhanden, muss man ihn zugeben. Empfehlenswert sind Mischungen (1 zu 1) aus den Kieswerksortierungen „16/32 + 32/63 gewaschen“ oder „gemischter Grubenkies“ mit wenig Feinsedimentanteil (Gewichtsanteil von Körnern unter 1 mm < 12%). Die Kiesmenge sollte so groß sein, dass eine Kiesbank mit mindestens 30 cm Höhe entsteht. Je größer das Gewässer und je höher der mittlere Abfluss (MQ), desto mehr Kies ist nötig. Auch diese Arbeiten erfolgen in der Fließrichtung.

Bei dieser Vorgehensweise entstehen je nach Gewässerbreite und -tiefe unterschiedliche Flächen der Kiesbänke. Die Fläche ist für die Funktionsfähigkeit kein entscheidendes Kriterium. Es werden sowohl Kiesbänke mit wenigen als auch mit hunderten Quadratmetern belichtet.

Allerdings je größer die Fläche der Kiesbank, desto mehr Fische können darauf ablaichen. Wird jedoch sehr viel Kies punktuell zugegeben (zum Beispiel das 200-fache des MQ oder mehr), können im unmittelbaren Umfeld der Zugabestelle wichtige Gewässerstrukturelemente verloren gehen: Gumpen, Alt- und Kehrwasser werden dann regelrecht mit Kies aufgefüllt und verschwinden (PULG 2007).

## 6.5 Zeitpunkt des Bachforellen-Laichplatzbaus

Als Zeitraum für den Laichplatzbau und die Laichplatzpflege eignen sich am besten die Sommermonate Juli und August, notfalls auch September und Oktober. Das ist rechtzeitig vor der Winterlaichzeit und lange genug nach der Frühjahrs-laichzeit. Auf einige verspätete Aitel, Barben und Elritzen sollte vorsichtshalber geachtet werden.

## 7 Pflege und Entwicklung von Laichplätzen

Ähnlich wie andere Gewässerschutz- oder Bewirtschaftungsmaßnahmen (z.B. Besatz, Fischtreppe, Uferbepflanzung) verlangen auch restaurierte Laichplätze in regulierten Gewässern Pflege. Laichplätze können mit den Jahren wieder verschlammen – je höher der Schwebstoffgehalt, desto schneller. In Gewässern mit geringem bis mittlerem Schwebstoffgehalt und jährlichen Umlagerungen durch Hochwasser können Laichplätze 10 Jahre und länger funktionsfähig bleiben. In schwebstoffreichen Gewässern, z.B. dem Inn, kann ein neu entstandener Laichplatz bei ausbleibenden Umlagerungen schon nach einem Jahr wieder verschlammt sein.

Wie lange zugegebener Kies als Laichplatz funktionsfähig ist, bevor er gänzlich weggeschwemmt wird, hängt von der Kiesmenge, den örtlichen hydraulischen Bedingungen und den jeweiligen Hochwasserereignissen ab. Ältere Beispiele aus Moosach, Lech und Isar zeigen, dass einmalige Kieszugaben länger als 10 Jahre für Kieslaichplätze sorgen können (Pulg 2007).

Ist der Kies gänzlich weggeschwemmt, sind erneute Geschiebezugaben notwendig. Sind die Kiesbänke nach Jahren verschlammt oder verfestigt, sind erneute Umlagerungen

erforderlich. Bei Laichplätzen, die angenommen werden, lohnt sich der Pflegeaufwand, denn es wachsen Jungfische nach, die sich natürlich an das Gewässer anpassen können. Sie stammen aus dem Gewässer, sie lernen vor Feinden zu flüchten, Deckung zu suchen, die richtige Nahrung zu fressen und mit der Strömung zurechtzukommen. Eigenschaften, an die sich Besatzfische aus der Zucht erst gewöhnen müssen.

## 8 Was geschieht mit dem Kies auf lange Sicht?

Der Kies wird im Gewässer im Laufe der Jahre und Jahrzehnte weitertransportiert. In den meisten Fällen bleibt er spätestens in der Stauwurzel des nächsten Staubereichs liegen und kolmatisiert und verfestigt dort. Auf der gesamten Transportstrecke dient der Kies überall dort als Laichplatz, wo er zu liegen kommt und nicht verschlammt.

### Exkurs (MUNLV 2006):

#### **Sohlsediment**

Das im Fließgewässer transportierte Sediment wird hinsichtlich seiner Größe und seiner Transportform in Schweb- und Geröll-/Geschiebefracht unterschieden. Die Schwebefracht wird in der fließenden Welle transportiert, indem sie durch die Turbulenzen des Wassers in der Schwebelage gehalten wird. Hier herrschen tonig-schluffige Korngrößen vor. Bei Hochwasserabflüssen werden auch größere Fraktionen wie Sand in der Schwebelage transportiert. Schwereres bzw. größeres Material wird als Geröllfracht über die Sohle geschoben oder gerollt.

#### **Transport und Erosion**

Es besteht eine eindeutige Beziehung zwischen der Fließgeschwindigkeit des Wassers und seiner Fähigkeit, bestimmte Korngrößen zu erodieren, zu transportieren und zu akkumulieren (s. Abb. 10).

Deutlich wird, dass mit Zunahme der Fließgeschwindigkeit (z. B. bei einer Hochwasserwelle) der Transport immer größerer Materials zunimmt. Zudem zeigt sich, dass besonders Partikel in schluffiger Korngröße verlagert werden, während für die Erosion größerer Materials durch das höhere Gewicht höhere Fließgeschwindigkeiten notwendig sind. Auch bei feinerem, tonigerem Material ist eine höhere Fließgeschwindigkeit zur Erosion notwendig, da hohe Bindungskräfte zwischen den Partikeln wirken. Die Umlagerungsbereitschaft der verschiedenen Korngrößenklassen im Bachbett kann noch weiterdifferenziert werden, da die Art der Interstitialoberfläche (Deckschicht) entscheidenden Einfluss auf die Stabilität des Gewässerbettes hat. Diese Stabilität hängt, neben der Korngröße, von der stark unterschiedlichen Zusammensetzung der Deckschicht hinsichtlich ihrer Lagerung und der Verpackung mit kohäsiven Feinsedimenten ab. Wenn die mit zunehmender Fließgeschwindigkeit ansteigende Schleppkraft den Grenzwert der Bettstabilität übersteigt, kommt es nach SCHÄLCHLI (1995) punktuell zum Aufbrechen der Deckschicht und zu einer Umlagerung des Interstitialmaterials bzw. einer teilweise tiefgründigen Auswaschung des Feinsedimentes.

#### **Sedimentation und Kolmation**

Mit abnehmender Schleppkraft, also z. B. nach einer Hochwasserwelle, lagern sich entsprechend Abb. 10 zuerst grobe Geröllfrachtbestandteile ab und bilden das Gerüst des Interstitials. Bei weiter abnehmender Fließgeschwindigkeit akkumuliert sich Feinsediment in den offenen Porenraum des Gerüsts und füllt die Hohlräume auf. Diese Verstopfung des Kieslückensystems wird auch Kolmation (engl.: siltation) genannt (BESCHTA & JACKSON 1979; LISLE 1989). Auch INGENDAHL (1999) konnte diesen Prozess bei Untersuchungen an der Bröl durch langsameren vertikalen Wasseraustausch indirekt nachweisen.

Andererseits beobachtete INGENDAHL (1999) nach Aufbrechen der Deckschicht im Zuge starker Hochwässer aber auch eine Verringerung der Kolmation, die sich in höheren Sauerstoffkonzentrationen an den Laichgruben manifestiert. SAENGER (2001) berichtet von diesem Phänomen schon bei mittleren Abflüssen. Zusammenfassend ergibt sich so das Bild, dass Hochwässer bis zu einer gewissen Intensität überwiegend

Sedimenteintrag verursachen. Wenn die Schleppekraft jedoch den Grenzwert der Sohlstabilität überschritten hat und die Deckschicht aufbricht, kann es auch in tieferen Bereichen zur Ausspülung des Feinmaterials und damit zur Verbesserung der Habitatbedingungen für Salmoniden kommen.

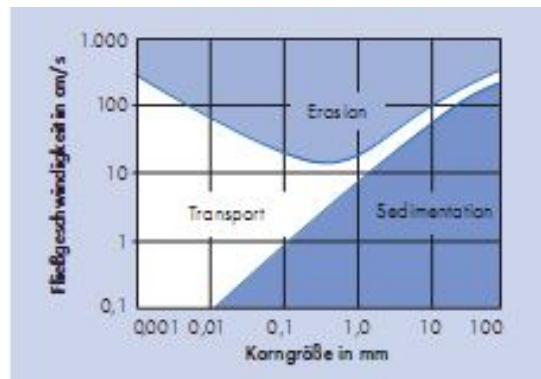


Abb. 10: Beziehung zwischen Fließgeschwindigkeit und Erosion, Transport bzw. Sedimentation und Korngröße [aus Ahnert F. (1996)]

Wasserwirtschaftliche Gründe können Kieszugaben entgegenstehen, wenn Kies an Hochwasserengstellen zugegeben werden soll. Dadurch kann örtlich der Abflussquerschnitt zu klein werden. In den meisten Fällen jedoch sind Kieszugaben aus wasserwirtschaftlicher Sicht möglich, weil man den Kies nicht an Hochwasserengstellen zugibt und Kies im Gewässer beweglich ist. Im Gegensatz zu einer Querschnitt verengenden Mauer, kann der Kies bei Hochwasser weggespült werden. Die Kiesmengen, die zur Laichplatzrestaurierung verwendet werden, sind zudem sehr gering im Vergleich zu den anderen Feststoffen (vor allem Schwebstoffe), die von den Gewässern transportiert werden. Der Einfluss von Kieszugaben in der genannten Größenordnung auf die Verlandung von Stauräumen ist so klein, dass er kaum nachweisbar ist. Zum Vergleich: Der Schwebstofftransport der Loisach bei Schlehdorf beträgt rund 55.000 t pro Jahr (MQ = 22 m<sup>3</sup>/s). Die Isar transportiert an der Mündung rund 200.000 t Schwebstoffe pro Jahr (MQ = 75 m<sup>3</sup>/s) (PULG 2007).

## 9 Mögliche Bereiche für die Schaffung von künstlichen Laichplätzen im Nationalpark Thayatal

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 31 Laichareale ausgewählt. Die Lage dieser ausgewählten Bereiche im Untersuchungsgebiet ist in Abb. 11 dargestellt.

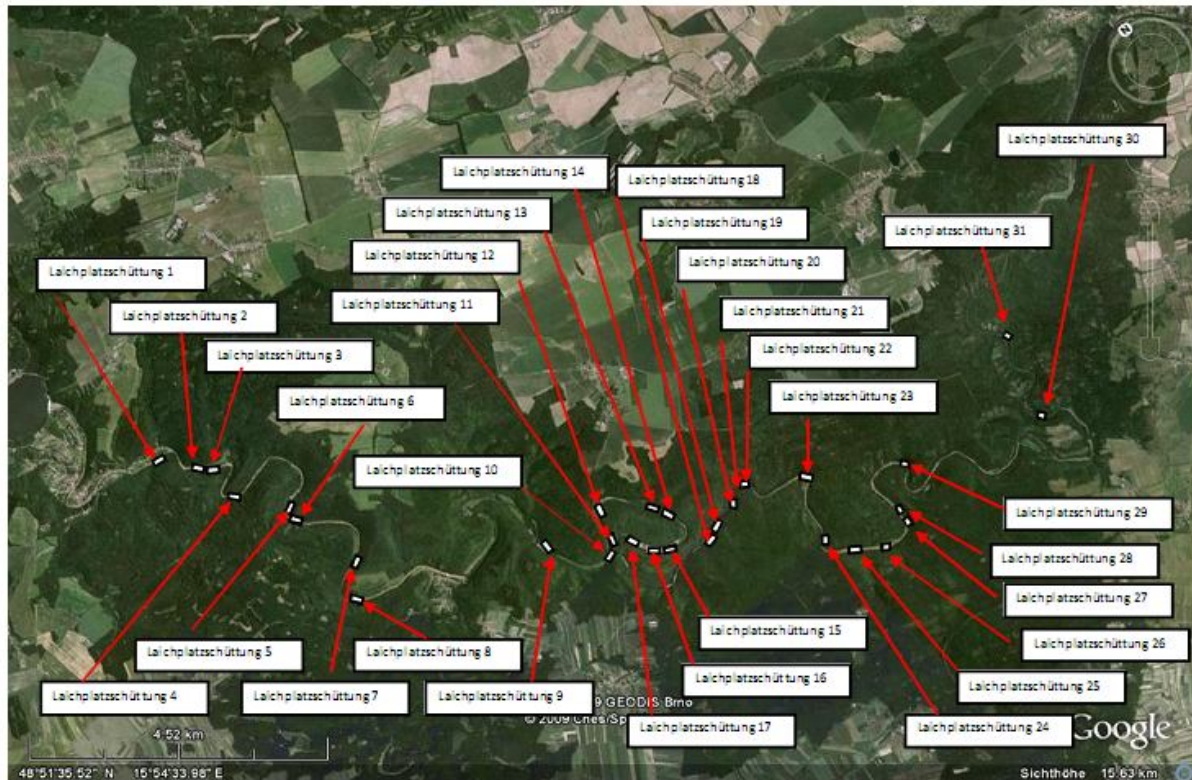


Abb. 11: Die ausgewählten Bereiche für mögliche Laichplatzschüttungen

Diese ausgewählten Bereiche liegen größtenteils im Bereich von vorhandenen Furten und Abschnitten in denen ein Gefälle durch einen Geländeknick überwunden wird. An diesen Stellen sind die notwendigen Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen für eine Laichplatzschüttung vorhanden.

Inwieweit das dort liegende Substrat nur gesäubert (umgebaggert) beziehungsweise eine Kieszugabe notwendig ist, werden die Probebaggerungen an den ausgewählten Bereichen zeigen.

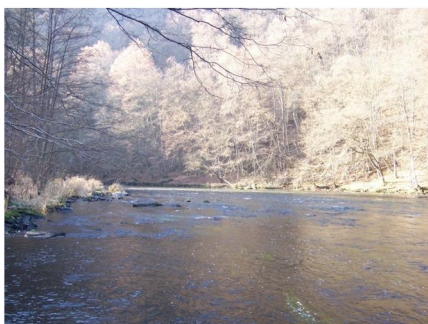


Abb. 12: Furt Situation an der Thaya



Abb. 13: Kolk-Furt Sequenz an der Thaya

## 10 Ausgewählte Bereiche für die Schaffung von künstlichen Laichplätzen (Probeanlagen)

Die beiden ausgewählten Bereiche liegen im Bereich des Umlaufberges (vgl. Abb. 15). Bei der Auswahl der Stellen wurden die oben beschriebenen Rahmenbedingungen (z.B.: Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Lage des Laichplatzes) berücksichtigt. Ein weiteres wichtiges Kriterium stellt in diesem Fall, die Erreichbarkeit der geplanten Laichplätze dar. Große Teile der Thaya im Nationalpark liegen in einem Waldgebiet und können mit den erforderlichen Baumaschinen (LKW, Bagger) nur schwer erreicht werden. Im ausgewählten Bereich ist eine Forststraße vorhanden, die den Transport und die Zufahrt der Baumaschinen ermöglicht.

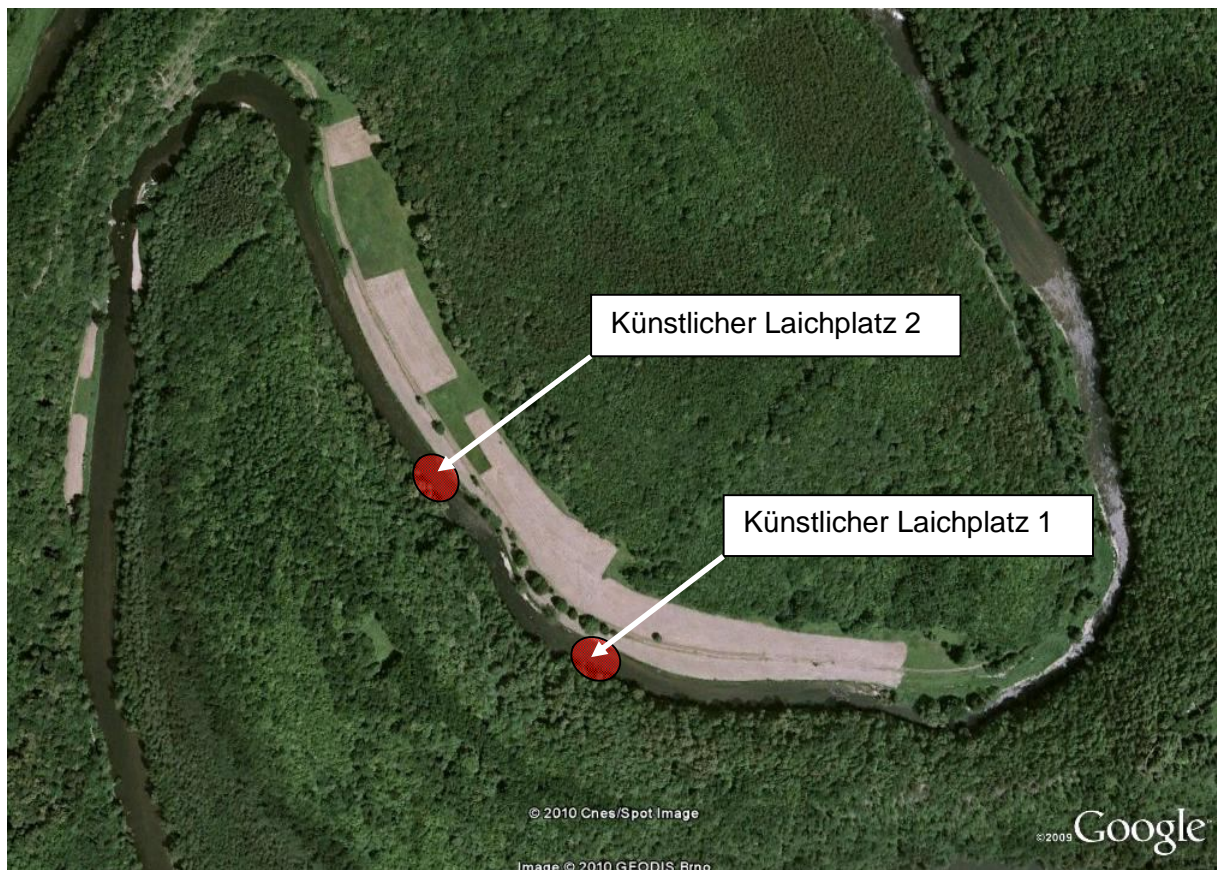


Abb. 15: Die beiden ausgewählten Bereiche für die Schaffung von künstlichen Laichplätzen

## 10.1 Künstlicher Laichplatz 1

Der ausgewählte Bereich liegt auf der gegenüberliegenden Seite der Tiefenrinne, ca. 3 m vom rechten Flussufer entfernt (vgl. Abb. 16). Hier soll auf einer Länge von 30 m und einer Breite von ca. 10 m die stark kolmatisierte Flusssohle mit einem Bagger aufgebrochen werden. Ob hier eine Flussschotter Zugabe notwendig ist oder die vorhandene Mächtigkeit des Schotterkörpers ausreicht, wird die Baggerung zeigen.

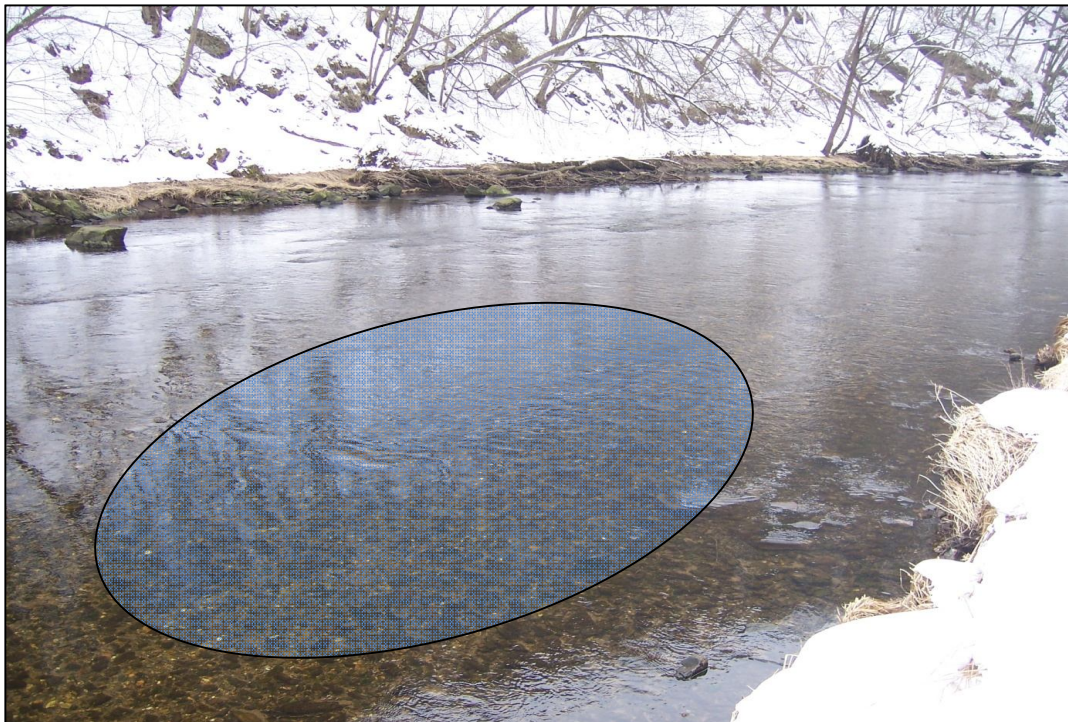


Abb. 16: Bereich 1: Künstlicher Laichplatz (Aufbrechen der Sohle mit einem Bagger)

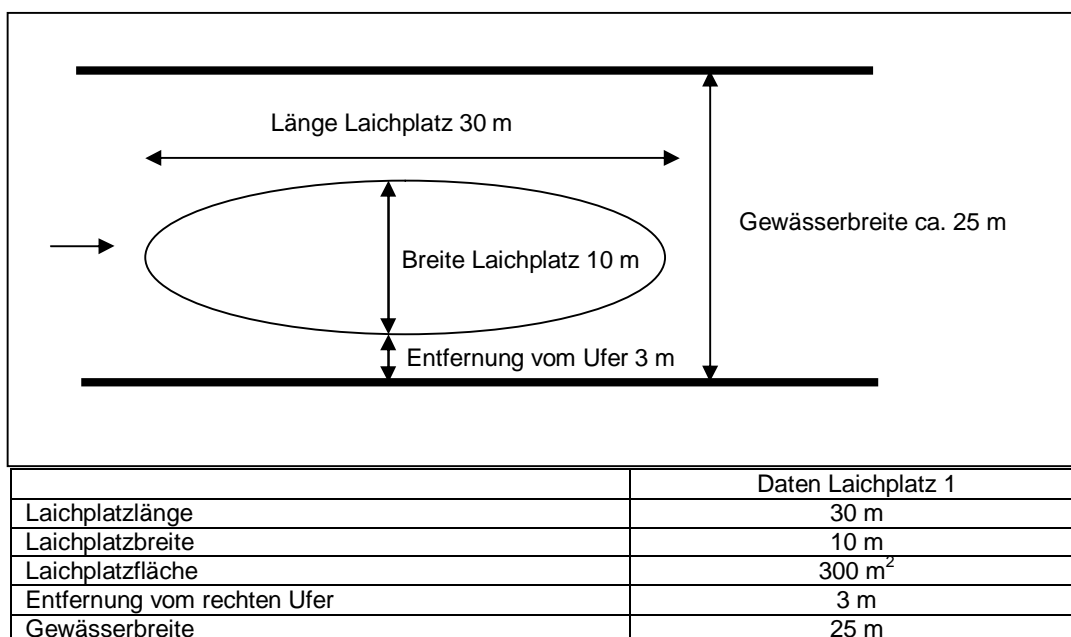


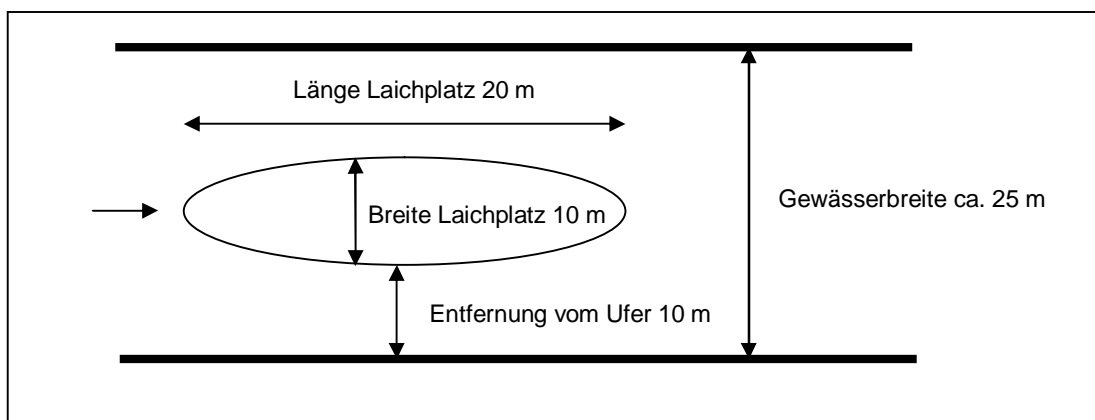
Abb. 17: Skizze künstlicher Laichplatz 1

## 10.2 Künstlicher Laichplatz 2

Der ausgewählte Bereich liegt in einer Furt ca. 10 m vom rechten Ufer entfernt (vgl. Abb. 18 & 19). Die Schotterzugabe erfolgt auf einer Fläche von ca. 200 m<sup>2</sup> (Länge 20 m, Breite 10 m). Der Laichplatz wird mit einer Mächtigkeit von ca. 20 cm aufgetragen. Das entspricht einer Flussschotterzugabe von ca. 40 m<sup>3</sup>. Verwendet werden die Kieswerkssortierungen 16/32 und 32/63 im Verhältnis 1 zu 1.



Abb. 18: Bereich 2: Künstlicher Laichplatz (Flussschotterzugabe)



	Daten Laichplatz 2
Laichplatzlänge	20 m
Laichplatzbreite	10 m
Laichplatzfläche	200 m <sup>2</sup>
Mächtigkeit der Laichplatzschüttung	0,2 m
Flussschottermenge [16/32 Mischung]	40 m <sup>3</sup>
Entfernung vom rechten Ufer	10 m
Gewässerbreite	25 m

Abb. 19: Skizze künstlicher Laichplatz 2

## 11 Literatur

AG DER ANGLERVEREINE LAUENBRÜCK, FINTEL & WESTERVESEDE:  
Wiediansiedelung von Lachs und Meerforelle im oberen Wümmegebiet.  
<http://www.wuemme-meerforelle.de>

AHNERT F. (1996): Einführung in die Geomorphologie.

ARMSTRONG, J. D., KEMP, P.S., KENNEDY G.J.A., LADLE, M., MILNER, N.J. (2003):  
Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62 (2003) 143-170.

BARLAUP, B.T., GABRIELSEN, S. E., SKOGLUND, H., WIERS, T. (2008): Addition of spawning gravel – a means to restore spawning habitat of Atlantic salmon, anadromous and resident trout in regulated rivers. *River research and supplications*, 24, 543-550.

BARLAUP, B.T., LURA H., SÆGROV H., SUNDT R.C. (1994): Inter- and intraspecific variability in female salmonid spawning behavior. *Can. J. Zool.* 72(4): 636–642.

BESCHTA, R.L. & W.L. JACKSON (1979): The intrusion of fine sediment into a stable gravel bed. – *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36, S. 204-210.

BRABRAND, A., KOESTLER, A. G., BORGSTRØM R. (2002): Lake spawning of brown trout related to groundwater influx. *Journal of fish biology* 60: 751-763.

CARLING, P.A., SEAR, D.A., GREIG, S.M. & WHITCOMBE, L.J. (2002): Modeling fine sediment accumulation in salmonid spawning gravels, DEFRA, Final Project Report, London, 21pp.

CRISP D.T., CARLING P.A. (1989): Observation on siting, dimensions and structures of salmonid redds. *Journal of Fish Biology* 3: 119-134.

ELLIOT, J. M. (1994): *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo.

FREYHOF J. & KOTTELAT M. (2007): *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.

GEIGER, W. UND ROTH, H. (1962): Beobachtungen an künstlichen Forellenlaichgruben. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 24, 77-89.

GERSTMEIER R., ROMIG T. (1998): *Die Süßwasserfische Europas*; Franck-Kosmos Verlag, Stuttgart.

GREIG, S.M., SEAR, D.A., CARLING, P. A. (2005 A): Fine sediment accumulation in salmon spawning gravels and the survival of incubating salmon progeny: implications for spawning habitat management. *Science of the Total Environment* 344, 241-258.

GREIG S. M., SEAR, D.A., SMALLMAN, D. AND CARLING, P. A. (2005 B): Impact of clay particles on cutaneous exchange of oxygen across the chorion of Atlantic salmon eggs. *Journal of Fish Biology* 66, 1681-1691.

- GUTHRUF J. (2005): Äschenlaichplätze Aare Thun. Schlussbericht 2005, Auftraggeber: Oberingenieur Kreis I, Thun, pp. 50.
- HARRIS, G. (2007): Sea trout stock description in England and Wales. In Harris, G., Millner (Hrsg.) 2007: Sea trout: Biology, Conservation and Management. Blackwell publishing. Oxford, UK.
- INGENDAHL, D. (1999): Der Reproduktionserfolg von Meeresforelle (*Salmo trutta* L.) und Lachs (*Salmo salar* L.) in Korrelation zu den Milieubedingungen des hyporeischen Interstitials. Dissertation, Universität zu Köln, Köln. S. 175.
- INGENDAHL, D. (2001): Dissolved oxygen concentration and emergence of sea trout fry from natural redds in tributaries of the Rhine. *Journal of fish biology*, 58, 325-341.
- JUNGWIRTH M., HAIDVOGEL, G., MOOG, O., MUHAR S., SCHMUTZ S. (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, Facultas, Wien.
- KLEMETSEN A., AMUNDSEN P.-A., DEMPSON J. B., JONSSON B., JONSSON N., O'CONNELL M. F., MORTENSEN E. (2003): Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life Histories. *Ecology of Freshwater Fish* 2003: 12: 1–59.
- KLEIVEN, E.; BARLAUP, B.T (2004): Innsjøgyting hjå aure *Salmo trutta* - ein undervurdert gytestrategi. *Fauna*, Vol. 57 No. 1, 14-31.
- KONDOLF, G. M. (2000): Some Suggestions for Geomorphpic Aspects of Anadroumous Samonid Habitat Proposals. *Restoration Ecology*, 8: 48-56.
- KONDOLF G. M. ET AL (1999): Assessing Salmonid Spawning Gravel Quality, *Transactions of the American Fisheries Society* 129; S. 262-281.
- LISLE T. E. (1989): Sediment Transport and Resulting Deposition in Spawning Gravels, North Coastal California. In: *Water Resources Research*, 25 (6), S. 1303–1319.
- PERSOH (1998): Onkoide in Moosach und Sempt: Entstehung, Struktur und Verbreitung. Diplomarbeit am Institut für Tierwissenschaften, Fachgebiet Fischbiologie, TU München, Freising.
- PETHON, P. (1998): *Aschehoug's store fiskebok. Norges fisker i farger*. Aschehoug, Stockholm.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MUNLV) (2006): Leitfaden zur wasserwirtschaftlich-ökologischen Sanierung von Salmonidenlaichgewässern, pp.168.
- MUUS, B., DAHLSTRÖM, P. (1998): Süßwasserfische. BLV Verlagsgesellschaft, München.
- NIEPAGENKEMPER, O., MEYER, ELISABETH I. (2003 A): Messungen der Sauerstoffkonzentration in Flusssedimenten zur Beurteilung von potentiellen Laichplätzen von Lachs und Meerforelle, Landesfischereiverband Westfalen-Lippe, Münster.
- PATT, H., JÜRGING, P., KRAUS, W. (2004): *Naturnaher Wasserbau*, Springer Verlag, Berlin.

- PULG U. (2008): Laichplätze der Bachforelle (*Salmo trutta*) in der Moosach – die Bewertung ihrer Funktionsfähigkeit, ihre Degradierung und ihre Restaurierung. Dissertation, Oktober 2008, Technischen Universität München, pp. 197.
- PULG U. (2007): Die Restaurierung von Kieslaichplätzen. Landesfischereiverband Bayern, pp. 28.
- RUBIN, J. F. (2004): Characteristics and rehabilitation of the spawning habitats of the sea trout in Gotland, Sweden. *Fisheries Management and Ecology*, 2004, 11, 15-22.
- RUBIN, J.F. (1998): Survival and emergence pattern of sea trout fry in substrata of different compositions. *Journal of fish biology* 53, 84 – 94.
- RUBIN ET AL, (1996): Characteristics and rehabilitation of spawning habitats of the sea trout in Gotland (Sweden), *Fisheries Management and Ecology*, 2004, Band 11, S. 15-22.
- SCHÄLCHLI, U. (1995): Basic equations for siltation of riverbeds. In: *Journal of Hydraulic Engineering*, 121, S. 274-287.
- SAENGER, N. (2001): Austauschprozesse zwischen Fließgewässer und hyporheischer Zone. In: *Wasser & Boden*, 53, 5, S. 11-18.
- SCHWOERBEL, J.(1997): Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart; Jena.
- WALKER, J. (2007): The Spawning habitat of the Sea Trout in Harris, G., Millner (Hrsg.) 2007: *Sea trout: Biology, Conservation an Management*. Blackwell publishing. Oxford, UK.
- WATERS T.F. (1995): *Sediment in Streams*; American Fisheries Society Monograph 7, Bethesda, Maryland, USA.