

Gutachterliche Stellungnahme zu den Habitatansprüchen und zur Laichplatzwahl des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*) in großen Flüssen als Bewertungsgrundlage für die empfohlene Mindestwassermenge im Restrhein im Zusammenhang mit der Neukonzessionierung der WKA Kembs

Verfasser: Dr. Jörg Schneider – BFS
Unterlindau 78
D- 60323 Frankfurt am Main
bfs-schneider@web.de

Im Auftrag des: Ak-Wasser im
Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V.
und des Regiowasser e.V.
Alfred-Döblin-Platz 1
D- 79100 Freiburg

Frankfurt am Main im Januar 2005

1. Vorbemerkung

Im Rahmen der Neukonzessionierung der Wasserkraftanlage Kembs am Oberrhein für die Electricité de France (EdF) wird eine neue, verbesserte Mindestwasserregelung für den Altrhein zwischen Weil und Breisach („Restrhein“) festgelegt werden. Dabei soll das gesamte Ökosystem nachhaltig aufgewertet werden. Auf das hohe Entwicklungspotenzial dieses Rheinabschnitts wurde in vielen Studien und Stellungnahmen hingewiesen.

Im November 2002 haben französische und deutsche Umweltverbände in Colmar eine Tagung zum Thema Restrhein veranstaltet und eine entsprechende Resolution verfasst. Sie fordern einen Sockelabfluss (Mindestwasserführung) von 100 m³/s im Restrhein ab dem 1. Januar 2008 und die Kopplung des Abflusses im Restrhein an die natürlichen Abflussverhältnisse.

Der Vorschlag der EdF sieht einen gestaffelten Mindestabfluss in folgender Form vor:
45 m³/s von November bis März
50 - 80 m³/s von April bis Mai
100 - 150 m³/s von Juni bis August
60 - 90 m³/s September bis Oktober

Es wurde von den Umweltverbänden kritisiert, dass die von der EdF vorgeschlagene Restwassermenge von 45 m³/s im Winter und um 100 m³/s im Sommer zu einseitig auf die Anzahl der potentiellen Laichhabitate des Lachses abgestimmt sei.

Grundlage des Vorschlags der EdF ist ein auf einer Habitatmodellierung basierendes Gutachten des Ingenieurbüros SCHNEIDER-JORDE (SCHNEIDER & EISNER, 2003). Habitatmodelle gelten als geeignetes Instrument für die Untersuchung komplexer Fließgewässersysteme und *bauen auf den Lebensraumsprüchen von Zeigerarten* auf. MATTHIAS SCHNEIDER vom Ingenieurbüro SCHNEIDER-JORDE stellte die durchgeführte

Habitatmodellierung im Rahmen eines Fachworkshops am 15. und 16. Dez. 2005 in Strasbourg vor.

„Bei der Bewertung seien *vor allem die Laichhabitatsprüche der Lachse im Winter* berücksichtigt worden. Ein wesentliches Ergebnis der Modellierung: ab einem Abfluss von 40 m³/s resultieren an den „*fischinteressanten Stellen*“ Strömungsgeschwindigkeiten von über einem Meter. Um die Lachse und deren Brut nicht noch höheren Strömungsgeschwindigkeiten auszusetzen, solle man beim Abfluss nicht über 60 m³/s hinausgehen. Die Laichhabitatsfläche für den Lachs liege in ihrem Optimum bei einem Winterabfluss auf 60 m³/s. Im Restrhein gäbe es wegen dem überwiegend groben Sohlsubstrat nur kleine Areale, die als Lachslaichhabitat geeignet seien. Ein höherer Abfluss würde diese geeigneten Habitate eher begrenzen als ausweiten. Für die Äsche im März/April hätte sich ein Abflussoptimum bei 50 m³/s ergeben. Im Sommer seien im Hinblick auf die adulten Fische bis 100 m³/s als geeignet anzusehen. Die Abflussvariation solle in den Sommermonaten auf die 100 m³/s aufgesattelt werden. 40 km (85 %) der Restrheinfließstrecke seien „banal“ und würden nicht von einer Abflusserhöhung profitieren.“ (zitiert aus Protokoll des bbu- Ak-Wasser vom workshop „Neukonzessionierung Kembs am 15./16.12.05 in Straßburg)

2. Inhalt der Stellungnahme

Aussagen der hier vorliegenden Stellungnahme, die sich direkt auf Aussagen des Gutachtens von SCHNEIDER-JORDE beziehen, sind zur Kennzeichnung der Seite(n), auf die Bezug genommen wird, mit eckigen Klammern [...] versehen

Die vorliegende Stellungnahme bewertet das Gutachten des Büros SCHNEIDER-JORDE (SCHNEIDER & EISNER, 2003). Dabei beschäftigt es sich im Wesentlichen mit der Frage, ob die fischökologischen Grundlagendaten, die diesem Gutachten zur Festlegung von Grenzwerten dienen, plausibel und fachlich korrekt sind. Dies betrifft insbesondere folgende Detailfragen zur Zielart *Atlantischer Lachs*, die im Gutachten als wesentliche Indikatorart in der Empfehlung zur Mindestwasserführung dienen [19, 26]:

- Entsprechen die angesetzten Grenzwerte „Wassertiefe am Laichplatz“ und „Strömungsgeschwindigkeit am Laichplatz“ den ökologischen Ansprüchen der Zielart?
- Sind die Grenzabflüsse im Hinblick auf eine saisonale Anpassung so gewählt, dass sie sich mit den Habitatansprüchen des Lachses decken?
- Stimmen die zugeordneten Zeiträume mit den sensiblen Lebensstadien überein?
- Führt eine Erhöhung des Mindestabflusses zu nachteiligen Auswirkungen für den Lachs?

Die Charakterisierung der Lebensraumsprüche der Zeigerarten im Gutachten von SCHNEIDER-JORDE beruht auf den Parametern Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und dem dominierenden Substrat.

3. Bewertung

3.1 Referenzwerte zur Laichplatzwahl und deren Übertragbarkeit auf den Restrhein

Die vom Ingenieurbüro SCHNEIDER-JORDE zu Grunde gelegten Referenzwerte entstammen wesentlich aus einer Literaturstudie (Leitfaden „Mindestabflüsse in Ausleitungsstrecken“ LfU, 2005, Anlage 3: Anforderungsprofile von Indikator-Fischarten), die im Schwerpunkt Daten aus kleineren und mittleren Fließgewässersystemen berücksichtigt (mündliche Mitteilung JÖRG LANGE).

Der Atlantische Lachs zählt zwar zu den am besten untersuchten Fischarten, und es liegt eine Fülle von Publikationen vor. Arbeiten, die sich mit der Habitatpräferenz, der Morphologie von Laich- und Aufwuchsgewässern und den autökologischen Ansprüchen juveniler Lachse beschäftigen, wurden jedoch (teils aus methodischen Gründen) vorrangig in kleineren

britischen und skandinavischen sowie in amerikanischen (Maine) Gewässern durchgeführt. Für deutsche Fließgewässer liegt eine Studie vor, die an kleineren Besatzgewässern in Rheinland-Pfalz durchgeführt wurde (SCHNEIDER, 1998). Viele dieser Untersuchungsgewässer liegen folglich in der Unteren Forellenregion und/oder Äschenregion bzw. in „Highlands“ mit spezifischen hydrologischen und morphologischen Bedingungen. Die an diesen relativ kleinen Gewässern durchgeführten Studien geben zwar einen grundlegenden Einblick in die Autökologie und Lebensraumnutzung *dieser* Lachspopulationen. Eine einfache Übertragbarkeit der Parameter auf ein so großes Gewässer wie den „Restrhein“ ist jedoch nicht möglich. Für den Restrhein sollten im Hinblick auf Parameter, die sich auf das Abflussgeschehen beziehen, insbesondere Daten aus *vergleichbar großen* Flüssen herangezogen werden. An kleinen Gewässern ermittelte Präferenzen unterliegen der Verfügbarkeit von Strukturen. Beispielsweise ist die Wassertiefe an den Laichplätzen in kleineren Gewässern bereits durch die geringe Tiefe der Gewässer selbst begrenzt. Zudem finden sich die vom Lachs favorisierten Substratzusammensetzungen in kleineren Gewässern vornehmlich am Kopf flacher Rauschenstrecken, während in großen Gewässern auch die tieferen Bereiche geeignete Substratzusammensetzungen bieten können. Auch die Strömungsgeschwindigkeit kann in größeren Lachsgewässern deutlich höher sein als in kleinen Gewässern.

Nach Sichtung der Literatur zu Lachspopulationen in *großen* Flüssen ist die Datenlage hier allerdings sehr limitiert. Als Gründe sind hierfür die methodischen Schwierigkeiten in der Bearbeitung und die heutige Seltenheit intakter Lachspopulationen in großen Strömen zu nennen. Als wichtigste (jedoch erst kürzlich erschienene) europäische Arbeiten sind exemplarisch die umfangreichen Studien zur Autökologie des Lachses am russischen Varzuga aufzuführen. Zusammenfassungen finden sich in:

- a) VESELOV, A.E. & KALYUZHIN, S.M. (2001): Young Atlantic salmon: Ecology, Behaviour and Distribution, Petrozavodsk, „Karelia“ 2001, 159 S.
- b) KALYUZHIN, S. M. (2004): The Atlantic salmon of the White Sea basin: Problems of Reproduction and Fisheries. – PetroPress, Petrozavodsk, 263 S.

Der Varzuga zählt zu den *größten intakten* Lachsflüssen und eignet sich aus hydrologischer und morphologischer Sicht gut als Referenzgewässer für den Gewässertyp „große Lachsgewässer“ (Abb. 1). Der Varzuga ist fast gänzlich frei von anthropogenen Einflüssen und verfügt über einen jährlichen Lachsaufstieg von mehreren zehntausend bis einhunderttausend Tieren. Der Fluss mündet an der Südküste der Kola-Halbinsel in das Weiße Meer (Abb. 2). Die Länge beträgt 254 km (Einzugsgebiet: ca. 8000 km²) und der mittlere Jahresabfluss wird mit 76,5 m³/s angegeben. Die Wassertemperaturen steigen im Sommer auf 23°C, der pH-Wert liegt im Bereich 6,0 – 7,2. Der Varzuga wird unter anderem von der Äsche, der Elritze und der Quappe sowie von der Forelle besiedelt.

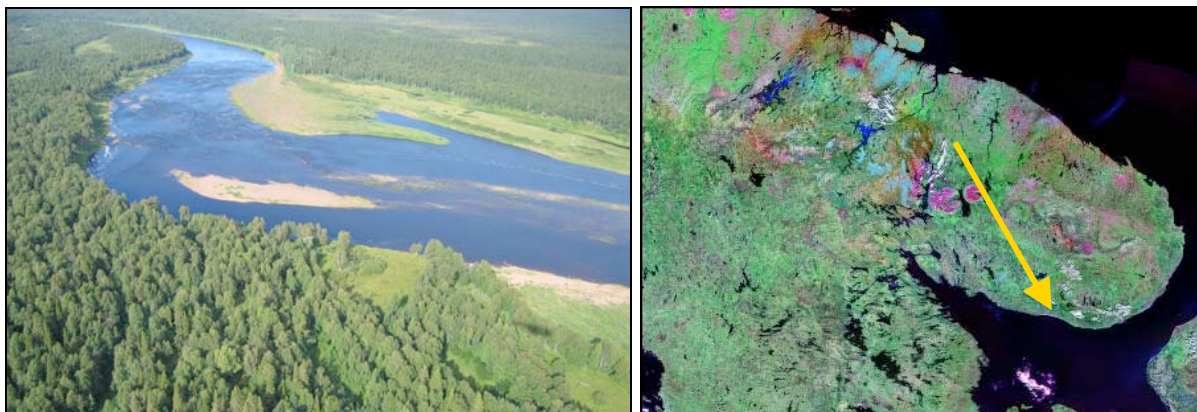


Abb. 1: Laichregion des Lachses im Varzuga bei Niedrigwasser im August 2005; **Abb. 2:** Kola-Halbinsel; Pfeil: Mündung des Varzuga

Für Lachslaichareale in tieferen Sektionen im Varzuga wurden folgende Werte ermittelt: Tiefe: 1,6 m (\pm 0,4 m); Fließgeschwindigkeit: 0,38 m/s \pm 0,03 m/s

In flachen Rauschen sowie an Seitenarmen und Zuflüssen des Varzuga entsprechen die verzeichneten Werte im übrigen den Angaben, die von diversen Autoren an *kleineren* Fließgewässern ermittelt wurden:

Tiefe: 0,32 m (\pm 0,02 m) - 0,43 m (\pm 0,04 m)

Fließgeschwindigkeit: $0,34 \pm 0,03$ m/s – (Laichareale im Varzuga) $1,07$ m/s \pm 0,06 m/s

Nach der Zusammenstellung von SCHMIDT (1996) liegt die untere Grenze der Strömungsgeschwindigkeit an geeigneten Lachslaichplätzen bei 0,15 - 0,2 m/s, die obere Grenze liegt (je nach Körpergröße der Fische) bei 1,2 – 1,8 m/s (vgl. WHITE, 1942; JONES, 1959; CRISP & CARLING, 1989; GIBSON, 1993). CRISP & CARLING (1989) ermittelten eine maximale Strömungsgeschwindigkeit (in der fließenden Welle) von 2,0 Körperlängen. MILLS (1973) gibt eine *mittlere* Strömungsgeschwindigkeit (12 cm über Grund) von 93 cm/s \pm 1,3 cm/s an. VESELOV & KALYUZHIN (2001) nennen 0,6 – 1,2 m/s als *optimalen* Bereich für den (relativ großen) Onega-Zufluss Lizhma.

Die Tiefe wird von diversen Autoren mit < 1 m angegeben, wobei CRISP & CARLING (1989) darauf hinweisen, dass das Fehlen von Angaben zu tieferen Laichplätzen wohl darauf zurückzuführen ist, dass dort nur schwer Beobachtungen zu machen sind. Die Autoren schließen, dass es keinen logischen Grund gibt, warum Salmoniden nicht in Wassertiefen laichen sollten, die in Relation zu ihrer Körpergröße groß sind und vermuten, dass die festgestellten maximalen Tiefen (hier rund 50 cm) auf die limitierte Verfügbarkeit tieferer Laichplätze (in den relativ kleinen englischen und walisischen Untersuchungsgewässern) zurückzuführen ist. Im LfU-Leitfaden (2005) sind folgerichtig auch keine Maximalwerte für die Laichplatztiefe angegeben. Die Vermutung von CRISP & CARLING (1989) wird durch die Daten am Varzuga, wo Laichplätze bis in 2,0 m Tiefe (VESELOV, pers. Mittlg.) festgestellt wurden, und Untersuchungen am Lizhma, wo Optimalbereiche von 0,6 – 1,2 m belegt wurden (VESELOV & KALYUZHIN, 2001), nachdrücklich bestätigt. Die Datenerhebungen am Varzuga und seinen Nachbargewässern sowie am Lizhma basieren zum großen Teil auf Freilandbeobachtungen im Rahmen von Tauchgängen (inkl. Auswertung von Unterwasserfotographie, -film) und wurden über viele Jahre durchgeführt.

Die Sichtung der Literaturangaben zur Tiefe der Lachslaichplätze legt nahe, dass die Tiere hier flexibel auf die örtlichen Rahmenbedingungen reagieren bzw. dass die Eignung eines Laichplatzes für den Lachs nicht durch die (maximale) Tiefe, sondern vielmehr durch die Substratzusammensetzung und die Strömungsverhältnisse charakterisiert ist. Die Substrat- und Strömungspräferenz *überlagern* also die Auswahl der Wassertiefe. Größere Individuen bevorzugen insgesamt größere Substrate, größere *Mindesttiefen* und höhere Fließgeschwindigkeiten (KEELY & SLANEY, 1996). Die Mindesttiefe liegt bei rund 0,2 Körperlängen (CRISP & CARLING, 1989).

Ein weiterer Parameter, der die Laichplatzwahl des Lachses bestimmt, ist das Gefälle; ein Gefälle unter 3% wird von diversen Autoren als geeignet angesehen (u.a. MILLS, 1973).

Als geeignete Grenz- bzw. Referenzwerte für den Restrhein sollten daher angesetzt werden:

- Maximale Wassertiefe an den Laichgründen: wahrscheinlich kein Grenzwert, mindestens jedoch bei 2,0 m; häufig beobachtete Tiefe in großen Gewässern 0,6 – 1,2 m.
- Maximale Strömungsgeschwindigkeit: 1,8 m/s; Optimum in großen Flüssen knapp 1,0 m/s bzw. 0,6 – 1,2 m/s.

Entsprechend ist die vom Ingenieurbüro SCHNEIDER-JORDE angenommene maximale Tiefe, die nicht überschritten werden sollte, als Parameter offenbar deutlich überbewertet (vgl. 3.2. Habitategnung nach Fuzzy-Regeln). Ähnlich verhält es sich mit dem Parameter Strömung (siehe hierzu auch Punkt 3.4.).

Fazit:

Es wurden im Gutachten von SCHNEIDER-JORDE für den Restrhein ungeeignete Referenzwerte für die Laichplatzwahl in großen Flüssen angenommen. Die verwendeten Referenzwerte beziehen sich offensichtlich auf kleinere Laichgewässer und es liegt daher keine Übertragbarkeit auf den Restrhein vor. Die verwendeten Grenzwerte sind folglich nicht anwendbar (vgl. 3.2.).

Folgende Werte sind aufgrund von neuen Erfahrungen und Beobachtungen aus zum Restrhein vergleichbaren Fließgewässern anzusetzen: optimale Wassertiefe 0,6 – 1,2 m; max. Wassertiefe: mindestens 2 m bzw. kein Grenzwert, max. Strömungsgeschwindigkeit: 1,8 m/s; Optimum 0,6 – 1,2 m/s bzw. um 1,0 m/s.

3.2 Habitateignung nach Fuzzy-Regeln

Die im Gutachten von SCHNEIDER & EISNER (2003) als Grundlage des Casimir-Modells verwendeten Fuzzy-Regeln basieren auf der zuvor beschriebenen, nicht validierten Verwendung der Literaturwerte aus kleinen Fließgewässern zu den Habitatpräferenzen.

Aus dem zur Verfügung stehenden Gutachten von SCHNEIDER & EISNER (2003) geht nicht eindeutig hervor, welche Grenz- bzw. Optimalwerte für die Parameter Tiefe, Sohlsubstrat und Fließgeschwindigkeit angenommen wurden. Auf Seite [10] wird dem Leser angekündigt, dass in Kap. 5.3. näher auf die verwendeten Expertenregeln und zugrunde liegenden Fuzzy-Regeln eingegangen wird. Hier [19] sind jedoch weder die angelegten Optimal- oder Grenzwerte für die Laichhabitat-Tiefe noch die veranschlagten Korngrößenklassen beschrieben. Eine Zahl, die einen Grenzwert ausdrückt, ist die Angabe der maximalen Fließgeschwindigkeit: knapp oberhalb 1,0 m/s. Dieser Wert drückt jedoch nicht den *Maximalwert* aus (der liegt bei 1,8 m/s, siehe oben), sondern in etwa den *Optimalwert*. Es muss daher angenommen werden, dass die verwendeten Fuzzy-Regeln auch den Parameter Fließgeschwindigkeit nicht angemessen berücksichtigen.

Hinzu kommt, dass unklar ist, wo die Gutachter SCHNEIDER & EISNER (2003) die Anlage von Laichgruben erwarten: innerhalb der Rauschen (was die relativ hohe Fließgeschwindigkeit von 1 m/s bei geringen Abflüssen erklären würde) oder am Kopf der Rauschen, also vor der Zunahme des Gefälles? Lachse laichen im allgemeinen *nicht* in der stärksten Strömung innerhalb der Rausche, sondern im langsamer durchströmten Bereich oberhalb der Rauschenkante!

Welche Auswirkungen sich bereits aus kleinen Änderungen in den der Habitatsimulation zu Grunde gelegten Fuzzy-Regeln ergeben, soll am Beispiel Tiefe verdeutlicht werden. Schätzt man etwa, wie auf S. [64] im Anhang, Aufstellung rechts oben (saumon, frayant, fuzzy3), Zeile 14 ersichtlich, den Parameter Tiefe bei „sehr großer Tiefe“ (dep VH) negativ ein, ergibt sich bei der Kombination mit den weiteren Parametern Strömung „groß“ (vel H) und Substrat „mittel“ (sub M) die niedrigste Habitateignung (SI L). Dagegen führt in Zeile 17 die Kombination „große Tiefe“ (dep VH), Strömung „groß“ (vel H) und Substrat „mittel“ (sub M) zur hohen Habitateignung (SI H). Das heißt: allein durch die Veränderung der Tiefe von „sehr hoch“ zu „hoch“ (also unter Beibehaltung der Bewertung für Strömung und Substrat) „springt“ die Bewertung des Habitateignungsindex um zwei Stufen von „gering“ auf „hoch“.

Hohe Strömungsgeschwindigkeiten stehen in der besagten Auflistung einer sehr hohen Habitateignung (korrekterweise) nicht im Wege; ebenso verhält es sich mit dem Substrat (mittel). Zeile 20 kombiniert Strömung „groß“ (vel H) mit „Tiefe mittel“ (dep M), und Substrat „mittel“ (sub M) und die Habitateignung liegt folgerichtig beim Höchstwert SI VH. Warum die alleinige Veränderung der Tiefe um einen Wert zu dep L, wie in Zeile 23 aufgeführt, bereits von der besten zur schlechtesten Habitateignung führt, ist gleichfalls nicht schlüssig. Lachse laichen, sofern die Strömungs- und Substratverhältnisse günstig sind, auch in flachen Abschnitten (15 – 20 cm) ohne Beeinträchtigung ab.

Neben diesen Beispielen sind diverse weitere Kombinationen weder schlüssig noch mit den Habitatbedürfnissen laichender Lachse auf Grund von Erfahrungen bei größeren Fließgewässern in Einklang zu bringen. Da der Parameter Substrat in der Laichplatzwahl des

Lachses eine herausragende Rolle spielt und die Tiefe außerhalb von extrem geringen Tiefen < 10 – 15 cm eine vernachlässigbare Größe darstellt, ist die vorgenommene Gewichtung grundsätzlich in Frage zu stellen.

Es wird daher empfohlen, den gesamten Bewertungsteil „Laichhabitate“ völlig neu zu bearbeiten und die Gewichtung entsprechend der tatsächlichen Habitatbedürfnisse des Lachses vorzunehmen. Dies ist vor allem auch deshalb dringlich, weil die Habitateignung zur Laichzeit des Lachses nach SCHNEIDER-JORDE einen *Schwerpunkt* der Fischhabitatuntersuchungen bildet [26]. Dabei wurde die Laichplatzverfügbarkeit als wesentlichstes Kriterium für die in den Wintermonaten verringerten Abflüsse gewertet.

Bei einer korrekten Bewertung des Faktors Tiefe (und ggf. des Faktors Strömung) dürfte sich die ideale Abflussmenge im Winter deutlich erhöhen.

Fazit:

Aus dem Gutachten von SCHNEIDER & JORDE (2003) geht nicht eindeutig hervor, welche Grenz- bzw. Optimalwerte für die Parameter Tiefe, Sohlsubstrat und Fließgeschwindigkeit den für die Casimirsimulation verwendeten Fuzzy-Regeln zugrunde liegen. Da der Parameter Substrat in der Laichplatzwahl des Lachses eine herausragende Rolle spielt und die Tiefe außerhalb von extrem geringen Tiefen < 10 – 15 cm eine vernachlässigbare Größe darstellt, ist die von SCHNEIDER & JORDE vorgenommene Gewichtung grundsätzlich in Frage zu stellen.

Es wird daher empfohlen, den gesamten Bewertungsteil „Laichhabitate“ völlig neu zu bearbeiten und die Gewichtung entsprechend den neueren Erfahrungen und Beobachtungen aus *größeren* Fließgewässern und den daraus resultierenden Habitatbedürfnissen des Lachses vorzunehmen. Mit dieser Neubewertung dürfte sich das Angebot an Laichhabitaten der Zielart signifikant erhöhen, wenn auch im Winter ein erheblich höherer Abfluss als die bisher veranschlagten 60 m³/s abgeführt wird.

3.3 Saisonale Abflussstaffelung, Entwicklungsstadien der Zielarten und Zeiträume

Das Gutachten von SCHNEIDER-JORDE formuliert für die Arten Lachs und Äsche bestimmte Zeiträume, in denen diese Arten in den jeweiligen Entwicklungsstadien im Restrhein auftreten würden [51].

Für den *laichenden* Atlantischen Lachs wird korrekt der Zeitraum Oktober bis Januar genannt. Dass für diesen Zeitraum ein Abfluss von nur 60 m³/s vorgeschlagen wird, ist – wie bereits unter Punkt 1 dargelegt – mit einer selektiven Literaturlauswahl zu erklären. Mit einer niedrigen Abflussmenge ausgerechnet im Zeitraum der Laichaktivität des Lachses wird folglich nicht der Laicherfolg erhöht, sondern vielmehr die Verfügbarkeit von Laicharealen reduziert. Die auf die falsche Einordnung der Parameter Strömungsgeschwindigkeit und Tiefe zurückzuführende Einschätzung ist hinsichtlich der Bedeutung des Restrhains für die Wiederansiedlung des Lachses besonders unglücklich. Die These, ein höherer Abfluss würde die geeigneten Laichhabitate eher begrenzen als ausweiten, ist daher uneingeschränkt zurückzuweisen.

Neben der Verfügbarkeit von Laicharealen für den Lachs im Herbst/Winter ist auch eine potenzielle Einschränkung des Reproduktionserfolges in die Bewertung einzubeziehen. Das Gutachten von SCHNEIDER-JORDE geht auf die Gefährdung der Eier bzw. Brut durch geringe Abflüsse nicht ein. Studien aus Kanada zu Zusammenhängen von Winterabfluss und Überlebensraten der Eier und Dottersackbrütlinge des Atlantischen Lachses zeigen jedoch einen positiven Zusammenhang zwischen Überlebensrate der Eier und Larven und Winterabflüssen auf (FRENETTE et al., 1984; GIBSON & MYERS, 1988). Bei niedrigen Winterabflüssen werden wegen des geringeren Wasservolumens häufig niedrigere Wassertemperaturen verzeichnet. Die Mortalität von Eiern im Kieslückensystem steigt bereits bei Temperaturen unter 4°C an. Auch das Durchfrieren von Laichbetten (Grundeis) kann den Reproduktionserfolg gefährden. Als weiterer Faktor kommt eine Reduktion des Durchflusses des Kieslückensystems in Betracht, wodurch Sauerstoffdefizite im Interstitial auftreten können.

Aus den genannten Gründen wird dringend empfohlen, die Dotation im Winter deutlich zu erhöhen.

Für das Stadium *Brütling* wird der Zeitraum Februar/März aufgeführt [51, vgl. auch 42]. In dieser Zeit vollzieht sich (nach 450-500 Tagesgraden) zwar der Schlupf der Lachsbrut. Dieser Vorgang spielt sich jedoch geschützt im Kieslückensystem 10 – 30 cm unter der Sohle ab (Mortalität meist < 5%). Warum dieser im Kontext „Habitatansprüche und Abfluss“ völlig irrelevante Zeitraum für die Festlegung der Grenzabflüsse [42] aufgeführt wird, erschließt sich aus dem Gutachten nicht. Im Februar/März sind keinesfalls Lachsbrütlinge in den Rauschenstrecken anzutreffen und ein „Schutz“ dieses sensiblen Lebensabschnitts durch begrenzte Abflüsse [42] ist folglich nicht notwendig! Die maximalen Habitatwerte, Referenzabflüsse und abgeleiteten Grenzabflüsse in Tab. 7 sind entsprechend für den Zeitraum Februar, März und Anfang April neu zu bearbeiten.

Möglicherweise ist dem Gutachter nicht bekannt, dass der Schlupf der Lachsbrut und das Stadium des frei schwimmenden Brütlings nicht direkt aneinander anschließen. Zur Erläuterung sei deshalb angeführt, dass nach dem Schlupf zunächst der – bei Salmoniden relativ große - Dottersack aufgezehrt wird. Dieser Prozess dauert weitere 280 - 300 Tagesgrade. Die Dottersackbrut besiedelt hier noch das Kieslückensystem und ist, sofern es nicht zu hochwasserbedingten Substratumlagerungen kommt, praktisch unbeeinflusst vom Abflussgeschehen! Die Fressfähigkeit ist nach Aufzehren des Dottervorrates erreicht. Um exogene Nahrung aufnehmen zu können, müssen Wassertemperaturen von mindestens 7-8 °C, besser knapp 10°C erreicht sein. Bei kälteren Temperaturen wird keine Nahrung aufgenommen und die Brut stirbt ab. Es darf ausgeschlossen werden, dass die Wassertemperaturen im Restrhein bereits im Februar und März *konstant* über 7-8°C liegen. Dagegen wurde der eigentlich kritische Zeitraum der Emergenz (= Aufschwimmen der jetzt fressfähigen Brut), in dem die Mortalität der Lachsbrut innerhalb weniger Wochen auf 70-90% ansteigt, überhaupt nicht berücksichtigt. Die Emergenz vollzieht sich nach rund 800 - 850 Tagesgraden und liegt je nach Laichzeitpunkt des Rogners meist im April, seltener im Mai. Ausgerechnet in diesen Zeitraum fällt im übrigen nach Vorschlag der EdF die Erhöhung der Wassermenge auf 50-80 m³/s. Es wäre wünschenswert gewesen, wenn das Büro SCHNEIDER-JORDE auf die Gefährdung der fragilen Lachsbrut durch abrupte Abflusserhöhungen in diesem Zeitraum hingewiesen hätte.

Für subadulte Lachse wurde als zugeordneter Zeitraum Juni bis September angegeben [51]. Unter „subadult“ sind hier offenbar Parrs im ersten Sommer zusammengefasst (?), die vornehmlich flach überströmte Rauschenstrecken besiedeln. (Die unzweideutige Bezeichnung *Altersklasse 0+*, wie sie üblicherweise in der deutschsprachigen Literatur Verwendung findet, wäre hier angebrachter – auch weil mit subadult üblicherweise das Stadium nach dem Postsmolt-Stadium = Übertritt ins marine Milieu benannt wird). Unklar ist, warum dieses Stadium des subadulten Lachses im Restrhein nicht auch im Oktober diesen Lebensraum besiedelt.

Nicht hinreichend berücksichtigt werden – sofern mit subadult tatsächlich nur die AK 0+ im ersten Sommer gemeint ist – *die kritischen Lebensphasen AK 0+ und AK 1+ im Winter*. Die weitgehende Ausklammerung der Problematik geeigneter Winterhabitate ist auch deshalb bedauerlich, weil die Verfügbarkeit entsprechender *tieferer* Rückzugsgebiete im Winter maßgeblich über die Eignung von Habitaten in der Juvenilphase entscheiden. So ist es kaum erklärbar, dass eine Reduktion des Mindestabflusses auf 60 m³/s (bzw. 45 m³/s nach Vorstellung der EdF) ausgerechnet in den Monaten November bis März vorgesehen ist, wenn die Lachse eine Präferenz für tiefere Bereiche aufweisen. Ein geringer Abfluss im Winter würde mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erhöhten Mortalitätsraten bei den genannten Altersklassen führen. Hierfür kann die Erhöhung der Dichte an den Winterstandorten und – bei starkem Frost - das Erfrieren von Junglachsen ursächlich sein (vgl. FRENETTE et al., 1984; GIBSON & MYERS, 1988).

Fazit:

Es werden im Gutachten von SCHNEIDER-JORDE falsche Zeiträume für das Auftreten der frühen Lebensstadien angenommen. Die unter 6.4 aufgeführten Grenzabflüsse entsprechen keinesfalls dem Zeitraum des Erscheinens der Brut in den Rauschenstrecken. Die hochsensible Phase des aus dem Lückensystem aufsteigenden Brütlings Mitte April bis Anfang Mai bleibt dagegen gänzlich unberücksichtigt; ausgerechnet in dieser Phase sind nach Vorschlag der EdF starke Veränderungen des Abflusses („saisonale Abflusstaffelung“) vorgesehen. Ebenso unberücksichtigt bleiben die Habitatansprüche im Winter; hier werden von Lachsparrs tiefere Bereiche bevorzugt. Welche Auswirkungen eine Verringerung des Abflusses auf 60 m³/s (bzw. 45 m³/s nach EdF) auf die Habitatqualität überwintender Parrs hat, wird nicht dargestellt. Geringe Winterabflüsse reduzieren jedoch die Überlebensraten der Junglachse. Zudem korreliert die Überlebensrate der Eier und Larven positiv mit höheren Abflüssen. Eine Durchflussverringerung während der Inkubationszeit bildet daher auch eine Gefährdung für den Reproduktionserfolg des Lachses. Die vorgesehenen Änderungen der Abflüsse stehen folglich *ausdrücklich nicht* im zeitlichen Einklang mit den Habitatansprüchen des Lachses.

Eine Neubearbeitung der abgeleiteten Grenzabflüsse im Hinblick auf die Altersstadien [42] erscheint dringend erforderlich.

3.4 Fließgeschwindigkeit

Ein Ergebnis der Modellierung ist, dass ab einem Abfluss von 40 m³/s an den „*fischinteressanten Stellen*“ Strömungsgeschwindigkeiten von über einem Meter auftreten. Um die Lachse und deren Brut nicht noch höheren Strömungsgeschwindigkeiten auszusetzen, soll der Abfluss 60 m³/s nicht übersteigen.

Für die Bewertung der Fließgeschwindigkeit muss zunächst darauf verwiesen werden, dass die für den Junglachs (Brütling, Parr) relevante Strömung die am *Gewässergrund* auftretende Strömung ist; die Strömungsverhältnisse in der fließenden Welle, wie sie offenbar in der Habitatsimulation verwendet wurden, sind von sekundärer Bedeutung. Eine spezifische Anpassung juveniler Lachse an die Strömungsverhältnisse des Rhithrals ist ihre Positionierung in Bodennähe mit Flossenkontakt zum Substrat. Mit Hilfe seiner großen, in der Funktion scherbrettartigen Brustflossen, die die Strömung an den Untergrund presst, kann der juvenile Lachs ohne hohen Energieaufwand in seiner Position verweilen. Dieses Verhalten gestattet dem juvenilen Lachs zudem den Aufenthalt unter reduzierten Strömungsbedingungen, da die Strömung *zum Gewässergrund hin logarithmisch abnimmt* (HYNES 1970; SMITH, 1975). Das Futter kann somit ohne großen Energieaufwand aus dem schnellfließenden Wasserkörper geschnappt werden (vgl. ALLEN 1941, KEENLEYSIDE 1962, GIBSON 1973, WANKOWSKI & THORPE 1979).

Hohe Fließgeschwindigkeiten in der fließenden Welle haben für juvenile Lachse bei energetisch günstiger Positionierung am Gewässergrund zudem diverse Vorteile. Durch die starke Überströmung des Standortes werden in rascher Folge in der Drift befindliche Nahrungsorganismen herangetragen. Andere Fischarten dringen im Allgemeinen nicht in besonders stark durchströmte Abschnitte vor, was einen geringen Konkurrenzdruck und einen geringen Fraßdruck durch Fische bedingt. Die an diesen Standorten meist turbulente Wasseroberfläche (*broken water surface*) bildet zudem einen effektiven Sichtschutz gegenüber piscivoren Vögeln.

Die Strömungsverhältnisse am Gewässergrund werden durch die Substratzusammensetzung geprägt, d.h. ein die Heterogenität von Strömungsverhältnissen bzw. die Ausbildung von Mikronischen bedingender Faktor ist die *Substratoberfläche*. Grobkörnige Substrate, wie sie auch am Restrhein dominieren, gelten allgemein als besonders günstige Habitatstruktur für Parrs. (Weiterhin kann die Verfügbarkeit von Steinblöcken ein positives Kriterium für eine Habitateignung sein, welches hohe Besiedlungsdichten ermöglicht.) Steine und Grobkies führen, sofern sie zur Diversität der *Substratoberfläche* beitragen, zu kleinräumigen

Verwirbelungen und zur Ausbildung von Strömungsschatten. Ein durch Diversität geprägtes Oberflächensubstrat trägt damit zur Reduzierung des für die Positionshaltung nötigen Energieaufwands der Lachse bei. Zusätzlich werden gering durchströmte Mikronischen um Steine oder andere größere Strukturen aufgesucht. Entsprechend der geschilderten Positionierung der Lachse wurde in einer Studie an Besatzgewässern in Rheinland-Pfalz (SCHNEIDER, 1998) eine starke Divergenz der Strömungsgeschwindigkeiten am Boden (Median 0,10 m/s) gegenüber den für die Wasseroberfläche verzeichneten Messwerten (Median 0,39 m/s) verzeichnet. In Ausnahmefällen wurden maximale bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten bis 0,70 (große Parrs) bzw. 0,79 m/s (kleine Parrs) registriert.

Darüber hinaus sind juvenile Lachse schon zu Beginn ihrer Entwicklung widerstandsfähig gegenüber starker Strömung. Fressfähige Lachsbrut (< 2,6 cm) toleriert im Strömungskanal nach Aufzehren des Dottersacks (= Emergenz) plötzliche Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeit bis 0,10 - 0,25 m/s, bei Erreichen einer Körperlänge von 4-5 cm beträgt die tolerierte Strömungsgeschwindigkeit über 0,50 m/s; darüber hinaus kommt es jeweils zur Verdriftung der Tiere (HEGGENES & TRAAEN, 1988). Es sei nochmals betont, dass diese Strömungsverhältnisse die *am Individuum wirkenden Kräfte* sind und die Strömung in der fließenden Welle bei Besiedlung grober Substrate noch mal um ein vielfaches höher ist.

Eine Präferenz für geringere Strömungsgeschwindigkeiten und tiefere Standorte liegt in den Wintermonaten vor. GRAHAM et al. (1996) zeigten auf, dass die Strömungstoleranz juveniler Lachse mit sinkenden Temperaturen im Winter abnimmt. Diese physiologische Veränderung führt zum Aufsuchen geeigneter Strukturen in tieferen Bereichen oder zum Eingraben in das Substrat. Größere Lachse einer Altersklasse sind dabei über den Winter aktiver und nehmen kontinuierlich Nahrung auf, während relativ kleine Individuen die Nahrungsaufnahme reduzieren.

Wie die Strömungsverhältnisse am Gewässergrund ausgeprägt sind, lässt sich über eine Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit in der fließenden Welle im Rahmen einer Habitatmodellierung schwerlich vorhersagen. Bei groben Substraten, wie sie am Restrhein dominieren, dürften sich selbst bei Strömungsgeschwindigkeiten von 2 m/s in der fließenden Welle eine Vielzahl von strömungsberuhigten Mikronischen am Gewässergrund ausbilden, die eine Besiedlung durch Brütlinge und Parrs ermöglichen bzw. begünstigen. Eine Begrenzung des Abflusses mit dem Argument der Notwendigkeit der Beschränkung der Strömungsgeschwindigkeit ist entsprechend nicht möglich.

Zur Strömungsgeschwindigkeit in Bezug zur Laichplatzwahl vgl. 3.1 und 3.2.

Fazit:

Die Strömungsgeschwindigkeiten um 1 m/s, die nach SCHNEIDER & JORDE zum Schutz der Lachsbrut und Jungfische nicht überschritten werden sollten (was bei 60 m³/s Abfluss gegeben wäre), sind offenbar die mittleren Strömungswerte in der fließenden Welle (zur fehlerhaften zeitlichen Einschätzung des Erscheinens der Lachsbrut in den Rauschen vgl. oben, 3.3.). Die in der Literatur genannten Grenzwerte für Lachsbrut und Junglachse sind jedoch die Werte, die am Körper der Tiere auftreten. Lachse präferieren außerordentlich schnell strömende Gewässerstrecken. Da sich Lachse in strömungsberuhigten Mikronischen mit Flossenkontakt zum Gewässergrund aufhalten, unterscheiden sich die Strömungsgeschwindigkeiten *am Standort* der Tiere erheblich von den Werten in der fließenden Welle.

Wie die Strömungsverhältnisse am Gewässergrund ausgeprägt sind, lässt sich über eine Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit in der fließenden Welle im Rahmen einer Habitatmodellierung schwerlich vorhersagen. Insbesondere bei groben Substraten - wie am Restrhein gegeben - liegen die Strömungsgeschwindigkeiten in der fließenden Welle mindestens um das vier- bis fünffache über den Werten am Standort des Lachses. Eine Begrenzung des Abflusses mit dem Argument der Notwendigkeit der Beschränkung der Strömungsgeschwindigkeit ist entsprechend nicht möglich. Vielmehr kommt eine Erhöhung des Abflusses dem juvenilen Lachs ausdrücklich zu Gute.

3.5 Dotation bei Niedrigwasser

Eine im Gutachten SCHNEIDER-JORDE diskutierte Option zur Förderung der Dynamik ist „*die Reduktion des Sockelabflusses im Sommer in Verbindung mit einer Erhöhung des Dynamikanteils. So wäre in „normalen“ Abflussjahren mit hohen Sommerabflüssen auch ein hoher Mindestabfluss vorhanden, in sehr trockenen Sommern würde auch der Mindestabfluss abgesenkt.*“ [59] Diese Variante ist aus fischökologischer Sicht strikt abzulehnen, weil es bereits in moderat warmen, aber trockenen Sommern zu einer erheblichen thermischen Belastung für den Lachs (wie auch der Äsche) kommen würde. Ursächlich ist die im Vergleich zur Fläche geringe Wassermenge, die sich in den flachen (und im Restrhein weitgehend unbeschatteten) Rauschenstrecken durch die Sonneneinstrahlung stark erwärmen kann. So werden bei Niedrigwasser in breiten arktischen Gewässern wie dem Varzuga in Nordrussland bereits Wassertemperaturen von 23°C erreicht. Der Grenzwert für juvenile Lachse liegt je nach Herkunft und Adaptierung bei etwa 27 – 28°C. Diese Werte wurden etwa im Extremjahr 2003 bereits in der fließenden Welle des Rheins erreicht und dürften im Restrhein wegen der geringen Wasserführung nochmals deutlich höher gewesen sein. Extreme Erwärmungsprozesse sind beispielsweise in 2003 für erhebliche Mortalitätsraten besetzter Lachse in der Barbenregion der rheinland-pfälzischen Sieg und Teilen der Äschenregion der unteren Nister verantwortlich gewesen (SCHNEIDER, eigene Daten). Vergleichbares gilt natürlich auch für die Äsche, die ebenfalls unter erheblichen Temperaturstress geraten würde, wenn diese Variante gewählt würde. Schließlich sind bei der vorgeschlagenen Variante noch erhebliche Probleme durch erhöhte pH-Werte in Folge biogener Entkalkung zu erwarten, die insbesondere die Äschenbrut, aber auch juvenile Lachse bedrohen. Folglich ist der Ansatz, auch in trockenen Sommern mindestens 100 m³/s als Mindestabfluss vorzusehen, uneingeschränkt zu begrüßen.

Fazit:

Um thermischen Stress bzw. temperaturbedingte Sommermortalität für Äsche und Lachs im Restrhein zu vermeiden, darf speziell in sehr trockenen Sommern der Mindestabfluss nicht abgesenkt werden.

Gesamtfazit und Empfehlung:

Das Gutachten des Büros SCHNEIDER-JORDE (SCHNEIDER & EISNER, 2003) zur Festlegung des Mindestabflusses in der Ausleitungsstrecke des Rheins unterhalb Kembs („Restrhein“) stellt die Habitatansprüche der Zielart Lachs als wesentliche Grundlage der empfohlenen Mindestwasserregelung heraus. Diese sieht in den Wintermonaten eine Wassermenge von 60 m³/s vor.

Bei der Erarbeitung der Grenzabflüsse wurden die Fischhabitate in Relation zu verschiedenen Abflussszenarien geprüft. Zumindest für den Lachs als wesentlichste Zielart ergeben sich in dem Gutachten deutliche Mängel in der Bewertung der Habitatansprüche, so dass die der Habitat-Modelluntersuchung zugrunde gelegten Werte für die Casimir-Studie weder fachlich korrekt sind, noch dem Stand der Kenntnis entsprechen. Insbesondere die Grenzwerte für Fließgeschwindigkeit und Tiefe laichender Lachse liegen deutlich zu niedrig. Die im Gutachten von SCHNEIDER & JORDE verwendeten Werte gehen offenbar auf eine Literaturstudie zurück, die sich im Schwerpunkt auf kleinere Fließgewässer als den Restrhein beziehen. Es wird vorgeschlagen, ausschließlich Daten aus Studien zu Habitatansprüchen an *großen* Fließgewässern als Referenzwerte zu Grunde zu legen. Entsprechende neuere Studien (z.B. am russischen Varzuga) zeigen, dass der Lachs in größeren Gewässern auch in deutlich größeren Tiefen und zudem bei deutlich höheren Fließgeschwindigkeiten ablaicht. Nimmt man diese Werte als Grundlage der Fuzzy-Regeln, ergeben sich aufgrund der geringen Bedeutung der maximalen Tiefe und der höheren tolerierten Strömungsgeschwindigkeit völlig andere Habitateignungsindizes – bis hin zu Verschiebungen von der schlechtesten zur besten Habitateignung nach Änderung des Parameters Tiefe um einen Rang! Das verdeutlicht, dass es wesentlich darauf ankommt, die Simulation mit dem Casimir-Modell mit korrekten Werten zu Habitatansprüchen und Lebensraumeignung durchzuführen.

Obendrein werden im Gutachten von SCHNEIDER-JORDE falsche Zeiträume für das Auftreten der frühen Lebensstadien des Lachses angenommen. Die aufgeführten Grenzabflüsse

entsprechen keinesfalls dem Zeitraum des Erscheinens der Brut in den Rauschenstrecken. Die hochsensible Phase des aus dem Lückensystem aufsteigenden Brütlings bleibt gänzlich unberücksichtigt; in dieser Phase sind nach Vorschlag der EdF starke Veränderungen des Abflusses („saisonale Abflusstaffelung“) vorgesehen. Ebenso unberücksichtigt bleiben die Habitatansprüche im Winter; hier werden von Lachsparrs tiefere Bereiche bevorzugt. Geringe Winterabflüsse reduzieren die Überlebensraten der Junglachse. Zudem korreliert die Überlebensrate der Eier und Larven positiv mit höheren Abflüssen. Eine Durchflussverringerung während der Inkubationszeit bildet daher eine Gefährdung für den Reproduktionserfolg des Lachses. Die vorgesehenen Verringerungen der Abflüsse im Winter stehen folglich *ausdrücklich nicht* im zeitlichen Einklang mit den Habitatansprüchen des Lachses.

Es wird empfohlen, die Simulation anhand von Grenz- und Optimalwerten zu wiederholen, die an vergleichbar großen Flüssen ermittelt wurden. Die den Fuzzy-Regeln zu Grunde liegenden Referenz- und Grenzwerte der Habitatansprüche (Fließgeschwindigkeit, Substrat, Tiefe) der Zielarten sollten dabei transparent dargestellt werden. Die neu festzulegenden Grenzwerte dürften in der Simulation eine erhebliche Erhöhung des Winterabflusses ergeben.

Die vorliegende Stellungnahme fokussiert auf der Zielart Lachs, die Habitatansprüche der anderen Zielarten wurden kaum berücksichtigt. Es wird jedoch – angesichts der offensichtlich einseitig auf den Lachs zugeschnittenen Bewertung der Habitatsimulation – darauf hingewiesen, dass:

1. die Laichhabitatansprüche der anadromen Meerforelle der des Lachses stark ähneln
2. die Arten Barbe und Nase im von Wasserentnahme unbeeinträchtigtem Oberrhein individuenstarke, reproduktive Bestände ausbilden
3. der Habitatanspruch des Lachses – obwohl wichtige Zielart - nicht allein die Qualität des Ökosystems definieren kann.

Eine genauere Überprüfung der angewandten Fuzzy-Regeln für die weiteren Zielarten erscheint angebracht. Offenbar bestehen auch hier erhebliche Diskrepanzen in der Einschätzung der Habitatansprüche. Nach Aussage von MATTHIAS SCHNEIDER sind 40 km (85 %) der Restrheinfließstrecke „banal“ bzw. nicht fischinteressant und würden nicht von einer Abflusserhöhung profitieren.“ (zitiert aus Protokoll des bbu- Ak-Wasser vom workshop „Neukonzessionierung Kembs am 15./16.12.05 in Straßburg). BLASEL (2004) kartierte den Restrhein aus fischökologischer Sicht und kommt zu einem gänzlich anderen Ergebnis: 66% der Strecke ist für standorttypische Arten wie die Äsche ökologisch hochwertig.

Ein wesentliches Defizit im Restrhein bildet die Verfügbarkeit geeigneter Substrate für Kieslaicher. Deshalb ist es zu begrüßen, dass die EdF eine Seitenerosion über 13 km entlang der Rheininsel plant. Darüber hinaus ist eine aktive Geschiebeabgabe ökologisch von Vorteil.

Dr. Jörg Schneider

Frankfurt am Main, 9. Januar 2005 (Dr. Jörg Schneider)

Literatur:

- ALLEN, K.R. (1941): Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). 2. Feeding habits. - J. Anim. Ecol. 10: 47-76.
- 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, 143-170.
- BLASEL, K. (2004): Einfluss der Kormoranprädation auf den Fischbestand im Restrhein. – Studie im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, 36 S.
- BELAND, K.F., JORDAN, R.M. & MEISTER, A.L. (1982): Water depth and velocity preferences of spawning Atlantic salmon in Maine rivers. – North Am. J. Fish. Mngmt 2, 11-13.
- CRISP, D.T. & CARLING, P.A. (1989): Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. – J. Fish Biol. 34, 119-134.
- FRENETTE, M., CARON, P., JULIEN, P. & GIBSON, R.J. (1984): Interactions entre le débit et les populations de tacons (*Salmo salar*) de la rivière Matamec, Québec. – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 954-963.
- GIBSON, R.J. (1973): Interactions of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill). - Int. Atlantic Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4 (1): 181-202.
- GIBSON, R.J. (1993): The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. - Reviews in Fish Biology and Fisheries 3: 39-73.
- GIBSON, R.J. & MYERS, R.A. (1988): Influence of seasonal river discharge on survival of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. – Can. J. Fish Aquat. Sci 45, 344-348.
- GRAHAM, D.W., THORPE, J.E. & METCALFE, N.B. (1996): Seasonal current holding performance of juvenile Atlantic Salmon in relation to temperature and smolting. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 80-86.
- HEGGENES, J. & TRAAEN, T. (1988): Downstream migration and critical water velocities in stream channels for fry of four salmonid species. - J. Fish Biol. 32: 717-727.
- HYNES, H.B.N. (1970): The Ecology of Running Waters. - Toronto (Univ. Toronto Press), 555 pp.
- JONES, J.W. (1959): The salmon - Collins, London.
- KALYUZHIN, S. M. (2004): The Atlantic salmon of the White Sea basin: Problems of Reproduction and Fisheries. – PetroPress, Petrozavodsk, 263 S.
- KEELEY, E.R. & SLANEY, P.A. (1996): Quantitative measures of rearing and spawning habitat characteristics for stream-dwelling salmonids: guidelines for habitat restoration. – Watershed Restoration Project Report No.4, 1996, Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests, British Columbia, Canada.
- KEENLEYSIDE, M.H.A. (1962): Skin-diving observations of Atlantic salmon and brook trout in the Miramichi River, New Brunswick. - J. Fish. Res. Bd. Can. 19: 625-634.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (2005): Leitfaden „Mindestabflüsse in Ausleitungstrecken“. - LfU, 2005, Anlage 3: Anforderungsprofile von Indikator-Fischarten
- MILLS, D. (1973): Preliminary assessment of the characteristics of spawning tributaries of the River Tweed with a view to management. – In: International Atlantic Salmon Symposium, St. Andrew's (eds: SMITH, M.W. & CARTEN, W.M.); International Atlantic Salmon Foundation Special Publication Series 4(1), 145-155.
- SCHMIDT, G.W. (1996): Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in Nordrhein-Westfalen -

Allgemeine Biologie des Lachses sowie Konzeption und Stand des Wiedereinbürgerungsprogramms unter besonderer Berücksichtigung der Sieg. - Landesanstalt f. Ökologie, Bodenordnung und Forsten / Landesamt f. Agrarordnung NRW , LÖBF-Schriftenreihe, 11 (1996).

SCHNEIDER, J. (1998): Zeitliche und räumliche Einnischung juveniler Lachse (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) allochthoner Herkunft in ausgewählten Habitaten. - Verlag Natur und Wissenschaft, Solingen; 218 pp.

SCHNEIDER, M. & EISNER, A. (2003): Umweltverträglichkeitsstudie für die Neukonzessionierung des Kraftwerkes Kembs der Electricité de France – Teilbericht: Mindestwasseruntersuchungen im Restrhein auf Basis von ökohydraulischen Simulationen. – Studie im Auftrag der Electricité de France; SCHNEIDER & JORDE Ecological Engineering GmbH; Stuttgart, 2003, 75 S.

SMITH, I.R. (1975): Turbulence in lakes and rivers. – Freshwater Biol. Ass. Sci. Publ. 29; Ambleside, U.K.: FBA, 79 pp.

VESELOV, A.E. & KALYUZHIN, S.M. (2001): Young Atlantic salmon: Ecology, Behaviour and Distribution, Petrozavodsk, „Karelia“ 2001, 159 S.

WANKOWSKI, J.W.J. & Thorpe, J.E. (1979): Spatial distribution and feeding in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. juveniles. - J. Fish Biol. **14**: 239-247.

WHITE, H.C. (1942): Atlantic salmon redds and artificial spawning beds. - J. Fish. Res. Bd. Can. **6**: 37-44.