

# Hydrologische Analysen und Folgerungen für die Praxis

# Die Wasserschau

Ausgabe 3 - Nov. 2011 - 2. Jahrgang

## Einführung: Durchgängigkeit von Gewässern

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie hat das Ziel, nachhaltige Verbesserungen für Gewässer in Bezug auf deren Struktur zu erreichen. Bestandsaufnahmen und Konzepte der vergangenen zehn Jahre stellen das Wissen bereit, wo Verbesserungen notwendig sind und wie sie erzielt werden können.

Die Schwierigkeit, Flächen an Gewässern für eine natürliche Auenentwicklung zu mobilisieren führt dazu, dass der Schwerpunkt auf die Durchgängigkeit der Gewässer gelegt wird. Auf den ersten Blick ist es auch einleuchtend, dass die Lebensbedingungen der Fische, insbesondere der Langstreckenwanderer wie Lachs, Aal und Maifisch, durch Stauwerke massiv eingeschränkt und zerstört werden. Die Wasserkraftnutzung ist deshalb stark in die Kritik geraten, scheint sie doch in vielen Augen die Hauptursache für die Schwierigkeiten bei der Wiederansiedlung der ursprünglichen Fischfauna zu sein.

## Der aufgewärmte Lachs

### 1. Der Anlass

Bei der Planung von fischdurchgängigen Anlagen an Wasserkraftanlagen liegt es nahe, nicht nur die entsprechenden Merkblätter heranzuziehen, sondern sich auch mit dem Stand des Lachsprogramms vertraut zu machen.

Dabei fällt auf, dass – wenn auch erst eine kurze Zeitreihe vorliegt – die Einwanderung von adulten Lachsen in die Nebengewässer des Rheins, z.B. in die Sieg, nicht so regelmäßig erfolgt, wie es Tierfilme über kanadische Flüsse suggerieren, in denen die Grizzlybären sich ebenso pünktlich an Flüssen einfinden wie der Lachs dort aufwandert. Die Zählungen in Buisdorf an der unteren Sieg zeigen, dass es hier zeitliche Verschiebungen um einen Monat gibt – vgl. Abb. 1. Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)<sup>1</sup> geht ebenso wie der BUND<sup>2</sup> von einem Einfluss der Wassertemperatur aus, da der Lachs aus Sauerstoffmangel und zum Sparen von Energieressourcen spätestens bei Wassertemperaturen von 25°C und mehr den Aufstieg unterbricht, ggf. auch aufgrund von Krankheiten, die ebenfalls durch hohe Wassertemperaturen gefördert werden.

<sup>1</sup> INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (IKSR): Bericht Nr. 167 - Fischökologische Gesamtanalyse einschließlich Bewertung der Wirksamkeit der laufenden und vorgesehenen Maßnahmen im Rheingebiet mit Blick auf die Wiedereinführung von Wanderfischen. Koblenz 2009

<sup>2</sup> LANGE, Jörg/ Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): BUND-Studie Abwärmelast Rhein. Mainz/ Freiburg 2009.

In den Hintergrund rückt dabei, dass für eine nachhaltige Verbesserung aber auch andere Bedingungen in den für die Langstreckenwanderer maßgeblichen Fließgewässern kaum weniger nachteilig wirken wie Wasserkraftwerke. Da die Wiederansiedlung des Lachses vom Land Nordrhein-Westfalen mit Nachdruck verfolgt wird, soll im Folgenden die in einigen Publikationen bereits angedeutete Erwärmung des Rheins etwas genauer betrachtet werden. Denn setzt sich die Entwicklung der letzten Jahrzehnte unter den Bedingungen des Klimawandels selbst nur gedämpft fort, so drohen insbesondere dem Lachs im Rhein so lange Zwangspausen, dass er aufgrund des zu warmen Rheins nicht in seine Laichgewässer aufwandern kann. Entsprechend bedarf es auch hier integrierter Lösungsansätze und ist die Durchgängigkeit von Fließgewässern nicht allein durch Fischpässe, Sohlgleiten oder den Abriss von Wasserkraftwerken gesichert, sondern bedarf wohl auch weniger kanalisierter Gewässer und einem den Arten entsprechenden Temperaturregime.

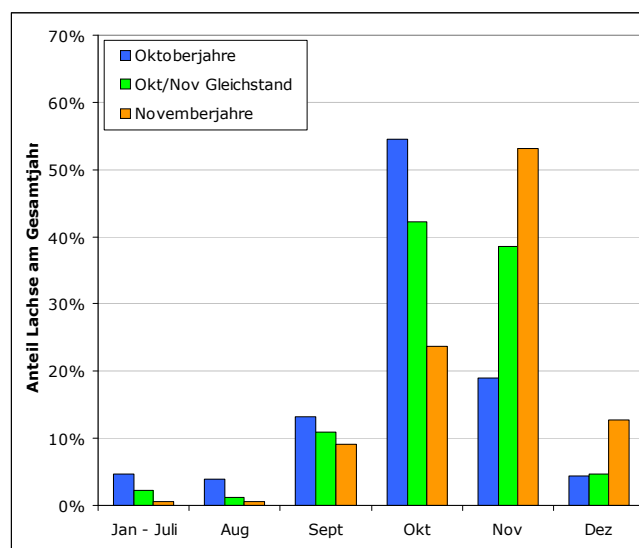


Abb.1: Verteilung der gezählten Lachse 2000 bis 2008, getrennt nach Wanderungsschwerpunkten. In 2003 und 2006 war der Lachs einen Monat verspätet gegenüber z.B. 2004 und 2007 (Daten: vgl. Fußnote 1)

Klar ist, dass der Lachs sich nicht beliebig verspäten kann, um noch die Laichgebiete zu erreichen. Somit stellt sich die Frage, ob und inwiefern sich bei einer weiteren Erwärmung der Atmosphäre im Zuge des Klimawandels auch der Rheins so stark (einschließlich des Kühl- und Grubenwassereinflusses) aufwärmt, dass die Zwangspausen für den Lachs irgendwann in vielen Jahren so lang werden und sich so weit in den Spätherbst ziehen, dass viele Laichgewässer vom Lachs zeitlich nicht mehr erreicht werden können. Eine Abschätzung soll hier im Folgenden versucht werden.

## 2. Erste Indizien

Die genannten Publikationen von IKSR und BUND geben erste Hinweise, ohne Daten direkt mit den Lachszählungen zu korrelieren. Dabei zeigt allein ein Vergleich mit den mittleren Sommertemperaturen (Juni, Juli, August) von

- 2000, 2004, 2005 und 2007 für die Oktoberjahre des Lachses an der Siegmündung,
- 2001 und 2002 für den Gleichstand der Wanderung in Oktober und November sowie
- 2003 und 2006 für die Novemberwanderung,

dass die These von der Zwangspause für den Lachs bei hohen Temperaturen es Wert ist, weiter untersucht bzw. belegt zu werden – vgl. Abb. 2.

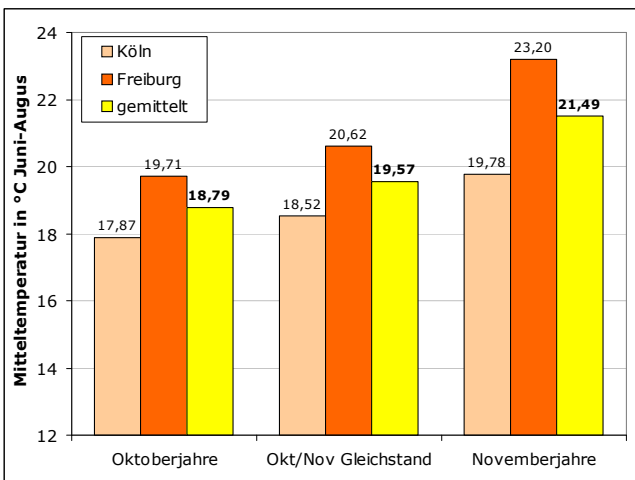


Abb. 2: Mittlere Sommertemperaturen (Quelle Daten: wetteronline.de) und Ankunft der Lachse an der Sieg

Gleichzeitig zeigt sich beim Rheinabfluss im August und September kein Muster, welches die Verspätung beim Lachs erklären würde (z.B. über die These, dass hoher Abfluss und damit erhöhte Strömung den Lachs auch Zeit kosten könnte) – vgl. Abb. 3:

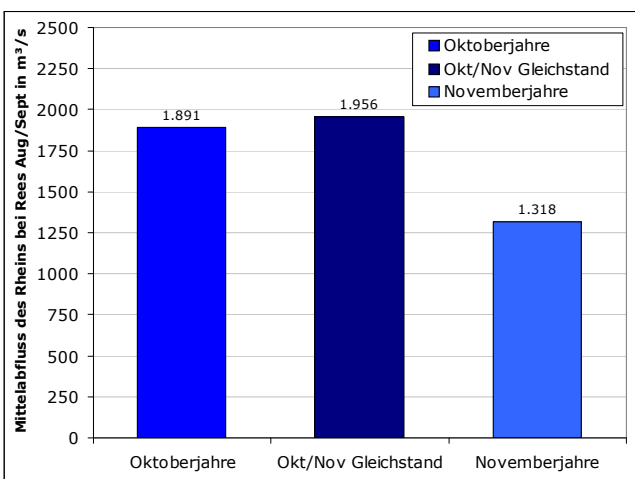


Abb. 3: Mittlerer Abfluss im Rhein in m³/s August und September; in den Jahren, in denen der Lachs sich verspätet hat, war die Strömung im Sommer deutlich geringer; insbesondere die Verspätung um zwei Wochen in den Oktober-November-Wanderungen lässt sich ebenfalls nicht über die Strömung erklären (Quelle Daten: IKSR, vgl. Fußnote 1)

## 3. Entwicklung der Wassertemperatur des Rheins

### 3.1 Übersicht der Entwicklung in Lobith

Die Niederlande halten mit waterbase.nl im Internet ein umfangreiches Datenangebot über Gewässerdaten bereit. In Lobith an der deutsch-niederländischen Grenze wird seit 1909 (mit kleineren Lücken und einem Jahr kriegsbedingter Pause 1944/45) meist morgens die Wassertemperatur des Rheins gemessen. Damit wird die Mitteltemperatur leicht unterschätzt, da nach der nächtlichen Abkühlung gemessen wird. Dennoch ist die Entwicklung als durchaus dramatisch anzusehen, da der Rhein bei sämtlichen Anpassungskurven sich um über 3,5 °C erwärmt hat – vgl. Abb. 4:

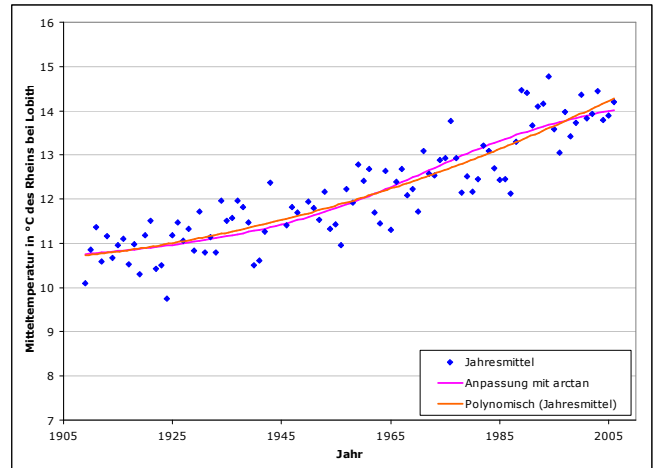


Abb. 4 Entwicklung der mittleren Wassertemperatur des Rheins, gemessen in Lobith (Daten: waterbase.nl); orange die Anpassung einer Parabel an die Daten, magenta die Anpassung einer arcus-tangens-Kurve

An Abb.4 lässt sich Folgendes zeigen:

- Die Anpassung einer Parabel hat zwar mathematisch einen geringfügig höheren Erklärwert als die arcus-tangens-Kurve, weist aber inhaltlich in eine zu dramatische Richtung. Denn betrachtet man allein den Zeitraum 1988 bis 2006 und damit bereits fast zwei Jahrzehnte, so hat sich zumindest vorerst die Mitteltemperatur bei 14 °C eingependelt;
- Die arctan-Kurve ist auch inhaltlich sinnvoller: Durch höhere Verdunstungskälte, Deindustrialisierung am Rhein und damit geringerem Kühlwasserbedarf setzt sich die Erwärmung des Rheins nicht ungebremst fort, zumal in der BUND-Studie (Fußnote 2) von einem Anteil der Industrie an der Erwärmung von knapp zwei Dritteln ausgegangen wird.
- Generell ist der Temperaturanstieg extrem. Der Lachs findet heute ein klimatisch vollständig anderes Gewässer vor wie vor seiner Ausrottung durch die Rheinverschmutzung. Im Weiteren wird deshalb die Dauer untersucht, in denen der Rhein sich auf 24 °C und mehr erwärmt. Da in Lobith morgens gemessen wird, dürfte die Temperatur, bei der der Lachs seine Wanderung unterbrechen muss, nicht exakt bei gemessenen 25°, sondern etwas darunter liegen, da bei einer Messung morgen von 24 ° die Wassertemperatur zu Beginn der Nacht definitiv höher lag und ggf. bei 25 ° und mehr.

### 3.2 Jährliche Temperaturamplitude

Interessant ist, dass sich die Amplitude der jährlichen Temperaturschwankung im Rhein bei Lobith praktisch nicht verändert hat. Der Temperaturanstieg hat damit sowohl Winter wie Sommer gleichmäßig erfasst und ist z.B. nicht einer überproportionalen Erwärmung im Winter oder Sommer geschuldet - vgl. Abb. 5:

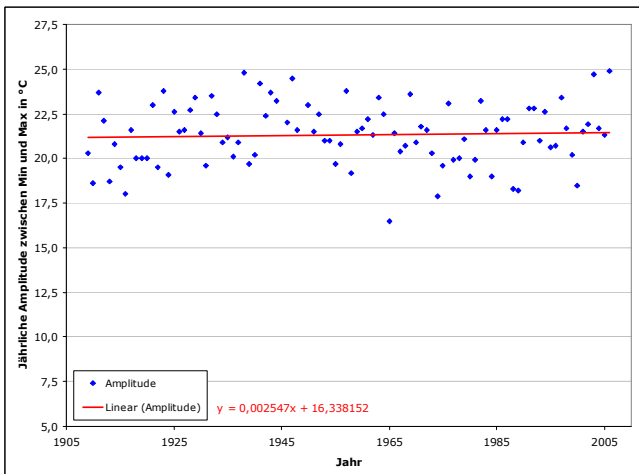


Abb. 5: Entwicklung der Temperaturamplitude zwischen Minimum und Maximum des Rheins bei Lobith (Daten: waterbase.nl)

Da die Amplitude konstant geblieben ist, steigt bei einem sinus-artigen Verlauf die Temperatur für einen immer längeren Zeitraum über die Grenze von 24 ° C – vgl. Abb.6:

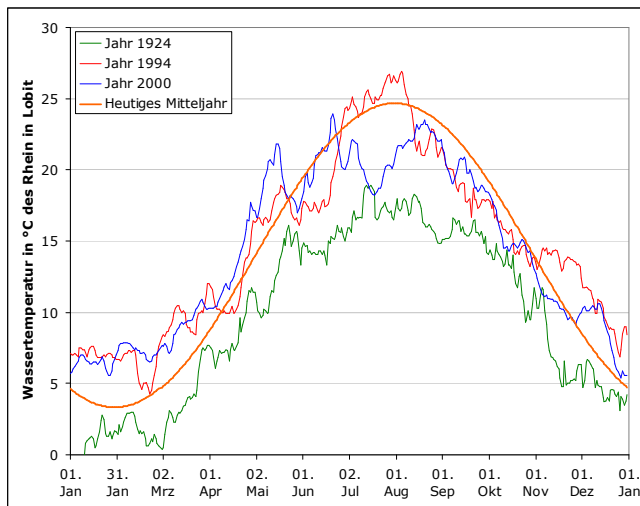


Abb. 6: Temperaturverlauf in einem sehr kalten Jahr (1924), einem sehr warmen (1994), einem Jahr mit geringer Amplitude (2000) und in einem Normaljahr mit durchschnittlicher Jahresmitteltemperatur und Amplitude (Daten: waterbase.nl, eigene Auswertungen und Sinus-Anpassung); 2000 zeigt sich zudem erstmals die Frühjahrsspitze, die seit 2007 durch warmes Aprilwetter häufiger auftritt

Im skizzierten Normaljahr steigt die Temperatur schon an 42 Tagen auf 24°C und mehr. Entsprechend wurde untersucht, an wie viel Tagen in der Vergangenheit je Jahr die 24°C oder mehr im Rhein gemessen wurden – vgl. Abb. 7:

### 3.3 Jährliche Warmwasserperioden

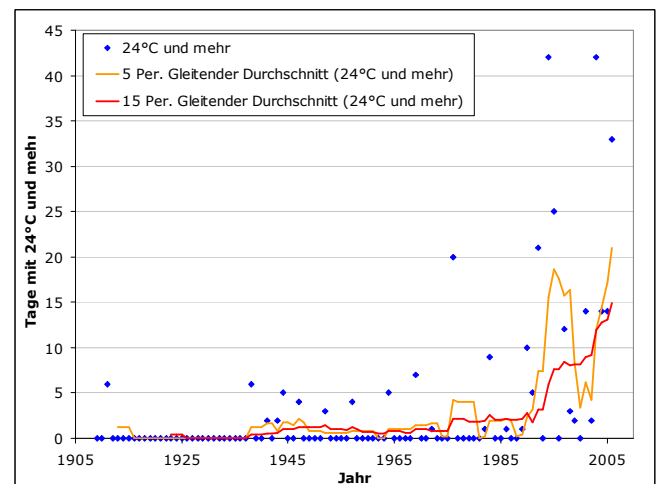


Abb. 7: Tage mit 24°C Wassertemperatur oder mehr zum Zeitpunkt der Messung in Lobith (Daten: waterbase.nl, eigene Auswertungen)

Die Entwicklung folgt in der Tat der Sinusannahme, wenn auch etwa nur halb so stark (aufgrund einzelner Tage mit Abkühlung in Hitzeperioden):

- War bis 1938 ein Jahr mit Wassertemperaturen von 24°C und mehr die absolute Ausnahme, so zeigte sich dieses Phänomen über die nächsten vier Jahrzehnte etwa einmal alle fünf Jahre. Seit Beginn der 1980er Jahre stieg die Wassertemperatur im Rhein jedoch immer öfter über 24 ° C und seit der Jahrtausendwende sind die Jahre, in denen die Wassertemperatur nicht wenigstens einige Tage 24 ° C und mehr erreicht, die Ausnahme.

- Die über den Sinusverlauf prognostizierten 40 Tage mit Wassertemperaturen von 24°C und mehr werden zwar nicht regelmäßig erreicht, dennoch trat dieser Fall in den Rekord Sommern von 1994 und 2003 ein. Das gleitende Mittel über fünf Jahre zeigt im Schnitt zwischen 5 und 20 Tagen mit diesen Wassertemperaturen.

- Die Bemühungen um eine Wiederansiedlung des Lachses fallen damit mit einer Periode zusammen, in denen die Sommertemperaturen im Rhein rapide lachsfreundlich geworden sind. Insofern stellt sich die Frage nach der Durchgängigkeit nicht allein in Bezug auf physische Blockaden wie Stauanlagen, sondern auch in Bezug auf Blockadetemperaturen, ausgelöst durch heiße Sommer, aber auch durch große Mengen an Kühl- und Grubenwasser.

### 4. Vorsichtige Prognose

Angesichts der Messergebnisse aus Lobith stellt sich die Frage, wie massiv die Auswirkungen von Warmwasserperioden im Rhein auf den Lachs werden könnten. Rhetorisch wäre diese Frage, sofern die Temperaturentwicklung dem parabelförmigen Verlauf aus Abb. 4 folgt. Denn dann werden Jahre immer wahrscheinlicher, in denen der Lachs dann zwei bis drei Monate lang durch hohe Temperaturen im Rhein blockiert wäre. Die Wiederansiedlung des Lachses wäre in diesem Fall gescheitert.

Da es aber plausibel ist, die Temperaturentwicklung im Mittel eher dem arctan-Verlauf anzupassen, dürfte die Temperaturentwicklung sich auf dem erreichten Niveau bei weiterer leichter Erwärmung stabilisieren.

Nachgestellt wird dies durch die Prognose künftiger Mitteltemperaturen mittels arctan sowie einer Zufallskomponente von  $\pm 0,75^\circ\text{C}$  – vgl. Abb. 8:

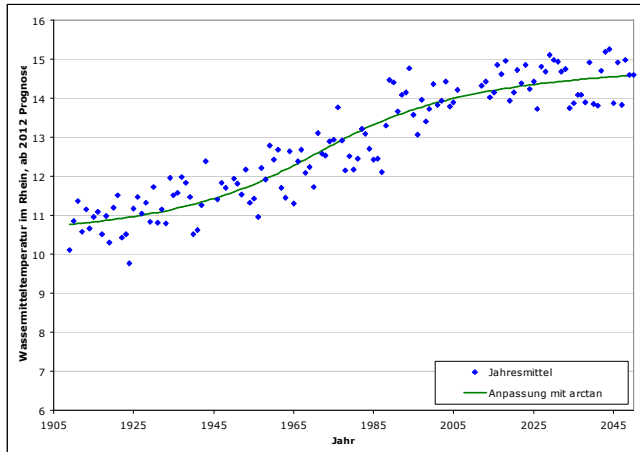


Abb. 8: Vorsichtige Prognose der Jahresmitteltemperatur im Rhein bei Lobith mit einer Zufallskomponente von  $\pm 0,75^\circ\text{C}$ .

Im nächsten Schritt wird die Jahresamplitude von  $21,35^\circ\text{Kelvin}$  ebenfalls mit einer Zufallskomponente von bis zu  $\pm 3^\circ$  variiert.

Mit dem jeweiligen Jahresmittel und der Amplitude wird dann eine Sinustemperaturkurve konstruiert. Der Zeitraum, der dann bei  $24^\circ\text{C}$  und mehr liegt wird dann anhand der Erfahrungen mit den realen Messdaten halbiert. Hieraus ergibt sich dann die vorsichtige Prognose von den Tagen je Jahr, an denen der Lachs voraussichtlich blockiert sein wird – vgl. Abb. 9:

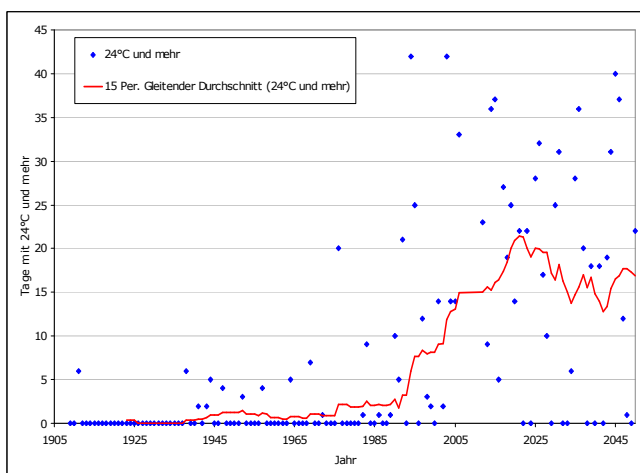


Abb. 9: Vorsichtige Prognose der Tage je Jahr mit einer Wassertemperatur von  $24^\circ\text{C}$  und mehr im Rhein bei Lobith, Prognose ab 2012

Es zeigt sich, dass trotz der vorsichtigen Prognose, die ausdrücklich keinem exponentiellen Modell, sondern einem Modell der Mitteltemperaturstabilisierung unter  $15^\circ\text{C}$  folgt, der

Zustand der Supersommer von 1976, 1994 und 2003 sich künftig alle zwei bis drei Jahre wiederholt und damit die Wahrscheinlichkeit drastisch steigt, dass sich zwei oder drei Supersommer aneinanderreihen. Dann würden mehrere Jahrgänge der Lachse Schwierigkeiten haben, die Laichgebiete allein aufgrund der Temperaturblockade im Rhein zu erreichen. Es ist dann zu erwarten, dass die natürliche Reproduktion zusammenbrechen dürfte.

## 5. Folgerungen

Es zeigt sich, dass die Definition der Durchgängigkeit allein nach physischen Kriterien wie Fließtiefe, Fließbreite und Stauhaltungen in Bezug auf den Lachs und weitere Langstreckenwanderer, aber auch für abschnittstreuere Fische, unzureichend ist. Das Rheinsystem hat in den vergangenen acht Jahrzehnten eine revolutionäre Temperaturentwicklung erlebt, die den Rhein quasi geographisch einige hundert Kilometer nach Süden verschoben hat. Es ist damit klar, dass sich dadurch allein deshalb auch die Fauna verändern müsste. Bezogen auf die ursprüngliche Fischfauna steht diese unter massivem Temperaturstress. Daraus folgert, dass auch thermische Kraftwerke, Kläranlagen und andere Prozesswassernutzer in Konzepte zur Durchgängigkeit einzubeziehen sind. Zum anderen ist zu erwarten, dass angesichts einer massiven Befischung des Lachses diese weiter zunimmt, da die Angler und Fischer, die heute schon bis zu 70% der Rückwanderer einkassieren (vgl. Daten des IKS, Fußnote1), dann noch mehr Zeit haben, den Rhein leer zu fischen.

## Impressum

### Herausgeberin und Redaktionsanschrift:

U Plan GmbH, Stuttgartstr. 3, 44143 Dortmund

### Idee & für dieses Heft verantwortlicher Redakteur:

Dr.-Ing. Gerold Caesperlein

### Erscheinungsweise:

Unregelmäßig. Nach Möglichkeit monatlich.

### Anzeigen und Bezugspreise:

Die Publikation ist anzeigenfrei. Der Bezug ist kostenfrei, soweit eine Zustellung per Mail als pdf-Datei möglich ist. Eine Druckversion ist derzeit nicht vorgesehen.

### Verlag:

Selbstverlag der U Plan GmbH, ISSN beantragt.