

# umwelt.nrw

#gewässer

## PILOTANLAGE FISCHSCHUTZ UND FISCHABSTIEG WASSERKRAFTANLAGE UNKELMÜHLE





## INHALT

**4** Vorwort



**6**  
Veranlassung und Ziele



**8**  
Lachs und Aal – zwei Zielarten im Wanderfischprogramm Sieg



**10**  
Nordrhein-Westfalen und innogy SE – gemeinsam für den Fischschutz



**12**  
Konzept für Fischschutz und Fischabstieg



**14**  
Biologisches Monitoring – Fische mit Sendern unterwegs



**16**  
Betriebliches Monitoring – Energieausbeute der Wasserkraftanlage



**18**  
Fischschutz und Fischabstieg – Bilanz der Lachs- und Aalwanderung



**24**  
Bilanz der Wasserkrafterzeugung



**26**  
Was kann verbessert werden?



**28**  
Gemeinsames Fazit zum Erfolg der Pilotanlage Unkelmühle



**30**  
„Lebendige Gewässer“ durch die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie

**32** Danksagung

**33** Literaturverzeichnis

**34** Impressum

## VORWORT



Die Wasserkraft ist der Klassiker unter den erneuerbaren Energien. Seit über hundert Jahren erzeugt sie zuverlässig regenerativen Strom – wirtschaftlich, CO<sub>2</sub>-frei und rund um die Uhr. Beim Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen lassen sich Eingriffe in die Umwelt nicht vermeiden. Um die Auswirkungen möglichst gering zu halten, ist im ersten Schritt die Wissenschaft gefragt. Im Hinblick auf das Verhalten von Fischen vor Wasserkraftanlagen besteht erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, besonders in Bezug auf Fischschutz und Fischabstieg.

Diesen Forschungs- und Entwicklungsbedarf hat das Land Nordrhein-Westfalen zum Anlass genommen, ein Rechen-Bypass-System speziell für die Arten Lachs und Aal zu testen. Das Vorhaben ergänzt und unterstützt die Bemühungen des Wanderfischprogramms NRW zur Verbesserung der Sieg für Fischarten, die auf unterschiedliche Lebensräume als Laich-, Aufwuchs- oder Nahrungsgewässer angewiesen sind und zwischen Fluss und Meer wandern. Hierzu zählen insbesondere Lachs und Aal.

Die Sieg verfügt über eine bestens dokumentierte Lachspopulation, die sich erst durch die Verbesserung der Gewässerqualität und der Fischdurchgängigkeit in Verbindung mit Besatzmaßnahmen dort in dieser Form

wieder ansiedeln konnte. Als geeigneter Standort für die geplanten Forschungsaktivitäten wurde die Wasserkraftanlage Unkelmühle an der Sieg als Pilotstandort gewählt. Gründe hierfür waren u. a., dass der Standort als vorletztes Querbauwerk vor der Mündung der Sieg in den Rhein eine große Bedeutung für das gesamte Flussgebiet hat. Zudem entspricht die Unkelmühle in Größe und Ausbaudurchfluss einer Vielzahl von Kleinwasserkraftanlagen in Nordrhein-Westfalen, so dass die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf möglichst viele andere Standorte in Zielartengewässern Nordrhein-Westfalens gegeben sein kann.

Der Eigentümerin innogy SE ist sehr an einem Betrieb im Einklang mit der Natur gelegen. Das Unternehmen hat die Wasserkraftanlage Unkelmühle als Pilotstandort und entsprechende Fachexpertise für den Langzeitversuch zur Verfügung gestellt. Gemeinsam waren so die Voraussetzungen zur gleichberechtigten Untersuchung der ökologischen, technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der neuen Fischschutzvorrichtungen geschaffen. Die Zusammenarbeit zwischen Land und innogy zur Vereinbarkeit von Fischschutz und Betrieb von Kleinwasserkraftanlagen wurde 2009 für die gesamte Projektzeit inklusive Planung, Bau und Monitoring vertraglich vereinbart.



Die Wasserkraftanlage an der Sieg wurde ab 2011 unter Federführung der Bezirksregierung Köln in eine Pilotanlage für Fischschutz umgebaut, um den Fischen den Auf- und Abstieg an diesem Standort in der Sieg zu ermöglichen. In einem drei Jahre (von 2013 bis 2016) laufenden ökologischen und betrieblichen Monitoring wurde untersucht, wie wirksam die umgesetzten Maßnahmen sind und wie diese weiter verbessert werden können. Des Weiteren sollte geklärt werden, wie derartige Modifikationen mit der wirtschaftlichen Erzeugung von erneuerbarer Energie durch Kleinwasserkraftanlagen vereinbar sind.

Beide Partner suchten einen ausgewogenen Kompromiss zwischen dem bestmöglichen Fischschutz für die Zielarten und einem möglichst geringen Erzeugungsverlust an erneuerbarer Energie. Inwieweit dies gelungen ist und wo Forschungsfragen offen geblieben sind, wurde in einem umfassenden Abschlussbericht beschrieben. Diese Broschüre fasst die Ergebnisse zusammen.

**Ursula Heinen-Esser**

Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen

Herzlichen Dank an alle Beteiligten, die das Projekt über die lange Laufzeit begleitet haben. Die ökologische Durchgängigkeit am Standort Unkelmühle hat sich dabei deutlich verbessert. So wurde ein über Nordrhein-Westfalen hinaus bedeutender Beitrag zur Erforschung und Entwicklung von Lösungen für das Thema Fischschutz und -abstieg geleistet.

Nur wenn eine interdisziplinäre Zusammenarbeit stattfindet und die vielseitigen Ansprüche an die Nutzung von Flüssen bei der Betrachtung bestmöglich mit einbezogen werden, können funktionierende Lösungen zum Betrieb von Wasserkraftanlagen im Einklang mit der Natur gefunden werden. Wir werden uns weiterhin für den Fischschutz und die Erforschung und Umsetzung wirksamer Maßnahmen einsetzen.

**Dr. Hans Bün ting**

Vorstand für Erneuerbare Energien  
der innogy SE



# VERANLASSUNG UND ZIELE

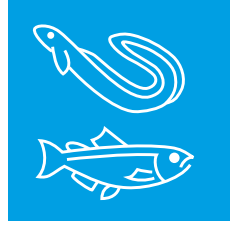
Nordrhein-Westfalen ist ein dicht besiedeltes Land. Der Mensch hat die Umwelt für seine Nutzungen stark verändert. Flüsse wurden aufgestaut und Wasserkraftanlagen für die Energiegewinnung errichtet. Wandernde Fischarten, wie Lachs und Aal, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch weit verbreitet waren, sind stark zurückgegangen. Der Lachs ist sogar in der Mitte des 20. Jahrhunderts in Deutschland ausgestorben. Die Qualität des Wassers hatte stark nachgelassen und im Rhein, dem Wanderweg des Lachses, kam es im Sommer sogar häufig zu Fischsterben. Außerdem verwehrten Querbauwerke und andere Hindernisse den Fischen zunehmend den Aufstieg zu ihren höher gelegenen Laichgründen in den Nebenflüssen des Rheins, wie beispielsweise in der Sieg. Bei der Abwanderung ins Meer wurden viele Fische bei der Passage von Wasserkraftanlagen geschädigt, insbesondere, wenn sie durch die für die Stromerzeugung installierten Turbinen schwammen.

Ende des 20. Jahrhunderts verbesserte sich die Wasserqualität durch den fortschreitenden Ausbau der Kläranlagen stark. Anspruchsvolle Fischarten, wie Forelle und Äsche, wurden wieder häufiger nachgewiesen. An den Wehren wurden moderne Fischaufstiege gebaut, um den Tieren wieder eine Wanderung in die Oberläufe der Flüsse zu ermöglichen. Nach dem letzten großen Fischsterben im Rhein, ausgelöst durch den Brand bei Sandoz in der Schweiz 1986, beschlossen die Rheinumweltminister auch den Lachs, stellvertretend für viele Tierarten, wieder im Rhein heimisch zu machen („Lachs 2000“). Nordrhein-Westfalen beteiligt sich mit dem Wanderfischprogramm intensiv an diesem ehrgeizigen Projekt. Seit 1988 werden Junglachse in den Zuflüssen der Sieg ausgesetzt. 1990 wurde der erste Lachsrückkehrer in der Bröl, einem Zufluss der Sieg, gefangen.



Mit dem Betrieb der Fang- und Kontrollstation am Siegwehr Buisdorf wurden seit dem Jahr 2000 mehr als 4.000 Lachse, die zum Laichen aus dem Meer zurückgekommen sind, gezählt. Die natürliche Vermehrung der Lachse schreitet in immer mehr Bächen des Siegeinzugsgebiets voran. Daher stellt sich umso dringlicher die Frage, wie die abwandernden Junglachse (Smolts genannt) vor den Turbinen der Wasserkraftanlagen geschützt werden können. Expertinnen und Experten des Wanderfischprogramms Nordrhein-Westfalen, der Bezirksregierung Köln und der innogy SE entwickelten die Idee, die Turbinen der Wasserkraftanlage Unkelmühle (Eitorf/Sieg) mit einem feinen Schutzrechen auszustatten, um die Junglachse vor der gefährlichen Turbinenpassage zu schützen. Die Idee einer Pilotanlage für Fischschutz und Fischabstieg am Standort Unkelmühle war geboren.

Abwandernde Lachse und Aale sollten zukünftig, statt durch die Turbinen, über einen Bypass (einen abwärts gerichteten Fischweg) in das Flussbett unterhalb der Wasserkraftanlage wechseln und ihre Wanderung gefahrlos fortsetzen. In einem umfangreichen begleitenden Monitoring sollten der erzielte Schutz der Fische dokumentiert und die Auswirkungen der Schutzeinrichtungen auf den Betrieb und die Energieerzeugung (betriebliches Monitoring) ermittelt werden.



## LACHS UND AAL – ZWEI ZIELARTEN IM WANDERFISCHPROGRAMM SIEG

Lachs und Aal gehören zu den Langdistanzwanderfischen. Sie müssen in ihrem Lebenszyklus zwischen Süßwasser und Salzwasser hin und her wechseln, um sich erfolgreich fortpflanzen zu können. Solche Wanderfische, zu denen auch der Maifisch, der Stör und andere Arten zählen, gehören zu den weltweit am stärksten gefährdeten Fischarten. Sie sind besonders auf einen freien und gefahrlosen Wanderweg zwischen den Flüssen im Binnenland und dem Meer angewiesen.

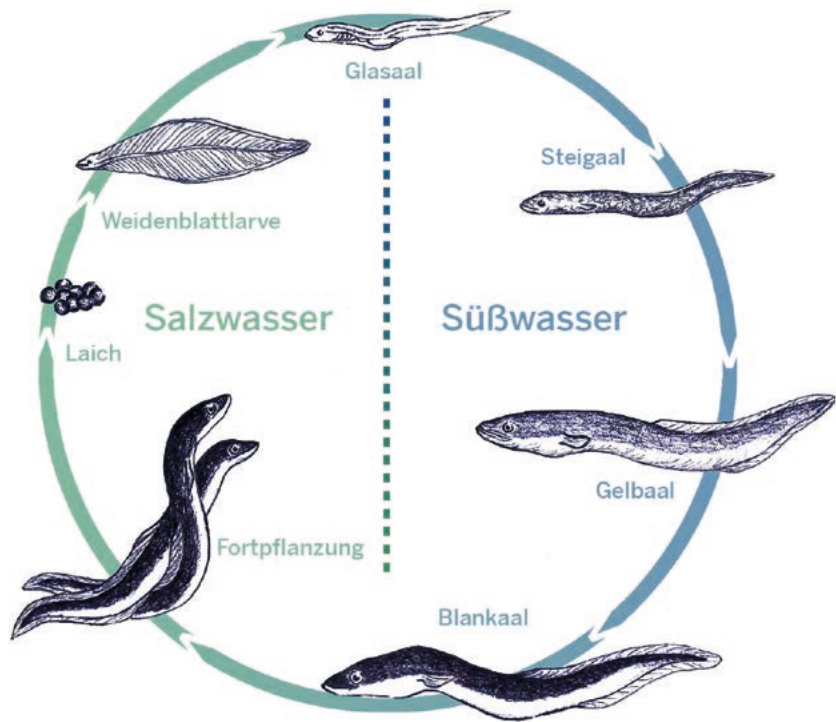
Während der Lachs zum Laichen in seinen Heimatfluss zurückkehrt, wandert der erwachsene Aal (als Blankaal bezeichnet) aus den Flüssen des Binnenlands zum Laichen ins Meer. Die Laichgründe liegen 4.000 km von der europäischen Küste entfernt in der Sargassosee im Atlantik. Wie die Aale nach mehrmonatiger Wanderung ihre Laichplätze finden und wo diese genau liegen, gehört zu den großen ungelösten biologischen Geheimnissen. Die dort geschlüpften Jungaale driften als sogenannte Weidenblattlarve mit dem Golfstrom zurück an die europäischen Küsten.

Ausgewachsener Lachs beim Aufstieg in die Sieg



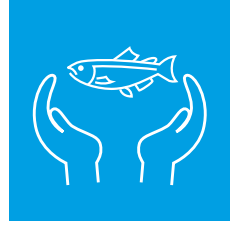


Lebenszyklus bzw. Wanderung des Aals zwischen Süß- und Salzwasser



Ausgewachsener Aal kurz vor der Abwanderung (Blankaal)





## NORDRHEIN-WESTFALEN UND INNOGY SE – GEMEINSAM FÜR DEN FISCHSCHUTZ

Das Land Nordrhein-Westfalen bemüht sich, im Rahmen des 1998 begonnenen Wanderfischprogramms ehemals ausgestorbene oder stark zurückgegangene Fischarten wieder zu etablieren und ihre Populationen zu schützen. Dieses Ziel steht auch im Zusammenhang mit einem aktiven Trinkwasser- und Gewässerschutz in Nordrhein-Westfalen. Im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie werden die Gewässer und das Grundwasser so bewirtschaftet und geschützt, dass der gute ökologische Zustand in Nordrhein-Westfalen zukünftig wiederhergestellt sein wird. Dazu dienen die bereits zahlreich in NRW durchgeführten sowie noch geplanten Renaturierungen der Fließgewässer und die Herstellung der Durchgängigkeit, von der nicht nur

Wanderfische, sondern die gesamte Fauna und Flora unserer Gewässer profitieren ([www.flussgebiete.nrw.de](http://www.flussgebiete.nrw.de)).

Die innogy SE plant, errichtet und betreibt Anlagen für die Stromerzeugung und Energiegewinnung aus regenerativen Quellen. Sie betreibt in Europa rund 80 Wasserkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 550 Megawatt. Die innogy-Wasserkraftanlage Unkelmühle an der Sieg erzeugt seit 1923 mit einer installierten Leistung von 420 Kilowatt ausreichend grünen Strom, um über 500 Haushalte klimafreundlich zu versorgen. Es besteht eine langjährige Zusammenarbeit mit dem Land Nordrhein-Westfalen, die bereits 1992 zum Bau von neuartigen Fischaufstiegen am Wehr und am Krafthaus der Anlage geführt hat.

Renaturierter Abschnitt der Sieg





Querbauwerke mit Rückstau

Im Jahr 2009 haben das Land Nordrhein-Westfalen und die innogy SE (damals RWE Innogy GmbH) gemeinsam einen öffentlich-rechtlichen Vertrag zum Umbau der Wasserkraftanlage Unkelmühle zu einer Pilotanlage für den Fischschutz und Fischabstieg geschlossen. In der Präambel des Vertrages ist nachfolgend festgehalten:

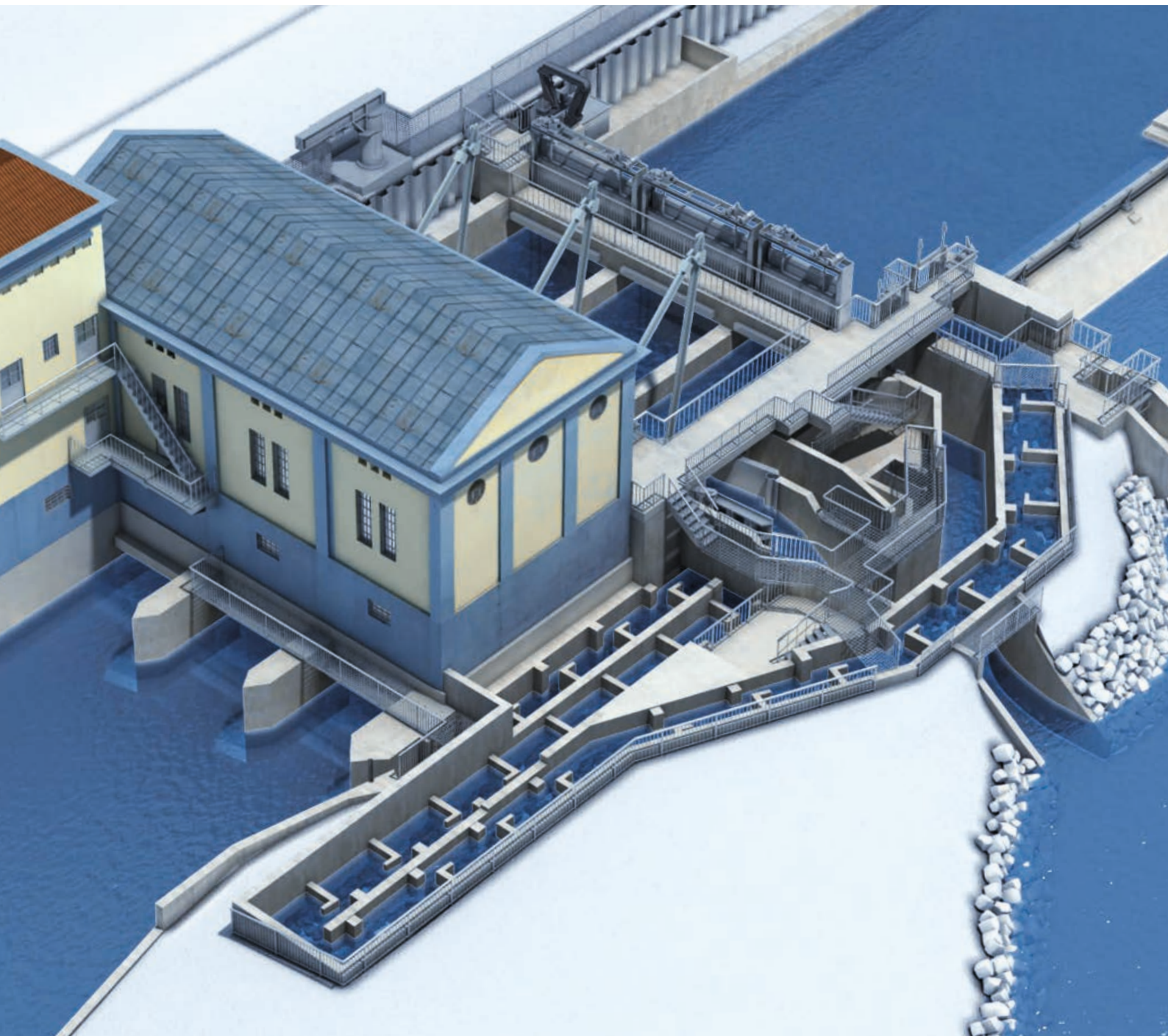
*„Ziel dieses Vorhabens ist der Umbau der Wasserkraftanlage Unkelmühle zur Verbesserung des Schutzes abwandernder Fische, zur Verbesserung des Fischabstiegs und zur Optimierung des Fischaufstiegs. Das Vorhaben ist Teil der Bemühungen zur Entwicklung der Sieg als Gewässer für diadrome Fischarten. Es gliedert sich ein in das Wanderfischprogramm NRW.“*





# KONZEPT FÜR FISCHSCHUTZ UND FISCHABSTIEG

Pilotanlage Unkelmühle an der Sieg mit Einrichtungen für Fischaufstieg, Fischschutz und Fischabstieg





Ansicht der Schutzrechen und der Abstiegsrinne für Fische vor Inbetriebnahme der Pilotanlage



Fischschutzrechen mit 10 mm Stababstand

Die Planung und der Umbau der Wasserkraftanlage Unkelmühle zur Pilotanlage erfolgten in den Jahren 2011 bis 2013 und orientierten sich an den aktuellen Kenntnissen zum Fischschutz und zur Abwanderung, die auch in einem vom Land Nordrhein-Westfalen herausgegebenen „Handbuch Querbauwerke“ festgehalten sind. Die für die Gewässerunterhaltung an der Sieg zuständige Bezirksregierung Köln hat in Abstimmung mit innogy die Planung und den Umbau der Fischschutz- und Abstiegseinrichtungen übernommen.

Im Einlaufbereich der drei Turbinen wurde ein Schutzrechen mit 10 mm Stababstand sowie eine neue leistungsfähige Rechenreinigung errichtet. Der Rechen verhindert das Eindringen von Junglachsen und Blankaalen oder auch anderen Fischarten bzw. anderen Altersstadien größer als ca. 10 cm in die Anlage. Im Vergleich zur ursprünglichen Rechanlage wurde der neue Rechen sehr flach geneigt installiert und seine Fläche deutlich vergrößert, um trotz reduziertem Rechenstababstand die für die Energieerzeugung erforderliche Wassermenge bereitstellen zu können. Gleichzeitig darf die Anströmung des Wassers vor dem Rechen nicht über eine für Fische

kritische Geschwindigkeit von mehr als 0,5 m/s ansteigen. Diese Strömungsgeschwindigkeit ist so bemessen, dass die abwandernden Fische nicht Gefahr laufen, an den Rechen gepresst zu werden, und den Bereich des Rechens eigenständig wieder verlassen können. Außerdem wird angenommen, dass durch die Neigung des Rechens für die abwandernden Fische auch eine Leitwirkung Richtung Wasseroberfläche entsteht.

Zusätzlich zum Schutzrechen wurden für Lachse und andere Fischarten an der Oberkante des Schutzrechens mehrere **Bypassöffnungen** eingebaut, durch die die Fische zunächst in eine **Abstiegsrinne** gelangen und anschließend sicher mit einem Wasserstrom zurück in das Flussbett der Sieg geleitet werden.

Für abwandernde Blankaale, die sich nach bisherigen Erkenntnissen im Gegensatz zu Lachsen eher am Flussgrund aufhalten und wandern, wurden seitliche Abstiegshohlräume sowie eine **Sammelgalerie** (eine sich regelmäßig öffnende und wieder schließende Rinne) am Grund des zu den Turbinen führenden Werkkanals eingebaut.

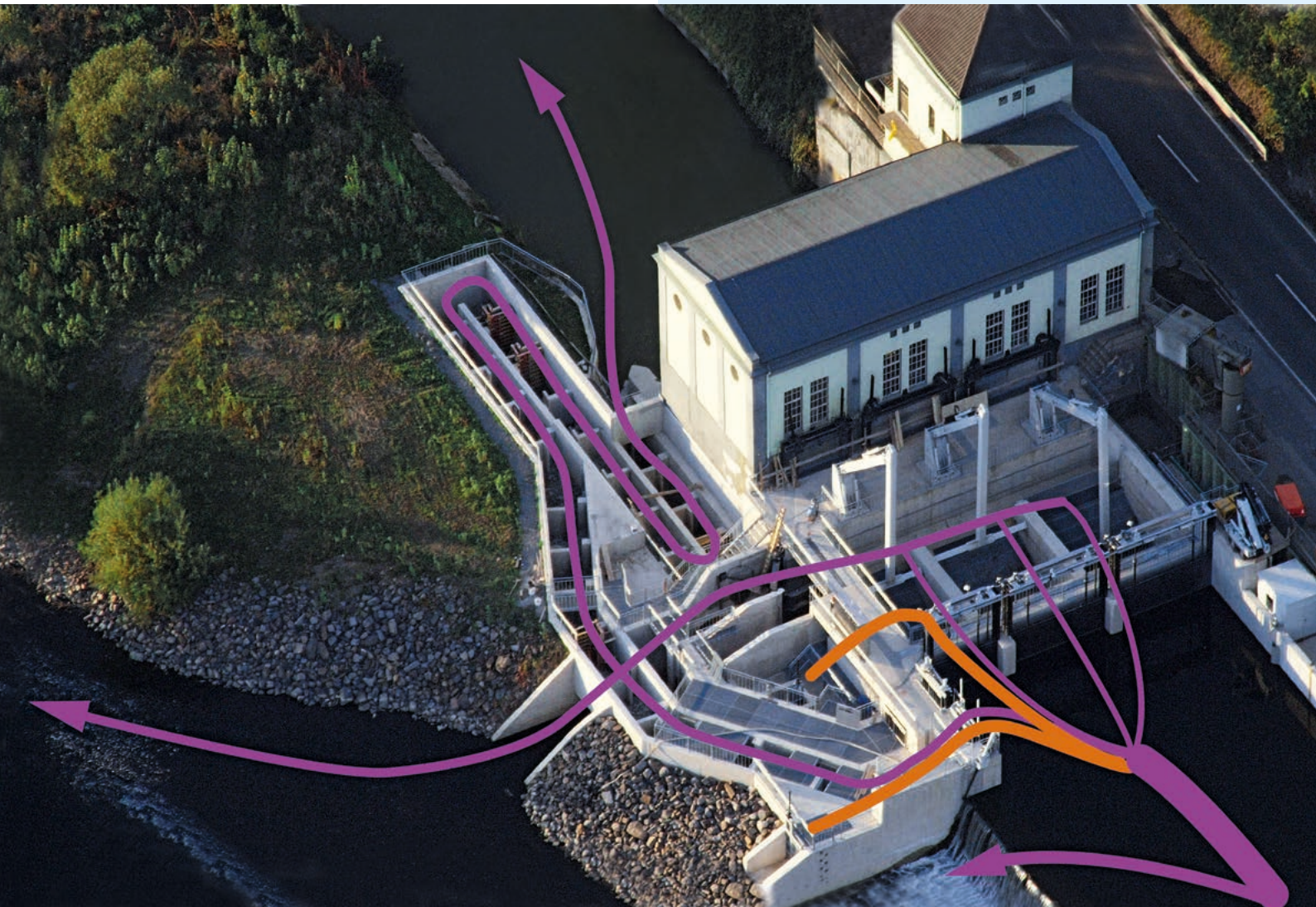


## BIOLOGISCHES MONITORING – FISCHE MIT SENDERN UNTERWEGS

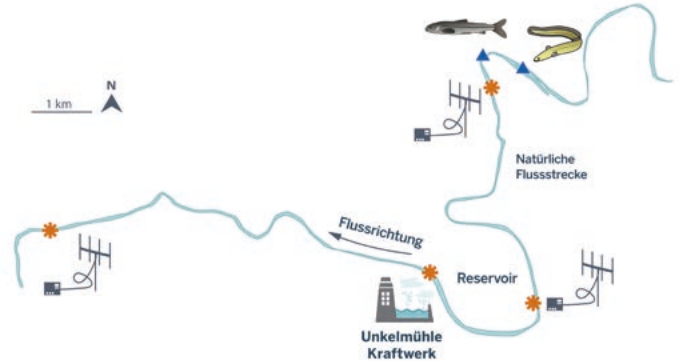
Um die Wirkung der Pilotanlage beurteilen zu können, haben das Land Nordrhein-Westfalen und die innogy ein umfangreiches biologisches und betriebliches Monitoring vereinbart. Auch dazu führt der öffentlich-rechtliche Vertrag entsprechende Regelungen auf:

*„Der Umbau der Wasserkraftanlage Unkelmühle erfolgt als Pilotprojekt. Es dient neben der Verbesserung der Durchgängigkeit der Sieg auch dem Ziel, Erkenntnisse über den Betrieb und die Funktionsfähigkeit der vorgesehenen Einrichtungen, hier insbesondere der Einrichtungen für die Abwärtspassage von Fischen, sowie Erkenntnisse über den technischen und wirtschaftlichen Betrieb der Anlagenteile zu gewinnen. Daher ist ein Monitoringprogramm sowie ggf. eine weitergehende wissenschaftliche Begleitung bzw. Auswertung als Teil des Vorhabens vorgesehen.“*

Mögliche Abstiegswege an der Pilotanlage Unkelmühle, die mit Hilfe der Radiotelemetrie lückenlos überwacht werden können



Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV NRW) hat vertragsgemäß das biologische Monitoring durch ein Konsortium aus der Universität zu Köln, einem fischökologischen Büro und einem norwegischen Forschungsinstitut durchführen lassen. Dabei wurden neben einem umfangreichen Fangmonitoring auch zusätzlich abwandernde Junglachse und Blankaale mit Sendern ausgestattet, um die Fische bei ihrer Abwanderung an den neuartigen Abstiegseinrichtungen der Pilotanlage zu erfassen und die Wirkung der Schutz-einrichtungen für den sicheren Fischabstieg zu dokumentieren.



Karte des untersuchten Abschnitts der Sieg; dargestellt sind die Besatzstelle der markierten Smolts und Aale, die Antennenstandorte, an denen die Fische registriert wurden, sowie die Wasserkraftanlage Unkelmühle.

Nächtliche Kontrolle abwandernder Fische an der Fangkammer



oben: Tagesfang an der Pilotanlage abgestiegener Lachssmolts  
unten: In der Sieg aufgewachsener Lachssmolt





## BETRIEBLICHES MONITORING – ENERGIEAUSBEUTE DER WASSERKRAFTANLAGE

Das betriebliche Monitoring oblag der innogy SE. Hier galt es, die Auswirkungen des Umbaus der Pilotanlage und den Einsatz der Fischschutzeinrichtungen auf den Betrieb und die Energieerzeugung zu prüfen. Das Land und der Betreiber der Wasserkraftanlage hatten bereits im Rahmen des gemeinsamen Vertrages Zielwerte für den Erfolg der Pilotanlage hinsichtlich des Fischschutzes und der Energieerzeugung festgelegt.

Das betriebliche Monitoring beschrieb neben der wirtschaftlichen Funktionsfähigkeit auch die technischen Gegebenheiten und möglichen Verbesserungen. Es erfolgte in Hinblick auf die Lebensdauer, den Unterhaltungs- und den Reparaturaufwand der neuen Anlagenteile. Alle Fischschutzeinrichtungen konnten automatisiert gesteuert werden.

Auch der Wartungsaufwand wurde dokumentiert.

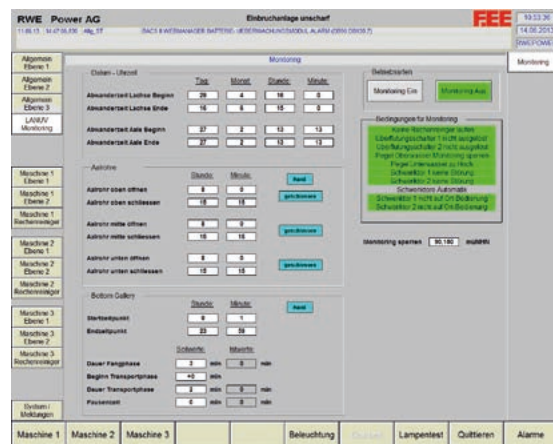






Betriebliches Monitoring

Im Unterschied zu vielen anderen Projekten wurde an der Pilotanlage Unkelmühle von Anfang an darauf Wert gelegt, neben dem biologischen Monitoring auch ein umfangreiches betriebliches Monitoring durchzuführen. Dies bot die Chance, unvermeidliche Auswirkungen der Fischschutzeinrichtungen auf den Betrieb und die Energieerzeugung der Anlage zu quantifizieren, aber auch möglichen Verbesserungsbedarf bei den Fischschutzeinrichtungen im Hinblick auf einen reibungslosen Betrieb der Wasserkraftanlage zu erkennen.





# FISCHSCHUTZ UND FISCHABSTIEG – BILANZ DER LACHS- UND AALWANDERUNG

Die Junglachse wandern im Frühjahr aus den Flüssen in den Rhein und weiter ins Meer ab. In dem Wanderzeitraum von Mitte März bis Ende Mai wurden an den oberflächennahen Abstiegsbypässen der Pilotanlage Unkelmühle mehr als 9.000 Fische aus insgesamt 32 verschiedenen Arten nachgewiesen (2014–2016).

### Bilanz Lachsabwanderung

Die Junglachse machten dabei mit mehr als 6.500 Individuen den Hauptanteil der erfassten Fische aus. Neben den Lachsen wurden auch viele andere Fischarten, wie Nase und Barbe, festgestellt. Dies ist ein Beleg dafür, dass auch Fischarten, die nicht ins Meer schwimmen, in den Fließgewässern Wanderungen durchführen, z. B. um neue Lebensräume zu besiedeln.

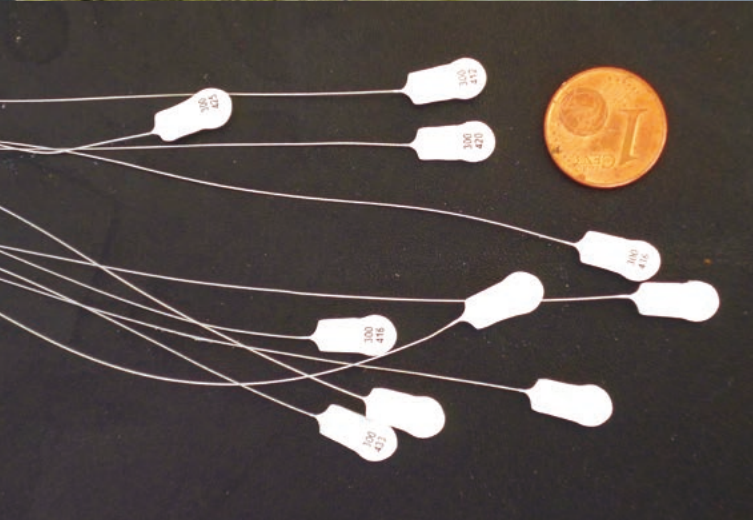
Die Gesamtzahl abwandernder Fische an der Pilotanlage war sicherlich deutlich höher, da die Fangeinrichtungen nicht täglich und an den jeweiligen Tagen meistens nur acht Stunden pro Fangtag betrieben worden sind, u. a. um die Abwanderung der Fische nicht mehr als nötig zu unterbrechen.

Für eine genaue Einschätzung der Schutzraten abwandernder Lachse reicht eine Zählung allein nicht aus, da die genaue Anzahl der im Frühling abwandernden Junglachse in der Sieg nicht bekannt ist. Daher wurden zusätzlich Lachse für eine radiotelemetrische Erfassung mit einem Sender ausgestattet und oberhalb der Pilotanlage in der Sieg ausgesetzt. Diese genehmigungspflichtige Tiermarkierung erfolgte durch die Expertinnen und Experten des norwegischen Instituts NINA, die über eine große Erfahrung mit solchen Tierversuchen verfügen. Dabei ist besonders wichtig, dass die empfindlichen Tiere schonend behandelt werden und keinen Schaden nehmen, der ihren Abwandererfolg beeinträchtigen könnte.

**Wichtigstes Ergebnis der Radiotelemetrie:  
Kein besonderer Lachs ist durch den Rechen in die Turbinen gewandert. Der 10-mm-Schutzrechen bietet für abwandernde Lachssmolts einen 100-prozentigen Schutz vor der gefährlichen Turbinenpassage!**

### Bilanz des Fangmonitorings in den Frühjahren 2014–2016

Frühjahr	Anzahl	Arten	Smolts	Anteil
2014	4.404	25	2.923	66,4 %
2015	2.819	26	2.190	77,7 %
2016	1.870	19	1.448	77,4 %
<b>insgesamt</b>	<b>9.093</b>	<b>32</b>	<b>6.561</b>	<b>Ø 72,2 %</b>



Spezielle Telemetriesender für Lachssmolts

Speziell ausgerichtete Antennen empfangen Radiosignale abwandernder Fische.

Dennoch haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen geringen Prozentsatz an Junglachsen ermittelt, der die Wasserkraftanlage nicht erfolgreich durchwandert hat. Es ist denkbar, dass diese Fische an Anlagenteilen verletzt wurden (z. B. durch die Rechenreinigung) oder von Fischen oder Vögeln gefressen wurden.

An der Wasserkraftanlage wandern neben Aal und Lachs viele andere Fischarten ab. Hier eine besonders große Forelle.



### Bilanz Aalabwanderung

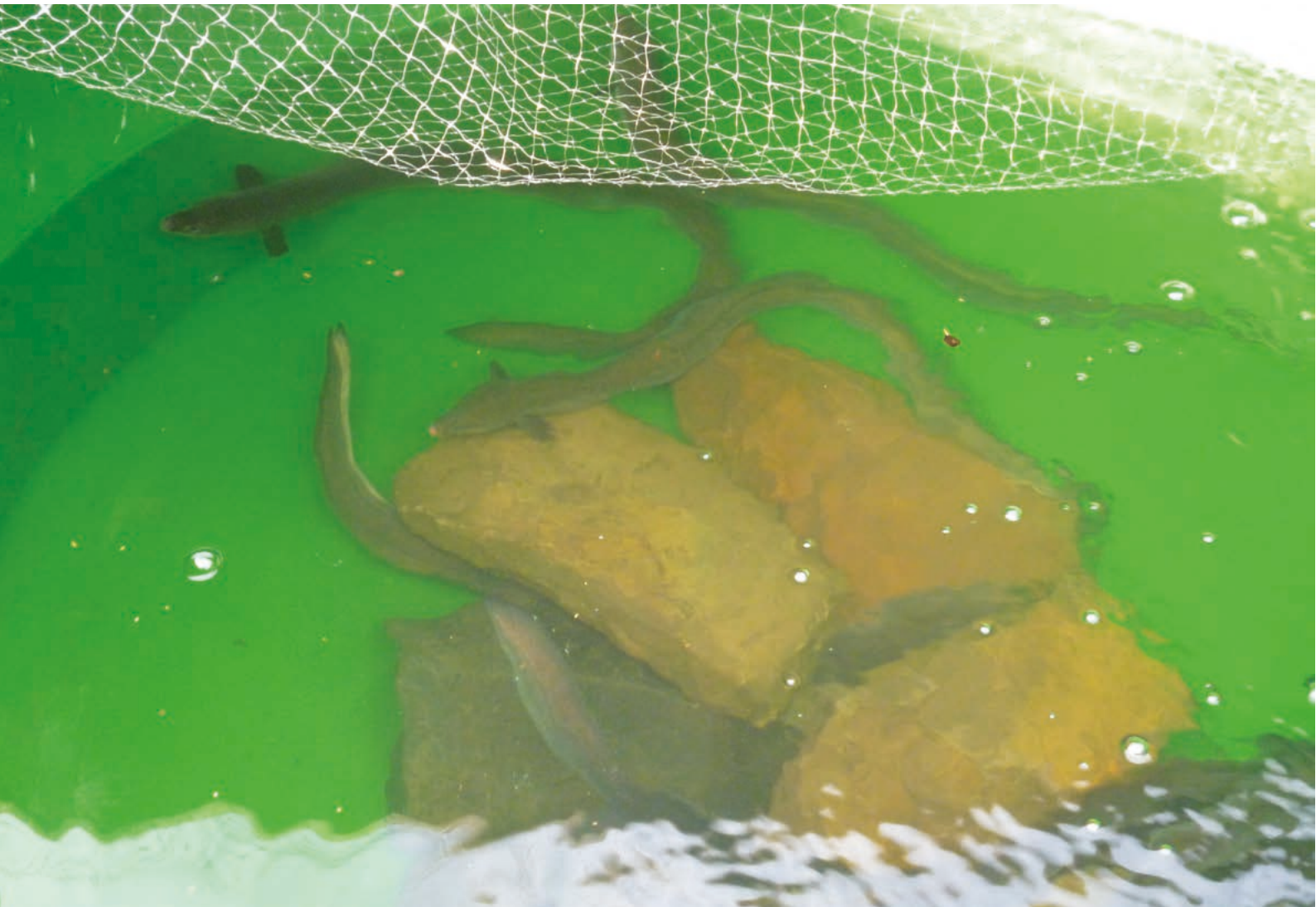
Bei der Kontrolle der im Herbst ablaufenden Aalwanderung wurden an der Wasserkraftanlage 8.809 Fische aus insgesamt 28 verschiedenen Arten registriert. Die Zahl abwandernder Blankaale war mit 117 Individuen vergleichsweise gering, was einen Anteil von nur 1,3 % aller abwandernden Fische bedeutete. Damit stellte sich unmittelbar die Frage: Gab es nur wenige Blankaale in der Sieg oder wurden die speziell konzipierten Abwanderwege von den Aalen nicht gefunden?

Zur Beantwortung dieser Frage war der Aussatz der mit einem Sender versehenen Aale oberhalb der Wasserkraftanlage entscheidend. Mit der erfolgreichen Registrierung dieser markierten Fische konnte nachgewiesen werden, dass die meisten Aale im Herbst bei einsetzendem Hochwasser wandern.

Sie nutzen dann hauptsächlich die abgesenkte Klappe am Wehr, um abzuwandern. Da bei Hochwasser der Abfluss der Sieg das Schluckvermögen der Turbinen an der Unkelmühle deutlich überschreitet, wird das überschüssige Wasser über das geöffnete Wehr abgeleitet und es entsteht ein wichtiger, freier Abwanderweg.

Ein weiterer, kleinerer Teil der Aale gelangte dennoch in den Werkskanal vor den Turbinenrechen und wanderte dort, wie die Lachse, über die am oberen Rand der Rechen oberflächennah angeordneten Bypassöffnungen ab. Nur ein sehr kleiner Teil der besenderten Aale nutzte die speziellen Aalrohre bzw. die bodennahe Sammelgalerie.

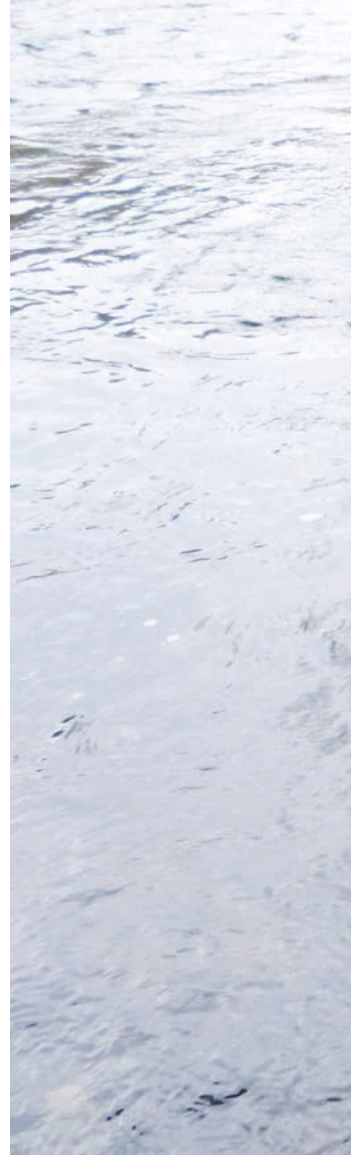
Zwischenhälterung der an der Pilotanlage eingesetzten Blankaale



Dieses bemerkenswerte Ergebnis zeigt deutlich, dass die bisherigen Kenntnisse über die Abwanderung der Aale unvollständig gewesen sind. Durch die Untersuchungen der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Pilotanlage Unkelmühle konnten viele neue Erkenntnisse gewonnen werden, die auch in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht wurden.

**Wichtigstes Ergebnis der Radiotelemetrie:  
Kein besonderer Aal ist durch den Rechen  
in die Turbinen gewandert. Der 10-mm-Schutz-  
rechen bietet auch den abwandernden Aalen  
mit mehr als 60 cm Länge einen 100-prozentigen  
Schutz vor der gefährlichen Turbinen-  
passage!**

Die Markierung von Fischen ist ein genehmigungspflichtiger Tierversuch, der nur von erfahrenen Spezialistinnen und Spezialisten durchgeführt werden darf.





Die mit einem Sender markierten Aale werden wieder in die Sieg gesetzt.

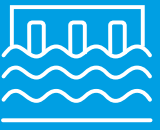
In beiden Jahren des Monitorings hat sich gezeigt, dass der überwiegende Anteil der Aale nach der Passage der Wasserkraftanlage die Wanderung erfolgreich fortgesetzt hat, das heißt mindestens 92 bzw. 96 %. Einige wenige Individuen haben ihre weitere Wanderung unterbrochen, ohne dass ein Grund dafür erkennbar gewesen ist.

Dies kann darin begründet sein, dass Aale in der Lage sind, im Gewässer einen weiteren Sommer zu verbringen und erst im darauf folgenden Herbst abzuwandern. Dies wurde beispielsweise in einer weiteren Studie an der Wupper beobachtet.

Da die Batterie der eingesetzten Sender nur eine begrenzte Lebensdauer aufweist, konnte dies an der Sieg nicht im nachfolgenden Herbst überprüft werden. Es kann daher nicht nachgewiesen werden, dass alle registrierten Aale (100 %) nach der Passage der Anlage in der Sieg erfolgreich abgewandert sind.



Diesen Abstiegsweg nehmen die abwandernden Fische hinter den Bypassöffnungen des Rechens, um zurück in die Sieg zu gelangen.



# BILANZ DER WASSERKRAFTERZEUGUNG

Der eingebaute Schutzrechen verhindert nicht nur die Turbinenpassage der Fische, sondern wirkt wie ein großer Filter für das vom Fluss (besonders bei Hochwasser) transportierte Geschwemmsel.

Das betriebliche Monitoring hat ergeben, dass sich der 10-mm-Schutzrechen sehr schnell mit Geschwemmsel und Treibgut verlegt (insbesondere bei Hochwassersituationen), so dass die neu installierten Rechenreiniger oftmals im Dauerbetrieb eingesetzt werden mussten, um Verlegungen des Rechens beseitigen und den Betrieb der Wasserkraftanlage aufrechterhalten zu können.

Im Laufe des Monitorings hat sich darüber hinaus herausgestellt, dass durch mangelnde technische Einstellungen der Rechenreiniger die Reinigungsleistung an einzelnen Turbinen zu Spitzenzeiten nicht ausreicht und die Turbinen wegen Vollverlegung der Rechen zeitweise außer Betrieb gesetzt werden mussten. Für diese Probleme konnte bislang noch keine abschließende Lösung umgesetzt werden. Die diesbezüglichen Erfahrungen aus dem Projekt haben bestätigt, dass die Planung, Auslegung und technische Umsetzung dieser Komponenten eine Schlüsselrolle einnimmt. Für den reibungslosen Betrieb einer Wasserkraftanlage mit einem Schutzrechen sind eine leistungsstarke Rechenreinigung und deren störungsfreier Betrieb unabdingbare Voraussetzungen.





Reinigungsbürste eines Rechenreinigers

Die durch den Betrieb der Fischschutzeinrichtungen hervorgerufenen Erzeugungsverluste sowie der erhöhte Wartungsaufwand beliefen sich im ersten und zweiten Betriebsjahr auf etwa 13 %. Der zwischen der Bezirksregierung Köln und innogy beschlossene Austausch von Anlagenteilen und die damit einhergehenden Verbesserungen führten dazu, dass die Erzeugungsverluste im dritten Betriebsjahr auf knapp 8 % zurückgingen.

Maschinenhalle der Wasserkraftanlage mit Generatoren





## WAS KANN VERBESSERT WERDEN?

Das Ziel der Pilotanlage bestand darin, Erfahrungen mit dem Betrieb der Anlage und neue Erkenntnisse für einen wirkungsvollen Fischschutz und Fischabstieg zu sammeln. Dieses Ziel konnte erreicht werden. Darüber hinaus konnten wertvolle Erkenntnisse und Verbesserungsmöglichkeiten für die Umrüstung weiterer Kleinwasserkraftanlagen in Aal- und Lachsgewässern gewonnen werden.

### Verzögerung abwandernder Lachssmolts vermeiden

Die an den oberflächennahen Bypässen abwandernden Lachse gelangten über die Spülrinne in das alte Mutterbett der Sieg. Dort steht jedoch wegen der Wasserkraftnutzung zumeist nur eine geringe Wassermenge zur Verfügung.

Offenbar haben die jungen Lachse Schwierigkeiten, sich im Mutterbett ausreichend schnell zu orientieren, um ihre Wanderung zügig fortzusetzen. Diese Verzögerung kann dazu führen, dass die Lachssmolts leichter von Vögeln und Raubfischen erbeutet werden.

Querbauwerke mit Rückstau (Blick ins Oberwasser der Pilotanlage) verzögern die Wanderung der Lachssmolts und machen sie anfällig für Fressfeinde (z. B. Hechte und Kormorane).

Es scheint auf Basis der Ergebnisse daher wichtig, die abwandernden Fische sofort wieder in die Hauptströmung des Gewässers zu entlassen. Dies wäre das Unterwasser der Wasserkraftanlage mit dem Abstrom aus den Turbinen, so dass die Fische ihre Abwanderung unmittelbar mit der Wasserströmung wieder aufnehmen können.

Aale und Lachse wandern an der Pilotanlage oberflächennah ab; sie nutzen dabei auch den Überfall an der Wehrklappe als Abwanderweg (rechts) oder die eigens am Schutzrechen installierten Bypässe (links).



### Aale und Lachse wandern am Standort oberflächennah ab

Aale und Lachse überwinden die Einbauten an der Wasserkraftanlage Unkelmühle hauptsächlich nahe an der Wasseroberfläche. Sie nutzen dabei Abstiegswege, die mit einer ausreichenden Wassermenge versorgt werden. Dies können bei Hochwasser die absenkbare Klappe am Wehr oder die speziell am Rechen installierten oberflächennahen Bypässe sein.

Bei Hochwasser öffnet sich die Klappe am Wehr, um überschüssiges Wasser abzuführen, womit sich ein weiterer Abstiegsweg für Fische öffnet.



Da die installierten Aalrohre und die Sammelrinne am Grund des Kraftwerkskanals für Aale weniger attraktiv sind, kann auf sie beim zukünftigen Betrieb der Anlage verzichtet werden. Stattdessen sollen die oberflächennahen Bypässe auch im Herbst zu Zeiten der Aalwanderung betrieben werden, um einen raschen Abstieg der Aale an der Anlage zu ermöglichen.

### Leistungsfähige Rechenreinigung planen

Für den ordnungsgemäßen Betrieb und eine reibungslose Energieerzeugung ist eine leistungsstarke Rechenreinigung erforderlich. Die Fließgewässer des Mittelgebirges können bei Hochwasser eine große Menge an Geschwemmsel mit sich führen.

Neben dem herbstlichen Laubfall und Geäst kann dabei auch der Abtrieb von Wasserpflanzen (z. B. Hahnenfuß) eine bedeutende Rolle spielen. Diesem Umstand muss der Betrieb einer Wasserkraftanlage mit Schutzrechen Rechnung tragen. Neben der Vergrößerung der Rechenfläche zur Einhaltung der Strömungsgeschwindigkeit muss die Rechenreinigung auf den Schutzrechen so angepasst werden, dass eine dauerhafte Verlegung vermieden wird.



Nur mit einer ausreichend dimensionierten und leistungsfähigen Rechenreinigung kann eine Wasserkraftanlage mit Fischschutzrechen dauerhaft betrieben werden.

A scenic landscape featuring a green and grey water mill on the left, a concrete dam in the middle ground, and a river in the foreground. Two people are standing on a walkway near the dam. The background shows a forested hillside under a clear sky.

# **GEMEINSAMES FAZIT ZUM ERFOLG DER PILOTANLAGE UNKELMÜHLE**

Das Land Nordrhein-Westfalen und die innogy SE freuen sich über den Erfolg der gemeinsamen Pilotanlage. Viele neue Einsichten in die Wanderung der Fische und einen optimierten Betrieb der Anlage konnten gewonnen sowie Verbesserungspotentiale identifiziert werden.

Die zu Beginn des Projektes gemeinsam festgelegten Ziele für den Fischschutz und die Erzeugung erneuerbarer Energie konnten u. a. durch zwischenzeitliche Optimierungen erreicht werden. Bundesweit wird die Pilotanlage Unkelmühle daher als ein gelungenes Beispiel für Fischschutz und Fischabstieg wahrgenommen.

Die Zielvorgaben für den Fischschutz und die Energieerzeugung wurden in der dreijährigen Monitoringphase eingehalten:

#### **Schutzraten für Junglachse und Blankaale an der Pilotanlage Unkelmühle**

	2014	2015	2016
<b>Fischschutz Lachs (in %)</b>	90,1	96,4	97,1
<b>Fischschutz Aal (in %)</b>	96–100	92–100	kein Monitoring

Die Energieerzeugung erreichte im dritten Monitoringjahr das beste Ergebnis. Durch die noch ausstehende Optimierung der Rechenreiniger soll dieses Ergebnis auch im zukünftigen Betrieb der Anlage durch die Vermeidung von Stillstandszeiten gesichert werden.

#### **Energieerzeugung der Pilotanlage in Relation zu der möglichen Energieerzeugung ohne die Einbauten zum Fischschutz**

	2014	2015	2016
<b>Energieertrag (in %)</b>	87,7	86,4	92,2



## „LEBENDIGE GEWÄSSER“ DURCH DIE UMSETZUNG DER WASSERRAHMENRICHTLINIE

Die Wiederansiedlung des Lachses in der Sieg und die Bestandsstützung des Aals sind Aufgaben des Wanderfischprogramms Nordrhein-Westfalen. Das Wanderfischprogramm erfüllt damit auch die Anforderungen von EU-Richtlinien (FFH-Richtlinie für den Lachs) und EU-Verordnungen (EG-Aalverordnung für den Aal) und trägt dazu bei, die Artenvielfalt unserer heimischen Fließgewässer zu erhalten.

Die Durchgängigkeit der Flüsse ist darüber hinaus ein wichtiges Thema bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Die Mitgliedsstaaten der EU wollen bis zum Jahr 2027 den guten ökologischen Zustand der heimischen Gewässer herstellen.

Diesem Ziel liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die wichtige Ressource Wasser (u. a. auch als Trinkwasser) für zukünftige Generationen nur erhalten werden kann, wenn sich die Gewässer dauerhaft trotz vielfältiger Nutzungen in einem guten Zustand befinden.

Die Bewertung des Gewässerzustandes erfolgt u. a. durch ein Monitoring der Fische. Ein artenreicher und ausgewogener Fischbestand zeigt an, dass sich die Gewässer in einem guten ökologischen Zustand befinden. Eine Voraussetzung dafür ist die Herstellung der Durchgängigkeit.

Lebendige Gewässer für uns Menschen sind das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie.



Alle Fische, nicht nur die Wanderfische Aal und Lachs, müssen im Laufe ihres Lebens wandern, um Nahrung zu suchen oder sich fortzupflanzen. Da Wanderfische zwischen Meer und Fließgewässern wandern, sind ihre Anforderungen an die Durchgängigkeit besonders klar ersichtlich.

Für einen erfolgreichen Fischschutz und -abstieg an Wasserkraftanlagen sind Wanderfische besonders gut geeignete Gradmesser, wie sich in dem Pilotprojekt Unkelmühle eindrucksvoll gezeigt hat. Von den dabei erzielten Fortschritten profitieren alle Fischarten, wie die Zählung von fast 20.000 Tieren aus mehr als 30 verschiedenen Arten an der Pilotanlage Unkelmühle belegt.



## DANKSAGUNG

An einem so umfangreichen und fachlich anspruchsvollen Projekt sind im Laufe der vergangenen Jahre viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Ingenieurbüros, der innogy sowie der Behörden des Landes Nordrhein-Westfalen beteiligt gewesen. Insbesondere die mit dem biologischen Monitoring betrauten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität zu Köln, des norwegischen

Forschungsinstituts NINA und des Fischökologiefachbüros LimnoPlan haben mit ihrem großen Einsatz bei den Freilandarbeiten zum Gelingen des Projektes beigetragen. Ihnen allen sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Sie haben alle dazu beigetragen, dass das Thema Fischschutz und Fischabstieg große Aufmerksamkeit in der fachlich interessierten Öffentlichkeit erlangt hat.



Die am Projekt beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (rechts im Bild) erläutern die Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit.



Projektmitarbeiterinnen und Projektmitarbeiter und Mitglieder der begleitenden Arbeitsgruppe freuen sich über den gelungenen Projektabschluss.



## LITERATURVERZEICHNIS

- Havn, T. B., Økland, F., Teichert, M. A. K., Heermann, L., Borcharding, J., Sæther, S. A., Tambets, M., Diserud, O. H., Thorstad, E. B. 2017. Movements of dead fish in rivers. *Animal Biotelemetry* 5:7. DOI 10.1186/s40317-017-0122-2.  
<https://animalbiotelemetry.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40317-017-0122-2>
- Havn, T. B., Sæther, S. A., Thorstad, E. B., Teichert, M. A. K., Heermann, L., Diserud, O. H., Borcharding, J., Tambets, M., Økland, F. 2017. Downstream migration of Atlantic salmon smolts past a low head hydropower station equipped with Archimedes screw and Francis turbines. *Ecological Engineering* 105: 262–275. DOI 10.1016/j.ecoleng.2017.04.043.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092585741730229X>
- Havn, T. B., Thorstad, E. B., Teichert, M. A. K., Sæther, S. A., Heermann, L., Hedger, R. D., Tambets, M., Diserud, O. H., Borcharding, J., Økland, F. 2017. Hydropower-related mortality and behaviour of Atlantic salmon smolts in the River Sieg, a German tributary to the Rhine. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-017-3311-3.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-017-3311-3>
- Ingendahl, D., Wilke, T., Gnaudschun, E., Schneider, T., Teggers-Junge, S., Weimer, P. 2019. Abschlussbericht zum Projekt Fischschutz und Fischabstieg an der Pilotanlage Unkelmühle; Düsseldorf, Essen, 118 Seiten.  
<https://www.flussgebiete.nrw.de/abschlussbericht-zum-projekt-fischschutz-und-fischabstieg-der-pilotanlage-unkelmuehle-8039>
- Økland, F., Teichert, M. A. K., Havn, T. B., Thorstad, E. B., Heermann, L., Sæther, S. A., Tambets, M., Borcharding, J. 2017. Downstream migration of European eel at three German hydropower stations. NINA Report 1355: 53 Seiten inklusive Anhang. Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Trondheim, Norwegen.  
<https://www.flussgebiete.nrw.de/aalabwanderung-pilot-wasserkraftanlagen-7594>
- Økland, F., Teichert, M. A. K., Thorstad, E. B., Havn, T. B., Heermann, L., Sæther, S. A., Diserud, O. H., Tambets, M., Borcharding, J. 2017. Downstream migration of Atlantic salmon smolt at Unkelmühle power station in 2016. NINA Report 1412: 38 Seiten. Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Trondheim, Norwegen.  
<https://www.flussgebiete.nrw.de/smoltabwanderung-der-sieg-7727>
- Økland, F., Teichert, M. A. K., Thorstad, E. B., Havn, T. B., Heermann, L., Sæther, S. A., Diserud, O. H., Tambets, M., Hedger, R. D., Borcharding, J. 2016. Downstream migration of Atlantic salmon smolt at three German hydropower stations. NINA Report 1203: 1–47. Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Trondheim, Norwegen.  
<http://oerreder.dk/wp-content/uploads/2017/10/NINA-rapport.pdf>
- Thorstad, E. B., Havn, T. B., Sæther, S. A., Heermann, L., Teichert, M. A. K., Diserud, O. H., Tambets, M., Borcharding, J., Økland, F. 2017. Survival and behaviour of Atlantic salmon smolts passing a run-of-river hydropower facility with a movable bulb turbine. *Fisheries Management and Ecology* 24: 199–207. DOI: 10.1111/fme.12216.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fme.12216/abstract>

## IMPRESSUM

### Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW)  
40190 Düsseldorf

### Text und Fachredaktion

Referat IV-6 – Flussgebietsmanagement,  
Gewässerökologie, Hochwasserschutz  
Dr. D. Ingendahl

### Gestaltung

designlevel 2  
www.designlevel2.de

### Bildnachweis

Titelseite, Seite 11 unten, 13, Dr. D. Ingendahl/MULNV NRW  
15 Mitte rechts, unten links und rechts,  
18, 20 oben, unten links, 21, 22, 23, 26,  
27 unten, 28, 30, 31, 32 oben, Rückseite

Seite 4/5, 24/25, 32 unten	innogy SE
Seite 6/7, 10	Stiftung Wasserlauf NRW, S. Zankl
Seite 8	M. Gräfe/Rheinischer Fischereiverband von 1880 e. V.
Seite 9 oben	L. Horn/Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV)
Seite 9 unten, 11, 14, 15 oben rechts, 27 oben	E. Thorstad, F. Økland/Norsk institutt for naturforskning (NINA)
Seite 12	Bezirksregierung Köln
Seite 16/17	innogy SE, RWE Imagebank
Seite 20 unten rechts	S. Staas/LimnoPlan

### Stand

08 | 2019



[umwelt.nrw.de](http://umwelt.nrw.de)

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein Westfalen  
40190 Düsseldorf  
Telefon 0211 45 66 0  
Telefax 0211 45 66 388  
[poststelle@mulnv.nrw.de](mailto:poststelle@mulnv.nrw.de)  
[www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)

Projektpartner



innogy